

**Gelände der ehemaligen Schachtanlage
Haus Aden 1/2 in Bergkamen**

**Aktualisierung des Sanierungsplans vom 18.12.2007
für die geplante Folgenutzung Adensee**

Auftraggeber: Stadt Bergkamen
Rathausplatz 1
59192 Bergkamen

Auftragnehmer: TABERG Ingenieure GmbH
Zum Pier 77
44536 Lünen

Tel.: 0231 / 98 70 73 - 0
Fax: 0231 / 98 70 73 - 17
E-Mail: info@taberg.de

Projekt-Nr.: 12617

Sachverständige: Dr. rer. nat. M. Kurtenacker
Dr.-Ing. Ch. Loreck

Mitarbeiter: Dipl.-Ing. A. Göceri
R. Benning
A. Kinne

Datum: 13. Juni 2013, Überarbeitung vom 23. April 2015

Umfang: 142 Seiten, 10 Anlagen, 1 Anhang

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

I	Inhaltsverzeichnis	2
II	Tabellenverzeichnis	8
III	Anlagenverzeichnis	9
IV	Verwendete Unterlagen und Literatur	11

I Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang und Aufgabenstellung	14
2	Ausgangssituation	14
2.1	Untersuchungsgebiet	14
2.2	Industriehistorie	16
2.3	Besonderheiten	16
2.3.1	Querende Leitungen	16
2.3.2	Uferbefestigung am Datteln-Hamm-Kanal	17
2.3.3	Bestandsanlagen	17
2.3.4	Kampfmittel	18
2.4	Bauplanung	18
2.5	Geologie und Hydrogeologie	21
2.5.1	Regionalgeologische Übersicht	21
2.5.2	Schichtenaufbau anhand vorhandener Aufschlüsse	22
2.5.3	Hydrogeologie	22
2.6	Vorliegender Kenntnisstand	23
2.6.1	Bodenchemische Beschaffenheit der Auffüllung	23
2.6.2	Hydrochemische Beschaffenheit des Grundwassers	25
2.6.3	Geotechnische Klassifizierung der anstehenden Böden	27
3	Untersuchungen aus dem Jahr 2007	27
3.1	Untersuchungskonzept	27
3.2	Feldarbeiten	28
3.3	Bodenchemische Analysen	30
3.4	Bodenmechanische Untersuchungen	31
3.5	Baggerschürfe Druckrohrleitung	31

4	Untersuchungsergebnisse für die einzelnen Teilflächen	32
4.1	Teilfläche 1: Wohnen Nordost	33
4.1.1	Auffüllungen	34
4.1.2	Quartär	34
4.1.3	Oberkreide	35
4.1.4	Grundwasser	35
4.1.5	Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/	35
4.1.6	Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen	36
4.1.7	Geplante Geländeaufbereitung	36
4.2	Teilfläche 2: Wohnen Nordwest	37
4.2.1	Auffüllungen	37
4.2.2	Quartär	38
4.2.3	Oberkreide	38
4.2.4	Grundwasser	39
4.2.5	Chemische Analysen Untersuchung aus 2007 /39/	39
4.2.6	Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen	40
4.2.7	Geplante Geländeaufbereitung	40
4.3	Teilfläche 3: Wohnen Südost	41
4.3.1	Auffüllungen	41
4.3.2	Quartär	41
4.3.3	Oberkreide	42
4.3.4	Grundwasser	42
4.3.5	Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/	42
4.3.6	Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen	43
4.3.7	Geplante Geländeaufbereitung	43
4.4	Teilfläche 4: Wohnen Südwest	44
4.4.1	Auffüllungen	44
4.4.2	Quartär	44
4.4.3	Oberkreide	45
4.4.4	Grundwasser	45
4.4.5	Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/	45
4.4.6	Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen	46
4.4.7	Geplante Geländeaufbereitung	47
4.5	Teilfläche 5: Gracht	47
4.5.1	Auffüllungen	47
4.5.2	Quartär	48
4.5.3	Oberkreide	48
4.5.4	Grundwasser	48
4.5.5	Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/	48
4.5.6	Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen	49

4.5.7	Geplante Geländeaufbereitung	49
4.6	Teilfläche 6: Adensee	49
4.6.1	Auffüllungen	50
4.6.2	Quartär	50
4.6.3	Oberkreide	50
4.6.4	Grundwasser	50
4.6.5	Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/	51
4.6.6	Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen	52
4.6.7	Geplante Geländeaufbereitung	52
4.7	Teilfläche 7: Gewerbe Südost	52
4.7.1	Auffüllungen	53
4.7.2	Quartär	53
4.7.3	Oberkreide	54
4.7.4	Grundwasser	54
4.7.5	Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/	54
4.7.6	Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen	55
4.7.7	Geplante Geländeaufbereitung	55
4.8	Teilfläche 8: Gewerbe Nordwest	55
4.8.1	Auffüllungen	56
4.8.2	Quartär	56
4.8.3	Oberkreide	56
4.8.4	Grundwasser	56
4.8.5	Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/	56
4.8.6	Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen	57
4.8.7	Geplante Geländeaufbereitung	58
4.9	Teilfläche 9: Gewerbe Nordost	58
4.9.1	Auffüllungen	58
4.9.2	Quartär	58
4.9.3	Oberkreide	59
4.9.4	Grundwasser	59
4.9.5	Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/	59
4.9.6	Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen	60
4.9.7	Geplante Geländeaufbereitung	60
4.10	Teilfläche 12: Grün West („Adenpark“)	61
4.10.1	Auffüllungen	61
4.10.2	Quartär	61
4.10.3	Oberkreide	62
4.10.4	Grundwasser	62
4.10.5	Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/	62
4.10.6	Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen	63
4.10.7	Geplante Geländeaufbereitung	63

4.11	Teilfläche 13: Grün Ost	64
4.11.1	Auffüllungen	64
4.11.2	Quartär	64
4.11.3	Oberkreide	64
4.11.4	Grundwasser	64
4.11.5	Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/	64
4.11.6	Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen	65
4.11.7	Geplante Geländeaufbereitung	65
4.12	Zusammenfassung der Ergebnisse für die Gesamtfläche	65
4.13	Wasseranalysen	67
5	Geotechnische Ergebnisse	68
5.1	Allgemeines	68
5.2	Beschreibung der bautechnisch relevanten Böden	69
5.2.1	Auffüllungen	69
5.2.2	Quartär	70
5.2.3	Emschermergel	71
5.3	Grundwassersituation	71
5.4	Geotechnische Kennzeichnung	72
5.4.1	Bodenkennwerte	72
5.4.2	Bodenklassen und Bodengruppen	74
5.5	Baugrundrisiken	76
5.6	Druckrohrleitungen	78
5.7	Uferspundwand des Datteln-Hamm-Kanals	79
6	Gründungs- und Herrichtungskonzept	80
6.1	Allgemeines	80
6.2	Digitales Geländemodell	81
6.3	Festlegung eines allgemeinen Gründungskonzeptes	83
6.3.1	Vorüberlegungen	83
6.3.2	Gründungsalternativen	84
6.3.2.1	Tiefgründung	84
6.3.2.2	Flachgründung mit Bodenaustausch	85
6.3.2.3	Flachgründung mit Bodenertüchtigung	85
6.3.2.4	Flachgründung mit Bodenverdichtung	86
6.3.3	Allgemeine Gründungsempfehlung	87
6.3.4	Baugrundverbesserung in Abtragsbereichen mit Fallplattenverdichtung	89

6.3.4.1	Verfahrensbeschreibung	89
6.3.4.2	Qualitätskontrollen und Arbeitssicherheit	90
6.3.4.3	Umfang der Verdichtungsarbeiten	91
6.3.4.4	Gründungskennwerte	92
6.3.5	Baugrundverbesserung in Auftragsbereichen durch Polsterschichten	93
6.3.6	Flächengründungen (Bodenplatten)	94
6.4	Weitergehende gründungstechnische Hinweise	94
6.4.1	Sonderbauwerke	94
6.4.2	Gebäude an der Grundstücksgrenze zum Schiffahrtskanal	95
6.4.3	Verkehrsflächen	96
6.4.4	Ufereinfassung des Adensees	96
6.4.5	Seesohle Adensee	97
6.4.6	Bau der Gracht	98
6.4.7	Optionale Unterkellerung von Wohngebäuden	98
6.4.8	Bauwerk für gesicherte Umlagerung	98
6.4.9	Entwässerungsleitungen	98
6.4.10	Herstellen einer Stützmauer im Bereich der Pumpstation	99
6.4.11	Grünflächen	100
6.5	Hinweise zur Bauausführung	101
6.5.1	Bodenklassen	101
6.5.2	Reste alter Baulichkeiten und Baufeldräumung	101
6.5.3	Umgang mit Kontaminationen	102
6.5.4	Wiedereinbau des anfallenden Aushubs	102
6.6	Umgang mit vorhandenen Rohrleitungen	103
6.7	Empfehlungen zur Regenwasserversickerung	103
6.7.1	Grundlagen	103
6.7.2	Versickerungsfähigkeit	104
6.7.3	Planung	104
6.8	Zusätzliche Anmerkungen	105
7	Sanierungsplan	105
7.1	Allgemeine gesetzliche Grundlagen und Rahmenbedingungen	105
7.2	Sanierungszielwerte	108
7.3	Grundwasser	111
7.4	Aufbereitungskonzept	111
7.4.1	Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Flächenaufbereitung	111
7.4.2	Flächenaufbereitung in Abtragsbereichen	114
7.4.2.1	Wohnen mit Hausgärten - in Abtragsbereichen	114

7.4.2.2	Grünflächen - in Abtragsbereichen	116
7.4.3	Flächenaufbereitung in Auftragsbereichen	117
7.4.3.1	Wohnen mit Hausgärten – in Auftragsbereichen	117
7.4.3.2	Gewerbeflächen mit Grünflächen - in Auftragsbereichen	119
7.4.3.3	Grünflächen, Freiflächen - in Auftragsbereichen	120
7.4.4	Adensee	122
7.4.5	Allgemeines zu Straßen, Wege, Plätze	122
7.4.6	Allgemeines zu Grünflächen	122
7.5	Umgang mit Flächen in denen die Sanierungszielwerte überschritten werden	123
8	Bodenmanagementkonzept	125
8.1	Allgemeines	125
8.2	Aushub und interne Bodenumlagerung	126
8.3	Annahme von externem Material	127
8.4	Umgang mit kontaminiertem Material	128
8.5	Zwischenzustand und sonstige Festlegungen	129
8.6	Abnahme der aufbereiteten Flächen	129
8.7	Massenermittlung im 3-dimensionalen Geländemodell	130
8.8	Baustelleneinrichtung und -infrastruktur	132
8.9	Transport	132
8.10	Umlagerungsbauwerk	133
8.11	Umgang mit kontaminiertem Grundwasser	135
9	Arbeitsschutz	136
10	Zusammenfassung	139

II Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenstellung der Teilflächen gemäß Folgenutzung	19
Tabelle 2: Überschreitung der Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA /18/	26
Tabelle 3: Umfang der ausgeführten Sondierungen	29
Tabelle 4: Umfang der durchgeführten bodenchemischen Untersuchungen	30
Tabelle 5: Bautechnische Klassifizierung und Bewertung der Bodenproben	68
Tabelle 6: Charakteristische Kennwerte (cal) der Bodenschichten	73
Tabelle 7: Charakteristische mittlere Kennwerte (cal) für Auffüllungen aus Bergematerial	74
Tabelle 8: Einstufung in Bodenklassen und Bodengruppen	75
Tabelle 9: Bautechnische Eignung der Bodenschichten	75
Tabelle 10: Höhensituation Baugrund und Gelände für die einzelnen Teilflächen	82
Tabelle 11: Fallplattenverdichtung in Abtragsbereichen	91
Tabelle 12: Prüfwerte der BBodSchV /17/ (Tabelle 1.4) für verschiedene Nutzungen in [mg/kg TM]	106
Tabelle 13: Vorsorgewerte der BBodSchV /17/, (Tabelle 4.1*)	107
Tabelle 14: Vorsorgewerte der BBodSchV /17/, (Tabelle 4.2)	107
Tabelle 15: Mindestmächtigkeiten für Bodenüberdeckungen für unterschiedliche Nutzungen (Empfehlungen des Landes NRW /30/)	108
Tabelle 16: Einbauwerte und Sanierungszielwerte /35/	109
Tabelle 17: Bodenaushub	131
Tabelle 18: Bodenbedarf auf der Fläche	132
Tabelle 19: LKW-Fahrten (Sattel) für die Anlieferung der erforderlichen Böden	132

III Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Untersuchungsgebiet, 1:2.000
- Anlage 2 Detaillagepläne, 1:1.000
 - Anlage 2.1 West
 - Anlage 2.2 Ost
- Anlage 3 Bodenuntersuchungen
 - Anlage 3.1 Untersuchungsumfang
 - Anlage 3.1.1 Konzept
 - Anlage 3.1.2 Feldarbeiten
 - Anlage 3.1.3 Laborarbeiten
 - Anlage 3.2 Untersuchungsergebnisse
 - Anlage 3.2.1 Schichtenverzeichnisse
 - Anlage 3.2.2 Bohr- und Rammprofile
 - Anlage 3.2.3 Bodenmechanische Laboranalysen
 - Anlage 3.2.4 Bodenchemische Laboranalysen
 - Anlage 3.2.5 Wasserchemische Laboranalysen
- Anlage 4 Auswertung der bodenmechanischen Laboranalysen
- Anlage 5 Auswertung der chemischen Laboranalysen
 - Anlage 5.1 Lageplan mit Auswertung der bodenchemischen Analysen n. LAGA
 - Anlage 5.1.1 West
 - Anlage 5.1.2 Ost
 - Anlage 5.2 Lageplan mit Wasserentnahmestellen und Auswertung nach LAWA
 - Anlage 5.3 Tabellarische Auswertung der bodenchemischen Analysen
 - Anlage 5.3.1 LAGA-Feststoff
 - Anlage 5.3.2 LAGA-Eluat
 - Anlage 5.3.3 BBodSchV Boden-Mensch
 - Anlage 5.3.4 BBodSchV Boden-Grundwasser
 - Anlage 5.3.5 Sanierungszielwerte im Feststoff
 - Anlage 5.4 Tabellarische Auswertung der wasserchemischen Analysen
 - Anlage 5.4.1 Auswertung nach LAWA
 - Anlage 5.4.2 Auswertung der GWM der DMT GmbH
 - Anlage 5.5 Lageplan mit allen Analyseergebnissen \geq Z2, 1:1.000
 - Anlage 5.5.1 West
 - Anlage 5.5.2 Ost

- Anlage 5.6 Lageplan mit allen Analyseergebnissen \geq Sanierungszielwerten
 - Anlage 5.6.1 West
 - Anlage 5.6.2 Ost
- Anlage 6 Schematische Baugrundschnitte, 1:250/100 (2,5-fach überhöht)
 - Anlage 6.1 Schnitt A-A
 - Anlage 6.2 Schnitt B-B
 - Anlage 6.3 Schnitt C-C
 - Anlage 6.4 Schnitt D-D
 - Anlage 6.5 Schnitt E-E
 - Anlage 6.6 Schnitt F-F
 - Anlage 6.7 Schnitt G-G
- Anlage 7 Spundwandsituation mit Stand 1986
 - Anlage 7.1 Lageplan, 1:1.000
 - Anlage 7.2 Erläuterungen
- Anlage 8 Druckrohrleitungen
 - Anlage 8.1 Lageplan, 1:1.000 / 1:500
 - Anlage 8.2 Fotodokumentation
- Anlage 9 Massenmodell, 1:2.000
 - Anlage 9.1 Lageplan mit Geländemodell
 - Anlage 9.2 Mächtigkeit der Auffüllungen
 - Anlage 9.3 Möglichkeit der Unterkellerung
 - Anlage 9.4 Rückbau von Altfundamenten
 - Anlage 9.5 Bereiche für Fallplattenverdichtung
 - Anlage 9.6 Aufbereitungskonzept
 - Anlage 9.7 Massenmodell
- Anlage 10 Massenschätzung
 - Anlage 10.1 Massen aus Kontamination
 - Anlage 10.2 Massen aus Altfundamenten
 - Anlage 10.3 Massenbilanz

ANHANG

- A Kostenschätzung

IV Verwendete Unterlagen und Literatur

- /1/ Deutsche Montan Technologie GmbH (2006). Untersuchung zur Gefährdungsabschätzung für das Betriebsgelände der ehemaligen Schachanlage Haus Aden 1/2 in Bergkamen im Rahmen des Abschlussbetriebsplanverfahrens. Detailerkundung. Gutachten vom 05.09.2006.
- /2/ Deutsche Montan Technologie GmbH (2005). Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung für das Betriebsgelände der ehemaligen Schachanlage Haus Aden 1/2 in Bergkamen im Rahmen des Abschlussbetriebsplanverfahrens. Grundwassermonitoring 2004/2005. Bericht vom 14.10.2005.
- /3/ Deutsche Montan Technologie GmbH (2002). Untersuchung zur Gefährdungsabschätzung für das Betriebsgelände der ehemaligen Schachanlage Haus Aden 1/2 in Bergkamen im Rahmen des Abschlussbetriebsplanverfahrens. Gutachten vom 15.10.2002.
- /4/ Deutsche Montan Technologie GmbH (2003). Ehemalige Schachanlage Haus Aden 1/2 in Bergkamen. Geotechnische Machbarkeitsuntersuchung. Gutachten vom 26.06.2003.
- /5/ Deutsche Montan Technologie GmbH (2002). Schachanlage Haus Aden 1/2 in Bergkamen. Geotechnische Voruntersuchung. Bericht vom 27.11.2002.
- /6/ Deutsche Montan Technologie GmbH (2007). Schichtenprofile, Prüfberichte Bodenchemie, Prüfberichte Grundwasserchemie zu ergänzenden Untersuchungen. Information per E-Mail vom 15.06.2007.
- /7/ Lippe Gesellschaft für Wassertechnik mbH (2002). Machbarkeitsstudie Seefläche Wasserstadt Haus Aden, Bericht vom 20.12.2002.
- /8/ Pesch & Partner (2012/2013): Rahmenplanung, Lageplan Rahmenkonzept. Stand vom 27.03.2015, übermittelt als wasserstadt_STB_Konzept_24_03_2015.dwg-Datei.
- /9/ Pesch & Partner (2012/2013): Höhenlinien. Stand vom 09.01.2013, übermittelt als Hoehenlinien_Überarbeitung_09_01_2013.dwg-Datei
- /10/ Vermessungsbüro Thiemann und Schulte ÖBVI (2006). Grundlageplan und Geodaten aus der Vermessung vom 20.11.2006 der Fläche der ehemaligen Schachanlage Haus Aden 1/2 in Bergkamen.
- /11/ DAHLEM Beratende Ingenieure GmbH und Landschaft Planen & Bauen NRW GmbH (2012). Seeplanung mit Querprofilen, Querschnitt A1-A2 (Querungsbauwerke an Übergängen Grachten-See), B1-B2, C1-C2, D1-D2, E1-E2 ht Obergracht)., Querprofil A1-A2, als pdf-Dateien.
- /12/ KONSTA Planungsgesellschaft mbH (2012). Wasserstadt Aden, Ergänzende Planung zum Entwässerungskonzept. Erläuterung der Entwässerungsvarianten, Stand 06.09.2012

- /13/ Preußische Geologische Landesanstalt (1939). Geologische Karten von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, 1.25.000, Blatt 4311, Lünen, mit Erläuterungen.
- /14/ Huske, Joachim (2006): Die Steinkohlenzechen im Ruhrrevier. Daten und Fakten von den Anfängen bis 2005. 3. Auflage. Selbstverlag des Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Veröffentlichung Nr. 144
- /15/ Kreis Unna (2006). Abschlussbetriebsplan für die Schachanlage Haus Aden 1/2 in Bergkamen-Oberaden. Untersuchungsergebnisse zur Gefährdungsabschätzung (Detailphase), Schreiben an das Bergamt Kamen vom 10.11.2006.
- /16/ Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), 20, (1997, 2003). Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen. Technische Regeln. Stand. 6.11.1997 und Überarbeitung vom 6.11.2003.
- /17/ BBodSchV - Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12.07.1999, Stand. 24.02.2012
- /18/ BBodSchG - Bundes-Bodenschutzgesetz vom 01.03.1999, Stand. 24.02.2012.
- /19/ LAWA Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2004): Ableitung von Geringfügigkeits-schwellenwerten für das Grundwasser.
- /20/ LAWA Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1994). Empfehlung für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden.
- /21/ KrW-/AbfG - Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (KrWG) 24.02.2012.
- /22/ Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2003). Vollzugshilfe zur Gefährdungsabschätzung „Boden-Grundwasser“, Hinweise zur Untersuchung und Bewertung von Grundwassergefährdungen durch Altlasten nach Bodenschutzrecht. - Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Band 17.
- /23/ DIN 19731 (1998). Anforderungen an die Verwertung von Bodenmaterial.
- /24/ DIN 18915: Bodenbedarf für Vegetationstechnische Zwecke.
- /25/ Verordnung über Deponien und Langzeitlager /Deponieverordnung DepV vom 27.04.2009, Stand 24.02.2012.
- /26/ Verordnung über Verwertungs- und Beseitigungsnachweise (Nachweisverordnung, NachwV), 07.10.1996, Stand vom 24.02.2012.
- /27/ Abfallverzeichnisverordnung, Verordnung über das europäische Abfallverzeichnis (AVV), Stand 24.02.2012.
- /28/ BG Bau (2006). BGR 128, kontaminierte Bereiche, Februar 2006.

- /29/ Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau - RuVA-StB 01, Stand 2001.
- /30/ Ministerium für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2005). Berücksichtigung von Flächen mit Bodenbelastungen, insbesondere Altlasten, bei der Bauleitplanung und im Genehmigungsverfahren (Altlastenerlass), 14.03.2005.
- /31/ Landesumweltamt NRW (2004). Anforderungen an das Aufbringen von Materialien auf oder in den Boden gemäß § 12 Bundes- Bodenschutz- und Altlastenverordnung, Merkblatt Nr. 44.
- /32/ Landesumweltamt NRW (2004). Landesbodenschutzgesetz (LBodSchG) 9.03.2000.
- /33/ Stadt Bergkamen (2007, 2012); Sanierungszielwerte für den Einbau von Material im Rahmen der Flächenaufbereitung für das ehemalige Betriebsgelände Haus Aden 1/2 in Bergkamen, 23.10.2007 und Abstimmungsgespräch vom 30.03.2012, Protokoll vom 24.04.2012 und Gespräch vom 01.04.2015.
- /34/ Verordnung zum Schutz von Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung-GefStoffV) vom 23.12.2004 und 6.03.2007
- /35/ Technische Regeln für Gefahrstoffe (1998): TRGS 524- Sanierung und Arbeiten in kontaminierten Bereichen
- /36/ DWA (2005). DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt A 138. Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser.
- /37/ Bezirksregierung Arnsberg (1999). Luftbildauswertung Haus Aden 1/2. Schreiben an die Deutsche Steinkohle AG vom 02.07.1999.
- /38/ BAW-Merkblatt (2011): Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD) Ausgabe 2011
- /39/ TABERG Ingenieure GmbH (2007): Baugrund- und Altlastenuntersuchungen sowie Sanierungsplanung zu Folgenutzungen auf dem Gelände der ehemaligen Schachtanlage Haus Aden 1 / 2 in Bergkamen, 18.12.2007
- /40/ PASD Architekten Feldmeier-Wrede (2006, 2007): Planunterlagen, Querprofile, übermittelt als dxf-Dateien, Excel-Dateien. Letzter berücksichtigter Stand der Rahmenplanung, September 2007.
- /41/ DSK, Stadt Bergkamen (2015): Abstimmungsgespräch vom 25.02.2015 auf Einladung der Bezirksregierung Arnsberg, Dez. 61, Aktennotiz vom 25.02.2015
- /42/ WSA Rheine (2015): Bestandsquerprofile Uferspundwand mit Rückverankerung (Scan / tif), e-mail WSA Rheine vom 17.03.2015

1 Vorgang und Aufgabenstellung

Die Stadt Bergkamen beabsichtigt, das Gelände der ehemaligen Schachanlage Haus Aden 1/2 einer Folgenutzung zuzuführen, die als "Wasserstadt Aden" bezeichnet wird. Das ca. 54 ha große Gelände soll zukünftig als Gewerbe-, Dienstleistungs- und Wohnstandort genutzt werden und über eine Wasserfläche (Adensee) an den Datteln-Hamm-Kanal (DHK) angebunden werden. Das Gelände steht mit Ausnahme eines Parkplatzes im Westen und Südwesten der Fläche (Heiler Kirchweg) zurzeit noch unter genehmigungsrechtlicher Aufsicht der Bergbehörde.

In der ersten Projektphase wurde für die damals bestehende Planung von der TABERG Ingenieure GmbH mit Datum vom 18.12.2007 das Gutachten „Baugrund- und Altlastenuntersuchungen sowie Sanierungsplanung zu Folgenutzungen auf dem Gelände der ehemaligen Schachanlage Haus Aden 1 / 2 in Bergkamen“ vorgelegt.

Die Planungen wurden in der Zwischenzeit überarbeitet /8, 9/.

Des Weiteren wurden anlässlich diverser Abstimmungsgespräche mit dem Kreis Unna, zuletzt am 30.03.2012, offene Punkte des Sanierungsplans aus 12/2007 besprochen. Insbesondere wurden die Einbauwerte für internes und externes Material verbindlich festgelegt, so dass der Sanierungsplan entsprechend angepasst werden muss.

Mit Schreiben vom 21.05.2012 wurde die TABERG Ingenieure GmbH von der Stadt Bergkamen beauftragt, auf der Basis der aktuellen Planung den bestehenden Sanierungsplan zu überarbeiten und eine entsprechende Massenermittlung und Kostenschätzung für die Folgenutzung zu erarbeiten.

Im Einzelnen sollen folgende Leistungen erbracht werden:

- Überarbeitung des bestehenden Sanierungsplans aus 12/2007 und Anpassung an die neue Entwurfsplanung zur Variante Nr. 3.
- Aktualisierung der Aushub- und Einbaumassen bezogen auf die neue Planung. Das Tauchbecken (Teilfläche 8, Wasserwelt) sowie die südliche Gracht (Bereich Teilfläche 6, Untergracht) entfallen. Alternativ entsteht dort Gewerbe und Wohnen.
- Konkretisierung des Boden- und Massenmanagements.
- Ermittlung der Kosten für die Flächenaufbereitung.

2 Ausgangssituation

2.1 Untersuchungsgebiet

Wie in Abbildung 1 dargestellt, liegt das ca. 54 ha große Gelände der ehemaligen Zeche Haus Aden 1/2 in Bergkamen im Stadtteil Oberaden. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich

in Südwest-Nordost-Richtung auf einer Länge von ca. 1,9 km und mit einer Breite von im Mittel 0,3 km. Die Fläche wird im Norden vollständig vom Datteln-Hamm-Kanal (DHK) begrenzt. Im Westen verläuft die Rotherbachstraße. Im Süden bilden die Güterbahnlinie und die Wohnbebauung nördlich der Rotherbachstraße bzw. Hans-Böckler-Straße die Grenze des Untersuchungsgebietes. An der Ostseite grenzt die Fläche an den Böschungsfuß der Jahnstraße (vgl. Anlage 1).

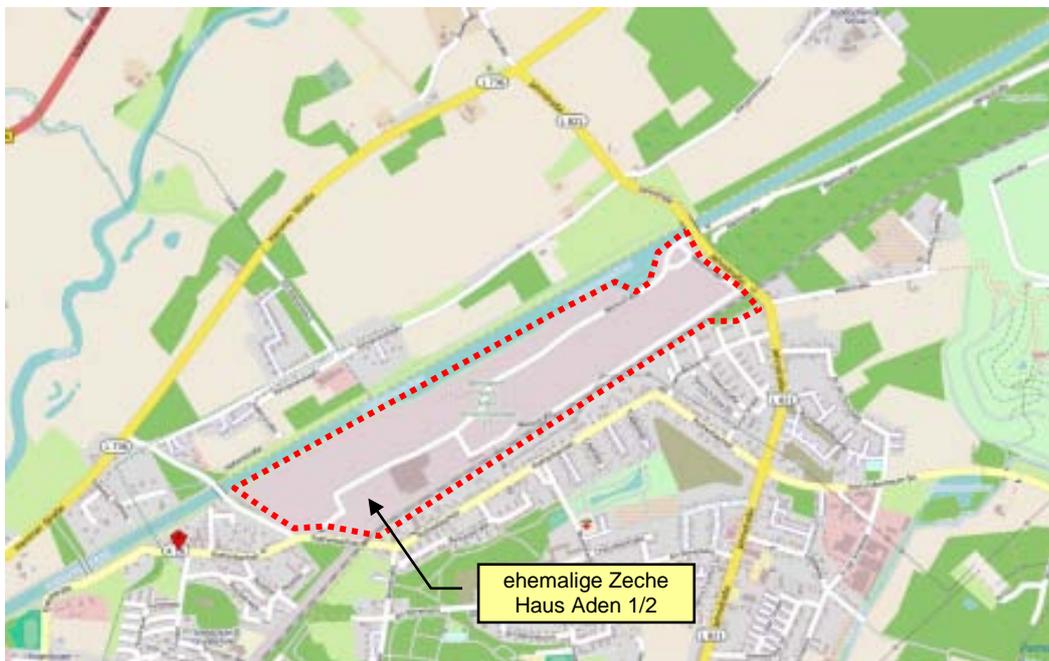


Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebietes in Bergkamen
(Quelle: OpenStreetMap 2015)

Das Gelände liegt im Norden, entlang des DHK, bei ca. +59 m NN und im Süden der Fläche bei ca. +50 mNN.

Die Gleisanlagen der ehemaligen Zechenbahn durchziehen das Gelände von West nach Ost. Noch vorhandene Bebauung befindet sich im Süden der Fläche. Dabei handelt es sich um das Fördergerüst des Schachtes Haus Aden 2 mit Nebengebäuden sowie eine östlich angrenzende Energiezentrale mit Schaltheis und Umspannwerk. Im Nordwesten befindet sich noch ein etwa 10 m tieferes Absetzbecken.

Nordwestlich der Fläche liegt in ca. 600 m Entfernung das Naturschutzgebiet „In den Kämpen“. Trinkwasserschutzgebiete sind in unmittelbarer Nähe nicht ausgewiesen. Etwa 500 m östlich der Projektfläche befindet sich die großflächig angelegte Bergehalde „Großes Holz“.

Als natürliche Vorflut des Untersuchungsgebietes dient die etwa 700 m nordwestlich fließende Lippe (siehe Abbildung 1).

2.2 Industriegeschichte

Vor der Errichtung der Schachtanlage Haus Aden wurde das Untersuchungsgebiet forst- und landwirtschaftlich genutzt /7/. Der nördlich angrenzende Datteln-Hamm-Kanal wurde 1914 in diesem Abschnitt für die Schifffahrt freigegeben. Die heute für den reinen Güterverkehr in Betrieb befindliche Hamm-Osterfelder Bahn am Südrand wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts errichtet und in Betrieb genommen.

Im Jahre 1938 wurde mit dem Abteufen des Schachtes 2 begonnen /14/. Schacht 1 wurde ab 1939 abgeteuft. Im gleichen Jahr erreichte Schacht 2 die flözführenden Schichten des Oberkarbons und die Kohlenförderung begann. Ab 1950 entstanden die Sieberei und die Kohlenwäsche /7/. Anfang 1993 wurden die Schachtanlagen Haus Aden 1/2 und Monopol zu einem Verbundbergwerk zusammengeschlossen und 1998 erfolgte ein weiterer Zusammenschluss mit der Zeche Heinrich Robert zum Bergwerk Ost.

Im Jahre 2000 wurde die Steinkohlenförderung auf der Schachtanlage Haus Aden eingestellt.

2.3 Besonderheiten

2.3.1 Querende Leitungen

Im westlichen Teil des Grundstückes verlaufen entlang des DHK drei Druckrohrleitungen des Lippeverbandes (Leitungsbetreiber) mit Durchmesser DN 300, DN 500 und DN 1.000 vom Pumpwerk Heiler Kirchwegbrücke im Nordwesten zum Pumpwerk Polderanlage im Bereich der ehemaligen Klärbecken. Die Leitungen DN 500 und DN 1.000 sollen auch für die zukünftige Nutzung komplett erhalten bleiben. Die Leitung DN 300 ist bereits außer Betrieb und entbehrlich.

Gemäß der Planunterlagen verläuft die Trasse vom Pumpwerk Heiler Kirchwegbrücke zunächst in nördliche Richtung bis etwa 20 m vor dem DHK und knickt hier in östliche Richtung ab. Bis zum Pumpwerk Polderanlage verlaufen die Leitungen annähernd parallel zum DHK, wobei nach etwa 130 m der Abstand zum DHK über einen weiteren Knick verringert wird /40/.

Die genaue Lage der Druckrohrleitungen (Lage und Höhe) ist nicht bekannt. Es liegen lediglich verschiedenen Entwässerungspläne der RAG AG sowie DSK AG aus den 90er Jahren mit groben Eintragungen der Leitungen vor.

Weiterhin quert ein inzwischen überschütteter Bachlauf („Rotherbach“) im Südosten sowie ein in Betrieb befindlicher Entwässerungskanal DN 1.400 (Mischwasserkanal) die Projektfläche /40/.

2.3.2 Uferbefestigung am Datteln-Hamm-Kanal

Die Untersuchungsfläche der geplanten „Wasserstadt Aden“ besitzt entlang des DHK eine Uferlänge von etwa 1.800 m, die mit Spundwandprofilen verbaut ist. Im Westen des Projektgebietes an der Wasserbrücke Heiler Kirchweg liegt die Kanal-Kilometrierung bei etwa km +17,85 und führt nach Osten bis zur Landwehrbrücke bei km +19,70.

Die Regelquerschnittsbreite des DHK beträgt im westlichen Untersuchungsgebiet zwischen km +17,85 und km 18,5 ca. 40 m. Nach Osten hin liegen deutliche Abweichungen vom Kanalregelprofil vor, die (von West nach Ost) den Hafen Haus Aden (ab km +18,5) mit etwa 70 m Breite, den Liegehafen (ab km +19,1 m NN) mit etwa 50 m Breite sowie das Wendebecken (ab +19,4 m NN) mit einer Breite von bis zu 120 m betreffen (vgl. Anlage 7.1).

Die Wasserstandshöhe im Kanal liegt i. M. bei +56,5 m NN. Bei einem Sohlniveau von etwa +51,8 m NN beträgt die Wassertiefe somit rund 5 m.

Der DHK ist über die gesamte Länge der Untersuchungsfläche zu beiden Seiten mittels Spundwänden gesichert. Die den vorliegenden Unterlagen entnommene Situation, der für die Untersuchungsfläche relevanten südlichen Spundwandeneinfassung, ist in Anlage 7.1 grafisch dargestellt. An einigen Stellen sind zusätzlich Querschnitte der Spundwandprofile mit abgebildet. Besonders ist in diesem Zusammenhang die rund 200 m lange Fangdammkonstruktion am Wendebecken zu erwähnen.

Die Spundwände wurden zur Abdichtung der Wasserstraße generell in den festen Mergel eingebunden (Profillängen bis 16 m) und über eine Rückverankerung mit Hilfe von Stahl- oder Betonankerwänden (Breiten bis etwa 13 m) gesichert. Die Spundwandoberkanten wurden aufgrund der eingetretenen Bergsenkungen mehrmals höhenmäßig durch Aufhöhen der Profile (lokal bis über 3 m) angepasst (vgl. Anlage 7.2).

2.3.3 Bestandsanlagen

Der Schacht Haus Aden 2 dient derzeit der Zentralen Wasserhaltung der Deutschen Steinkohle AG (Grubenwasserförderung) und wird vorläufig einschließlich der anliegenden Freiflächen und dem Elektrohaus mit Umspannwerk, noch in Betrieb bleiben. Der Schacht Haus Aden 1 ist verfüllt und damit dauerhaft gesichert. Dieser gesamte durch die DSK AG genutzte

Flächenbereich wird weiterhin unter Genehmigungsaufsicht der Bergbehörde bestehen bleiben.

Die Pumpstation östlich des ehemaligen Lokschuppens im Südosten des Geländes soll auch in Zukunft betrieben werden und die Geländesituation entsprechend erhalten bleiben (vgl. Anlage 1).

2.3.4 Kampfmittel

Hinsichtlich vorhandener Kampfmittel (Bombenabwürfe und Munitionsreste aus dem 2. Weltkrieg) liegt eine Luftbildauswertung der Bezirksregierung Arnsberg aus dem Jahre 1999 /37/ vor. Demnach lassen die vorhandenen Luftbilder vereinzelte Bombenabwürfe, jedoch keine spezifischen Hinweise auf Blindgängereinschlagsstellen erkennen. Sind im Zuge der Bauarbeiten auf der Fläche außergewöhnliche Verfärbungen im Untergrund zu erkennen oder werden verdächtige Gegenstände beobachtet, sind die Arbeiten sofort einzustellen und der Kampfmittelräumdienst der Bezirksregierung Arnsberg zu verständigen. Es wird empfohlen im Rahmen der Ausführungsplanung die Bezirksregierung Arnsberg (Kampfmittel) einzubinden.

2.4 Bauplanung

Für das Gelände der ehemaligen Schachtanlage Haus Aden 1/2 ist eine Kombination aus Wohn- und Gewerbeflächen mit Anlagen zur Freizeitgestaltung geplant, die in der Anlage 1 als Übersichtslageplan sowie in den Anlagen 2 im Detail dargestellt sind und nachfolgend kurz erläutert werden:

Im nördlichen Bereich entlang des Datteln-Hamm-Kanal (DHK) ist überwiegend eine Wohnbebauung vorgesehen. Im Nordwesten soll die Wohnbebauung durch eine Gracht unterbrochen werden. Östlich davon liegt der See („Adensee“), der mit dem DHK verbunden wird. Für den geplanten See ist eine Tiefe von 3 m vorgesehen, der Wasserspiegel soll dabei auf Höhe des Wasserstands des DHK (56,5 m NN) liegen. An der Südseite des Sees werden Anleger für Sportboote entstehen. Im Nordosten ist eine Gewerbefläche geplant. Im Nordosten und im Südwesten werden Freiflächen angelegt, wobei die südwestliche Freifläche (Grün-West) bei Bedarf als Landschaftsbauwerk zur Sicherung von belastetem Material vorgesehen ist (vgl. Anlage 2.1).

Die geplante Gestaltung der Untersuchungsfläche ist für die vorliegende Bearbeitung in nutzungsbezogene Teilbereiche aufgeteilt und in den beiliegenden Plänen der Anlagen farblich gekennzeichnet. Als Grundlage dient die aktuelle Rahmenplanung /8/. Hierbei wird zwischen Wohnflächen (gelb), Gewerbeflächen (rot), Grünflächen (grün) und Wasserflächen (blau) un-

terschieden. Diese Flächennutzungen sind entsprechend der Lage im Projektgebiet und ihrer Nutzung in insgesamt 13 Teilflächen aufgeteilt, die in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgeführt werden. Die Gesamtfläche beträgt ca. 539.000 m².

Tabelle 1: Zusammenstellung der Teilflächen gemäß Folgenutzung

Teil- fläche TF	Folgenutzung	Bezeichnung gemäß Rahmenplanung /8/	Flächen [m ²] (aufgerun- det)	
Wohnen	1	Wohnen Nordost	Panoramakai	58.200
	2	Wohnen Nordwest	Portofino und Grachtenviertel	64.200
	3	Wohnen Südost	Boulevard	27.000
	4	Wohnen Südwest	Portofino und Grachtenviertel	39.500
Wasser	5	Gracht Nord	Obergracht	10.500
	6	See	Adensee	65.800
Gewerbe	7.1	Hauptstraße	Aden Boulevard	27.800
	7.2	Gewerbe Süd	Gewerbe und Wasserwelt	54.800
	7.3	Schachtzufahrt	Aden Boulevard	13.800
	8	Gewerbe Nordwest	Seebrücke	21.200
	9	Gewerbe Nordost	Hotel und Gastronomie	36.600
	10	Abfall-/Abwasser	Pumpstation	6.500
	11	Schacht	Schacht	25.000
14	Trafostation	Trafostation	3.900	
Grün	12	Grünfläche West	Adenpark, optional mit Land- schaftsbauewerk	72.400
	13	Grünfläche Ost	Wasserwelt	11.600
			538.700	

Gemäß vorliegender Planung /8,40/ handelt es sich bei den geplanten, gründungsrelevanten Bauten um Wohnhäuser, Gewerbehallen, eine Gracht und den Seekörper, die im folgenden näher beschrieben werden (vgl. Anlage 2):

Wohnbebauung

Innerhalb der geplanten Wohnflächen sind eine Vielzahl an Ein- und Mehrfamilienhäusern mit bis zu drei Vollgeschossen geplant (siehe Lageplan Anlage 5.6). Deren Grundfläche liegt zwischen 100 m² (10 m x 10 m) und rund 220 m² (12 m x 18 m). Aufgrund der Höhenplanung liegt die zur Straße zugewandte Seite der Mehrfamilienhäuser tiefer, so dass hier ein Untergeschoss mit Garagenzufahrt eingerichtet werden kann.

Die unmittelbar nördlich des Adensees geplanten Einfamilienhäuser reichen mit einem Teil der Gebäudefläche über das Seeufer hinaus. Zur Gründung dieser Gebäude werden Gründungspfähle in der Uferlinie erforderlich, die jedoch außerhalb der regelmäßigen Seewasserstände (Vermeidung einer Dichtungsdurchdringung unterhalb des regelmäßigen Wasserstandes) angeordnet werden.

Gewerbebauten

In den Teilflächen 7, 8 und 9 sollen Gewerbeflächen entstehen. Die hier vorgesehenen Baukörper werden überwiegend zweigeschossig geplant. Unterkellerungen sind hier nicht vorgesehen.

Wasserflächen

Der geplante Adensee (Teilfläche 6) nimmt eine Fläche von etwa 6,5 ha ein. Die Wasserspiegelhöhe von +56,5 mNN entspricht dem, des im östlichen Seebereich über ein Seetor angeschlossenen Datteln-Hamm-Kanal. Die Sohltiefe des Beckens beträgt 3 m (+53,5 m NN), die sich zu den Rändern auf Tiefen von 1,8 m bis 2,5 m verringern wird. Generell werden die Ufer als Böschung mit Steinschüttung und einem integrierten Dichtungssystem („weiche Ufer“) ausgeführt. Ausnahmen bilden das östliche und westliche Ufer sowie die Seekante des Hafensbereiches, die mit Spundwänden („hartes Ufer“) umfasst werden.

Der Wasserspiegel der Gracht liegt auf +57,50 m NN und damit ca. 1 m höher als der des Adensees mit +56,5 m NN. Die Sohltiefe liegt bei 57,15 m NN und damit ca. 0,35 m unter der Wasseroberfläche. Während das südliche Ufer der Gracht geböscht wird, sind für das nördliche Ufer Winkelstützmauern geplant. Im Bereich der Seebrücke kann das Wasser aus der Gracht über einen „Wasserfall“ in den Adensee gelangen.

Die Entwässerungsplanung sieht ein Regenrückhaltebecken (RRB) als Erdbecken im Adenpark vor /12/. Details dazu sind der entsprechenden Planung der KONSTA-Plan zu entnehmen /12/. Die Sohlhöhe des RRB Adenpark liegt bei etwa +54,00 m NN. Das Regenwas-

ser aus den Grundstücken und Wohnstraßen gelangt über Regenwasserkanäle in Verbindung mit Retentionsmulden in das RRB Adenpark. Anschließend wird das Wasser gedrosselt zur Regenwasservorflut in der Waldstraße abgeleitet (über eine Pumpstation).

Das Portofino- und Grachtenviertel wird überwiegend im Trennsystem und die Teilgebiete Ost im Mischsystem entwässert. Die Teilgebiete Marktplatz mit Seebrücke und östlich der Seebrücke werden im Mischsystem und der Bereich des Panoramakais im modifizierten Trennsystem entwässert. Die Planung sieht die Nutzung des bestehenden Mischwasserkanals DN 1.400 vor (vgl. /12/).

2.5 Geologie und Hydrogeologie

Die allgemeinen Untergrundverhältnisse im Untersuchungsgebiet lassen sich anhand der vorliegenden allgemeinen geologischen Grundlagendaten /13/ sowie anhand der vorliegenden Baugrunduntersuchungen /1, 2, 3, 4, 5, 6/ ableiten und werden nachfolgend erläutert.

2.5.1 Regionalgeologische Übersicht

Die ehemalige Schachanlage Haus Aden 1/2 liegt regionalgeologisch im Münsterländer Kreidebecken. Hier überlagern die rund 300 m mächtigen oberkretazischen Schichten diskordant die im tieferen Untergrund anstehenden flözführenden Schichten des Oberkarbons.

Die jüngsten kretazischen Schichteinheiten umfassen den sogenannten Emschermergel, einen graublauen bis hellgrauen Mergel, der teilweise auch sandig ausgebildet sein kann. Am Kopf des Emschermergels wird mit 1 m bis 2 m Mächtigkeit ein toniger Verwitterungshorizont angetroffen, der Lockergesteinseigenschaften aufweist.

Der Emschermergel wird von den pleistozänen Sedimenten der Mittel- und Niederterrasse der Lippe überlagert. Es handelt sich dabei überwiegend um graugelbe bis braungelbe Sande, in die stellenweise Grobsand-, Schluff- oder Tonlagen eingeschaltet sein können. An der Basis können fossilreiche Lagen auftreten. Auf den Niederterrassensedimenten treten stellenweise Flugdecksande, Löss oder Sandlöss auf. Die Gesamtmächtigkeit dieser quartären Schichten beträgt maximal 15 m /13/.

Das gesamte Untersuchungsgebiet wird von anthropogenen Anschüttungen überdeckt, die im Laufe der bergbaulichen Aktivitäten in diesem Bereich zum Reliefausgleich sowie zum Ausgleich von Bergsenkungen aufgebracht wurden. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um ein Gemisch aus Bergematerial, Asche, Kiesen, Sanden und Schluffen sowie Bauschutt, Flotationsschlamm und Kohleresten. Die maximale Mächtigkeit beläuft sich auf ca. 10 m (siehe /1/ bis /6/).

2.5.2 Schichtenaufbau anhand vorhandener Aufschlüsse

Der Untergrund der ehemaligen Schachanlage Haus Aden 1/2 wurde in mehreren Untersuchungskampagnen (/1/ bis /6/) im Rahmen des Abschlussbetriebsplan-Verfahrens (ABP-Verfahren) mittels Rammkernsondierungen, Schürfen und Bohrungen, die zu Grundwassermessstellen ausgebaut wurden, sowie durch Oberflächenbeprobungen erkundet.

Die insgesamt ausgeführten 495 Rammkernsondierungen, 20 Schürfe und 12 Bohrungen zeigen eine generelle Zunahme der Auffüllungsmächtigkeiten von Süden (ca. 0,5 m) nach Norden (> 10 m) zum Datteln-Hamm-Kanal hin (/1/ bis /6/). Das angeschüttete Material setzt sich im Wesentlichen aus Bergematerial, Asche, Schlacke, Kohle, Sandstein-, Ziegel- und Betonresten, vermischt mit natürlichem umgelagerten Boden (Sand, Kies, Schluff) zusammen. Das Material ist dicht bis mäßig dicht gelagert.

Der natürlich anstehende Boden setzt mit einer Wechsellagerung aus Fein- und Mittelsanden ein, in die schluffig-tonige Lagen eingeschaltet sind. Nach Osten hin nehmen die Feinstkornlagen zu und es treten auch humose Ablagerungen auf.

Mit den zu Grundwassermessstellen ausgebauten Bohrungen /2/ wurden die oberkretazischen Schichten erbohrt, die in Höhen zwischen +40,4 m NN (GWM 1) und +53,7 m NN (GWM 6) angetroffen wurden. Der tonig-schluffige Verwitterungshorizont des Emschermergels wird in den Bohrungen mit einer maximalen Mächtigkeit von 1,1 m /2/ angetroffen.

Organoleptische Auffälligkeiten traten vor allem in den angeschütteten Böden (Kohlenwasserstoffe, Schwefelwasserstoff, Diesel, teerartig, faulig) auf. Aber auch im gewachsenen Boden wurden geruchliche Auffälligkeiten (Kohlenwasserstoff, Schwefelwasserstoff, muffig, faulig, unspezifisch) festgestellt (/1/ bis /6/).

2.5.3 Hydrogeologie

Im Untersuchungsgebiet lassen sich nach dem bisherigen Kenntnisstand zwei grundwasserführende Horizonte unterscheiden. In den quartären Sanden ist ein Porengrundwasserleiter ausgebildet, während der Emschermergel als Kluftgrundwasserleiter fungiert /2/.

Aufgrund der geringmächtigen und nicht flächenhaften Verbreitung der quartären Schichten liegt im Untersuchungsgebiet kein zusammenhängender Grundwasserkörper vor. Im Rahmen eines Grundwassermonitorings für das Untersuchungsgebiet /2, 6/ wurden vier Grundwassermessstellen im Quartär (1F, 3F, 5F, 7F) errichtet und an drei Stichtagen (u.a. im Juni und Dezember 2004 sowie März 2007) eingemessen. Im Westen der Fläche stand das Grundwasser bei nahezu konstant +49,1 m NN an, während im Osten ein Wasserspiegelniveau um

52,2 m NN mit wenigen Zentimetern Schwankungsbreite gemessen wurden. In den Bodenaufschlüssen auf der Fläche wurde der Wasserstand während der Bohrarbeiten z.T. auch erst tieferliegend gegenüber den o.g. Messpegeln angeschnitten, so dass es nicht ausgeschlossen ist, dass es in den vier Messstellen aus /2, 6/ auch lokal Stauwasserhorizonte erfasst wurden.

Im kretazischen KlufftGrundwasserleiter wurden insgesamt zehn Messstellen errichtet /2/. Die durchgeführten Stichtagsmessungen weisen dabei eine nach Norden gerichtete Grundwasserfließrichtung aus. Die Grundwasserstände liegen im Süden bei ca. +55 m NN und im Norden bei ca. +46,5 m NN. Es liegen im kretazischen KlufftGrundwasserleiter demnach leicht gespannte Verhältnisse vor (vgl. /2/).

Im Vergleich dazu befindet sich der Wasserspiegel des DHK (Datteln-Hamm-Kanals) bei +56,5 m NN und damit oberhalb des natürlichen Grundwasserniveaus.

2.6 Vorliegender Kenntnisstand

2.6.1 Bodenchemische Beschaffenheit der Auffüllung

Für das Untersuchungsgebiet liegen bereits diverse Gutachten /1/ bis /6/ vor. So kann zum Beispiel auf die Ergebnisse von 382 Rammkernsondierungen aus der orientierenden Gefährdungsuntersuchung /3/ zurückgegriffen werden. Im Rahmen einer Detailerkundung /1/ wurden 2006 weitere 113 Rammkernsondierungen abgeteuft.

Im Zuge der orientierenden Gefährdungsuntersuchung wurde die Fläche mit einem Aufschlussraster versehen, das acht Teilflächen gemäß der bekannten Vornutzung berücksichtigt hat /2/. Aus den entnommenen Bodenproben wurden 253 Misch- und Einzelproben zusammengestellt und entsprechend den Untersuchungsvorgaben der Bergbehörde (LOBA 1994) für ehemalige Tagesanlagen analysiert. Bei spezifischem Verdacht wurde der Analysenumfang dahingehend weiter angepasst. Die Bewertung der Ergebnisse erfolgte auf der Grundlage der Bundesbodenschutzverordnung /17/ im Hinblick auf die Gefährdungspotenziale sowie auf die Anforderungen bei Beendigung der Bergaufsicht und einer Herrichtung für eine Folgenutzung. Für die Parameter Σ PAK, EOX und Kohlenwasserstoffe wurden die Zuordnungswerte Z 2 nach LAGA Bauschutt /16/ herangezogen.

An 39 Rammkernsondierungen wurden Direktmessungen auf Methangas mit Entnahmetiefen zwischen 2 und 6 m vorgenommen. Es wurde hierbei kein Methangas festgestellt, so dass weitergehende Untersuchungen nicht notwendig erschienen.

Auffällige Konzentrationen wurden in der Orientierungsphase hauptsächlich für die Polycyclen mit einem Maximalgehalt von 1.616 mg/kg PAK nach US-EPA (MP 168 AI) ermittelt. Diese

Mischprobe wies auch mit 70 mg/kg die höchste Konzentration an Benzo(a)pyren auf. Untergeordnet wurden Belastungen durch Arsen, Blei und Chrom nachgewiesen /3/. Die Belastungen im Boden sind nach Aussage des Gutachters lokal und nicht flächenhaft verbreitet.

Mit einer Detailuntersuchung /1/ wurden die, in der Orientierungsphase ermittelten Bodenbelastungen weiter eingegrenzt. Dazu wurden insgesamt 113 weitere Rammkernsondierungen bis maximal 8,1 m Tiefe abgeteuft. Aus den gewonnenen Bodenproben wurden weitere 146 Misch- und Einzelproben sowie 4 Mischproben aus der oberflächennahen Beprobung zusammengestellt und auf den bereits oben genannten Analysenumfang untersucht. Als Bewertungsgrundlage wird der Wirkungspfad Boden - Mensch gemäß BBodSchV /17/ herangezogen. Für die Parameter Σ PAK, EOX und Kohlenwasserstoffe werden als Orientierungswerte die Zuordnungswerte Z 2 nach Bauschutt /16/ verwendet. Folgende Detailergebnisse sind dabei erwähnenswert (vgl. Anlage 5.5):

- Für die Teilfläche 1.6 "Werkstätten" wurden im Rahmen der Detailerkundung keine weiteren Belastungen ermittelt. Der in der Orientierungsphase in der RKS 72 in einer Tiefe von 3,2 bis 5,9 m festgestellte Gehalt an Polycyclen von 233 mg/kg, davon 15,6 mg/kg B(a)P, wird als lokale Belastung eingestuft.
- Der als Teilfläche 1.7 bezeichnete Bereich der "ehemaligen Klärbecken" wies in der Orientierungsphase eine auffällig hohe Belastung durch Benzo(a)pyren (6,4 mg/kg in RKS 235-1) auf, die mit der eingrenzenden Rammkernsondierung I.40 bestätigt wurde (5,7 mg/kg B(a)P, 106 mg/kg PAK, 1,0 bis 5,0 m Tiefe). Alle übrigen RKS auf der Teilfläche 1.7 wiesen keine Auffälligkeiten gemäß BBodSchV auf.
- Im Bereich der Aufbereitung (Teilfläche 1.8) wurden in der Orientierungsphase Belastungen mit Polycyclen in den Rammkernsondierungen RKS 224 (13,8 mg/kg B(a)P, 173 mg/kg PAK) sowie der RKS 130 (454 mg/kg) beobachtet. Die Eingrenzung erfolgte u. a. mit den RKS I.7 (2,7 mg/kg B(a)P, 0,1 bis 2,0 m Tiefe, Bereich RKS 224) sowie RKS I.67 (7,2 mg/kg B(a)P, 114 mg/kg PAK) und II.1 (2,3 mg/kg B(a)P, Tiefe jeweils 0,1 bis 2,0 m) für die RKS 130.
- Die im Gleisbereich westlich der Wäsche angetroffene Belastung mit Polycyclen (RKS 168, 1.616 mg/kg PAK, 70 mg/kg B(a)P) wird als lokale Belastung eingestuft. Die im Bereich der Gleisanlagen (Teilfläche 1.9) festgestellten erhöhten Konzentrationen an Polycyclen in der RKS 262 (Gleisbereich) wurden durch die eingrenzenden Untersuchungen bestätigt. In der RKS I.24 konnte in einer Tiefe von 0,0 bis 1,0 m ein Maximalgehalt von 10.259 mg/kg PAK mit 289 mg/kg B(a)P festgestellt werden. Im Bereich der Lagerboxen (RKS 286) wurden in den zur Eingrenzung durchgeführten Untersuchungen Polycyclenkonzentrationen von 141 bis 1.733 mg/kg PAK mit 4,8 bis 77,7 mg/kg B(a)P ermittelt. Die südlich des Lokschuppens und der Mobilgerätewerkstatt in der Orientierungsphase mit den RKS 291 und 292 beo-

bachteten Belastungen wurden bei den eingrenzenden Untersuchungen bestätigt (5,1 bis 11,8 mg/kg B(a)P, 117 bis 134 mg/kg PAK in 0,1 bis 2,1 m Tiefe). Ein weiterer Belastungsbereich wurde um die RKS 261 und I.30 detektiert (2,6 – 30,8 mg/kg B(a)P, 433 mg/kg PAK).

- Für die Teilfläche 2.0 (Sonstiges) wird die mit der RKS 55 ermittelte Belastung (5,1 mg/kg B(a)P) durch die eingrenzende RKS I.58 (4,8 mg/kg B(a)P, 0,5 bis 1,6 m Tiefe) bestätigt.

Die sowohl in der Orientierungsphase /3/ als auch in der Detailerkundung /1/ durchgeführten Untersuchungen auf Pestizide ergaben den Nachweis der Verwendung von Atrazin, Diuron und Simazin, wobei jedoch nur noch Restgehalte festgestellt werden konnten.

Die als flächenhafte Belastungen ausgewiesenen Bereiche aus der Detailerkundung sind in der Anlage 5.5 mit dargestellt worden.

2.6.2 Hydrochemische Beschaffenheit des Grundwassers

Zur Bewertung des Gefährdungspfades Boden-Grundwasser wurde ein Grundwassermonitoring /2/ durchgeführt. Hierzu wurden 10 Grundwassermessstellen im kretazischen Kluffgrundwasserleiter und 4 Stück im quartären Porengrundwasserleiter eingerichtet. An insgesamt vier Stichtagen erfolgte im Zeitraum 2004/2005 im Halbjahresrhythmus sowie im März 2007 die Beprobung der Messstellen. Untersucht wurden die Vor-Ort-Parameter sowie Sulfat, Chlorid, Ammonium, Nitrat, DOC, Cyanide gesamt und leicht freisetzbar, Kohlenwasserstoffe, Phenolindex, Σ BTEX, Σ PAK nach US EPA, AOX sowie die Schwermetalle Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel, Zink und das Arsen. Die Bewertung der Ergebnisse erfolgte nach LAWA (1994, /20/).

Für die quartären Grundwasserproben (1F, 3F, 5F, 7F) werden bei den ersten drei Beprobungszyklen leicht auffällige Arsenkonzentrationen festgestellt, die jedoch die Maßnahmenschwellenwerte nach LAWA /20/ einhalten. Teilweise treten geringfügig erhöhte Gehalte an Blei, Kupfer und Zink auf, die im Bereich der Prüfwerte nach LAWA /20/ liegen.

Die Grundwasseranalysenergebnisse der kretazischen Messstellen ergaben eine Überschreitung des Maßnahmenschwellenwertes für Zink (GWM 1: 5 mg/l im Dezember 2004) und für Polycyclen (GWM 7: 3,6 µg/l im Juni 2005). Weitere leicht auffällige Konzentrationen, die jedoch die Maßnahmenschwellenwerte nach LAWA /19/ einhalten, werden im Grundwasser der Messstelle GWM 1 (1,5 mg/l Zink im Juni 2005) und der Messstelle GMW 8 (0,4 bzw. 0,7 µg/l PAK im Juni bzw. Dezember 2004 und 110 µg/l BTEX im Dezember 2004) gemessen. Die gemessenen Werte zeigen jedoch keinen eindeutigen Trend, sie schwanken stark.

Seitens des Gutachters wurde eine Fortführung des Monitorings in reduziertem Umfang zur Verifizierung der vorliegenden Ergebnisse vorgeschlagen /2/.

Die Ergebnisse der Grundwasseranalysen sind in den Lageplänen der Anlage 5.5 sowie tabellarisch in der Anlage 5.4.2 hinsichtlich der Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA /20/ ausgewertet und dargestellt.

Zudem ist darauf hinzuweisen, dass in dem Grundwasserrammpegel RKS 45 im Süden des Untersuchungsgebietes erhöhte Konzentrationen an Polycyclen nachgewiesen (47,8 µg/l PAK, EPA) wurden.

In Abstimmung mit der zuständigen Bergbehörde (Bergamt Kamen) hat der Gutachter DMT im März 2007 insgesamt sieben ausgewählte Grundwassermessstellen beprobt und auf ausgewählte chemische Parameter untersucht /6/. Zuvor wurden die Grundwassermessstellen 3F und 7F im Quartär neu errichtet. Die Ergebnisse dieser Grundwasseranalysen sind in Tabelle 2 in einer Übersicht sowie im Lageplan der Anlage 5.4.2 ebenfalls mit dargestellt.

Tabelle 2: Überschreitung der Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA /18/

Messstelle	Untersuchungsparameter	Messung in 3/2007: Überschreitung der LAWA /20/
GWM 1	Elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Zn, AOX	Zn
GWM 1F	Elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Zn, Cu, As, Pb, AOX	As
GWM 3F*	Elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Ammonium, Zn, Cu, As, Pb, Cd, Crges., CrVI, Ni, Hg, CN ges. CN I. fr., Phenole, AOX, KW, BTEX, PAK (EPA), Trichlormethan, Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen	Zn, Ni, PAK, KW
GWM 5F	Elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Zn, As	As
GWM 7	Elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, PAK (EPA)	keine Überschreitung
GWM 7F*	Elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Ammonium, Zn, Cu, As, Pb, Cd, Cr ges., Cr VI, Ni, Hg, CN ges. CN I. fr., Phenole, AOX, KW, BTEX, PAK (EPA), Trichlormethan, Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen	Zn, KW
GWM 8	Elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, CN ges., CN I. fr., PAK (EPA)	keine Überschreitung

Hinweis* Herstellung in 2007,

GWM F = Messstellen mit Verfilterung im Porengrundwasserleiter, vgl. auch Anlage 5.4.2

Das Grundwasser der Messstelle GWM 3F zeigt mit 1,5 µg/l PAK (EPA) und 6.400 µg/l Kohlenwasserstoffe signifikant erhöhte Werte, so dass die Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA /20/ überschritten werden (vgl. Tabelle 2). Das Grundwasser zeigt bei der Probenahme eine starke Trübung, so dass auch die Wahrscheinlichkeit besteht, dass die

Schadstoffe in diesen Konzentrationen nicht im Grundwasser gelöst vorliegen, sondern an den Schwebstoffen anhaften. Die Messstelle 3F liegt zudem im Grundwasserabstrom zu den Bodenbelastungen südlich (vgl. Lageplan Anlage 5.5.2).

2.6.3 Geotechnische Klassifizierung der anstehenden Böden

Geotechnisch klassifizierende Beschreibungen der anstehenden Böden lassen sich aus den Aufschlüssen von zwei Untersuchungen (/4/ und /5/) entnehmen, deren Umfang im Weiteren kurz beschrieben wird:

- Im Rahmen der geotechnischen Untersuchung /4/ wurden 107 Sondierungen mit der schweren Rammsonde bis in Tiefen von 4,5 bis 15 m ausgeführt sowie 20 Schürfe angelegt. Laboruntersuchungen (Kornverteilungen, Bestimmung der Konsistenzgrenzen, des Wasser- und Kalkgehaltes sowie des Glühverlustes) komplettieren das Programm. Die geotechnische Erstbewertung ergab im Hinblick auf eine Folgenutzung der Fläche die Notwendigkeit von technischen Zusatzmaßnahmen für eine Neubebauung (Baugrundverbesserung).
- Ziel der geotechnischen Machbarkeitsstudie /5/ war die generelle Prüfung hinsichtlich einer neuen Wohn- und Gewerbebebauung für einen, zu diesem Zeitpunkt vorliegenden, städtebaulichen Entwurf. Es wurden keine weiteren Feldarbeiten durchgeführt. Anhand der Untersuchungen aus der geotechnischen Voruntersuchung /4/ sowie der orientierenden Untersuchung /3/ und Detailuntersuchung /1/ wurden drei Bereiche im Norden für eine Wohnbebauung und vier Bereiche im Süden für eine Gewerbebebauung ausgewiesen, für die eine Flachgründung mit Bodenersatzschicht realisierbar ist.

In /7/ sind Variantenuntersuchungen hinsichtlich der generellen Umsetzbarkeit einer geplanten Seefläche dargestellt. Dazu wurden verschiedene Flächengrößen und Seetiefen untersucht und die dabei zu berücksichtigenden geotechnischen Rahmenbedingungen erörtert.

3 Untersuchungen aus dem Jahr 2007

3.1 Untersuchungskonzept

Der Umfang der Feld- und Laborarbeiten wurde auf die baugrundtechnischen Gesichtspunkte sowie auf die Fragestellungen aus dem Bodenmanagement in Abstimmung mit den Erfordernissen der Sanierungsplanung in Bezug auf die geplante Folgenutzung ausgerichtet (vgl. /39/). Hierzu wurde im Vorfeld der Bearbeitung eine Untersuchungsmatrix aufgestellt, die den Sondierumfang unter Berücksichtigung der vorhandenen /1 bis 5/ sowie zeitgleich durchge-

führten Aufschlüsse /6/, der geplanten Folgenutzung /40 sowie den Anforderungen des Kreis Unna (Fachbereich Natur und Umwelt) hinsichtlich der Sanierungsplanung /14/ wiedergibt. Der genaue Umfang der Feldarbeiten wurde anschließend unter Beteiligung der Kreisverwaltung Unna (Fachbereich Natur und Umwelt) im Rahmen von Abstimmungsgesprächen in mehreren Phasen ausgearbeitet und dessen letzter Stand in Anlage 3.1.1 wiedergegeben ist (vgl. auch /39/).

Die geplante Folgenutzung der Fläche der ehemaligen Schachanlage aus Aden 1/2 geht in einer Übersicht aus Anlage 1 hervor. Die Aufteilung der Gesamtfläche in 13 Teilflächen kann der Tabelle 1 entnommen werden.

Weiterhin wurde festgelegt, den genauen Trassenverlauf der vorhandenen Druckrohrleitungen mittels Baggerschürfe zu erkunden.

3.2 Feldarbeiten

Die Feldarbeiten wurden zwischen November 2006 und April 2007 ausgeführt und bestand aus folgenden Leistungen:

- Insgesamt 96 Kleinrammbohrungen (Rammkernsondierungen) nach DIN 4021 mit einem Bohrdurchmesser von $d = 36$ bis 80 mm.
- Insgesamt 54 schwere Rammsondierungen (DPH) nach DIN 4094, um die Festigkeit und Lagerungsart des anstehenden Bodens zu überprüfen.

In Tabelle 3 ist der genaue Umfang der ausgeführten Sondierungen mit Bezug zu den 13 Teilflächen gemäß Tabelle 1 aufgeführt.

Die geplanten Endteufen der Rammkernsondierungen von 6 m bis 10 m konnten teilweise aufgrund von Rammhindernissen oder der Festigkeit der anstehenden Böden nicht erreicht werden. Die tatsächlichen Endtiefen der RKS betragen zwischen $0,5$ m und 10 m. Die Rammsondierungen DPH erreichten Teufen von $1,4$ bis $11,2$ m (vgl. /39/).

Eine detaillierte Zusammenstellung der Sondierungen mit Angabe der Gauß-Krüger Koordinaten sowie der Höhenlage der Ansatzstellen kann der Anlage 3.1.2 entnommen werden. Die Einmessung der Sondieransatzstellen erfolgte nach Abschluss der Sondierarbeiten durch das Vermessungsbüro Tiemann und Schulte, Dortmund. Einige Bohrstellen konnten aufgrund eines fehlenden GPS-Signals (Bäume, dichtes Strauchwerk) nicht elektronisch eingemessen werden und wurden daher aus naheliegenden Ansatzpunkten interpoliert.

Tabelle 3: Umfang der ausgeführten Sondierungen

Teilfläche TF	Folgenutzung	Anzahl der Rammkern- sondierungen RKS T	Anzahl der Schweren Ramm- sondierungen DPH T	
Wohnen	1	Wohnen Nordost	14	5
	2	Wohnen Nordwest	19	10
	3	Wohnen Südost	7	4
	4	Wohnen Südwest	15	10
Wasser	5	Gracht Nord	1	0
	6	Adensee	8	7
Gewerbe	7.1	Hauptstraße	1	1
	7.2	Gewerbe Süd	11	11
	7.3	Schachtzufahrt	1	1
	8	Gewerbe Nordwest	7	2
	9	Gewerbe Nordost	5	3
	10	Abfall-/Abwasser	0	0
	11	Schacht	0	0
Grün	14	Trafostation	0	0
	12	Grünfläche West	7	0
	13	Grünfläche Ost	0	0

Hinweis: Index T für Sondierungen im Rahmen des Gutachtens /39/

Die Lage der im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung ausgeführten insgesamt 96 + 54 = 150 Sondierungen sind mit dem Index T (Farbe blau) versehen und in Anlage 2 dargestellt. Die Altaufschlüsse sind ebenfalls in diesem Lageplan dargestellt.

Das erbohrte Bodenmaterial wurde vor Ort nach DIN 4022 angesprochen. Von jeder ange-
 troffenen Schicht sind gestörte Bodenproben entnommen und in luftdicht verschließbare Be-
 hälter gefüllt worden.

3.3 Bodenchemische Analysen

Die gewonnenen Bodenproben wurden zu Mischproben zusammengestellt. Dabei wurde neben der jeweiligen bodenmechanischen Beschaffenheit und der Bodenansprache die Lage der Aufschlusspunkte bezüglich der festgelegten Teilflächen und die Tiefenlage der Probe unter Gelände berücksichtigt.

Der Mischplan und die chemischen Untersuchungsparameter wurden der Genehmigungsbehörde (Kreis Unna) zur Abstimmung vorgelegt. Der Mischplan mit Angabe der Einzelproben sowie des Analyseumfanges kann tabellarisch der Anlage 3.1.3.2 entnommen werden..

Die Tabelle 4 zeigt in einer Übersicht die Zuordnung der Anzahl der gebildeten Mischproben zu den 13 Teilflächen.

Tabelle 4: Umfang der durchgeführten bodenchemischen Untersuchungen

	Teilfläche TF	Folgenutzung	Anzahl der untersuchten Mischproben
Wohnen	1	Wohnen Nordost	10
	2	Wohnen Nordwest	14
	3	Wohnen Südost	7
	4	Wohnen Südwest	13
Wasser	5	Gracht Nord	0 (2 z. T. in Wohnen West)
	6	See	9
Gewerbe	7.1	Hauptstraße	9
	7.2	Gewerbe Südost	
	7.3	Schachtzufahrt	
	8	Gewerbe Nordwest	6
	9	Gewerbe Nordost	6
	10	Abfall-/Abwasser	0
	11	Schacht	0
14	Trafostation	0	
Grün	12	Grünfläche West	3
	13	Grünfläche Ost	1
			78

Die bodenchemischen Analysen wurden nach einer öffentlichen Ausschreibung von der SGS Institut Fresenius GmbH durchgeführt. Alle insgesamt 78 Mischproben wurden im Feststoff auf die Parameter nach LAGA Boden /16/, Tab. II.1.2-2 analysiert. In Abhängigkeit von den Ergebnissen der Feststoffanalysen sowie von den Vorgaben des Kreises Unna /15/ wurden die Proben zusätzlich im Eluat nach den Parametern der BBodSchV /17/ untersucht. Die Analyseergebnisse können der Anlage 3.2.4 entnommen werden.

Des Weiteren war geplant das Wasser des Rotherbaches (Entnahmestelle 1) und einen möglichen Zufluss zum Rotherbach (Abfluss von Schlammteichen, Entnahmestelle 2) zu beproben und diese Wasserproben chemisch zu analysieren. Die Entnahmestellen 1 und 2 liegen außerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebietes (vgl. Anlage 5.2). Das Wasser soll auf die chemischen Parameter der LAWA /19/ analysiert werden. Die Analyseergebnisse werden nachrichtlich in der in Anlage 3.2.5 aufgeführt.

3.4 Bodenmechanische Untersuchungen

An den gewonnenen gestörten Bodenproben wurden im Hinblick auf die geplante Baumaßnahme ergänzende bodenmechanische Laborversuche zur geotechnischen Klassifizierung durchgeführt. Hierzu zählen folgende Analysen:

- natürlicher Wassergehalt nach DIN 18121
- Kornverteilung nach DIN 18123
- Konsistenzgrenzen nach DIN 18122
- Betonaggressivität nach DIN 4030

In Anlage 3.1.3.1 ist der abschließende Mischplan für die Probenzusammensetzung der bodenmechanischen Analysen aufgeführt. Die Ergebnisse der Analysen (Laborprotokolle) sind in Anlage 3.2.3 beigefügt.

3.5 Baggerschürfe Druckrohrleitung

Zur Verifizierung des genauen Trassenverlaufes der Druckrohrleitungen sowie der Höhensituation der Rohrsohlen wurden im Juli 2007 an markanten Stellen des wahrscheinlichen Leitungsverlaufs Baggerschürfe durchgeführt, die fachgutachterlich begleitet und eingemessen wurden. Der Lageplan in Anlage 8.1 zeigt die vermutete (im Lageplan beige Farbe) sowie die tatsächlich vorgefundene (im Lageplan blaue Farbe) Trassenlage der Druckrohrleitungen im Überblick, sowie Details an markanten Knickstellen. Hier ist auch die heutige sowie zukünftige Überdeckung sowie die geplante Folgenutzung vermerkt. Der Trassenverlauf zwischen den

Baggerschürfen wurde interpoliert. Die fotografische Dokumentation der durchgeführten Baggerschürfe ist in Anlage 8.2 wiedergegeben.

4 Untersuchungsergebnisse für die einzelnen Teilflächen

Die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse sind in Form von Schichtenverzeichnissen (Anlage 3.2.1) sowie grafisch als Bohr- und Rammprofile (Anlage 3.2.2) gemäß DIN 4022 bzw. DIN 4094 wiedergegeben. Weiterhin sind die Ergebnisse der durchgeführten Felduntersuchungen (Bohrungen, Rammkern- und schwere Rammsondierungen) in Form von schematischen Längsschnitten und Querprofilen als Baugrundschnitte in Anlage 6 aufbereitet (insgesamt 7 Schnitte A-A bis G-G). In diese Schnitte sind auch die Ergebnisse der Altaufschlüsse mit eingearbeitet.

In den Rammdiagrammen sind auf der Ordinate die jeweilige Sondiertiefe und auf der Abszisse sind die Schlagzahlen N_{10} je 10 cm Eindringtiefe aufgetragen. Dauerhafte Schlagzahlen N_{10} der schweren Rammsondierungen DPH mit $N_{10} > 10$ kennzeichnen ein sehr gut tragfähiges Bodenniveau, Werte zwischen $N_{10} = 5$ und $N_{10} = 10$ weisen bereits auf noch mittlere Tragfähigkeit hin.

Die Prüfberichte der bodenmechanischen Laboranalysen insgesamt sind in Anlage 3.2.3 beigelegt. Eine Auswertung der Ergebnisse kann der Anlage 4 entnommen werden.

Die Prüfberichte mit den bodenchemischen Analysenergebnissen können im Original der Anlage 3.2.4 entnommen werden. Die Prüfberichte der wasserchemischen Ergebnisse sind in Anlage 3.2.5 enthalten.

Die Ergebnisse der bodenchemischen Analysen werden im Folgenden nach den Prüfwerten der BbodSchV /17/ bewertet. Hier sind insbesondere die Wirkungspfade Boden-Mensch (Tabelle 1.4) und Boden-Grundwasser (Tabelle 3.1) relevant. Die Ergebnisse werden in den Anlagen 5 grafisch (Anlage 5.1 und 5.2) und tabellarisch (Anlage 5.3.3 und 5.3.4) dargestellt.

Des Weiteren erfolgt eine Auswertung nach den Zuordnungswerten der LAGA /16/ (vgl. Anlagen 5.3.1 und 5.3.2), um die Verwertungs- bzw. Entsorgungsmöglichkeiten beurteilen zu können.

Die chemischen Analysenergebnisse werden hinsichtlich der, mit dem Kreis Unna als Genehmigungsbehörde abgestimmten, Sanierungszielwerte/Wiedereinbauwerte (vgl. /33/) ausgewertet und in der Anlage 5.3.5 tabellarisch dargestellt.

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen aus den Vorgutachten /1, 3/ sind aufgrund des Umfanges in den Anlagen nicht beigelegt, liegen jedoch im Original bereits der Genehmi-

gungsbehörde vor. Die Ergebnisse dieser chemischen Analysen können in Kurzform der Untersuchungsmatrix der Anlage 3.1.1 entnommen werden.

In den Lageplänen der Anlagen 5.5 und 5.6 sind die Ergebnisse aller vorliegenden chemischen Analysen (vgl. /1, 3, 39/) ausgewertet nach den Zuordnungswerten der LAGA (Überschreitung des Z2-Wertes, Anlage 5.5) und der Sanierungszielwerte (Anlage 5.6) dargestellt.

Bezüglich der Analyseergebnisse der Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) ist zu beachten, dass aufgrund der Änderung des Analysenverfahrens die Richtwerte auf einem alten Verfahren basieren und die Analysenwerte ein größeres Kohlenwasserstoffspektrum repräsentieren. Die ermittelten Werte können daher nicht mehr unmittelbar z.B. mit der LAGA /16/ verglichen werden, sind jedoch als Orientierungswert durchaus zu verwenden.

Eine detaillierte teilflächenbezogene Beschreibung der angetroffenen Boden- und Wasserverhältnisse hinsichtlich der Bodenmechanik sowie der Bodenchemie wird in den folgenden Kapiteln vorgenommen.

In Verbindung mit den Ergebnissen der Laborversuche wird der Baugrund mit Unterteilung der Planbereiche gemäß Kapitel 3 (Untersuchungskonzept) nachfolgend zusammenfassend beschrieben. Die Bodenschichtung wurde dabei in ein vereinfachtes geotechnisches Modell überführt. Die Schichtgrenzen wurden aus großräumiger Betrachtung sowie unter Zuhilfenahme der Ergebnisse der Rammsondierungen festgelegt. In die Beschreibung eingearbeitet sind ebenfalls die Ergebnisse verfügbarer älterer vorhandener Baugrundaufschlüsse und Voruntersuchungen im Rahmen der Gefährdungsabschätzung (Rammkernsondierung), geotechnischen Untersuchungen (Rammsondierung) sowie vom Grundwassermonitoring (Großbohrungen) /1-6/. Details zur Geotechnik können dem Kapitel 5 entnommen werden.

4.1 Teilfläche 1: Wohnen Nordost

Das Gelände der Teilfläche 1 wurde zu Zeiten des Betriebes der ehemaligen Zeche Haus Aden $\frac{1}{2}$ über die gesamte Breite als Umschlaglager für Feinkohle genutzt. Es existiert zwischen Anlege- und Liegehafen noch ein Einlaufbauwerk, das Bedarfswasser aus dem Datteln-Hamm-Kanal in die Versorgungsleitungen pumpt. Die Teilfläche 1 liegt parallel des Kanals auf einer Höhe von etwa +59 mNN und fällt nach Süden über eine von West nach Ost verlaufende Böschung zwischen 1 m und 4 m ab. Die Grundfläche dieses Teilbereiches beträgt etwa 6 ha.

Auf dem nördlich angrenzenden Grundstückstreifen der WSV liegen die Rückverankerungen der Uferspundwand des Schifffahrtskanals. Die neuen Gebäudelagen werden so projektiert, dass keine Beeinflussung dieser Rückverankerungen durch die Gebäude entsteht (vgl. Anlage 7.2). Dieses wird zum Einen dadurch erreicht, dass ein Grundstückstreifen von 16 m Brei-

te Besitz der WSV wird (Vermeidung einer Überbauung der Anker), sowie die neuen Bebauungen auf der Entwicklungsfläche außerhalb des Lasteinflussbereichs der Anker angeordnet werden, bzw. mindestens 3 m Abstand zum Grundstück der WSV einhalten.

Nichts desto trotz ist die angrenzende Lage dieser Rückverankerungen, bzw. die Havariesicherheit der Wasserstraße (Leckagen), für Details der Bauplanung und den Baubetrieb zu beachten (z.B. Abdichtung von Kanalgräben, Erschütterungen, Baugrubenverbaue, etc., vgl. Anlage 7.2)

4.1.1 Auffüllungen

Die Auffüllungen stehen bis zu einer Tiefe von 8 m bis 11 m unter Gelände an (ca. +50 mNN bis +47 mNN) und bestehen überwiegend aus sandigen Kiesen bis kiesigen Sanden mit untergeordneten bindigen Beimengungen. Als Fremdbeimengungen dominieren Bergematerial, untergeordnet treten Betonreste, Schlacke, Ziegel, Kohle, Rote Halde, Mörtel und organische Bestandteile auf. Die Ergebnisse der Rammsondierungen zeigen eine über die Tiefe inhomogen ausgebildete Lagerungsdichte des Materials mit Schlagzahlen zwischen $N_{10} = 2$ bis $N_{10} = 10$. An lokalen Stellen sind auch Schlagwerte von $N_{10} > 20$ nachzuweisen, die über wenige Dezimeter wirken. Als Besonderheit ist die im nordöstlichen Bereich unmittelbar entlang des Kanals aufgefundene Bitumenschicht in einer Tiefe von etwa 2 m unter Gelände, die hier den weiteren Bohrfortschritt hinderte (RKS T57, T61). Vermutlich handelt es sich hier um eine überschüttete Fahrbahndecke.

4.1.2 Quartär

Der natürlich anstehende Untergrund besteht aus Sedimentablagerungen der Niederterrasse der Lippe, die bodenmechanisch aus Fein- bis Mittelsanden bestehen. Bindige Beimengungen des nur 1 m mächtigen Schichtpaketes sind nur im geringen Umfang festzustellen. Die Schlagwerte der Rammsondierung verändert sich in dieser Bodenzone kaum und liegt i.M. bei $N_{10} = 5$. Anschließend folgen schluffige Tone, z.T. auch tonige Schluffe, die den Übergangsbereich zu den unterlagernden Schichten des Emscher Mergel bilden. Die Konsistenz des Bodens liegt im weich bis steifen Bereich. Die Schlagzahlen der schweren Rammsondierung erreichen zunächst nur Werte von $N_{10} = 2$ bis 5 und nehmen mit der Tiefe kontinuierlich zu. An der Basis werden Schlagzahlen von $N_{10} > 10$ erzielt.

4.1.3 Oberkreide

Das Grundgebirge der Oberkreide konnte mittels der Kleinbohrungen aufgrund der Tiefenlage in diesem Teilbereich nicht aufgeschlossen werden. Mit Schlagzahlen von $N_{10} > 30$ der Rammsondierungen ist eine indirekte Ableitung des Felshorizontes möglich. Unter Berücksichtigung der Grundwasserbohrung GWM 3 liegt der Verwitterungshorizont des Emscher Mergels auf einer Höhe zwischen +40 mNN und +45 mNN, das einer Tiefe von 10 m bis 15 m entspricht. Die Felsoberfläche fällt tendenziell in nördliche Richtung ab. Der obere Meter ist zu einem halbfesten bis festen Ton verwittert.

4.1.4 Grundwasser

Anhand der Messung der nicht ausgespiegelten Bohrlochwasserstände kann der Wasserstand im westlichen Bereich mit ca. 6 m (nördlich) bis 4 m (südlich) unter Gelände und damit bei ca. +51 mNN bis 53 mNN angenommen werden.

4.1.5 Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/

In der Teilfläche 1 wurden insgesamt 10 Mischproben im Feststoff auf die Parameter gemäß LAGA, Tabelle II.1.2-2 /16/, untersucht. Von 3 Mischproben wurden im Eluat die Schwermetalle, Arsen und Cyanide nach BBodSchV /17/ gemessen. An 5 Mischproben wurden die Kohlenwasserstoffe und Polycyclen ges. sowie Naphthalin nach BBodSchV /17/ bestimmt. Die Prüfberichte sind der Anlage 3.2.4 zu entnehmen.

Die pH-Werte liegen im Feststoff mit Werten von 6,8 bis 8,3 im schwach sauren bis schwach basischen Bereich.

Die EOX- und PCB-Konzentrationen liegen alle unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Auch die LHKW sind vorwiegend nicht nachweisbar. In der Mischprobe 18.1 konnten diesbezüglich mit 0,14 mg/kg unauffällige Konzentrationen gemessen werden (vgl. Anlage 5.3.1).

Die Cyanide werden ebenfalls überwiegend in Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,1 mg/kg ermittelt.

Für die Polycyclen (PAK) werden mit Ausnahme der Mischproben 20.2 und 21.2 überwiegend unauffällige bis geringfügig erhöhte Konzentrationen von 1,0 bis 10,2 mg/kg gemessen. In den Mischproben 20.2 (40,8 mg/kg PAK, Tiefe 1,0 – 3,5 m) und 21.2 (27,2 mg/kg PAK, Tiefe 1,0 – 3,0 m) werden erhöhte Konzentrationen festgestellt (vgl. Anlage 5.3.1).

Die Konzentrationen an Kohlenwasserstoffen sind mit Werten von 43 bis 390 mg/kg eher unauffällig.

Für die leichtflüchtigen Aromaten wird in der Mischprobe 22.2 (Bergematerial) mit 6,22 mg/kg in 1 – 2,3 m Tiefe ein auffälliger Gehalt ermittelt. In 4 weiteren Mischproben werden mit Konzentrationen von 2,04 bis 4,07 mg/kg leicht erhöhte BTEX-Werte festgestellt. Die übrigen Mischproben sind diesbezüglich als unauffällig anzusehen.

In der Mischprobe 20.3 (Tiefe 3,0 – 6,4 m) wird eine Zinkkonzentration von 510 mg/kg gemessen. Die übrigen Schwermetallgehalte sind als unauffällig anzusehen. Für Arsen wird in der Mischprobe 21.1 (Tiefe 0,0 – 1,0 m) ein Maximum von 160 mg/kg festgestellt. Die übrigen Arsen-Konzentrationen variieren zwischen 6 und 37 mg/kg.

Die im Eluat gemessenen Konzentrationen der untersuchten Parameter liegen alle unterhalb bzw. geringfügig oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze.

4.1.6 Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen

Organoleptische Auffälligkeiten werden in den Auffüllungen lediglich in der RKS 9 von 0,0 bis 0,5 m (schwacher Geruch) beobachtet. Innerhalb der natürlich anstehenden Böden wurde in der RKS 248 in einer Tiefe von 5,0 bis 6,4 m ein schwach muffiger Geruch wahrgenommen, alle übrigen Schichten im gewachsenen Boden sind organoleptisch unauffällig.

Für die Teilfläche 1 wurden PAK-Belastungen bis 170 mg/kg in den oberflächennäheren Auffüllungen und bis 510 mg/kg in den tieferen Auffüllungsschichten festgestellt. Weitere Auffälligkeiten werden für die leichtflüchtigen Aromaten (max. 6,2 mg/kg BTEX) und für Arsen (max. 240 mg/kg) festgestellt.

Im Rahmen des Grundwassermonitorings /2/ wurde die Messstelle GWM 3 im kretazischen Klufftgrundwasserleiter errichtet. Die Messstelle GWM 3F wurde im Jahre 2007 im quartären Porengrundwasserleiter zusätzlich erstellt /6/. Die Proben aus der Grundwassermessstelle GWM 3 weisen im Vergleich zu den Geringfügigkeitsschwellenwerten nach LAWA /19/ keine Auffälligkeiten auf. Die Probe aus der in 2007 erstmals beprobten Messstelle GWM 3F zeigt Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwellenwerte für Zink (0,25 mg/l), Nickel (0,019 mg/l), PAK (1,5 µg/l) und Kohlenwasserstoffe (6,4 mg/l, vgl. Anlage 5.4.2).

4.1.7 Geplante Geländeaufbereitung

Die Planung sieht für die Teilfläche 1 ein Wohngebiet, überwiegend mit Einfamilienhäusern vor. Entsprechend dem heute vorhandenen Geländesprung von i.M. 2 m, ist im nördlichen Abschnitt der Teilfläche 1 ein geringer Bodenabtrag für die zukünftige Folgenutzung „Wohnen“ erforderlich. Hingegen ist der südliche Abschnitt mit zusätzlichem Bodenmaterial mit Mächtigkeiten von 1 m bis 4 m für die geplante Geländeoberkante aufzubringen. Die geo-

technische Aufbereitung des Baugrundes erreicht daher die heute vorhandenen Auffüllungen bis max. 2 m Tiefe.

Verdichtungsarbeiten in diesem Bereich müssen im Hinblick auf die emittierten Erschütterungen auf die Uferspundwand und die zugehörigen Rückverankerungen Rücksicht nehmen. Mit zunehmender Nähe zur Uferwand / Anker wird daher mit reduzierter Verdichtungsenergie und damit in kleineren Schüttlagen zu arbeiten sein. In der Anlage 9.5 wird diesbezüglich mit einem Abstand von 30 m zu den Rückverankerungen eine Grenze definiert, in dem einschätzungsgemäß z.B. Fallplattenverdichtungen vor diesem Hintergrund nicht mehr möglich erscheinen.

4.2 Teilfläche 2: Wohnen Nordwest

Die Teilfläche 2 wurde in der Vergangenheit als Aufbereitungsfläche für Kohle genutzt. Nennenswerte Gebäude waren hier nicht vorhanden. Im östlichen Teil wurde ein Absetzbecken mit einem Grundmaß von etwa 70 m x 50 m zusammen mit dem Pumpwerk Polderanlage betrieben, welches die Abwässer nach Norden zur Lippe führt. Die Anlage besteht heute noch. Mit einer Fläche von rund 6,6 ha liegt Teilfläche auf einer Geländehöhe zwischen +58 mNN und +59 mNN. Das ehemalige Klärbecken am östlichen Rande fällt auf ein Niveau von +50 mNN ab (Tiefe ca. 8 m).

Auf dem nördlich angrenzenden Grundstückstreifen der WSV liegen die Rückverankerungen der Uferspundwand des Schifffahrtskanals. Die neuen Gebäudelagen werden so projektiert, dass keine Beeinflussung dieser Rückverankerungen durch die Gebäude entsteht (vgl. Anlage 7.2). Dieses wird zum Einen dadurch erreicht, dass ein Grundstückstreifen von 16 m Breite Besitz der WSV wird (Vermeidung einer Überbauung der Anker), sowie die Bebauungen auf der Entwicklungsfläche außerhalb des Lasteinflussbereichs der Anker angeordnet werden, bzw. mindestens 3 m Abstand zum Grundstück der WSV einhalten.

Nichts desto trotz ist die angrenzende Lage dieser Rückverankerungen, bzw. die Havariesicherheit der Wasserstraße (Leckagen), für Details der Bauplanung und den Baubetrieb zu beachten (z.B. Abdichtung von Kanalgräben, Erschütterungen, Baugrubenverbaue, etc., vgl. Anlage 7.2)

4.2.1 Auffüllungen

Der Untergrund des geplanten Wohnbereiches im Nordwesten wird tiefreichend von Auffüllungen aus Bergematerialien bestimmt. Die Mächtigkeit des inhomogenen Materials kann generell mit etwa 9 m bis 10 m angegeben werden, wobei lokal auch größere Mächtigkeiten vor-

liegen können. Die Basis der Auffüllungen liegt westlich auf einer Höhe von rund +50 mNN und fällt weiter östlich auf einer Höhe von etwa +48 mNN ab. Eine Ausnahme bildet hier die nordwestliche Ecke mit den Sondierstellen T5 bis T8, die hier Auffüllungsmächtigkeiten von nur 6 m bis 7 m unter Gelände aufweisen (+52 mNN bis +53 mNN). Die Sondierungen (RKS 126 – 128) wurden hier max. bis 6 m abgeteuft /1,3/.

Aus bodenmechanischer Sicht handelt es sich bei den Auffüllungen an der Oberfläche um Kiese mit Nebenbestandteilen aus Sanden und Schluffen. An Fremdbeimengungen sind hauptsächlich Bergematerialien anzutreffen, seltener Kohlereste. Die Schlagzahlen der schweren Rammsondierung zeigen Werte zwischen $N_{10} = 5$ bis $N_{10} = 10$, z.T. auch $N_{10} > 10$. Ab einer Tiefe von etwa 5 m nimmt der Anteil an feinkörnigeren Gemischen stark zu, so dass hier als Hauptbestandteil Schluff vorliegt. Diese aufgefüllte Bodenzone ist entlang des Kanals auf einem Streifen von 60 m bis 100 m aufgrund einer Vernässung aufgeweicht. Die Konsistenz liegt überwiegend im weichen, z.T. auch breiigen (DPH T21) Bereich. Die schweren Rammsondierungen erreichen hier Schlagzahlen von nur $N_{10} = 2$ bis $N_{10} = 5$. Lokal sind Lockerzonen bzw. Hohlräumen nicht auszuschließen (z.B. DPH 156, DPH T21).

4.2.2 Quartär

Als oberstes Schichtglied des natürlich anstehenden Untergrundes folgen Sedimentablagerungen der Niederterrasse der Lippe. Diese bestehen an der Oberfläche generell aus hellbraunen Fein- bis Mittelsanden mit schluffigen Anteilen, die mit der Tiefe zunehmen. Die rund 3 m mächtige, nicht bindige Schicht zeigt bereits an Ihrer Oberfläche hohe Lagerungsdichten mit Schlagzahlen von $N_{10} > 10$ mit der schweren Rammsonde. Als Besonderheit ist die nordwestliche Ecke der Teilfläche 2 zu benennen. Hier sind die stark schluffigen Sande aufgrund der Vernässung durchgehend stark aufgeweicht und treten hier als Fließsande auf. Die Schlagwerte der Rammsondierung mit $N_{10} < 5$ fallen entsprechend geringer aus. Anschließend folgen bindige Schichten aus hellgrauen Schluffen mit sandigen und tonigen Beimengungen.

4.2.3 Oberkreide

Der oberkretazische Mergel wurden im Bereich der Teilfläche 2 nicht angetroffen. Anhand der Grundwassermessstelle GWM 1 wird die Felslinie der Oberkreide in einer Tiefe von etwa 17 m unter der Geländeoberfläche erwartet, die einer Höhe von etwa +41 mNN entspricht.

4.2.4 Grundwasser

Anhand der Messung der nicht ausgespiegelten Bohrlochwasserstände kann der Wasserstand zumeist mit ca. 4 m bis 6 m unter Gelände und damit bei ca. +53 mNN bis +55 mNN angenommen werden.

4.2.5 Chemische Analysen Untersuchung aus 2007 /39/

Für die Teilfläche 2 wurden in der Untersuchung aus 2007 /39/ insgesamt 14 Mischproben chemisch analysiert. Alle 14 Mischproben wurden im Feststoff auf die Parameter nach LAGA /16/, Tab. II.1.2-2, untersucht. An 6 Mischproben wurden im Eluat die Schwermetalle und Arsen nach BBodSchV /17/ bestimmt. Für 11 Mischproben erfolgte die Analyse der Mineralölkohlenwasserstoffe und Polycyclen ges. sowie Naphthalin im Eluat nach BBodSchV /17/. Von 3 Mischproben wurde zusätzlich die BTEX-Konzentration im Eluat nach BBodSchV /17/ bestimmt.

Der pH-Wert der untersuchten Proben liegt im Feststoff mit Werten von 6,6 bis 8,5 im annähernd neutralen bis schwach basischen Bereich. Die Schwermetalle sind überwiegend unauffällig. Lediglich für Kupfer werden in 9 Mischproben geringfügig auffällige Konzentrationen bis 61 mg/kg gemessen.

Die Konzentrationen an Cyaniden gesamt liegen alle unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,1 mg/kg. Auch die extrahierbaren organischen Halogenide (EOX) liegen mit Ausnahme der Mischprobe 2 unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,5 mg/kg. In der Mischprobe 2 wird mit 0,9 mg/kg ein unauffälliger Gehalt gemessen.

Polychlorierte Biphenyle (PCB) werden lediglich in 4 Mischproben nachgewiesen. In den Mischproben 2 und 3.1 werden mit 0,1 bzw. 0,11 mg/kg geringfügig erhöhte Konzentrationen gemessen. Die leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffe (LHKW) sind mit Ausnahme der Mischprobe 4.1 nicht nachweisbar. Die Konzentration in der Mischprobe 4.1 ist mit 0,67 mg/kg jedoch unauffällig.

Die Kohlenwasserstoffe sind mit max. 230 mg/kg überwiegend unauffällig. Für die Polycyclen werden Konzentrationen von 0,9 bis 10,9 mg/kg ermittelt. Die Gehalte an leichtflüchtigen Aromaten (BTEX) variieren zwischen nicht nachweisbar und 5,62 mg/kg (vgl. Anlage 5.3.1).

In den Eluaten werden keine auffälligen Konzentrationen gemessen. Die jeweiligen Bestimmungsgrenzen werden nicht überschritten.

4.2.6 Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen

Die Ergebnisse werden in der Auswertung nach den LAGA-Zuordnungswerten /16/ in der Anlage 5.5.1 dargestellt. Drei Rammkernsondierungen weisen in den Auffüllungen organoleptische Auffälligkeiten auf (RKS 140: kokereispezifischer Geruch, RKS 235-1: muffiger Geruch, RKS I.40: PAK-Geruch)(vgl. /2/).

In ca. 20 % der Rammkernsondierungen wird der gewachsene Boden erreicht. Es stehen überwiegend sandige Böden mit schluffigen und tonigen Nebengemengteilen an. In der RKS 241 wird ein muffiger Geruch (Tiefe 7,2 – 8,0 m) wahrgenommen. Alle übrigen Schichten sind organoleptisch unauffällig.

Die chemischen Bodenanalysen ergeben auffällige Konzentrationen der untersuchten Parameter für Polycyclen (max. 454 mg/kg), Naphthalin (max. 5,4 mg/kg) leichtflüchtige Aromaten (max. 5,6 mg/kg BTEX) und Arsen (max. 168 mg/kg)(vgl. Lageplan Anlage 5.5.1).

Im Rahmen des Grundwassermonitorings /2/ wurden im Bereich der Teilfläche 2 die Grundwassermessstellen GWM 1F (Quartär) und GWM 1 (Kreide) errichtet. Im Vergleich zu den Geringfügigkeitsschwellenwerten nach LAWA /19/ zeigen sich in den Proben aus der Messstelle GWM 1F teilweise geringfügige Überschreitungen für Zink, Kupfer, Arsen, Blei und Sulfat. Die Proben aus der im kretazischen Kluftgrundwasserleiter verfilterten Messstelle GWM 1 weisen eine abnehmende Belastung mit Zink auf. Eine Analyse des Grundwassers der Messstelle GWM 1F im März 2007 zeigt 19 µg/l Arsen, so dass der Geringfügigkeitsschwellenwert der LAWA /19/ überschritten wird. Alle anderen untersuchten Parameter waren unauffällig (vgl. Anlage 5.4.2)

4.2.7 Geplante Geländeaufbereitung

Die Teilfläche 2 soll als Wohnbebauung mit Ein- und Mehrfamilienhäusern entlang der Gracht genutzt werden. Nach der derzeitigen Planung soll diese Fläche überwiegend oberflächennah abgetragen werden. Die Abtragstiefen der anstehenden Auffüllungen betragen je nach Geländemodellierung zwischen wenigen Dezimetern und bis zu 2 m. Unter Berücksichtigung der Aufbereitungsebene von 2 m unter Gebäuden und 1 m in den übrigen Bereichen liegt die Gründungs- und Aushubebene noch innerhalb der oberen Auffüllungen aus Bergmaterialien, die hauptsächlich aus nicht bindigen Materialien bestehen. Der Abstand der Aushubebene zu den durchnässten Aufschüttungen mit überwiegend feinkörnigem Material beträgt zumeist mindestens 2 m bis 4 m. Viele Bereiche werden zudem gemäß Planung mit externem Bodenmaterial um bis 2 m aufgeschüttet. Um das ehemalige Klärbecken aufzuschütten, sind bis zu 10 m Aufschüttungshöhen erforderlich.

Verdichtungsarbeiten in diesem Bereich müssen im Hinblick auf die emittierten Erschütterungen auf die Uferspundwand und die zugehörigen Rückverankerungen Rücksicht nehmen. Mit zunehmender Nähe zur Uferwand / Anker wird daher mit reduzierter Verdichtungsenergie und damit in kleineren Schüttlagen zu arbeiten sein. In der Anlage 9.5 wird diesbezüglich mit einem Abstand von 30 m zu den Rückverankerungen eine Grenze definiert, in dem einschätzungsgemäß z.B. Fallplattenverdichtungen vor diesem Hintergrund nicht mehr möglich erscheinen.

4.3 Teilfläche 3: Wohnen Südost

Der Bereich der Teilfläche 3 war in der Vergangenheit weitgehend unbebaut und wurde hauptsächlich als Verkehrs- und Lagerflächen genutzt. Im westlichen Bereich grenzt eine ehemalige Altöl-Sammelstelle an, welche mit Abscheider für Schlamm und Benzin ausgestattet war. Die Teilfläche fällt in östliche Richtung von +56 mNN um rund 6 m auf +50 mNN ab.

4.3.1 Auffüllungen

Dem Geländeverlauf entsprechend liegen die Mächtigkeiten der Auffüllungen im östlichen Bereich bei rund 5 m (Basis bei +51 mNN) und nehmen nach Osten auf Werte um 1 m bis 2 m ab (Basis bei +48 mNN). Bodenmechanisch handelt es sich hierbei hauptsächlich um sandige, z.T. stark sandige Kiese, die kaum Beimengungen an feinkörnigem Material (Schluff, Ton) beinhalten. Die Fremdbeimengungen bestehen hauptsächlich aus Bergematerial, untergeordnet treten Betonreste, Schlacken, Ziegelbruch, Holz sowie organische Bestandteile auf. An lokalen Stellen wurden Bohrhindernisse angetroffen, die vermutlich Altfundamente bilden (T77 und T89, Beton bei 0,5 m bis 0,8 m). Die Ergebnisse der Rammsondierungen zeigen eine über die Tiefe inhomogen ausgebildete Lagerungsdichte des Materials mit Schlagzahlen zwischen $N_{10} = 2$ bis $N_{10} = 10$, lokal auch mit Sondierspitzen von $N_{10} > 20$. Auch Hohlräume von einigen Dezimetern (DPH 281, 286) sind festzustellen.

4.3.2 Quartär

Die Untergrenze der quartären Sedimente kann in Teilfläche 3 im westlichen Bereich bei ca. +48 mNN bzw. +45 mNN im östlichen Bereich. Oben bestehen die Sedimente aus Fein- bis Mittelsanden, die von bindigen Schichten unterlagert werden (tonige Schluffe bis schluffige Tone, wobei der Tonanteil mit der Tiefe stark zunimmt). Sie stehen in einer zuoberst weich bis steifen und mit zunehmender Tiefe überwiegend steif bis halbfesten Konsistenz an. Die

Schlagwerte der Rammsondierung liegen innerhalb der nicht bindigen Schichten in einer Größenordnung bei $N_{10} = 5$ und nehmen mit der Tiefe auf Werte von $N_{10} > 10$ zu.

4.3.3 Oberkreide

Die Felslinie der Oberkreide kann anhand der Rammsondierungen bei etwa +45 mNN bis +48 mNN angegeben werden. Die verwitterte Zone kann hier mehrere Meter mächtig sein.

4.3.4 Grundwasser

Anhand der Messung der nicht ausgespiegelten Bohrlochwasserstände steht das Wasser an der Basis der quartären Sedimente. Der Flurabstand beträgt im westlichen Teil mehrere Meter (bei ca. +51 mNN), im östlichen Teil nur 1 m bis 2 m (+ 49 mNN).

4.3.5 Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/

Der Teilfläche 3 können 7 Mischproben zugeordnet werden. Alle 7 Mischproben wurden im Feststoff auf die Parameter nach LAGA /16/, Tabelle II.1.2-2, untersucht. Von 3 Mischproben wurde jeweils ein Eluat hergestellt und hinsichtlich der Schwermetalle und Arsen, der Cyanide, Kohlenwasserstoffe und Polycyclen sowie Naphthalin nach der BBodSchV /17/ analysiert (vgl. auch Anlage 3.1.3.2).

Der im Feststoff gemessene pH-Wert liegt mit Werten von 7,8 bis 11,1 im schwach alkalischen bis alkalischen Bereich.

Die EOX-Konzentrationen unterschreiten in allen Mischproben die Bestimmungsgrenze. Auch die Cyanide liegen unterhalb bzw. im Bereich der Bestimmungsgrenze.

Die leichtflüchtigen Aromaten (BTEX) werden in unauffälligen Konzentrationen von nicht nachweisbar bis max. 1,23 mg/kg bestimmt (vgl. MP 31.2). Auch die Kohlenwasserstoffe sind bei einem Maximalgehalt von 370 mg/kg (MP 30.2) eher unbedeutend.

Die LHKW sind in den meisten Mischproben nicht nachweisbar, in den Mischproben 30.2 und 31.2 liegen mit 0,34 bzw. 0,18 mg/kg unauffällige Konzentrationen vor. Auch die PCB sind mit einem Maximalgehalt von 0,07 mg/kg (Mischprobe 31.2, Tiefe 0,3 – 2,0 m) eher unbedeutend. Für die Polycyclen werden mit 0,6 mg/kg (Mischprobe 32.1, Tiefe 0,0 – 1,0 m) bis 22,95 mg/kg (Mischprobe 33, Tiefe 0,0 – 1,3 m) ebenfalls keine bedeutenden Konzentrationen gemessen.

Die Schwermetall- und Arsenkonzentrationen sind weitestgehend unauffällig. Lediglich der Kupfergehalt in der Mischprobe 30.2 (2.000 mg/kg Cu, Tiefe 1,0 – 3,0 m) und die Cadmiumkonzentration in der Mischprobe 31.2 (62 mg/kg, Tiefe 0,3 – 2,0 m) sind deutlich erhöht. Im Zuge der Sanierungsplanung oder der Flächenaufbereitung sollte dieser Bereich näher untersucht werden.

Im Eluat liegen alle untersuchten Parameter mit Ausnahme der Arsenkonzentration in Mischprobe 30.1 (7 µg/l), der Kupferkonzentration in Mischprobe 30.2 (7 µg/l) und des Cadmiumgehaltes in Mischprobe 31.2 (1 µg/l) unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze.

4.3.6 Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen

Die Auffüllung in der RKS 286 weist einen schwachen kokereiähnlichen Geruch auf, alle übrigen Auffüllungen sind organoleptisch unauffällig. In zwei Rammkernsondierungen (RKS 285, III.8) werden organoleptische Auffälligkeiten (muffiger bzw. leichter Geruch) innerhalb der natürlich anstehenden Schichten beobachtet, alle anderen Schichten sind unauffällig.

Die Zusammenfassung der chemischen Bodenanalysen ergibt eine PAK-Belastung im Bereich der Teilfläche 3 mit einer maximalen Konzentration von 1.705 mg/kg (Tiefe 0,0 – 2,3 m). Dem Lageplan der Anlage 5.5.2 kann die Lage der PAK-Belastung entnommen werden. Der erhöhte Cadmiumgehalt von max. 62 mg/kg erscheint im Gesamtzusammenhang unplausibel und sollte im Zuge der Flächenaufbereitung verifiziert werden.

Im Bereich der Teilfläche 3 befinden sich die Grundwassermessstelle GWM 7F (quartärer Porengrundwasserleiter, /6/) und die Messstelle GWM 8 (kretazischer Kluftgrundwasserleiter), die bereits im Zuge des Grundwassermonitorings /2/ ausgebaut wurde (vgl. Lageplan Anlage 5.5.2). Die Probe aus der Messstelle GWM 7F weist im Vergleich zu den Geringfügigkeitschwellenwerten nach LAWA /19/ einen erhöhten Zinkgehalt (0,34 mg/l) und einen KW-Gehalt von 0,4 mg/l auf. Die Polycyclenkonzentration erreicht den Schwellenwert. Die Proben aus der kretazischen Messstelle GWM 8 zeigen bei den Beprobungen aus den Jahren 2004 und 2005 erhöhte Konzentrationen an Sulfat, Cyaniden und Polycyclen. Die leichtflüchtigen Aromaten sind in einer Probe auffällig (110 µg/l BTEX im Juni 2005). Die Beprobung vom März 2007 ergab keine Auffälligkeiten.

4.3.7 Geplante Geländeaufbereitung

Die Teilfläche 3 soll in Zukunft als Wohnen und Arbeiten mit direkter Lage am Adensee genutzt werden. Die geplante Wohnbebauung soll mehrere Meter über dem heutigen Gelände liegen. Entsprechend dem Geländeverlauf ist im westlichen Bereich ein Bodenauftrag von

max. 2 m erforderlich, hingegen im Osten bis zu 8 m. Ein baugrundtechnischer Eingriff in den Untergrund (Auffüllungen) ist kaum erforderlich. Dem Lageplan der Anlage 9.1 kann der erforderliche Auf- und Abtrag für die Geländeherrichtung entnommen werden.

In den Sondierung I.16 wurde in 0,5-1,0 m Tiefe ein PAK-Gehalt (Summe EPA) von 1.730 mg/kg nachgewiesen. Aufgrund der geringen Tiefenlage der Belastung soll nach Rücksprache mit der Genehmigungsbehörde trotz einer geplanten Anschüttung des Geländes um ca. 4-6 m vorab die Belastung bis in eine Tiefe von ca. 1,0 m herausgenommen werden (vgl. /41/).

4.4 Teilfläche 4: Wohnen Südwest

Die Teilfläche 4 wurde in der Vergangenheit als Aufbereitungsfläche für Kohle genutzt. Nennenswerte Gebäude waren hier nicht vorhanden. Neben Lager- und Hubschrauberlandeplatz befanden sich im südlichen Bereich Gleisanlagen mit einer Kranbahn. Das heutige Gelände der Teilfläche 4 fällt über eine Böschung um etwa 3 m zur Teilfläche 2 ab. Höhenmäßig befindet sich die etwa 4,8 ha große Fläche auf +54 mNN bis +55 mNN.

4.4.1 Auffüllungen

Der Untergrund des geplanten Wohnbereiches wird tiefreichend von Auffüllungen aus Bergematerial bestimmt. Entsprechend dem Geländeverlauf liegt die Basis der Auffüllungen bei etwa +46 mNN bis +48 mNN. Das anthropogene Material besteht hauptsächlich aus nicht bindigen Böden, die mit Bergematerial, untergeordnet auch Bauschuttresten, durchsetzt ist. Als Hauptbodenart dominiert Kies mit sandigen und schluffigen Anteilen. Feinkörnige Gemische – wie bei Teilfläche 2 – sind hier nur lokal in geringer Ausbreitung festzustellen (z.B. RKS T23). Die schwere Rammsondierung erreicht im oberen Meter zumeist hohe Schlagzahlen im Bereich $N_{10} = 10$ bis $N_{10} = 20$. Über die Tiefe sind die Schlagzahlen sehr inhomogen ausgeprägt und liegen zwischen $N_{10} = 2$ und $N_{10} = 10$. Innerhalb grobkörnigem Material sind auch Schlagspitzen von $N_{10} > 20$ festzustellen.

4.4.2 Quartär

Der natürlich anstehende Untergrund besteht aus Sedimentablagerungen der Niederterrasse der Lippe, die bodenmechanisch zuoberst aus Fein- bis Mittelsanden bestehen. Diese sind mit schluffigen und tonigen Beimengungen durchsetzt. Die Schlagzahlen der Rammsonde der etwa 1 m bis 2 m mächtigen Schicht liegt i.M. bei $N_{10} = 5$. Anschließend folgen bindige

Schichten aus hellgrauen Schluffen mit sandigen und tonigen, z.T. geringen kiesigen Beimengungen. Nach Osten gehen die Schluffen verstärkt in einen schluffigen Ton über.

4.4.3 Oberkreide

Der oberkretazische Mergel wurden im Bereich der Teilfläche 4 nur innerhalb der Grundwasserbohrung GWM 9 angetroffen. Im östlichen Teil wird die Felslinie der Oberkreide in einer Tiefe von etwa 13 m unter der Geländeoberfläche erwartet, das einer Höhe von etwa +41 mNN entspricht. Nach Osten steigt die Oberfläche der Kreideschichten kontinuierlich auf eine Höhe von etwa +45 mNN an (siehe Schnitt C-C, Anlage 6.3), das einer Tiefe von etwa 10 m unter Gelände entspricht. Der obere Meter ist zumeist stark verwittert.

4.4.4 Grundwasser

Anhand der Messung der nicht ausgespiegelten Bohrlochwasserstände kann der Wasserstand im westlichen Bereich mit ca. 2 m bis 4 m unter Gelände und damit bei ca. +49 mNN bis +52 mNN angenommen werden.

4.4.5 Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/

Im Bereich der Teilfläche 4 wurden insgesamt 13 Mischproben analysiert. Die Mischproben sind im Feststoff auf die Parameter nach LAGA /16/, Tabelle II.1.2-2, untersucht worden. In der Mischprobe 14.1 wurden im Feststoff lediglich die Polycyclen und die Kohlenwasserstoffe bestimmt (Asphaltdecke). Von 4 Mischproben wurden im Eluat die Schwermetalle, Arsen und Cyanide nach BBodSchV /17/ gemessen. An 5 Eluaten werden die Kohlenwasserstoffe und die Polycyclen sowie Naphthalin nach BBodSchV /17/ gemessen.

Der pH-Wert schwankt in den untersuchten Mischproben zwischen dem sauren Milieu mit 5,6 in Mischprobe 10.1 und dem alkalischen Milieu mit 11,1 in Mischprobe 13.

Die Schwermetalle liegen überwiegend in unauffälligen Konzentrationen vor. Lediglich für Cadmium wird in der Mischprobe 9.3 mit 4,8 mg/kg ein erhöhter Gehalt festgestellt (vgl. Anlage 5.3.1).

Die EOX-Konzentrationen liegen alle unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,5 mg/kg. Die Cyanide werden überwiegend unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,1 mg/kg gemessen. Lediglich in der Mischprobe 12 wird mit 34 mg/kg eine erhöhte Konzentration festgestellt.

Für die Kohlenwasserstoffe werden mit Konzentrationen von 72 bis 230 mg/kg überwiegend unauffällige Werte gemessen. In der Mischprobe 14.1 aus der Asphaltdecke wird ein MKW-Gehalt von 1.200 mg/kg festgestellt.

Die Polycyclen werden in Konzentrationen von 1,9 mg/kg (Mischprobe 8.2, Tiefe 0,3 - 2,0 m) bis 23,6 mg/kg (Mischprobe 12, Tiefe 0,3 – 2,0 m) und in der Mischprobe 14.1 aus der Asphaltdecke mit 113,4 mg/kg bestimmt.

Die leicht flüchtigen Aromaten (BTEX) liegen überwiegend in unauffälligen bis geringfügig erhöhten Konzentrationen bis 1,39 mg/kg (Mischprobe 8.1, Tiefe 0,0 – 0,3 m) vor. Lediglich in den Mischproben 10.1 bis 10.3 werden mit 8,31 bis 5,06 mg/kg auffällige Gehalte bestimmt.

Die leicht flüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffe und die polychlorierten Biphenyle (PCB) sind überwiegend nicht nachweisbar oder liegen geringfügig oberhalb der Bestimmungsgrenze.

Im Eluat liegen die ermittelten Schwermetallkonzentrationen unterhalb oder im Bereich der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Für Arsen wird im Eluat der Mischprobe 11.1 ein leicht erhöhter Gehalt von 23 µg/l bestimmt.

Die Cyanide werden in der Mischprobe 11.1 mit 100 µg/l gemessen. Die übrigen Konzentrationen liegen unter der Bestimmungsgrenze von 5 µg/l oder sind geringfügig erhöht (19 µg/l in Mischprobe 11.2). Kohlenwasserstoffe und Polycyclen (ohne Naphthalin) konnten im Eluat nicht nachgewiesen werden. Naphthalin wird lediglich im Eluat der Mischprobe 11.1 in einer Konzentration von 0,07 µg/l bestimmt.

4.4.6 Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen

In der RKS 185 wurde innerhalb der Auffüllungen in einer Tiefe von 4,9 bis 6,2 m ein starker Kohlenwasserstoffgeruch wahrgenommen. Ölspuren und Ölgeruch werden in den RKS IV.6 und IV.7 beobachtet. Weitere organoleptische Auffälligkeiten wurden nicht festgestellt.

Der gewachsene Boden wird in etwa der Hälfte aller Aufschlüsse erreicht. In 7 RKS (97, 161, 168, 186 – 188, 199) werden organoleptische Auffälligkeiten festgestellt (fauliger bzw. muffiger Geruch).

Die chemischen Bodenanalysen ergeben oberflächennahe Belastungen mit Polycyclen im Osten der Teilfläche bis zu 1.600 mg/kg (vgl. Lageplan Anlage 5.5.1). In den tieferen Schichten wurde maximal PAK-Gehalte von 48 mg/kg ermittelt. Des Weiteren sind die Konzentrationen an leichtflüchtigen Aromaten teilweise erhöht. Der Maximalgehalt wurde mit 8,3 mg/kg (MP10.1, RKS T18) ermittelt. Neben den organischen Parametern werden auch erhöhte Kon-

zentrationen an Cadmium (Maximum 4,8 mg/kg, MP9.3) und Arsen (max. 66 mg/kg) festgestellt (vgl. Lageplan Anlage 5.5.1).

Im Bereich der Teilfläche 4 wurde die Grundwassermessstelle 9 im kretazischen Klufftgrundwasserleiter errichtet. Im Vergleich zu den Geringfügigkeitsschwellenwerten nach LAWA /19/ können keine Auffälligkeiten beobachtet werden.

4.4.7 Geplante Geländeaufbereitung

Die Planung sieht die Nutzung der Teilfläche 4 als Wohnbebauung für Ein- und Mehrfamilienhäuser vor. Gemäß der Planung wird die Teilfläche 4 zwischen 2 m und 6 m aufgefüllt, so dass ein Abtrag von anstehenden Auffüllungen generell nicht vorgesehen ist.

Im Bereich der Sondierung 168 sind in 0,7-2,0 m Tiefe (Auffüllung) insgesamt 1.616 mg/kg an Polycyclen (Summe EPA) nachgewiesen worden. In Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde kann das Material im Untergrund verbleiben, da die Fläche überschüttet wird und durch die Versiegelungswirkung der zukünftigen Nutzung die Menge an versickerndem Niederschlagswasser verringert und auch die Versickerungstrecke verlängert wird. Des Weiteren zeigte die untersuchten Probe keine geruchliche Auffälligkeit. Die Höhe der Gehalte an Polycyclen können durch die Anteile an Aschen, Ziegeln und Kohle in der Auffüllung erklärt werden.

4.5 Teilfläche 5: Gracht

Die Gracht liegt innerhalb eines von West nach Ost verlaufenden Geländesprungs, welche den höher gelegenen nördlichen Bereich entlang des Datteln-Hamm-Kanals (Teilfläche 2) von der südlichen Fläche (Teilfläche 2) topographisch über eine Böschung von i.M. 3 m trennt. Die etwa 8.500 m² große Fläche gehörte zum ehemaligen Kohlenlager der ehemaligen Zeche Haus Aden 1/2.

4.5.1 Auffüllungen

Die anstehenden Auffüllungen aus Bergematerialien stehen zwischen 6 m bis 10 m unter der Geländeoberfläche an. Höhenmäßig befindet sich die Basis der Anschüttung relativ einheitlich bei etwa +47 mNN bis +48 mNN. Aus bodenmechanischer Sicht handelt es sich hierbei an der Oberfläche um sandige Kiese mit schluffigen Nebenbestandteilen. An Fremd Beimengungen sind hauptsächlich Bergematerialien anzutreffen. Die in Teilfläche 2 beschriebenen Auffüllungen mit hohen Schluffanteilen in den tieferliegenden Schichten sind ebenfalls in dieser Fläche

Nr. 5 an lokal nachzuweisen. Dieses bindige Material ist aufgrund des Wasserstandes z.T. aufgeweicht. Die schweren Rammsondierung erreichen zumeist Werte zwischen $N_{10} = 5$ bis $N_{10} = 10$, z.T. auch $N_{10} > 10$. Innerhalb der aufgeweichten Auffüllungen verringern sich die Schlagwerte auf $N_{10} < 5$.

4.5.2 Quartär

Als oberstes Schichtglied des natürlich anstehenden Untergrundes folgen Sedimentablagerungen der Niederterrasse der Lippe. Diese bestehen an der Oberfläche generell aus hellbraunen Fein- bis Mittelsanden mit schluffigen Anteilen, die mit der Tiefe zunehmen. Die rund 2 m bis 3 m mächtige, nicht bindige Schicht zeigt mit der Tiefe zunehmende Schlagzahlen von $N_{10} = 5$ bis $N_{10} = 10$ mit der schweren Rammsonde. Anschließend folgen bindige Schichten aus hellgrauen Schluffen mit sandigen und tonigen Beimengungen. Nach Osten nehmen die tonigen Anteile merklich zu.

4.5.3 Oberkreide

Die Felslinie der Oberkreide wird auf einer Höhe von etwa +41 mNN bis +42 mNN vermutet.

4.5.4 Grundwasser

Anhand der Messung der nicht ausgespiegelten Bohrlochwasserstände kann der Wasserstand zumeist bei ca. +53 mNN angenommen werden. Dies entspricht einem Flurabstand von 2 m bis 5 m.

4.5.5 Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/

Der Teilfläche 5 können 2 Mischproben zugeordnet werden. An den beiden Mischproben 10.2 und 10.3 wurden im Feststoff die Parameter nach LAGA /16/, Tabelle II.1.2-2, untersucht. Es wurden keine Eluatanalysen durchgeführt.

Hier ist zu berücksichtigen, dass aufgrund der späterer Flächenaufteilung die zugehörigen Rammkernsondierungen z. T. auch im Bereich der Teilfläche 4 (Wohnen West, RKS 23, RKS 24) liegen.

Der pH-Wert ist mit 8,4 bzw. 9,8 schwach alkalisch bis alkalisch. Die Konzentrationen der Parameter EOX, Cyanide und LHKW liegen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Die

polychlorierten Biphenyle sind nicht nachweisbar bzw. liegen mit 0,01 mg/kg (Mischprobe 10.2, Tiefe 1,0 – 3,0 m) in einer unbedeutenden Konzentration vor.

Die Kohlenwasserstoffe werden in beiden Mischproben mit 120 mg/kg bestimmt. Der Polycyclengehalt wird mit 3,5 bzw. 5,9 mg/kg gemessen, wobei auf das Naphthalin 0,97 bzw. 1,2 mg/kg entfallen. Die Konzentrationen an leichtflüchtigen Aromaten (BTEX) sind mit 5,43 bzw. 5,06 mg/kg erhöht. Die Schwermetall- und Arsenkonzentrationen sind eher unauffällig (vgl. Anlage 5.3.5).

4.5.6 Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen

Innerhalb der aufgeschlossenen Auffüllungen werden keine organoleptischen Auffälligkeiten beobachtet. In der RKS 166 wird eine Mittelsandschicht mit einem fauligen Geruch erbohrt. Alle übrigen Schichten sind organoleptisch unauffällig.

Die chemischen Bodenanalysen ergeben für die Teilfläche 5 lokale Auffälligkeiten mit leichtflüchtigen Aromaten (max. 5,43 mg/kg BTEX), Arsen (max. 66 mg/kg) und Polycyclen (max. 15 mg/kg PAK)(vgl. Lageplan Anlage 5.5.1).

Grundwasseranalysen liegen für den Bereich der Teilfläche 5 nicht vor.

4.5.7 Geplante Geländeaufbereitung

Aufgrund der topographisch stark bewegten Geländesituation ist gemäß der geplanten Folgenutzung (Gracht) eine stark variierende Geländeaufbereitung vorgesehen. Lokal sind Abtragszonen vorhanden, die einen Eingriff von bis 2 m erforderlichen machen (vgl. Anlage 9.1). Diese liegen weitgehend innerhalb der oberen Auffüllungszonen, die nicht durchnässt sind. In Bereichen von geplanten Geländeanhöhungen sind bis zu 4 m Bodenmassen aufzubringen.

4.6 Teilfläche 6: Adensee

Die heutige Höhensituation der geplanten Seefläche lässt sich räumlich in den nördlichen Abschnitt mit einer annähernd einheitlichen Kote von etwa +55 mNN, sowie den tiefer liegenden, südlichen Abschnitt (geplanter Anlegehafen) mit einer Kote zwischen +51 mNN und +53 mNN aufteilen. Während des Zechenbetriebs befanden sich in Teilfläche 6 fast ausschließlich Gleisanlagen. Baulichen Anlagen waren lediglich am geplanten Westufer vorhanden (Bergebunker).

4.6.1 Auffüllungen

Die Basis der anstehenden Auffüllungen liegt im westlichen Bereich auf einem Niveau von rund +51 mNN (ca. 4 m u. GOK) und fällt um etwa 3 m auf eine Höhenkote von etwa +48 mNN ab (ca. 2 m bis 3 m u. GOK). In Nord-Süd Richtung bleibt die Basislage annähernd einheitlich. Bodenmechanisch handelt es sich überwiegend um Kiese mit sandigen Nebenbestandteilen. Bindige Beimengungen sind nur in geringen Anteilen festzustellen. Die Kieskorngfraktion besteht generell aus Bergematerial und untergeordnet werden Ziegel- und Betonreste sowie Schlacken und Gleisschotter angesprochen. Oberflächennah sind die Auffüllungen zumeist dicht gelagert ($N_{10} = 5$ bis 10). Bis zur Basis wird der Wert von $N_{10} = 5$ jedoch kaum überschritten (lockere Lagerung).

4.6.2 Quartär

Die unterlagernden, nicht bindigen Schichten aus Fein- und Mittelsanden der Sedimentablagerungen sind in diesem Teilbereich nur sehr gering ausgebildet (0,5 m bis 1 m). Die Lagerungsverhältnisse ändern sich in dieser Bodenzone kaum ($N_{10} < 5$). Anschließend folgen bindige Schichtpakete aus stark tonigem Schluff bis schluffigem Ton, dessen Oberfläche auf einem Niveau von +51 mNN (westlich) bis +47 mNN liegt. Die Konsistenz liegt im oberen Meter im weich bis steifen Zustand, welches mit den erzielten Schlagwerten von i.M. $N_{10} = 5$ korrespondiert. Ab etwa 1 m Tiefe nimmt die Festigkeit schlagartig auf Werte $N_{10} > 10$ zu, dass auf den Übergangsbereich zur Oberkreide hindeutet.

4.6.3 Oberkreide

Die Oberkante der Oberkreide mit Schlagzahlen von $N_{10} > 30$ liegt zwischen 8 m und 10 m unter Gelände im nördlich höher gelegenen Abschnitt (ca. +44 mNN bis +47 mNN), wobei der gesteinsfeste Untergrund mindestens 2 m bis 3 m tiefer anzutreffen ist. Im südlichen Abschnitt ist die Felsoberfläche bereits ab einer Tiefe zwischen 5 m und 7 m unter Gelände anzutreffen (ca. +45 mNN).

4.6.4 Grundwasser

Anhand der Messung der nicht ausgespiegelten Bohrlochwasserstände kann der Wasserstand zumeist bei ca. +49 mNN und +51 mNN angenommen werden. Dies entspricht einem

Flurabstand von 3 m bis 5 m im nördlichen Abschnitt. Im südlichen Teil steht das Wasser bereits 1 m unter heutigem Gelände an.

4.6.5 Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/

Der Teilfläche 6 werden 9 Mischproben zugeordnet. Die Mischproben wurden im Feststoff auf die Parameter nach LAGA /16/, Tabelle II.1.2-2, analysiert. Von 5 Mischproben wurden im Eluat die Schwermetalle und Arsen sowie die Cyanide, die Kohlenwasserstoffe und die Polycyclen und Naphthalin nach BBodSchV /17/ untersucht. Eine Mischprobe (27.1) wurde im Eluat lediglich hinsichtlich der Kohlenwasserstoffe und der PAK sowie Naphthalin nach BBodSchV /17/ analysiert.

Der im Feststoff gemessene pH-Wert liegt mit 6,1 bis 9,3 im schwach sauren bis deutlich alkalischen Bereich.

Die Konzentrationen an EOX liegen unterhalb der Nachweisgrenze. Für die Cyanide werden vorwiegend Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze ermittelt. Der Maximalgehalt wird in der Mischprobe 24.2 mit 0,6 mg/kg gemessen.

Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) können lediglich in der Mischprobe 24.1 (0,22 mg/kg, Tiefe 0,0 – 2,0 m) in einer geringen Konzentration nachgewiesen werden. Auch PCB wird nur in den beiden Mischproben 24.1 und 33 in einer Konzentration von 0,01 mg/kg gemessen.

Für die Polycyclen werden zum einen mit 0,8 mg/kg (Mischprobe 25.2, Tiefe 2,3 – 4,3 m) bis 4,9 mg/kg (Mischprobe 25.1, Tiefe 0,0 – 2,5 m) unbedeutende Gehalte gemessen und zum anderen mit 23,0 mg/kg (Mischprobe 33, Tiefe 0,0 – 1,3 m) bis 92,2 mg/kg (Mischprobe 24.1, Tiefe 0,0 – 2,0 m) erhöhte Konzentrationen festgestellt. Die Polycyclen erreichen in den Sondierungen T43, T109 (MP24.1, 24.2) in einer Tiefe zwischen 0,0 und 4,2 m Konzentrationen zwischen 61,9 mg/kg und 92,2 mg/kg (EPA). In diesen beiden Mischproben wurden auch KW-Gehalte zwischen 770 und 440 mg/kg gemessen. Die Ergebnisse können auch dem Lageplan der Anlage 5.5.2 entnommen werden.

Die Kohlenwasserstoffe sind mit Konzentrationen von 40 (MP 25.2, Tiefe 2,3 – 4,3 m) bis 440 mg/kg (MP 24.2, Tiefe 2,0 – 4,2 m) eher unbedeutend.

Auch die leichtflüchtigen Aromaten sind mit max. 2,89 mg/kg (Mischprobe 27.1, Tiefe 0,0 – 2,0 m) eher in geringfügig erhöhten Gehalten vorhanden.

Mit Ausnahme der Zinkkonzentration in der Mischprobe 24.2 (560 mg/kg Zn, Tiefe 2,0 – 4,2 m) liegen die gemessenen Schwermetall- und Arsengehalte in einem für Bergematerial typischen Bereich. Blei ist in der Mischprobe MP24.2 mit 270 mg/kg leicht erhöht. Das Eluat

kann als unauffällig angesehen werden. Alle untersuchten Parameter weisen mit Ausnahme der Arsenkonzentration in Mischprobe 24.1 (6 µg/l) und des Cyanidgehaltes in Mischprobe 25.2 (5 µg/l CN ges.) keine oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze liegenden Konzentrationen auf.

4.6.6 Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen

In 3 Rammkernsondierungen werden in den Auffüllungen organoleptische Auffälligkeiten beobachtet (RKS 39: KW-Geruch von 3,1 bis 5,7 m; RKS 262: schwach fauliger Geruch von 4,6 bis 4,9 m; RKS I.24: PAK-Geruch von 0,0 bis 0,5 m). Alle übrigen Auffüllungen sind unauffällig. In 10 RKS werden organoleptische Auffälligkeiten (muffiger, fauliger Geruch, Faulgasgeruch) innerhalb der natürlich anstehenden Schichten festgestellt. In ca. 20 % der Aufschlüsse werden in den gewachsenen Böden organische bzw. humose Anteile festgestellt.

Die chemischen Bodenanalysen zeigen für den Bereich des geplanten Sees Belastungen mit Polycyclen. Im westlichen Teil der geplanten Seefläche sind maximale Konzentrationen bis 10.300 mg/kg PAK gemessen worden (vgl. /2/). Die Ergebnisse sind in dem Lageplan der Anlage 5.5.2 dargestellt. Im geplanten Hafengebiet werden PAK-Gehalte bis max. 50 mg/kg angetroffen.

Im Bereich des geplanten Zugangs zum DHK liegt die Grundwassermessstelle GWM 4. Die Probe aus der Messkampagne von Juni 2005 zeigt geringfügige Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwellenwerte für Kupfer und Chlorid. Im März 2007 wurde das Wasser dieser Meßstelle nicht beprobt.

4.6.7 Geplante Geländeaufbereitung

Für den Bau des Sees sind die Auffüllungen im nördlichen Abschnitt i.M. 3 m tief auszuheben. Unterhalb der Aushubebene verbleiben unter der Seesohle etwa 1 m bis 2 m Auffüllungen im Untergrund. Der südliche Abschnitt wird zwischen 2 m und 4 m aufgeschüttet. Der Bereich mit den nachgewiesenen hohen PAK-Gehalten (PAK: bis 10.300 mg/kg, vgl. Anlage 5.5.2) wird im Rahmen der Herstellung des Sees ausgehoben und entweder in das noch zu planende Landschaftsbauwerk umgelagert oder extern verwertet.

4.7 Teilfläche 7: Gewerbe Südost

Der größere östliche Bereich der Teilfläche 7 wurde in der Vergangenheit als unbebaute Lagerflächen genutzt. Im Westen liegt der inzwischen gesicherte Schacht 1. Die Fläche war

dementsprechend großflächig mit Hallen, Förder-, Maschinen- und Schalthäusern sowie Lokschuppen bebaut. Mit Ausnahme des unter Denkmalschutz stehenden Schalthauses mit Umspannwerk sowie der Pumpstation sind alle Bauwerke rückgebaut.

Höhenmäßig befindet sich die Teilfläche 7 im östlichen sowie westlichen Bereich auf einem Niveau von etwa +55 mNN. Zur Mitte im Bereich der Pumpstation fällt das Gelände auf ein Niveau von rund +50 mNN ab.

4.7.1 Auffüllungen

Die Mächtigkeit der anstehenden Anschüttungen liegt im Bereich der Pumpstation nur bei etwa 2 m bis 3 m (Basis ca. +47 mNN bis +48 mNN). Die übrigen Flächen weisen im Mittel etwa 5 m Auffüllungsmächtigkeiten auf. Dies entspricht einer Auffüllungsbasis bzw. Quartäroberkante von etwa +49 mNN bis +51 mNN. Innerhalb des ehemaligen Bachbettes des Rotherbach im Osten des Geländes (siehe Lageplan) sind entsprechend der Sohlage Auffüllungen von über 6 m zu erwarten (siehe Schnitt F-F, Anlage 6.6). Das anthropogene Material besteht durchgehend aus Kiesen mit sandigen Beimengungen. Der Kiesanteil wird von Bergematerialien sowie vereinzelt Bauschuttresten gebildet. Bindige Anteile (Schluffe und Tone) sind nur untergeordnet vertreten. Lediglich im westlichen Randbereich bestehen die Auffüllungen (RKS 117-119, 123) an der Basis lokal aus umgelagerten tonigen Böden, die eine weiche bis breiige Konsistenz aufweisen. Hier liegen die Schlagzahlen der schweren Rammsondierung bei Werten von nur $N_{10} \leq 1$ (DPH 117, 118). Hier sind Hohlräume nicht auszuschließen. Die Auffüllungen stehen – mit Ausnahme des oberen Meters – generell in einer lockeren Lagerung an. Die Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen liegen zumeist im Bereich $N_{10} < 5$. Lockerzonen mit $N_{10} < 1$ sind auch hier zu finden (DPH 290).

4.7.2 Quartär

Die Quartärdecke der zuoberst liegenden Sedimente (Fein- bis Mittelsande) sowie den unterlagernden Tonböden ist in diesem Bereich der Fläche nur gering ausgebildet. Die Mächtigkeit des Schichtpaketes liegt zwischen 1 m (Pumpwerk) und 3 m. Innerhalb der Sande ändern sich die Schlagzahlen der Rammsonde kaum ($N_{10} < 5$). Der Ton zeigt bereits gute Festigkeiten mit Schlagzahlen zwischen $N_{10} = 5$ und $N_{10} = 10$.

4.7.3 Oberkreide

Die Verwitterungszone der Oberkreide erreicht im äußersten Süden eine Höhenlage von etwa i.M. +47 mNN, dass einer Tiefe von etwa 3 m bis 8 m unter Gelände entspricht. Der gesteinsfeste Mergeluntergrund mit Schlagzahlen von $N_{10} > 30$ mit der schweren Rammsondierung folgt bereits nach etwa 1 m. Nach Norden fällt die Felslinie kontinuierlich um etwa 1 m ab.

4.7.4 Grundwasser

Anhand der Messung der nicht ausgespiegelten Bohrlochwasserstände liegt der Wasserstand im Bereich der Pumpstation bei etwa +49 mNN. Dies entspricht einem Flurabstand von nur 0,5 m. bis 1,0 m. In den übrigen Bereichen befindet des Wasserspiegel auf einem Niveau von etwa +51 mNN, dass einem Flurabstand von rund 4 m entspricht.

4.7.5 Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/

Der Teilfläche 7 können 9 Mischproben zugeordnet werden. Diese Mischproben wurden im Feststoff auf die Parameter nach LAGA, Tabelle II.1.2-2 /15/, untersucht. Es wurden 6 Eluate hergestellt und auf die Schwermetalle und Arsen sowie die Cyanide nach BBodSchV /17/ analysiert. An 4 Eluaten wurden die Kohlenwasserstoffe und die Polycyclen sowie das Naphthalin nach BBodSchV /17/ untersucht.

Die im Feststoff gemessenen pH-Werte von 7,4 bis 10,7 belegen ein alkalisches Milieu.

Die EOX- und LHKW-Konzentrationen liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Polychlorierte Biphenyle sind mit Ausnahme der Mischproben 39.1 (0,02 mg/kg) und 40 (0,14 mg/kg) nicht nachweisbar. Für die Kohlenwasserstoffe werden mit 61 bis 190 mg/kg unbedeutende Konzentrationen festgestellt. Mit Ausnahme der Mischprobe 40 (22 mg/kg) sind die Polycyclengehalte mit 1,0 bis 4,9 mg/kg unauffällig. Die leichtflüchtigen Aromaten werden in Konzentrationen von 0,46 (MP 40, Tiefe 0,0 – 2,3 m) bis 2,19 mg/kg (MP 35.1, Tiefe 0,0 – 1,0 m) bestimmt.

Der Chromgehalt ist in der Mischprobe 39.1 mit 360 mg/kg leicht erhöht. Alle übrigen Schwermetall- und Arsengehalte sind eher unauffällig.

Die Konzentrationen der in den Eluaten untersuchten Parameter liegen überwiegend unterhalb bzw. im Bereich der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Ausnahmen bilden die Zinkkonzentrationen in den Eluaten der Mischproben 35.2 (50 µg/l) und 35.1/36 (100 µg/l).

4.7.6 Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen

In 4 Sondierungen werden organoleptische Auffälligkeiten (PAK-Geruch, fauliger Geruch nach H₂S, muffiger Geruch) beobachtet. Organoleptische Auffälligkeiten im gewachsenen Boden werden in 5 Rammkernsondierungen (fauliger, muffiger Geruch, schwach rostfleckig) festgestellt.

Die chemischen Analysen ergeben hauptsächlich auffällige Konzentrationen an Polycyclen. Die durchschnittliche Konzentration wird mit 25 bis 64 mg/kg PAK ermittelt, das Maximum beträgt 1.705 mg/kg (vgl. Lageplan Anlage 5.5.2). Des Weiteren werden auffällige Konzentrationen an Zink (700 mg/kg), Chrom (360 mg/kg), Cyaniden (33 mg/kg) und EOX (10 mg/kg) festgestellt (vgl. Lageplan Anlage 5.5.2).

Die Grundwassermessstellen GWM 6 und GWM 7 wurden im Rahmen des Grundwassermonitorings /2/ errichtet und erfassen den kretazischen Kluffgrundwasserleiter. Im Vergleich zu den Geringfügigkeitsschwellenwerten nach LAWA /19/ werden in den Proben aus der Messstelle GWM 6 in den Jahren 2004 und 2005 erhöhte Chlorid- und Sulfatgehalte festgestellt. Im Zuge der aktuellen Beprobungskampagne (März 2007) wurde das Grundwasser nicht beprobt. Die im Juni 2005 aus der Messstelle GWM 7 entnommene Probe zeigt auffällige Konzentrationen an Sulfat und Polycyclen (3,6 µg/l). Die im März 2007 entnommene Probe weist keine nachweisbaren Gehalte an Polycyclen auf. Sulfat wurde nicht bestimmt.

4.7.7 Geplante Geländeaufbereitung

Die Teilfläche 7 soll zukünftig gewerblich genutzt werden. Hierzu sind ein- bis zweigeschossige in Reihe stehende Gewerbehallen geplant. Mit Ausnahme der bestehenden Pumpstation werden alle Bereiche der Teilfläche 7 aufgehöhht. Die Auftragungshöhen im westlichen Drittel (etwa zwischen Schnitt C-C und D-D) liegen zwischen 0,5 m und 2,0 m. Der größere östliche Teil wird zwischen 4 m und 8 m hoch angehoben.

4.8 Teilfläche 8: Gewerbe Nordwest

Die geplante nördliche Gewerbefläche (ca. 18 ha) liegt innerhalb der ehemaligen Klärschlammbehandlungsanlagen, die mit Eindicker, Schalt- und Lagerhäusern bebaut war. Die Bauwerke wurden oberirdisch rückgebaut. Die Fundamente sind im Untergrund verblieben. Das Gelände liegt heute am DHK auf einer Höhe von rund +58 mNN und fällt in südliche Richtung auf etwa +56 mNN ab.

4.8.1 Auffüllungen

Der Untergrund ist tiefreichend durch Auffüllungen geprägt, wobei diese hauptsächlich aus Bergematerialien bestehen. Mit einer Mächtigkeit zwischen 8 m im Norden und 6 m im Süden liegt die Basis der Auffüllungen auf einem Niveau von etwa +50 mNN. An der Oberfläche stehen zumeist hoch verdichtete Kiese und Sande bis zu einer Tiefe von etwa 1 m bis 2 m unter Gelände an. Anschließend folgen an den meisten Sondierstellen, über die Fläche verteilt, stark bindige Materialien, die überwiegend aus schwarzen Flotationsschlämmen bestehen (RKS 170-175, 180, 197). Das weich bis breiige Material ist stark organisch sowie mit Asche und Kohle durchsetzt. Die Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen weisen innerhalb der bindigen Bodenzone eine sehr geringe Verdichtung nach. Zum Teil sind auch Hohlräume von mehreren Dezimetern festzustellen (DPH 173,184). Im östlichen Bereich sind bindige Auffüllungen nur vereinzelt vertreten (RKS 197).

4.8.2 Quartär

Der natürliche Untergrund besteht an seiner Oberfläche zunächst aus einer gering mächtigen Sandschicht. Die Mächtigkeit liegt im Mittel bei etwa 0,5 m. Anschließend folgen ab etwa +49,5 mNN schluffige Tone mit einer generell steifen Konsistenz. Mit Schlagzahlen von $N_{10} > 10$ sind bereits an der Oberfläche hohe Festigkeiten festzustellen.

4.8.3 Oberkreide

Aus dem Verlauf der Schlagdiagramme ist die Verwitterungszone des Mergels nach etwa 8 m bis 10 m bei +48 mNN zu erwarten.

4.8.4 Grundwasser

Anhand der Messung der nicht ausgespiegelten Bohrlochwasserstände liegt der Wasserstand zumeist auf Basis der Auffüllungen bei ca. +50 mNN bis +51 mNN. Dies entspricht einem Flurabstand von etwa 5 m und 7 m.

4.8.5 Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/

Im Bereich der Teilfläche 8 wurden 6 Mischproben im Feststoff auf die Parameter gemäß LAGA, Tabelle II.1.2-2 /15/ analysiert wurden. Zwei Mischproben wurden im Eluat auf die Schwermetalle und Arsen, die Kohlenwasserstoffe sowie die Cyanide und die Polycyclen und

Naphthalin nach BBodSchV /17/ untersucht. Das Eluat der Mischprobe 7 wurde lediglich auf die Kohlenwasserstoffe und die Polycyclen sowie Naphthalin nach BBodSchV /17/ analysiert.

Die untersuchten Mischproben weisen mit 6,8 bis 8,8 einen annähernd neutralen bis alkalischen pH-Wert auf.

Die Konzentrationen an EOX und Cyaniden liegen alle unterhalb der Bestimmungsgrenze. PCB sind in den untersuchten Mischproben nicht nachweisbar. LHKW können lediglich in der Mischprobe 17.2 in einer unbedeutenden Konzentration (0,54 mg/kg) nachgewiesen werden.

Mit Ausnahme der Mischprobe 17.3 (32,5 mg/kg PAK, Tiefe 2,0 – 6,0 m) weisen die Polycyclen mit 2,1 bis 10,6 mg/kg eher geringen Konzentrationen auf. Die Kohlenwasserstoffe sind mit 81 bis 130 mg/kg überwiegend in unauffälligen Konzentrationen bestimmt worden. Lediglich die Mischproben 7 (1.100 mg/kg) und 17.3 (830 mg/kg) weisen erhöhte Gehalte auf. Die leichtflüchtigen Aromaten sind mit 2,59 bis 4,53 mg/kg mit Ausnahme der unauffälligen Mischprobe 17.3 (0,25 mg/kg) geringfügig erhöht.

Für die Schwermetalle und Arsen werden keine auffälligen Gehalte festgestellt.

In den untersuchten Eluaten werden keine Konzentrationen oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze gemessen.

4.8.6 Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen

In sieben Rammkernsondierungen werden mehrere Meter mächtige anthropogene Schichten aus Flotationsschlamm angetroffen. Die Auffüllung in der Rammkernsondierung 191 weist in einer Tiefe von 4,9 bis 6,0 m einen fauligen Geruch auf, alle übrigen Auffüllungen sind organoleptisch unauffällig. In sechs RKS werden in den natürlich anstehenden Schichten organoleptische Auffälligkeiten (fauliger bzw. muffiger Geruch) beobachtet.

Die chemischen Bodenanalysen zeigen Belastungen im Bereich der Teilfläche 8 durch Kohlenwasserstoffe (max. 1.100 mg/kg) und Polycyclen (max. 55 mg/kg PAK, vgl. Anlage 5.5). Darüber hinaus werden auffällige Konzentrationen an leichtflüchtigen Aromaten (max. 4,5 mg/kg BTEX) gemessen.

Am westlichen Rand der Teilfläche 8 liegt die Grundwassermessstelle GWM 2, die den kretazischen Kluffgrundwasserleiter erfasst. In allen Beprobungskampagnen werden im Vergleich zu den Geringfügigkeitsschwellenwerten nach LAWA /19/ erhöhte Chlorid- und Sulfatgehalte gemessen. Des Weiteren überschreiten die Kupfer- und Cyanidkonzentration in der Probe von Dezember 2004 den Geringfügigkeitsschwellenwert. Im März 2007 wurde das Wasser dieser Messstelle nicht beprobt.

4.8.7 Geplante Geländeaufbereitung

Die Planung sieht hier Gewerbebauten sowie einem Marktplatz vor. Mit Ausnahme des nord-westlichen Bereiches (Abtrag von max. 1 m) wird die Teilfläche 8 „nach der vorliegenden Höhenplanung überwiegend mit etwa 1 m bis 2 m angehoben. Lokal sind auch Anhöhungen von bis zu 4 m vorgesehen. Die weichen bis breiigen Schichten (vgl. Kapitel 4.8.1) sind zu beachten und bei der bautechnischen Aufbereitung zu berücksichtigen.

4.9 Teilfläche 9: Gewerbe Nordost

Die Teilfläche 9 liegt überwiegend innerhalb der ehemaligen Gleisanlagen (nördlich) sowie einem großflächigem Lagerplatz (südlich). Andere bauliche Anlagen sind nicht verzeichnet. Die Fläche liegt heute etwa auf einer Höhe zwischen +54 mNN und +56 mNN.

4.9.1 Auffüllungen

Die Auffüllungen, die hauptsächlich aus Bergematerialien bestehen, reichen bis zu einer Tiefe von etwa 5 m bis 7 m unter Gelände, das einer Höhe von etwa +48 mNN bis +50 mNN entspricht. Es handelt sich überwiegend um nicht bindige Materialien. An der Basis sind vermehrt schluffige Anteile vorhanden. An der Oberfläche bis etwa 2 m Tiefe ist das anthropogene Material zumeist dicht gelagert ($N_{10} > 10$). Im weiteren Verlauf liegen die Schlagzahlen der schweren Rammsonde i. M. bei $N_{10} = 5$.

4.9.2 Quartär

Die natürlich anstehenden Schichten werden zunächst von mitteldicht gelagerten Fein- und Mittelsanden der Terrassenablagerungen der Lippe z. T. mit organischen Anteilen gebildet, die eine Mächtigkeit von 2 m bis 3 m aufweisen können. Das grobkörnige Material geht in die bindigen Bodenzonen aus stark tonigen Schluffen bis schluffigen Tonen über. Die Konsistenz liegt zunächst im weich bis steifen Zustand und geht schnell in einen festen Zustand über. Die Schlagzahlen der Rammsondierungen zeigen an der Oberfläche bereits Werte von $N_{10} > 10$. Die Basis der quartären Ablagerungen kann mit etwa +44 mNN angegeben werden, das einer Tiefe von etwa 10 m bis 12 m entspricht.

4.9.3 Oberkreide

Die Mergeloberfläche der Oberkreide wurde über die benachbarten Grundwassermessstellen GWM 5 (östlich) und GWM 4 (westlich) erbohrt. Die obersten 2 m sind zumeist stark verwittert. Die gesteinsfeste Mergeloberkante wird auf einem Niveau von etwa +40 mNN bis +42 mNN erwartet (ca. 14 m u. GOK).

4.9.4 Grundwasser

Anhand der Messung der nicht ausgespiegelten Bohrlochwasserstände kann der Wasserstand zumeist bei ca. +50 mNN und +51 mNN angenommen werden. Dies entspricht einem Flurabstand von etwa 4 m bis 5 m

4.9.5 Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/

Der Teilfläche 9 „Gewerbe Nordost“ werden 6 Mischproben zugeordnet. Alle 6 Mischproben wurden im Feststoff auf die Parameter nach LAGA /16/, Tabelle II.1.2-2, untersucht. Von 3 Mischproben wurden im Eluat die Schwermetalle und Arsen, die Kohlenwasserstoffe, die Cyanide und die Polycyclen sowie Naphthalin nach BBodSchV /17/ analysiert. Das Eluat einer weiteren Mischprobe wurde auf die Kohlenwasserstoffe und die Polycyclen sowie das Naphthalin nach BBodSchV /17/ untersucht (vgl. Anlage 3.1.3.2).

Der pH-Wert liegt mit 7,1 bis 9,0 im neutralen bis alkalischen Bereich.

Die Mischprobe 28.3 stammt aus einer Tiefe von 4,0 – 5,0 m (RKS T63) und weist einen leichten kokereispezifischen Geruch auf. Die chemische Analyse zeigt mit 1.642 mg/kg PAK, davon 110 mg/kg Naphthalin und 59 mg/kg B(a)P, und 3.100 mg/kg Kohlenwasserstoffe deutlich erhöhte Konzentrationen auf. Das Eluat der geruchlich auffälligen Mischprobe 28.3 zeigt mit 3,2 µg/l auch einen erhöhten Gehalt an Polycyclen. Mit Ausnahme der Arsen- (5 µg/l) und Zinkkonzentration (10 µg/l) liegen alle übrigen Schwermetalle sowie die Cyanide und Kohlenwasserstoffe unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Naphthalin wird in einer Konzentration von 0,37 µg/l bestimmt. Die Schwermetalle Blei und Zink sind in dieser Mischprobe mit 2.100 bzw. 2.600 mg/kg ebenfalls deutlich erhöht. Die übrigen Parameter sind als unbedeutend anzusehen.

Die Schwermetall- und Arsenkonzentrationen der übrigen 3 Mischproben sind eher unauffällig. Die Gehalte der Polycyclen in den Mischproben MP28.5, MP28.1 und MP 28.2 sind mit 15,6 bis 36 mg/kg erhöht. In der Mischprobe MP 28.5 wird mit 670 mg/kg noch ein leicht erhöhter Kohlenwasserstoffgehalt festgestellt.

Die Mischprobe MP 28.4 stammt aus dem gewachsenen Boden und weist keine auffälligen Konzentrationen hinsichtlich der untersuchten Parameter auf.

Die im Eluat der Mischprobe MP 28.2 untersuchten Parameter weisen keine Konzentrationen oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze auf.

Im Eluat der Mischprobe MP 28.4 liegen mit Ausnahme der Zinkgehalt (10 µg/l) alle Konzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze.

4.9.6 Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen

In der RKS T 63 wird in einer Tiefe von 4,0 bis 5,0 m ein schwacher kokereispezifischer Geruch beobachtet. Alle übrigen anthropogenen Schichten sind organoleptisch unauffällig. Der gewachsene Boden zeigt bei RKS 247 einen schwach muffigen Geruch, alle übrigen Schichten sind organoleptisch unauffällig.

Die geruchlich auffällige Schicht in der RKS T 63 weist einen erhöhten Polycyclengehalt von 1.642 mg/kg auf. Erhöhte Konzentrationen an PAK konnten ebenfalls im Eluat nachgewiesen werden. Darüber hinaus werden erhöhte PAK-Konzentrationen bis max. 36 mg/kg festgestellt. Der untersuchte gewachsene Boden war im Feststoff und im Eluat unauffällig.

Grundwassermessstellen befinden sich im Bereich der Teilfläche 9 nicht.

4.9.7 Geplante Geländeaufbereitung

Die Teilfläche 9 „Gewerbe Nordost“ soll zukünftig als Gewerbestandort genutzt werden. Entsprechend dem heutigen Geländeverlauf ist hier ein Bodenauftrag von bis zu 6 m erforderlich (vgl. Anlage 9.1).

Bei der Sondierung T 63 und dem dort nachgewiesenen PAK-Gehalt von 1.642 mg/kg im Feststoff in 4-5 m Tiefe unter dem heutigen Gelände handelt es sich höchstwahrscheinlich um eine punktuelle Verunreinigung, da Untersuchungen im nahen Umfeld keine erhöhten Gehalte zeigten. Auch das Grundwasser ist hier unauffällig (An- und Abstrommessstellen 4, 5 und 5F), so dass das Grundwassermonitoring seitens der Bergbehörde (Bezirksregierung Arnsberg, Dez. 62) in 2012 eingestellt wurde. Es wird davon ausgegangen, dass von diesem hot-spot auch zukünftig keine Gefährdung mehr für das Grundwasser ausgeht. Eine Herausnahme des hot-spots wäre wirtschaftlich unverhältnismäßig. Das Gelände soll hier im Rahmen der Flächenaufbereitung um ca. 4-5 m angehoben werden. Im Rahmen einer Besprechung im März 2015 (vgl. /41/) wurde daher festgehalten, dass im Rahmen der Flächensanierung keine Maßnahmen ergriffen werden sollen, die Verunreinigung in dieser Tiefe herauszunehmen.

4.10 Teilfläche 12: Grün West („Adenpark“)

Die sich unmittelbar westlich der Schachtanlage anschließende Teilfläche 12 wurde während des Zechenbetriebes intensiv genutzt. Die heute komplett rückgebaute Fläche war großflächig mit Werkstätten, Betriebsgebäuden, Schlosserei, Waschkaue, Magazin sowie anderen Nutzungen bebaut. Nach Osten schließen die Parkplätze der ehemaligen Industrieanlage an (vgl. Anlage 2.1).

Das Gelände liegt im Nordwesten auf einer Höhe von etwa +59 mNN und fällt kontinuierlich in südliche Richtung entlang des Heiler Kirchwegs auf eine Höhe von etwa +51 mNN ab.

Der östliche Bereich der Teilfläche 12, d. d. dort wo ein Umlagerungsbauwerk geplant ist, liegt mit Ausnahme eines nördlichen Streifens von etwa 30 m auf einer Höhe von etwa +52 mNN bis +53 mNN. Der nördliche Abschnitt liegt rund 3 m höher.

4.10.1 Auffüllungen

Die Basis der durchgehend anstehenden Auffüllungen befindet sich entlang des Heiler Kirchwegs im Nordwesten der Fläche bei rund +50 mNN und fällt in südliche Richtung auf ein Niveau von etwa +46 mNN ab. Entsprechend dem Geländeverlauf beträgt die Auffüllungsmächtigkeit zwischen 10 m (RKS 129) und 6 m (T3). Im Bereich des geplanten Adenparks reichen die Anschüttungen bis auf eine Höhe von etwa +49 mNN bis +51 mNN. Dies entspricht einer Mächtigkeit von ca. 6 m nördlich sowie 1 m bis 3 m im südlichen Bereich. Der ehemalige südliche Parkplatz zeigt an allen vier Sondierstellen 2 m mächtige Auffüllungen. Während die Auffüllungen im schmalen Abschnitt entlang des Heiler Kirchwegs überwiegend aus Bergmaterialien bestehen (sandige Kiese), handelt es sich in den übrigen Bereichen um umgelagerte natürliche Böden mit vereinzelt Beimengungen aus Bauschutt, Schotter sowie auch Bergmaterial. Bodenmechanisch ist der Boden als Sande bis Kiese mit schluffigen und tonigen Beimengungen zu beschreiben. Die Lagerungsdichte der Auffüllungen liegt gemäß der schweren Rammsondierungen mit Werten von i.M. $N_{10} = 5$ im mitteldichten Bereich.

4.10.2 Quartär

Der natürlich gewachsene Untergrund besteht aus Ablagerungen der Niederterrasse der Lippe. An der Oberfläche stehen zunächst nicht bindige Böden aus schluffigen Fein- bis Mittelsanden mit Mächtigkeit zwischen 1 m und 2 m an. Es folgen bindige Böden, die im Westen

(heutige Parkplätze) als Schluffe auftreten und nach Osten in einen grauen Ton übergehen. Lokal wurden organische Anteile innerhalb des Tonbodens angesprochen (RKS 52-55). Die bindigen Schichten stehen generell in einer weich bis steifen Konsistenz an. Die Schlagdiagramme der schweren Rammsondierungen zeigen insgesamt ein sehr ungleichmäßiges Lagerungsverhältnis der Sedimentablagerungen. Die Werte variieren über die Tiefe zwischen $N_{10} = 1$ bis $N_{10} > 30$. Innerhalb der Sandschicht sowie der oberen Tone sind lokal Lockerzonen festgestellt worden (RKS 54, 56, 62, 64, 69).

4.10.3 Oberkreide

Die Felsoberfläche des Emscher Mergels liegt im Nordwesten vermutlich auf einer Höhe von etwa +42 mNN (GWM 1) und steigt nach Osten i.M. auf etwa +46 mNN an (GWM 9).

4.10.4 Grundwasser

Anhand der Messung der nicht ausgespiegelten Bohrlochwasserstände liegt der Wasserstand im westlichen Bereich zumeist auf einer Höhe von etwa +49 mNN. Ein Flurabstand von mindestens 2 m ist hierbei gewährleistet. Im Osten befindet sich der Wasserspiegel zumeist auf Basis der Auffüllungen (i. M. +50 mNN). Mit einem Flurabstand von wenigen Dezimetern bis etwa 2 m kann das Wasser bis an die Geländeoberfläche ansteigen.

4.10.5 Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/

Der Teilfläche 12 Grünfläche „Adenpark“ können 3 Mischproben zugeordnet werden. Von 2 Mischproben wurden im Feststoff Untersuchungen auf die Parameter nach LAGA, Tabelle II.1.2-2 /16/, durchgeführt. Die Mischprobe 14.2 ist eine Asphaltprobe und wurde auf die Polycyclen und Kohlenwasserstoffe untersucht. Von der Mischprobe MP14.3 wurde ein Eluate hergestellt und auf die Kohlenwasserstoffe und Polycyclen sowie Naphthalin nach BBodSchV /17/ analysiert.

Die Mischprobe 14.2 aus der Asphaltdecke weist mit 1.900 mg/kg hohe Konzentrationen an Kohlenwasserstoffen auf. In der Mischprobe 14.2 waren keine Polycyclen nachweisbar.

Die übrigen Mischproben weisen einen neutralen bis schwach alkalischen pH-Wert auf.

Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe und PCB sind nicht nachweisbar, die EOX-Konzentrationen liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Die leichtflüchtigen Aromaten werden in unbedeutenden Konzentrationen bis max. 0,42 mg/kg gemessen. Sowohl die Kohlenwasserstoffe wie auch die Polycyclen sind in den Bodenproben (MP 14.3 und 14.4) in un-

auffälligen Konzentrationen bis max. 8,1 mg/kg (PAK, EPA) und 120 mg/kg (KW) gemessen worden.

Die Schwermetall- und Arsenkonzentrationen der Mischproben sind unauffällig.

Die im Eluat der Mischprobe 14.3 konnten keine Kohlenwasserstoffe und Polycyclen nachgewiesen werden.

4.10.6 Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen

In acht Rammkernsondierungen treten organoleptische Auffälligkeiten (KW-Geruch, H₂S-Geruch, fauliger und muffiger Geruch) auf. In 13 Rammkernsondierungen werden in der Schichtenfolge der gewachsenen Böden organische bzw. humose Bestandteile angesprochen.

Die chemischen Bodenanalysen zeigen für die Teilfläche 12 erhöhte PAK-Konzentrationen bis max. 454 mg/kg und Chromgehalte bis 1.040 mg/kg. Des Weiteren sind auffällige Blei- (max. 300 mg/kg), Arsen- (max. 90 mg/kg) und Kohlenwasserstoffgehalte (max. 900 mg/kg) gemessen worden (vgl. Lageplan Anlage 5.5.1).

Im Rahmen des Grundwassermonitorings /2/ wurde die Messstelle 10 (vgl. Anlage 5.5.1) im kretazischen Kluffgrundwasserleiter errichtet. Bei der Erstbeprobung im Juni 2004 wurden im Vergleich zu den Geringfügigkeitsschwellenwerten nach LAWA /19/ keine Auffälligkeiten ermittelt. Bei den weiteren Beprobungen konnte die Messstelle nicht mehr berücksichtigt werden, da sie zerstört wurde.

4.10.7 Geplante Geländeaufbereitung

Die Teilfläche 12 soll nach der derzeitigen Planung durchgehend als Grün- und Freizeitfläche genutzt werden.

Gemäß der derzeitigen Planung sind die Auffüllungen im östlichen Teil entlang des Heiler Kirchwegs um etwa 1 m bis 2 m abzutragen. Der östliche Bereich im Bereich des Adenparks wird mindestens um 2 m bis 6 m angeschüttet (vgl. Lageplan Anlage 9.1).

Die Genehmigungsbehörde hat prinzipiell zugestimmt, optional im Bereich des Adenparks ein Umlagerungsbauwerk zur Einkapselung von kontaminierten Bodenmassen zu errichten (vgl. Lageplan Anlage 5.5.1), in dem Materialien, die die Sanierungszielwerte überschreiten, gesichert eingelagert werden können. Die Ausführungsplanungen dazu können erst erfolgen, wenn über die Mengen dieser Massen nähere Informationen vorliegen.

4.11 Teilfläche 13: Grün Ost

Die nordöstliche liegende Teilfläche 13 gehörte zu den großflächigen Lagerplätzen im Osten des Geländes. Gebäude sind hier nicht bekannt. Die Geländeoberfläche liegt auf einer Höhe von etwa +58 mNN bis +59 mNN.

4.11.1 Auffüllungen

Die anthropogenen Auffüllungen bestehen überwiegend aus kiesig, sandig und schwach schluffigem Bergematerial und Schlacken, z. T. auch aus umgelagertem Böden, die bis in ca. 5 m Tiefe reichen. Dies entspricht einer Tiefenlage von etwa +50 mNN Fremdbeimengungen, wie Bauschutt, sind nur gering angetroffen worden. Die Auffüllungen erreichen Schlagzahlen mit der schweren Rammsondierung von i. M. $N_{10} = 5$.

4.11.2 Quartär

Das Quartär besteht aus folgen mehrere Meter mächtigen Sedimentablagerungen, die aus Sanden und Schluffen in Wechsellagerung bestehen. Die Bohrung GWM 5 zeigt, dass die Mächtigkeit bis zu 8 m betragen kann.

4.11.3 Oberkreide

Die Oberkante des Emschermergels wird ab einer Tiefe von 13 m bis 15 m unter Gelände erwartet (ca. +43 mNN). Ein direkter Aufschluss war nur über die Bohrung GWM 5 möglich.

4.11.4 Grundwasser

Anhand der Messung der nicht ausgespiegelten Bohrlochwasserstände liegt der Wasserstand innerhalb der Auffüllungen zwischen 3 m und 5 m unter Gelände.

4.11.5 Chemische Analysen der Untersuchung aus 2007 /39/

Im Bereich der Teilfläche 13 wurde 1 Mischprobe im Feststoff auf die Parameter nach LAGA, Tabelle I.1.2-2 /16/, untersucht (MP34).

Der pH-Wert liegt mit 8,5 im alkalischen Bereich.

Das untersuchte Bergematerial (0 – 1 m Tiefe) zeigt mit 3,6 mg/kg PAK (EPA) geringe Konzentrationen. Auch die Mineralölkohlenwasserstoffe sind mit 100 mg/kg eher als unauffällig einzustufen. Die leichtflüchtigen Aromaten wurden mit 2,3 mg/kg (BTEX) in wenig erhöhten Gehalten nachgewiesen. Cyanide sind mit 33 mg/kg in auffälligen Gehalten vorhanden. Die untersuchten Metalle sind in eher geringen Konzentrationen nachgewiesen worden (vgl. Anlage 5.3.1).

4.11.6 Chemische Ergebnisse aller vorliegenden Untersuchungen

Im Bereich der beiden Rammkernsondierungen T70 und T71 (MP34) wurden oberflächennah in 0 – 1 m Tiefe auffällige Cyanidgehalte (33 mg/kg) in den dort anstehenden Auffüllungen nachgewiesen. Leichtflüchtige Aromate kommen, mit 2,3mg/kg BTEX eher in wenig erhöhten Konzentrationen vor. Alle anderen untersuchten chemischen Inhaltsstoffe sind unauffällig.

Im Rahmen des Grundwassermonitorings /2/ wurden 2 Grundwassermessstellen auf der Teilfläche 13 errichtet. Die Messstelle GWM 5F erfasst der quartären Porengrundwasserleiter, während die Messstelle GWM 5 im kretazischen Kluftgrundwasserleiter ausgebaut ist /2/. Die aus der Messstelle GWM 5F im Zeitraum von Juni 2004 bis März 2007 entnommenen Proben weisen teilweise Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwellenwerte /18/ für Zink, Arsen, Chlorid und Sulfat auf. Die aus der kretazischen Grundwassermessstelle GWM 5 entnommenen Proben zeigen Auffälligkeiten hinsichtlich der Parameter Chlorid und Sulfat.

4.11.7 Geplante Geländeaufbereitung

Die Rahmenplanung sieht die Teilfläche 13 als Grünflächen vor. Gemäß der Folgenutzung ist in der Teilfläche 13 überwiegend ein Bodenauftrag geplant (vgl. Lageplan Anlage 9.1).

4.12 Zusammenfassung der Ergebnisse für die Gesamtfläche

Unter Berücksichtigung aller für die Gesamtfläche vorliegenden bodenchemischen Untersuchungsergebnisse kann die Projektfläche wie folgt zusammenfassend gekennzeichnet werden:

- Die Auffüllungen bestehen überwiegend aus Bergematerial, Gleisschotter, Kohlenresten, Bauschutt (Ziegel, Beton), Schlacken, Schlamm mit organischen Bestandteilen und umgelagerte Böden. Die Auffüllungen stehen in Mächtigkeiten von ca. 10-12 m an. Die Auffüllungsmächtigkeiten nehmen von Norden nach Süden hin ab (vgl. Lageplan Mächtigkeit der Auffüllungen, Anlage 9.2).

- Im Untergrund sind umfangreiche und tiefreichende Fundamente aus der Altbebauung vorhanden (vgl. Anlagen 2.1, 2.2). Die Altbebauung wurde lediglich oberirdisch abgebrochen.
- Die Auffüllungen sind z.T. mit polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen, mit leichtflüchtigen Aromaten (BTEX), Mineralölkohlenwasserstoffen, Chrom, Cadmium Zink und Arsen belastet. Die maximal gemessenen Gehalte im Feststoff liegen bei 10.300 mg/kg PAK-EPA (Altuntersuchung /2, 3, 6/), 8,3 mg/kg BTEX (MP 10.1, RKS T 18), 3.100 mg/kg Mineralölkohlenwasserstoffe (MP 28.3, RKS T 63), 1.040 mg/kg Chrom (Altuntersuchung /2, 3, 6), 62 mg/kg Cadmium (MP 31.2, RKS T 85, T 90), 168 mg/kg Arsen (Altuntersuchung /2, 3, 6), 2.000 mg/kg Kupfer (MP 30.2, RKS T 110) und 2.600 mg/kg Zink (MP 28.3, RKS T63). Die Ergebnisse können auch den Lageplänen der Anlagen 5.5.1 und 5.5.2 entnommen werden.
- Lokal wurden die höchsten Schadstoffkonzentrationen in den Auffüllungen im Bereich der Sondierung T63 (geplantes Gewerbe NO, Teilfläche 9) und am westlichen Ende des Adensees (Teilfläche 6) festgestellt (vgl. Anlage 5.5.2 und Geländeschnitte der Anlagen 6). Die Kontaminationen in der Sondierung T63 zeigen neben einer geruchlichen Auffälligkeit in 4-5 m Tiefe unter heutiger GOK überwiegend deutlich erhöhte Gehalte an Polycyclen, MKW, Blei und Zink. Die hohe PAK-Belastung in der Teilfläche 6 liegt oberflächennah, d. h. zwischen 0 und ca. 5m Tiefe.
- Im natürlich anstehenden Boden wurde nur in der Sondierung 261 (4,8-5,0 m Tiefe) ein PAK-Gehalt von 433 mg/kg nachgewiesen (Übergang zu den Auffüllungen). Die Bodenschicht darunter (5,0-5,5 m Tiefe) zeigte keine erhöhten Konzentrationen (vgl. /2/).
 - Im Eluat wurden auffällige Konzentrationen in den Auffüllungen an Arsen (23 µg/l) und Cyaniden (100 µg/l), Cyanide lfr. (11 µg/l), beide im Bereich der Sondierungen T27, T38, T98 nachgewiesen. Polycyclen sind im Eluat mit 3,62 µg/l (EPA) im Bereich T63 in erhöhten Konzentrationen nachgewiesen worden. Hier wurden auch deutlich erhöhte PAK-Gehalte im Feststoff nachgewiesen.
- Eine Überschreitung der Prüfwerte der BBodSchV für Industrie und Gewerbe konnte in insgesamt 6 Mischproben der Untersuchung aus /2/ nachgewiesen werden (vgl. auch Anlage 5.6.1, 5.6.2):
 - Grün West: RKS 49 in 0-0,5 m, Chrom 1.040 mg/kg
 - Grün West: RKS 72b in 3,2-5,9, BaP 15,6 mg/kg
 - Adensee: RKS 261 in 4,8-5,0 m gewachsener Boden, BaP 30,6 mg/kg
 - Adensee: RKS 168 in 0,7-2,0 m Tiefe, BaP 70 mg/kg

Wohnen Nordwest: RKS 130b in 0-1,1 m, BaP 39 mg/kg

Wohnen Nordost: RKS 224 in 0,1-1,0 m Tiefe, BaP 13,8 mg/kg.

- Die überwiegende Mehrzahl der untersuchten Bodenproben hält die Prüfwerte der BBodSchV für Wohnen und die Sanierungszielwerte „Gewerbe“ ein (vgl. Anlage 5.3.5).
- Am westlichen Rand wurden in vorangegangenen Untersuchungen insgesamt 4 Bodenluft-Messungen durchgeführt /3/. Alle Messungen blieben ohne Befund.

Die Anlagen 5.6.1 und 5.6.2 zeigen in den Lageplänen die Flächen in denen die Sanierungszielwerte „Gewerbe“ überschritten werden (vgl. auch Kapitel 6). Die Bereiche sind in den Lageplänen 5.6.1 und 5.6.2 „rot“ gekennzeichnet.

Das Grundwasser wurde im März 2007 an ausgewählten Grundwassermessstellen beprobt (siehe ausführliche Darstellung in Kapitel 2.6.2). Das Grundwasser wurde auf signifikante chemische Parameter untersucht /6/. Die Ergebnisse zeigen z. T. Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA /19/ für Arsen, Zink, Nickel, Kohlenwasserstoffen und Polycyclen (vgl. Lagepläne Anlagen 5.5.1 und 5.5.2).

4.13 Wasseranalysen

Es war geplant, das Wasser des Rotherbaches an der Entnahmestelle 1 (Kanalhaltung 322102 des unterirdisch in einem Sammler verlaufenden Rotherbaches) am 16.05.2007, 04.06.2007 sowie am 30.07.2007 zu beproben. Die Probenahmestelle liegt außerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebietes und kann dem Lageplan der Anlage 5.2 entnommen werden. In dem geschlossenen Kanal wurde an keinem dieser drei Termine Wasser angetroffen, so dass eine Beprobung nicht möglich war. Der Rotherbach wird dauerhaft kein Wasser führen, so dass er im vorliegenden Entwässerungskonzept daher nicht mit berücksichtigt wird /11/.

An der weiteren Entnahmestelle 2 (vgl. Anlage 5.2) wurde Sickerwasser aus einem Rohraustritt (wahrscheinlich Haldenwasser) beprobt. Die chemischen Analysenparameter und Ergebnisse können der Anlage 3.2.5 entnommen werden. Insgesamt zeigt das Wasser einen Sulfatgehalt von 717 mg/l und hinsichtlich weiterer potenzieller Schadstoffe keine signifikanten Auffälligkeiten. Die Schwermetalle lagen mit Ausnahme von Zink unterhalb der Nachweisgrenzen. Der gemessene Zinkgehalt liegt bei 0,05 mg/l.

5 Geotechnische Ergebnisse

5.1 Allgemeines

Im Hinblick auf die notwendige Entwicklung eines überschaubaren Baugrundmodells für die geotechnische Bewertung der Situation bietet sich bei Berücksichtigung der Altaufschlüsse sowie der eigenen Aufschlüsse eine Unterscheidung in vier bautechnisch relevante Bodenschichten an:

- a) Auffüllung
- b) nicht-bindige Quartärschichten
- c) bindige Quartärschichten
- d) Emscher-Mergel (Festgestein)

Für eine geotechnische Klassifizierung und Bewertung wurden verschiedene Einzel- und Mischproben aus den relevanten Baugrundsichten der Lockergesteine gebildet. Tabelle 5 zeigt hierzu eine Übersicht der untersuchten Proben zusammen mit den Ergebnissen der geotechnischen Klassifizierung.

Tabelle 5: Bautechnische Klassifizierung und Bewertung der Bodenproben

MP Nr.	Bereich gemäß Planung	RKS	Proben Nr.	Ansprache	Bautechnische Klassifizierung und Bewertung				
					Gruppe*	W _n [%]	WE	ES	SF
1	Grün West	T004	5	S, u, t', g'	SU*	21,8	o	-	o
		T003	8	S, u, t', g'					
2	Wohnen Nordwest	T008	6, 7	S, u, g', t'	SU*	48,4	-	-	-
		T009	6	S, u, g', t'					
		T007	7	S, u, g', t'					
3	Wohnen Nordwest	T021	2, 3	A, Bergem., G, s', u'	GI	5,7	+	o	+
4	Wohnen Nordwest	T021	4, 6, 7	A, S, u*, g', t', breiig	UM / UA	29,4	-	o	-
5	Wohnen Südwest	T044	1, 2, 3	A, Bergem., G, s, u', t'	GU	13,6	+	o	+
6	Wohnen Nordost	T045	8	U, s*, t'	UL	20,1	-	o	-
		T102	8	U, s*, t'					
		T104	8	U, s*, t'					
7	Gewerbe Nordost	T068	9	U, t*, s'	UM	23,6	-	o	-
8	Wohnen Südost	T084	8	U, s, t	UM / UA	27,3	-	o	-
		T092	7	U, s, t					
		T047	7	U, s, t					

MP: Mischprobe siehe Anlage 3.1.3

WE: Wiedereinbaufähigkeit: - gering, o mittel, + hoch
 SF: Scherfestigkeit: - gering, o mittel, + hoch

ES: Erosionsstabilität: - gering, o mittel, + hoch
 Gruppe = Bodenruppe nach DIN 18196

Die Wiedereinbaufähigkeit wird dabei als gering bewertet, wenn der anstehende Boden aufgrund seines natürlichen Wassergehaltes w_n eine Verdichtung auf mindestens ca. 95 % der einfachen Proctordichte ohne nachhaltige Bodenverbesserungsmaßnahmen nicht zulässt. Zur besseren Lokalisierung der Proben wurden diese dabei nach ihrer Lage gemäß der geplanten Folgenutzung (siehe Lagepläne) beschrieben.

5.2 Beschreibung der bautechnisch relevanten Böden

5.2.1 Auffüllungen

Das Untersuchungsgebiet ist durchgehend mit tiefreichenden Auffüllungen unterschiedlicher Mächtigkeit überdeckt, die zum Großteil aus Verfüllungen zur Kompensation von Bergsenkungen resultieren. Die Mächtigkeit nimmt entsprechend dem heutigem Geländeverlauf von Norden entlang des DHK von bis zu 12 m nach Süden zu den Bahngleisen relativ gleichmäßig auf Beträge von 1 m bis 2 m ab. In West-Ost-Richtung ist die Auffüllungsmächtigkeit nahezu jeweils gleichbleibend ausgebildet.

Im Lageplan in Anlage 9.2 sind die Isolinien der Anschüttungsmächtigkeiten auf Grundlage der insgesamt zur Verfügung stehenden Aufschlüsse dargestellt. Die Basis der Auffüllungen liegt zwischen +46 m NN und +51 m NN.

Das anthropogene Auffüllungsmaterial besteht bodenmechanisch hauptsächlich aus einer sandig-kiesigen Bodenmatrix mit variierenden bindigen Anteilen. Die Kieskorfraktion wird von Bergematerialien, Bauschutt, Schlacken sowie Schotter gebildet. Die bindigen Anteile resultieren zum Teil aus den ebenfalls enthaltenen umgelagerten natürlichen Böden. Kohlenreste sind nur lokal in untergeordneter Größenordnung zu finden. Weiterhin sind in der Auffüllung lokal auch schlammartige Ablagerungen mit organischen Bestandteilen (vermutlich Flotationschlämme) identifiziert worden. An verschiedenen Sondierstellen wurden Hindernisse (Fundamente, Steine, etc.) angetroffen, die auf entsprechend großkalibrige Abmessungen der Sondierhindernisse hindeuten. Die durchgeführten Sondierungen zeigen bezüglich der lokalen Zusammensetzung der Auffüllungen folgende Besonderheiten:

- Lockerzonen und Hohlräume mit Abmessungen von mehreren Dezimetern, die aus der Vornutzung resultieren, sind auf der gesamten Untersuchungsfläche punktuell festzustellen.
- Im geplanten nordwestlichen Wohnbereich (Teilfläche 2) sowie in der nördlichen Gracht (Teilfläche 5) stehen ab einer Tiefe von etwa 5 m unter Gelände feinkörnige Auffüllungen (Schluffe) an, die aufgrund des Wasserstandes stark aufgeweicht sind.

- Östlich des ehemaligen Klärbeckens sind innerhalb der Aufschüttungen mehrere Meter mächtige Flotationsschlämme aufgefunden worden, die im weichen bis breiigen Zustand vorliegen (Teilfläche 8, Seebrücke).
- Im nordöstlichen Teilbereich (Teilfläche 9) sind vorwiegend umgelagerte natürliche Böden vorzufinden. Bergematerialien sind hier kaum vertreten.
- Entlang des ehemaligen Bachbetts des Rotherbach im Südosten der Fläche sind Mulden mit tieferreichenden Auffüllungen nachgewiesen worden.
- Westlich des Wendebeckens des DHK liegt 2 m unter der Geländeoberfläche eine alte Straßendecke.
- Oberboden mit organischen Anteilen von wenigen Dezimetern Dicke wurde lediglich im äußersten Nordosten in Teilfläche 13 vorgefunden.

Innerhalb der Auffüllungen hat sich ein Grundwasserspiegel ausgebildet, auf den in Kapitel 4.2.3 näher eingegangen wird.

Die Lagerungsverhältnisse der Auffüllungen liegen generell im locker bis mitteldichten bzw. weich bis steifen Bereich. An der Oberfläche (0 bis 2 m Tiefe) sind bedingt durch die Überfahrten zumeist höhere Festigkeiten vorhanden. In den darunter folgenden Bereichen wechseln locker gelagerte Abschnitte und Bereiche höherer Verdichtung. Insbesondere innerhalb der Flächen mit geplanten Bauwerken für Wohnen (Teilflächen TF 1, 2, 3, 4) und Gewerbe (TF 7 und 8) sind im Untergrund in unterschiedlicher Tiefenlage häufig Lockerzonen (lockere bis lockerste Lagerungen) festzustellen. Unterhalb des Wasserspiegels sind die bindigen Auffüllungen aufgeweicht und liegen in einer weich bis breiigen Konsistenz vor.

5.2.2 Quartär

Der natürlich anstehende Untergrund des Untersuchungsgebietes wird von Ablagerungen der Mittel- und Niederterrasse der Lippe gebildet.

- Fein- bis Mittelsande (nicht bindige Ablagerungen)

Zuoberst stehen die quartären Ablagerungen als hellbraune Fein- bis Mittelsande mit schluffigen, teils schwach tonigen Beimengungen an. Der bindige Anteil nimmt mit der Tiefe zu. Die Mächtigkeit der Sande liegt in einer Größenordnung von 1 m bis 3 m. Die Lagerungsdichte liegt im lockeren bis mitteldichten Bereich. Die Sande gehören zu den gemischtkörnigen Bodengruppen SU/SU* bis ST und sind bei Vorhandensein von Grundwasser aufgrund ihrer Kornverteilung ausgeprägt fließgefährdet und wasserempfindlich. Dies zeigt sich insbesondere im nordwestlichen Grundstücksbereich innerhalb der Teilfläche 2. Die Sandschichten sind generell gemäß DIN 18130 als durchlässig zu bezeichnen.

- Schluffe und Tone (bindige Ablagerungen)

Die Sandschichten gehen mit der Tiefe in feinkörnige quartäre Ablagerungen über, bei denen es sich um sandige Schluffe (vorwiegend im westlichen Bereich) bis schluffige Tone (vorwiegend im östlichen Bereich) handelt. Das leicht- bis mittelplastische Material (Bodengruppe UL/UM bis TL/TM, TA) zeigt an seiner Oberfläche lagenweise organische Einlagerungen. Die tonigen Böden bilden hierbei den Übergangsbereich zu den unterlagernden festgesteinsartigen Schichten des Emschermergels. Die bindigen Quartärschichten stehen zumeist in einer steifen Konsistenz an, an der Oberfläche sind auch weich bis breiige Zonen festzustellen. Aufgrund der Kornverteilung ist der Boden als fließgefährdet und wasserempfindlich einzustufen. Die Schluffe und Tone sind gemäß DIN 18130 generell als schwach durchlässig zu bezeichnen.

5.2.3 Emschermergel

Die quartären Lockergesteine werden von den tragfähigen Schichten der Oberkreide unterlagert, deren Verwitterungsgrad mit zunehmender Tiefe schnell abnimmt. Der Übergang zwischen quartären Schichten und dem Verwitterungsbereich der Kreide ist häufig fließend bzw. nicht immer klar abgrenzbar. Am DHK im Nordwesten der Fläche wird die Oberkante des Grundgebirges auf einer Höhe von etwa +41 m NN erwartet, was einer Teufe von etwa 17 m unter Gelände entspricht. Nach Südosten steigt die Felsoberfläche bis zu einer Höhe von etwa +48 m NN an. Die geringste Lockergesteinsüberdeckung beträgt hier rund 3 m.

Der aufgeschlossene tragfähige Mergel geht schnell von einer halbfesten Konsistenz an der Obergrenze in eine feste bis gesteinsfeste Zustandsform über. Die feinkörnigen Materialien des Verwitterungskopfes der Kreide sind bodenmechanisch mit den bindigen Quartärablagerungen näherungsweise vergleichbar, da sie aufgrund ihrer plastischen Eigenschaften ebenfalls im Bereich der leicht- und mittelplastischen Tone und Schluffe einzuordnen sind (Bodengruppen UL, UM, TL, TM, TA).

5.3 Grundwassersituation

Bezüglich des Kluffgrundwassers, das für die geplante bauliche Folgenutzung von untergeordneter Bedeutung ist, wird an dieser Stelle auf die entsprechenden Angaben und Hinweise in den bestehenden Altgutachten /1/ bis /5/ verwiesen.

Flächendeckende Angaben zum Grundwasserstand im oberen Grundwasserstockwerk (Porengrundwasserleiter) ließen sich im Rahmen der eigenen Untersuchungen aus den Beobachtungen zum Wasserstand in den Rammkernsondierungen und Schürfen ableiten. Die in den

Sondierungen nach Bohrende abgegriffenen Grundwasser- und Schichtenwasser/Stauwasserstände in den Auffüllungen sind mit in den Baugrundschnitten in Anlage 6 vermerkt. Zusätzlich wurden diese Beobachtungen mit den Pegelmessungen an den vorhandenen Messstellen der DMT abgestimmt (siehe /6/).

Im Norden entlang des DHK schwankt der Grundwasserstand innerhalb der Auffüllungen zwischen +51 m NN und +56 m NN, was einem Flurabstand zwischen 3 m und 6 m entspricht. Hier scheint sich Schichtenwasser auf lokal minderdurchlässigen Auffüllungen gebildet und aufgestaut zu haben. Generell fällt der Wasserspiegel dann in südliche Richtung auf ein Niveau von etwa +49 m NN bis +51 m NN ab. Aufgrund des stärker abfallenden Geländeverlaufes in südliche Richtung beträgt der Flurabstand nur noch 1 m bis 5 m. Im südlichen Bereich liegt nur noch die Auffüllungsbasis am Übergang zum natürlich anstehenden Boden im Grundwasser.

Bei dem angetroffenen Grundwasser handelt sich demnach zum Teil um Stau- und Sickerwasser aus niederschlagsbürtigen Oberflächenzuflüssen, die sich zumeist auf der Oberfläche von gering durchlässigen, bindigen Auffüllungsschichten anstauen. Grundwasseranstiege bis nahe an die Geländeoberfläche erscheinen lokal möglich.

Im Süden der Fläche steht das Porengrundwasser zumeist im Bereich der Basis der Auffüllung auf den hier stauenden bindigen Quartärschichten bzw. auf dem Verwitterungskopf der Kreide an.

5.4 Geotechnische Kennzeichnung

5.4.1 Bodenkennwerte

Ausgehend von den Ergebnissen der hier dokumentierten Feld- und Laboruntersuchungen sowie den bereits bekannten Kennwerten der vorangegangenen Gutachten /3, 15/ lassen sich die Bodenkennwerte der in den bautechnisch relevanten Untergrundbereichen angetroffenen Schichten angeben, die an allgemeine Angaben z.B. aus DIN 1055 bzw. Grundbau-Taschenbuch und EAU bzw. eigenen regionalen Erfahrungen angepasst wurden. Die Bodenkennwerte der natürlich anstehenden Bodenschichten sind als Rechenwerte (cal-Werte) in der nachfolgenden Tabelle 6 für die Locker- sowie die Festgesteine getrennt aufgeführt.

Tabelle 6: Charakteristische Kennwerte (cal) der Bodenschichten

a) Lockergesteine

Kennwert	Auffüllungen Allgemein	Quartär		
		Sand, schluffig	Schluff bis Ton	Schwächezonen (Schlamm, Fließ- sande, breiige Schluffe)
Wichte γ [kN/m ³]	17 bis 22	17 bis 19	18 bis 2	14 bis 17
Wichte unter Auftrieb γ'	8 bis 12	7 bis 10	9 bis 11	4 bis 7
Reibungswinkel φ' [°]	20 bis 35	30 bis 32,5	20 bis 25	15 bis 22,5
Kohäsion c' [kPa]	0 bis 2,5	0 bis 2,5	2,5 bis 10	0 bis 5
undrän. Kohäsion c_U [kPa]	0	0 bis 15	5 bis 40	0 bis 20
Steifemodul E_S [MPa]	1 bis 20 ¹⁾	10 bis 20	10 bis 20	< 1 bis 5
Durchlässigkeit k_f [m/s]	10^{-4} bis 10^{-7}	10^{-5} bis $5 \cdot 10^{-6}$	10^{-7} bis 10^{-9}	k.A.

1) Bei lockeren und sehr lockeren Lagerungen sind neben lastinduzierten Kompressionssetzungen auch lastunabhängige Eigen-setzungen infolge Erschütterungseinwirkungen oder Grundwasserstandsänderungen möglich.

b) Festgesteine

Kennwert	Oberkreide (Emscher Mergel)		
	Verwitterungskopf	fest	kompakt
Wichte γ [kN/m ³]	19 bis 21	20 bis 21	21 bis 23
Wichte unter Auftrieb γ'	9 bis 11	10 bis 11	11 bis 13
Reibungswinkel φ' [°]	27,5	20 bis 25	k.A.
Kohäsion c' [kPa]	10 bis 30	30 bis 50	k.A.
undrän. Kohäsion c_U [kPa]	25 bis 60	50 bis 100	100 bis 500
Steifemodul E_S [MPa]	15 bis 30	30 bis 80	50 bis > 100
Durchlässigkeit k_f [m/s]	10^{-9} bis 10^{-11}	10^{-6*} bis 10^{-9}	10^{-6*} bis 10^{-9}

Schwankungsbreiten ergeben sich in Abhängigkeit der jeweiligen Lagerungsdichten und Konsistenzen bzw. Zersetzungsgrade

* mittlere Durchlässigkeit bei Kluftgrundwasserleiter im Mergel

Für die anstehenden Auffüllungen aus Bergematerial kann aufgrund der diesbezüglich typischen geotechnischen Eigenschaften auch ein eigener Kennwertansatz erfolgen. So kann auf Grundlage der vorhandenen Erfahrungen mit den im Ruhrbergbau anfallenden Bergematerialien davon ausgegangen werden, dass die Scherfestigkeit der Bergematerialien insbesondere vom Verdichtungsgrad abhängt. Je nach Verdichtungsgrad kann der Reibungswinkel φ' zwischen 27,5° und 40° und die Kohäsion c' zwischen ca. 5 kPa und mehr als 30 kPa betragen. Dabei ist zu beachten, dass es sich bei der Kohäsion im wesentlichen um eine Form der

Gefügefestigkeit (Verzahnung der Partikel untereinander) handelt, nicht aber um eine Kohäsion im eigentlichen bodenmechanischen Sinne, die auf der Bindung zwischen Tonmineralen beruht. Durch Quellen von Tonmineralien in dem Bergematerial kann die Lagerungsdichte reduziert werden und die Scherfestigkeit abnehmen. Die charakteristischen Kennwerte der anzutreffenden Auffüllungen aus Bergematerial sind in Tabelle 7 in Abhängigkeit der unterschiedlichen Verdichtungsklassen zusammengestellt.

Tabelle 7: Charakteristische mittlere Kennwerte (cal) für Auffüllungen aus Bergematerial

Kennwert	Auffüllungen aus Bergematerial		
	mitteldicht mindestens steif	locker bis mitteldicht weich bis steif	locker weich
Wichte γ [kN/m ³]	20	19	18
Wichte unter Auftrieb γ'	10	9	8
Reibungswinkel φ' [°]	35	30	27,5
Kohäsion c' [kPa]	5 bis 10	2,5 bis 7,5	0
undrän. Kohäsion c_u [kPa]	10 bis 20	5 bis 15	2,5 bis 7,5

5.4.2 Bodenklassen und Bodengruppen

Die erdbautechnischen Kennwerte der anstehenden Bodenschichten ergeben sich aus der Klassifizierung nach DIN 18196 sowie DIN 18300 und sind in der Tabelle 8 für die relevanten Böden der Baumaßnahme zusammengefasst.

Die technologischen Eigenschaften des anstehenden Baugrundes ergeben sich auf Basis der o.g. Kennwerte gemäß Tabelle 9.

Tabelle 8: Einstufung in Bodenklassen und Bodengruppen

Kennwert	Quartär			Oberkreide	
	Auffüllung allgemein	Sand, schluffig	Schluff bis Ton	Verwitterungskopf	tragfähiger Mergel
Bodenklasse DIN 18300 (Erdbau)	3 bis 5 ¹⁾	3 bis 4 ²⁾	4 bis 5 ²⁾	3, 4 ²⁾ bis 5	6, mit zunehmender Tiefe 7
Boden- bzw. Felsart DIN 4022	A	S bis S, u	U, s, t' bis T, u o bis o+	U, s, t, g' T, u	Mst
Bodengruppe DIN 18196	GI bis GW GU bis GU* umgelagerte Böden auch UL, UM, TL; SU	SU, SU* SE ST	SU* UL, UM TL, TM, TA lokal auch OU, HN	SU*, ST*, ST, TL, TM, TA	-

¹⁾ Bei Auftreffen von alten Fundamentresten, Oberflächenbefestigungen, etc. ist Bodenklasse 6-7 möglich.

²⁾ bei Schlamm, breiige Böden sowie bei Wasserzutritt treffen die Merkmale der Bodenklasse 2 zu

Tabelle 9: Bautechnische Eignung der Bodenschichten

Bautechnische Kennwert	Quartär			Oberkreide	
	Auffüllung	Sand, schluffig	Schluff bis Ton	Verwitterungskopf	tragfähiger Mergel
<i>Eigenschaften:</i>					
- Verdichtungsfähigkeit	mittel	hoch	mittel	hoch	hoch
- Durchlässigkeit	mittel	hoch	gering	gering	gering
- Witterungsempfindlichkeit	hoch	gering	hoch	mittel	mittel
- Erosionsempfindlichkeit	gering	mittel	gering	mittel	mittel
- Frostempfindlichkeit	mittel	mittel	hoch	mittel	mittel
- Frostempfindlichkeitsklasse	F2 bis F3	F1 bis F2	F2 bis F3	F1 bis F2	F1 bis F2
<i>Eignung als:</i>					
- Baustoff für Erdbauarbeiten	o bis +	o	- bis o	-	o
- Baustoff für Baustraßen	- bis o	o	-	-	o bis +
- Baugrund für Gründungen	o bis -	o bis -	o	o	+

Hinweise: + gut geeignet o mäßig geeignet - ungeeignet

5.5 Baugrundrisiken

Mit den ausgeführten Erkundungen und den insgesamt vorhandenen Kenntnissen aus bereits vorliegenden Untersuchungen und Altgutachten konnte das Gesamtbild zum Baugrundaufbau und zur Baugrundbeschaffenheit der geplanten Folgenutzung abgerundet werden. Dabei sind nachfolgend genannte Aspekte in Bezug auf die vorhandenen Baugrundrisiken zu berücksichtigen.

In den geplanten Abtragsbereichen liegt der Gründungshorizont der geplanten Bauwerke ausschließlich innerhalb dieser Auffüllungsschichten. Der natürlich anstehende Untergrund wird hier auch im Falle von Unterkellerungen nicht erreicht. Gemäß Planung erfolgt kein Eingriff in die gewachsenen Bodenschichten.

a) Unverdichtete Auffüllungen

Die Fläche der ehemaligen Zeche Haus Aden 1/2 wird durchgehend von Auffüllungen aus Bergematerialien und anderen anthropogenen Materialien mit Mächtigkeit von bis zu 10 m überdeckt. Die Lagerungsverhältnisse des inhomogenen Materials variiert über die Tiefe zum Teil sehr stark. Es wurden mehrfach, jedoch nicht horizontbeständig, Lockerzonen (lockere bis sehr lockere Lagerung, $N_{10,DPH} = 0$ bis 1) festgestellt. Während an der Oberfläche ausschließlich nicht bindige Böden anstehen, treten in tieferen Schichten auch bindige Materialien auf, die aufgrund des anstehenden Wassers z.T. stark aufgeweicht sind. Hierzu zählen die feinkörnigen Gemische im geplanten nordwestlichen Wohnbereich (Teilfläche 2) sowie die aufgefundenen Flotationsschlämme im Bereich Teilfläche 8. Hieraus ergibt sich insgesamt ein hohes Setzungspotenzial der weitgehend unverdichteten Auffüllungen. Zusätzlich ist aufgrund der variierenden Auffüllmächtigkeit sowie der variierenden Lagerungsverhältnisse mit ungleichmäßigen Setzungen bei einer gleichförmigen Lasteinleitung zu rechnen. Unter Erschütterungseinwirkungen oder Grundwasserstandsänderungen neigen die Lockerzonen zu lastunabhängigen Setzungen (Sackung).

b) Reste alter Baulichkeiten

Die ehemalige Industriefläche war in der Vergangenheit stark bebaut. Die inzwischen oberflächennah komplett rückgebauten Bauwerke haben z.T. tief reichende Fundamentreste im Untergrund hinterlassen, die weitgehend dokumentiert sind (vgl. /1, 3/ und Anlage 2.1, 2.2). Es befinden sich im Untergrund jedoch auch - gemäß den durchgeführten Aufschlüssen - unbekannte Bauhindernisse aus Beton, alten Fahrbahndecken sowie sonstigen Bauwerks- teile und -reste. Hieraus würden sich bei einer Überbauung relevante Bettungsinhomogenitäten des Baugrundes ergeben. Bei Überschneidung dieser Altfundamente mit den geplanten Baumaßnahmen sind diese soweit abzurechen, dass die neuen Fundamente hinsichtlich des Trag- und Setzungsverhaltens nicht beeinflusst werden.

c) Fließgefährliche Böden

Die natürlich anstehenden Bodenschichten aus Sedimentablagerungen der Lippe sind weitgehend gleichmäßig aufgebaut und zeigen nur geringe Schwankungen hinsichtlich des Schichtenaufbaus. Diese bestehen aus einer vertikalen Wechsellagerung von Sanden, teilweise organischen Schluffen und Schluff-Sand-Gemischen. Diese werden von Ton-schichten unterlagert, die den Übergangsbereich zu den Festgesteinen des Emscher Mer-gel bilden.

Die Fein- und Mittelsande sind insbesondere bei geringerem Feinkornanteil stark fließge-fährdet und reagieren bei dynamischer Beanspruchung stark wasserempfindlich, sofern sie in einem nahezu wassergesättigten Zustand anstehen. Die vorhandene Aufschlussdichte lässt eine umfassende Aussage zu den von der geplanten Maßnahme betroffenen Boden-schichten zu. Ausgeprägte fließgefährdete Bodenschichten wurden demnach im äußersten Nordwesten der Fläche (Teilfläche 2) festgestellt. Trotzdem ist nicht ausgeschlossen, dass zusätzliche Auffälligkeiten oder Störungszonen durch die stichprobenartigen Feldauf-schlüsse bisher nicht erfasst wurden.

d) Rotherbach

Der verrohte Rotherbach quert das Untersuchungsgebiet im Südosten innerhalb der ge-planten Gewerbebebauung (Teilfläche 7) und führt weiter nordwestlich durch die Teilfläche 9 bis ungefähr zum geplanten Sperrtor (Osten der Teilfläche 6).

Es ist davon auszugehen, dass der ehemalige natürliche Bachverlauf das Gelände in die-sem Einflussbereich überformt hat. Die aufgebrachten Auffüllungen zeigen hier eine ent-sprechende größere Mächtigkeit (siehe Schnitt G-G). Auch ist hier ggf. mit organischen Sedimenten im Untergrund zu rechnen.

e) Kontaminationen

Im Rahmen der Sanierungsuntersuchungen wurden auf der Untersuchungsfläche lokal Kontaminationen nachgewiesen. Details dazu werden in den Kapiteln 3 und 4 erläutert.

Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass nicht aufgeschlossene Bereiche weitere Verunrei-nigungen aufzeigen. Im Rahmen der Baumaßnahme kann es daher erforderlich sein, Ver-dachtsbereiche durch Baggerschürfe oder Sondierungen in Verbindung mit Probenahmen und bodenchemischen Analysen weiter zu untersuchen.

f) Wiedereinbaufähigkeit von Bodenaushub

Der anfallende Bodenaushub soll möglichst einer Verwertung innerhalb der künftigen Bau-felder zugeführt werden. Dies setzt die Möglichkeiten eines verdichteten Wiedereinbaus voraus. Der überwiegende Anteil an anfallendem Aushub besteht aus nicht bindigen Ber-gematerialien, die für einen Wiedereinbau i.d.R. gut geeignet sind. Die uneingeschränkte

Wiedereinbaufähigkeit von bindigen Materialien ist aufgrund der hohen Wassergehalte, der möglichen organischen Anteile und der geringen Plastizitäten nicht gegeben.

Niederschläge und jahreszeitlich bedingte Schwankungen des Grundwasserspiegels können die Wiedereinbaufähigkeiten zudem weiter verschlechtern. Auf die beschriebenen Schwankungen kann allerdings jederzeit durch Anpassung des Verwertungsweges innerhalb der Bauflächen reagiert werden.

g) Grundwasser in Auffüllungen

Der anstehende Grundwasser-/Schichtenwasserstand innerhalb der Auffüllungen wurde weitgehend anhand von Bohrlochmessungen beobachtet. Wie einige Aufschlüsse vermuten lassen, kann der Wasserstand bei ungünstigen Witterungsverhältnissen auch bis nah an die Geländeoberfläche ("zeitweise aufstauendes Sickerwasser" i.S. DIN 18195) ansteigen. Geplante bauliche Eingriffe in den Untergrund werden weitestgehend oberhalb des flächigen Grundwasserstandes stattfinden. Eine flächendeckende Grundwasserabsenkung wird daher nicht erforderlich und wäre technisch und wirtschaftlich auch nicht sinnvoll. Vielmehr ist auf die herrschenden Wasserverhältnisse eines Baufeldes in Form von lokal wirksamen Wasserhaltungsmaßnahmen zu reagieren.

h) Erdbeben

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in keiner Erdbebenzone gemäß DIN 4149.

Die vorbeschriebenen (bekannten) Erschwernisse sind im Zuge der Neubebauung durch eine auf das Einzelbauvorhaben abgestellte Baugrunderkundung und Planung zu berücksichtigen. "Baugrundrisiken" i.S. der Rechtsprechung sind hingegen die trotz einer sachgerechten Baugrunduntersuchung und Planung verbleibenden, unerkannten Baugrund-Anomalien. Letztere können definitionsgemäß nicht quantifiziert werden.

5.6 Druckrohrleitungen

Der aufgefundene Trassenverlauf der Druckrohrleitungen entspricht im östlichen Teil weitgehend den vorliegenden Kenntnissen (siehe Anlage 8.1, Detail C). In westliche Richtung zeigt sich, dass die Leitungen tatsächlich weiter im Flächeninneren nach Süden liegen sowie insgesamt - insbesondere im mittleren Bereich - eine größere Breite einnehmen. Die Leitungen liegen generell parallel zu einander mit einem Abstand von wenigen Dezimetern sowie annähernd auf derselben Tiefenlage. Auffällig ist eine offensichtliche Überschneidung der Leitungen DN 500 und DN 1000 im mittleren Bereich, die sich aus der Lageposition in den Schürfen BS 2 und BS 3b ergibt. An der mittleren Knickstelle (Detail B) vergrößert sich der gegenseitige Abstand zwischen der Druckrohrleitung DN 500 und DN 1000 auf einem kurzen Abschnitt auf bis zu 8 m.

Die Druckrohrleitungen DN 500 und DN 1000 bestehen aus einer Stahlummantelung und sind im Betrieb. Der Kanal DN 300 ist an mehreren Stellen beschädigt (Foto Nr. 7 in Anlage 8.2) und offensichtlich nicht mehr im Betrieb. Einige Stellen waren nicht näher zu erkunden, da Betonplatten die Leitungen überdeckten (siehe Lageplan in Anlage 8.1). Die vorhandene Überdeckung der Leitungen (Rohrscheitel bis GOK) liegt zwischen 1,0 m und 2,0 m. Die Leitungen liegen durchgehend innerhalb der Auffüllungen aus Bergematerialien und sind zumeist in einer Sandschicht eingebettet. Organoleptische (insbesondere geruchliche) sowie bodenmechanische Auffälligkeiten waren nicht festzustellen.

Die Druckrohrleitungen DN 500 und DN 1000 müssen auch zukünftig beibehalten werden. Der außer Betrieb befindliche Kanal DN 300 muss nicht berücksichtigt werden.

Ein verbindlicher Schutzstreifen mit einem bestimmten Abstand wird seitens des Leitungsbetreibers nicht vorgegeben. Die zukünftige Zugänglichkeit sowie ein Arbeitsraum für Wartungsarbeiten muss jedoch jederzeit gewährleistet werden. In Abstimmung mit den Beteiligten wurde gemäß Planungsstand Juli 2007 daher ein Schutzstreifen mit einem Abstand von 1,5 m von den äußeren Rohrkanten der DN 500 und DN 1000 festgelegt (siehe Anlage 8.1, vgl. auch Gutachten aus 2007 /39/).

D. h. laut Planungsstand Juli 2007 (vor Beginn der Schurfarbeiten) werden einige geplante Bauwerke durch die Leitungen gekreuzt. Hierzu zählen Bauwerke in Detail A sowie Detail B in Anlage 8.1:

- Die ursprünglich geplanten Häuser in der nordwestlichen Grundstücksecke (Detail A) werden entsprechend dem festgelegten Leitungsschutzstreifen verschoben bzw. verkleinert.
- Der Kanal DN 500 wird im Bereich der markanten Knickstelle in der Mitte des Trassenverlaufs (Detail B) im Rahmen der zukünftigen Flächenaufbereitung unmittelbar neben die Druckrohrleitung DN 1.000 - und somit nach Norden - verlegt. Somit ist eine Änderung der geplanten Bauwerkslagen hier nicht erforderlich. Die geplante Leitungsverlegung ist im Detail B in Anlage 8.1 ebenfalls dargestellt.
- In Teilbereichen - insbesondere in Straßenflächen - beträgt die zukünftige Überdeckung der Druckrohrleitung nur wenige Dezimeter. Die Höhensituation wurde entsprechend seitens der Planung modifiziert.

5.7 Uferspundwand des Datteln-Hamm-Kanals

Die Ergebnisse der Archivrecherchen zur Uferspundwand der Wasserstraße sind im Einzelnen in Anlage 7.1 dargestellt (Lageplan, Schnitte) sowie in Anlage 7.2 erläutert.

Die Abdichtung der Wasserstraße erfolgt durch die beidseitigen Spundwände, die in den Mergel als natürliche Sohldichtung einbinden und so einen wasserdichten "Trog" bilden. Die Abstützung der Spundwände erfolgt durch eine Rückverankerung sowie den Erdwiderstand im Fußeinbindebereich.

Die Rückverankerungen der Spundwand und Poller bestehen entlang eines rund 15 m breiten Streifens südlich des DHK in einem Raster von rd. 2,4 m. Weiterhin sind vermutlich Reste der alten Verankerungen (z.B. bei Aufhöhungen gekappte Anker) noch im Untergrund verblieben. Die Einleitung der Ankerkräfte in den Boden erfolgt über rückwärtige Ankerwände, vgl. Anlage 7.1. Im Bereich des Wendebeckens besteht darüber hinaus eine durchgehende Fangedammkonstruktion.

Die Bodenrücklage der Spundwände wirkt bei einer Beschädigung der Uferwand als Sickerbremse (2. Dichtung) und verhindert das freie Auslaufen des Kanalwassers in das tiefer liegende Hinterland.

Für die Projektierung der Neubebauung ist somit eine Beeinflussung der Uferwandkonstruktion durch ungünstig wirkende Be- oder Entlastungen, Erschütterungen sowie Aufhebung von Dichtwirkungen zu berücksichtigen (Details s. Anlage 7.2). Die geplante Lage der Wohnbebauung nimmt hierauf im Wesentlichen durch das Einhalten von ausreichenden Abstandsmaßen der Gebäude Rücksicht.

6 Gründungs- und Herrichtungskonzept

6.1 Allgemeines

Der Detaillierungsgrad in diesem Planungsstadium (Rahmenplanung gemäß /8, 40/) beinhaltet noch keine konkreten planerischen sowie statischen Angaben zur Ausführung der geplanten Baumaßnahme. Detaillierte Gründungsanforderungen in konstruktiver und statischer Hinsicht sind in den weiteren Planungsschritten erst noch zu formulieren. Das nachfolgende Gründungs- und Herrichtungskonzept befasst sich daher mit der allgemeinen Vorgehensweise unter Berücksichtigung der erkundeten Untergrundverhältnisse, der nachbarschaftlichen Randbedingungen sowie im Hinblick auf die bisher absehbaren Dimensionen der zu errichtenden Bauwerke.

Bei den derzeit geplanten, gründungsrelevanten Bauten im Rahmen dieser Bearbeitung handelt es sich um Geschossbauten (Wohnen und Gewerbe) bzw. Hallenbauten (Gewerbe). Weiterhin sind die gründungsrelevanten Aspekte beim Bau der Gracht und des Seekörpers sowie entlang des Grundstücks der WSV zu berücksichtigen.

6.2 Digitales Geländemodell

Auf Basis einer Höhenaufnahme von November 2006 /10/ sowie der überarbeiteten Planung aus 2012/2013 /8,9/ wurde das digitale Geländemodell überarbeitet. Der Lageplan in Anlage 9.1 zeigt die hieraus resultierende Geländegestaltung mit Bodenauftrags- sowie Bodenabtragsbereichen und mit Angabe der jeweiligen Mächtigkeit. Die Mächtigkeit kennzeichnet die Höhendifferenz zwischen der heutigen Geländeoberfläche und der zukünftigen Planungsoberfläche. Im Gründungs- und Herrichtungskonzept wird daher grundsätzlich zwischen den Bereichen mit Bodenauftrag sowie Bodenabtrag unterschieden.

Die Höhenverhältnisse zwischen der heutigen und zukünftigen Geländeoberfläche, den anstehenden Bodenschichten sowie dem vorhandenen Grundwasserstand in der Auffüllung sind gemäß der Beschreibung der Bodensituation in Kapitel 4 in der nachfolgenden Tabelle 10 mit Bezug zu den einzelnen Teilflächen zahlenmäßig zusammengefasst. Die Höhenlage der Geländeoberfläche variiert z.T. auch innerhalb der Teilflächen, so dass die Übersicht eine Bandbreite (von bis) der einzelnen Höhenwerte wiedergibt.

Tabelle 10: Höhensituation Baugrund und Gelände für die einzelnen Teilflächen

TF Nr.	GOK		S ol I	Auffüllungen			Kreide		Wasser- stand		Besonderheiten im Untergrund		
	Ist mNN			Art	UK m NN	M m	N ₁₀ -	OK mNN	Tiefe m	UK mNN		FA m	
Wohnen	1	+55	+57	G,s	+47	8	2	+40	10	+51	4	im Osten liegt eine alte Straßendecke in 2 m Tiefe	
		+59	+58		+50	11	10	+45	15	+53	6		
	2	+58	+57	G,s U,s	+48	6	5	+41	17	+53	4		Auffüllungen ab 5 m aufgeweicht (N ₁₀ < 5), Fließsande im Nordwesten
		+59	+60		+53	10	10		+55	6			
3	+50	+57	G,s	+48	1	2	+45	5	+49	1			
	+56	+58		+51	5	10	+48	8	+51	5			
4	+54	+57	G,s	+46	6	2	+41	10	+49	2			
	+55	+59		+48								10	+45
Wasser	5	+55	+57	G,s U,s	+47	6	5	+41	13	+53	2	Auffüllungen ab 5 m lokal aufgeweicht (N ₁₀ < 5), Fließsande im Nordwesten	
		+57			+48	10	10	+42	15		5		
6	+51	+53	G,s	+48	2	5	+44	5	+49	1			
	+55	+55		+51	4	10	+47	10	+51	5			
Gewerbe	7	+50	+54	G,s T, u	+47	2	1	+47	3	+49	0,5	Im Bereich des ehemaligen Bachbetts des Rotherbach tieferere Auffüllungen	
		+55	+60		+51	6	5		+51	4			
	8	+56	+58	G,s U/T	+50	6	1	+48	10	+50	5	schwarzer Flotations-schlamm ab 2 m Tiefe im westlichen Bereich	
+58		+50			8	10	+48		12	+51	7		
9	+55	+58	G, s	+48	5	5	+47	8	+49	5	Quartär z.T organisch		
				+49	7				+50	6			
Grün	12	+49	+50	G,s S,u/t	+46	1	5	+42	17	+49	0,5	Lockerzonen / Hohlräume im Quartär	
		+59	+60		+51	10		+46	5	+50	2		
13	+55	+57	G,s	+50	5	5	+43	13	+54	3	organischer Oberboden		
				+59	+60			+51	8	+55		5	

TF: Teilfläche, GOK: Geländeoberkante, UK: Unterkante, OK: Oberkante, M: Mächtigkeit, FA: Flurabstand. N₁₀ : Schlagzahlen mit der schweren Rammsondierung

6.3 Festlegung eines allgemeinen Gründungskonzeptes

6.3.1 Vorüberlegungen

Das Projektgebiet der ehemaligen Zeche Haus Aden 1/2 wird durchgehend von tiefreichenden Auffüllungen (hauptsächlich Bergematerialien) überdeckt. Das sich ergebende Gründungsniveau der geplanten Baumaßnahmen liegt damit generell innerhalb dieser Auffüllungen, die eine Mächtigkeit von bis zu 10 m erreichen können.

Die anstehenden anthropogenen Materialien sind grundsätzlich aufgrund Ihrer Inhomogenität hinsichtlich der Lagerungsverhältnisse sowie der bodenmechanischen Zusammensetzung und der damit verbundenen Setzungsgefährdung als unzuverlässiger Baugrund einzuschätzen. Eine unmittelbare Gründung auf den anstehenden Anschüttungen ist für ein sicheres Abtragen von Bauwerkslasten in den Untergrund nicht geeignet. Die darunter liegenden natürlich anstehenden Böden aus Sedimentablagerungen der Lippe zeigen in den oberen Meterbereichen ebenfalls keine ausreichenden Tragfähigkeitsreserven.

Eine zuverlässige, flächige Tragfähigkeit der anstehenden Böden ist erst innerhalb des Übergangsbereiches zu den unterlagernden Schichten der Oberkreide, die aus schluffigen Tonen bis tonigen Schluffen bestehen, gegeben. Dieses Schichtenpaket liegt generell in einer Tiefe zwischen 15 m im Norden sowie 4 m im Süden und daher nur mit sehr hohem Aufwand grü- dungstechnisch zu erreichen.

Eine Baureifmachung der Untersuchungsfläche ist daher aufgrund der vorhandenen inhomogenen Untergrundverhältnisse nur in Verbindung mit untergrundverbessernden Maßnahmen möglich. In Anbetracht der weitgehend einheitlichen Bauwerksplanung mit zu erwartenden Bauwerkslasten im Bereich „gering bis mittelmäßig belastet“ (1 bis 2 Geschosse) ist in diesem Zusammenhang eine einheitliche und wirtschaftliche Gründungsgestaltung zweckmäßig.

Es bestehen grundsätzlich die beiden Möglichkeiten, Bauwerkslasten über eine Flachgründung oder über eine Tiefgründung in den Baugrund abzugeben. Dabei sind bei einer Flachgründung im Untersuchungsgebiet immer eine Baugründertüchtigung sowie eine lastverteilende Gründungskonstruktion erforderlich.

Nachfolgend sind die grundsätzlichen Gründungsalternativen für die Abtragung der Tragwerkslasten aufgeführt, die anschließend noch detaillierter betrachtet werden:

a) Tiefgründung

Einleiten der Bauwerkslasten über Bohr- oder Rammfähle in den gesteinsfesten Baugrund (Felshorizont).

b) Bodenaustausch

Auskoffern der vorhandenen Auffüllung / Sedimentablagerungen und Ersatz durch tragfähigen Bodestoff.

c) Bodenverdichtung

Erhöhung der Bodenfestigkeit durch Verringerung der Lockerräume im Boden mit Hilfe von Verdichtungsmaßnahmen (z.B. Tiefenrüttelung, Fallplattenverdichtung, etc.)

d) Bodenertüchtigung

Ertüchtigen (z.B. durch Porenrauminjektionen, Einbringen von Rüttelstopfsäulen, etc.) der mindertragfähigen Auffüllungen bzw. Sedimentablagerungen und Beibehalten des vorgesehenen Gründungshorizontes für eine Flächengründung.

6.3.2 Gründungsalternativen

6.3.2.1 Tiefgründung

Die Tiefgründung (Bohrpfähle, Rammpfähle, Schraubpfähle etc.) erfordert aufgrund der nach Nordwesten einfallenden Felslinie unterschiedliche Pfahllängen. Üblicherweise erfordern Pfähle eine Einbindung von 2 m bis 4 m unter der Felslinie, so dass sie am Standort bis maximal rund +36 m NN im Nordwesten sowie +44 m NN im Südosten reichen werden. Eine Tiefgründung (Bohrpfähle, Rammpfähle, etc.) erfordert damit aufgrund der tiefreichenden Auffüllungen nominelle Pfahllängen von über 20 m (Nordwesten).

Als Pfahlsystem dürfte sich am Standort insbesondere das Bohrpfahlverfahren anbieten. Es liegt im Projektgebiet ein Baugrund vor, der keine ausreichende Festigkeit für die Mantelreibung entwickeln kann, so dass die Lasten nur über den Spitzendruck in den Untergrund abgeleitet werden. Auf den Ansatz einer nennenswerten Mantelreibung sollte daher im Bereich der Auffüllungen verzichtet werden, vielmehr wird in Einzelfällen ggf. auch eine negative Mantelreibung in Ansatz bringen zu sein. Im natürlich anstehenden Boden können nach allgemeinen Erfahrungen Mantelreibungswerte (Gebrauchswerte) von 15 kPa (Quartär) bzw. 25 kPa (Kreide) für Vorbemessungszwecke angesetzt werden. Im Emschermergel kann im Allgemeinen bei einer ausreichenden Einbindung (> 3 m) ein Pfahlspitzenwiderstand von 2,0 MPa (Gebrauchswert) angenommen werden. Für tief über Bohrpfähle gegründete Lasten ist dann mit Setzungen von unter 1 cm zu kalkulieren.

Die Pfahlherstellung erfordert eine umfangreiche Baustelleneinrichtung sowie die Herstellung eines Arbeitsplanums. Wegen der lokal eingeschränkten Standsicherheiten im Bereich der vorhandenen Auffüllungen (z.B. Lockerzonen und Hohlräume) müsste diese vor Baubeginn zumindest teilweise nachverdichtet werden. Lokal vorhandenen Altfundamente in diesen Bereichen sind vor Baubeginn mindestens teilweise rückzubauen.

Insbesondere für die vergleichsweise gering belasteten Ein- und Zweifamilienhäuser der Planung ist eine Pfahlgründung i.d.R. unwirtschaftlich.

Bei hohen konzentrierten Einzel- oder Linienlasten wird sich eine Pfahlgründung jedoch nicht vermeiden lassen, so. z.B. für die in den Adensee auskragenden Gebäude, deren Gründungspfähle außerhalb der Wasserfläche (Seeabdichtung) stehen sollen.

6.3.2.2 Flachgründung mit Bodenaustausch

Der vollständige Ersatz des mindertragfähigen Untergrundes aus Auffüllungen und ggfs. natürlichen Böden durch eine Trag- bzw. Pufferschicht aus nicht bindigen, verdichtungsfähigem Material stellt die technisch einfachste Möglichkeit zur Schaffung eines flächig-tragfähigen Baugrunds dar.

Eine solche Bodenaustauschmaßnahme hätte signifikante Einflüsse auf den Umfang des Bodenmanagements sowie auf den Rückbau von alten Baulichkeiten und ggf. die Wasserhaltung.

Im Falle von lastverteilenden Gründungskonstruktionen (Flächengründung, "Bodenplatte") und geringen Zusatzbelastungen ist jedoch auch eine Nachverdichtung der Aushubsohle in Verbindung mit einer Tragpolsterschicht oft hinreichend. Die Festlegung der Stärke der Trag- bzw. Pufferschicht hängt von den Anforderungen des Bauwerkes hinsichtlich der zulässigen Setzungen und Setzungsdifferenzen sowie von der Mächtigkeit der unterlagernden mindertragfähigen Schichten ab.

6.3.2.3 Flachgründung mit Bodenertüchtigung

Die vorhandenen mindertragfähigen Auffüllungen können grundsätzlich durch Bodenverbesserungsmaßnahmen so ertüchtigt werden, dass das Abtragen höherer und konzentrierter Bauwerkslasten ermöglicht wird. Durch das definierte Einbringen eines Stützkorns (Rüttelstopfsäulen, Schotterverdichtungssäulen) oder eines Baustoffes (Injektion bzw. Verfüllung) können die nicht tragfähigen Auffüllungen durch Verdrängung, Verdichtung bzw. Verfestigung so ertüchtigt werden, dass das Abtragen der Bauwerkslasten ermöglicht wird. Es wird somit ein tragfähiger Baugrund erstellt, ohne den gesamten, nicht tragfähigen Boden austauschen zu müssen. Dabei ist lokal mit Unwägbarkeiten aus den Resten der alten Bausubstanz innerhalb des Auffüllungsbereichs zu rechnen. Die einzelnen Verfahren lassen sich wie folgt kurz bewerten:

- Injektionsverfahren sind aus Kostengründen vor dem Hintergrund der Altfundamente im Untergrund und der Beschaffenheit der Auffüllungen ungeeignet. Die Kosten für Injektionsverfahren (Bohrungen mit Ausbau für Manschettenrohre, Injektionsgut Zement,

Verpressung im mittleren und höheren Druckbereich bis ca. 50 bar) können bis über 100 bis 200 EUR/m³ liegen, so dass eine solche Maßnahme eindeutig unwirtschaftlich wird.

- Verdrängende Ertüchtungsverfahren (z.B. Rüttelstopfverfahren) sind grundsätzlich gut für die vorhandenen Verhältnisse geeignet. Aus technischen Erwägungen sind beim Einsatz eines Rüttelstopfverfahrens besonders die vorhandenen Bohrhindernisse (Altfundamente) zu beachten, die den Rüttel- und Stopferfolg lokal behindern können. Die Maßnahme erfordert den Einsatz von Großgerät, was für das Untersuchungsgebiet unproblematisch ist. Da Rüttelstopfsäulen zwingend bis in den tragfähigen Boden einbinden müssen, sind z.T. Einbindetiefen von 15 m erforderlich, dass diese Maßnahme schnell unwirtschaftlich macht.
- Eine ähnliche Wirkung wie Rüttelstopfsäulen kann in Bezug auf die Baugrundverbesserung durch den Einsatz von Bohr-Ramm-Säulen erreicht werden. Bohr-Ramm-Säulen weisen gegenüber den Rüttelstopfsäulen etwas höhere Tragfähigkeiten und bieten ein definierteres Einbringverfahren (Bohrdurchmesser 0,75 m). Da es sich um ein Ersatzverfahren handelt, fällt bei der Herstellung ein zusätzlicher Aushub an, der jedoch bei dieser Baumaßnahme innerhalb des Baufeldes wiederverwertet werden kann. Typische Rastermaße und Achsabstände betragen zwischen 2 m und 3 m unter Bodenplatten und bis minimal 1,1 m im Fundamentbereich. Bohr-Ramm-Säulen erfordern zudem keine Einbindung in den tragfähigen Boden.

Insgesamt sind die vorgestellten Bodenertüchtungsverfahren für die Anwendung bei mittleren und hohen Bauwerkslasten und somit nur im Einzelfall zielführend. Für eine flächenhafte Herrichtung ist die Wirtschaftlichkeit in Verbindung mit den abzutragenden Bauwerkslasten aus Geschossbauten nicht gegeben.

6.3.2.4 Flachgründung mit Bodenverdichtung

Eine Bodenverdichtung hat das Ziel, die Porenräume im Boden zu verringern und damit die Festigkeit des Baugrundes zu erhöhen und das Setzungspotenzial zu verringern. Die anstehenden, zumeist nichtbindigen Auffüllungen eignen sich aufgrund ihrer guten Verdichtungsfähigkeit grundsätzlich für derartige Verbesserungsmaßnahmen. Dabei wird unterschieden zwischen oberflächiger und Tiefen-Verdichtung sowie statischen und dynamischen Methoden:

- Oberflächenverdichtungen haben ihr Haupteinsatzgebiet im Straßenbau und dienen dem lagenweisen, verdichteten Einbau von Tragschichtmaterial mit Hilfe von Baugeräten mit statischer Wirkung, wie z.B. Glatt- und Rüttelwalze, Gummiradwalze oder der neu entwickelten Polygonbandagenwalze. Aufgrund der relativ geringen Tiefenwirkung eignen sich die Verfahren für Flächen mit geringmächtigen Auffüllungen mit Mächtigkeiten von maxi-

mal 1,0 m bis 2,0 m. Generell sind feinkörnige oder gemischtkörnige Böden mit einem hohen Feinanteil dabei mit statischen Verfahren zu verdichten, wobei der Wassergehalt eine entscheidende Rolle für den Verdichtungserfolg spielt.

- Tiefenverdichtungsverfahren gehen einher mit dynamischen Einwirkungen auf den Baugrund und stehen hier als Rütteldruckverdichtung (Eintauchen eines Rüttlers bis zur Unterkante des lockeren Bodens) oder Stoßverdichtung (Fallplattenverdichtung) zur Verfügung. Bei letztgenanntem Verfahren werden kompakte Fallgewichte aus Stahl (ca. 2 m² bis 4 m² Grundfläche) von 10 t bis 20 t Masse aus einer vorher festgelegten Fallhöhe (üblich sind ca. 10 m bis 15 m) mit Hilfe eines Seilbaggers in einem festzulegenden Raster mehrmals fallengelassen. Vorteilhaft gegenüber anderen Baugrundverbesserungsmethoden sind die große Anpassungsfähigkeit bei heterogenen Baugrundverhältnissen, die Wirtschaftlichkeit bei großen Flächen und die Tiefenwirkung. Da bei feinkörnigen Böden mehr Verdichtungsübergänge benötigt werden, sind die im Untersuchungsgebiet an der Oberfläche hauptsächlich grobkörnig anstehenden Auffüllungen für diese Verdichtung geeignet. Die Masse der Fallplatte und die Fallhöhe kann den jeweiligen technischen und wirtschaftlichen Notwendigkeiten angepasst werden, wobei diesbezüglich auf die patentrechtlich relevante Abgrenzung zum geschützten Dyniv-Verfahren (dynamische Intensivverdichtung) zu achten ist.

Erfahrungsgemäß können mit dem Fallplattenverfahren mehrere Meter mächtige, bergbautypische Auffüllungen ehemaligen Bergbaustandorten sehr effektiv und wirtschaftlich (Kosten < 5 EUR/m²) in einem Teufenbereich von rund 4 m bis 6 m verdichtet werden.

Nachteilig im bebauten Umfeld sind die Erschütterungsemissionen. Die Reichweite dieser Erschütterungswellen und die Schwingungen an Nachbarbauwerken (z.B. Uferspundwand der Wasserstraße) können vorab nicht quantifiziert werden und sind in Probeverdichtungen (Probefelder) zu ermitteln. In der Anlage 9.5 ist diesbezüglich ein Schutzstreifen entlang der nördlichen Entwicklungsgrenze dargestellt, in dem das Fallplattenverfahren einschätzungsgemäß nicht mehr einsetzbar sein wird. Die genaue "Schutzgrenze" wird im Bauprozess zu ermitteln sein und kann sich je nach Ausgangskonstitution der anstehenden Böden auch innerhalb des Baufeldes ändern.

6.3.3 Allgemeine Gründungsempfehlung

Es wird empfohlen, eine Baugrundverbesserung der anstehenden mindertragfähigen Schichten aus Auffüllungen und Sedimentablagerungen mit Hilfe von Verdichtungsmaßnahmen (Fallplatte) durchzuführen, da dieses Vorgehen wirtschaftlich-technisch optimale Randbedingungen für die spätere Nutzung liefert. Die Baugrundverbesserung ist dabei nur im Bereich von Baufeldern (Wohnhäuser, Gewerbebauten, Wasserflächen, Verkehrsflächen) erforderlich.

Grünflächen müssen nicht verbessert werden. Auf einem tiefreichen nachverdichteten Baugrund können die Bauwerke und Bauteile dann über Einzel- und Streifenfundamente oder Flächengründungen flach gegründet werden.

In der Nähe zu Bestandsbauwerken ist die Verträglichkeit der erzeugten Erschütterungen zu beachten und daher ggf. geringer intensive Verdichtungsverfahren einzusetzen. Im Bereich der unmittelbar entlang der Uferlinie geplanten Gebäude kann eine Tiefenverdichtung daher ggf. nicht mehr erfolgen. In diesen Bereich sind die Gebäudelasten dann unter Ausnutzung der Aushubentlastungen, lastverteilernde Gründungskonstruktionen (Bodenplatten) und Gründungspolstern abzusetzen. Wegen der hier im tieferen Untergrund verbleibenden lockeren Böden, sind nach Herstellung dieser Gebäude Erschütterungen im Umfeld (aus nachfolgenden Baumaßnahmen) nicht mehr zulässig. Eine gänzliche Vermeidung dieser Abhängigkeiten könnte nur durch eine Tiefgründung oder Injektionsverdichtung erreicht werden.

Unter den lastabtragenden Bereichen von Bauwerken, Straßen sowie Wasserflächen wird zusätzlich immer ein mindestens 1,0 m mächtiger, ausreichend tragfähiger sowie bodenchemisch unbelasteter (siehe Aufbereitungskonzept der Sanierungsplanung) Untergrundbereich hergestellt. Die Basis dieser planmäßigen Verbesserungsschicht wird nachfolgend als "Aufbereitungsebene" bezeichnet, welche in den baugrundschematischen Schnittdarstellungen der Anlage 6 exemplarisch wiedergegeben ist.

Bei der Festlegung der Art der Verdichtungsmaßnahme zur Baugrundverbesserung ist ein unterschiedliches Vorgehen in Abtrags- und Auftragsbereichen sinnvoll:

a) Baufelder mit Bodenauftrag

Im größten Teil der Projektfläche wird zur Umsetzung der Geländeplanung eine z.T. mehrere Meter mächtige Anschüttung (bis zu 8 m, s. Schnitt F-F in Anlage 6.7) aufgebracht. Es wird davon ausgegangen, dass diese Anschüttung aus verdichtungsfähigen Böden besteht und lagenweise verdichtet eingebaut wird. Zusätzlich wird in den Baufeldern eine Polsterschicht (entsprechend der Sanierungszielwerte, Kap.6) von mindestens 1,0 m Mächtigkeit angeordnet. (vgl. auch Kap. 5.3.5).

Das Planum für diesen definiert einzubauenden Bodenauftrag befindet sich somit überwiegend in den anstehenden Auffüllungen bzw. lokal in den Sedimentablagerungen (Adensee). Es ist an der Oberfläche statisch mit entsprechenden Walzengeräten nachzuverdichten, um das hier vorhandene Setzungspotenzial noch zu reduzieren. Hierdurch wird auch die notwendige Vergleichmäßigung der Bettungsreaktion erreicht. Diese Nachverdichtung gilt für alle Flächennutzungen (Wohnen, Wasser, Gewerbe und Grün).

b) Baufelder mit Bodenabtrag

Innerhalb von Bodenabtragsbereichen besteht zwischen heutiger und geplanter Geländeoberkante eine Höhendifferenz von wenigen Dezimetern bis zu mehreren Metern (vgl. Schnitt A-A, s. Anlage 6.1), so dass ein entsprechender Aushub erforderlich wird.

In Abtragsbereichen der Baufelder kann das anstehende Planum bei ausreichenden Abständen zu Bestandsbauwerken mit Hilfe einer Fallplattenverdichtung nachgebessert werden, um ein ausreichend tragfähiges Gründungsniveau herzustellen. Hierbei ist zu beachten, dass in allen Abtragsbereichen unter dem Aufbereitungsniveau noch ausreichende Auffüllungsmächtigkeiten (minimal ca. 1 m im Bereich Adensee, s. Schnitt D-D in Anlage 6.4) verbleiben, so dass eine Fallplattenverdichtung technisch-wirtschaftlich optimal auszuführen ist.

Die potenziellen Bereiche für eine Baugrundverbesserung mittels Fallplattenverdichtung ergeben sich aus dem Massenmodell in Anlage 9.5, welches die Zonen mit Baufeldern innerhalb von Abtragsbereichen aufzeigt. Hierzu zählen folgende Bereiche:

- östliche und westlicher Bereich Teilfläche 2 (Wohnen Nordwest)
- Teilfläche 5, Gracht
- Westteil und nördliche Hälfte des Ostteils des Adensees (Teilfläche 6)
- nordwestlicher Teil der Teilfläche 9 (Gewerbe Nordost)

6.3.4 Baugrundverbesserung in Abtragsbereichen mit Fallplattenverdichtung

6.3.4.1 Verfahrensbeschreibung

Die Verdichtungstechnik mit Fallplatte beruht darauf, dass ein von einem Seilbagger geführtes Fallgewicht (Masse > 10 t und Abmessungen > 1,5 m) aus größerer Höhe (z.B. bis zu 10 m) ausgeklinkt wird, so dass die Energie aus dem Freifall in eine impulshafte Schlagverdichtung umgewandelt wird. Als Maß für die einwirkende Verdichtungsenergie dient das Produkt aus Fallmasse und Fallhöhe, das mindestens 100 bis 150 [t·m] betragen sollte.

Durch die laterale Lastausbreitung führt die Schlagverdichtung sowohl zu einer vertikalen als auch horizontalen Verdichtung, so dass die Verdichtungspunkte üblicherweise in einem aufgelösten Raster angeordnet werden. Bei Auffüllungen aus Bergematerial hat sich eine Rastergröße von 20 bis 30 m² bewährt, was einem Rastermaß von etwa 5 m entspricht (bei einer 2,5 m² großen Fallplatte).

Die Schlagverdichtung erfolgt in 3 bis 4 Übergängen, die jeweils um ein halbes Rastermaß gegeneinander versetzt angeordnet werden. Die Schlagansatzpunkte des 3. Übergangs entsprechen somit denjenigen des 1. Übergangs. Jeder Übergang besteht üblicherweise aus 4 bis 6 einzelnen Schlägen, da nach dieser Anzahl von Einwirkungen die erreichbare

Zusammendrückung deutlich abklingt. Muss nur eine geringmächtige Auffüllung verdichtet werden, kann die Schlagzahl entsprechend reduziert werden.

Die genauen Ausführungsdaten sollten unbedingt vor Beginn der Ausführung in einem Testfeld festgelegt werden, bei dem z.B. die Anzahl der Übergänge bzw. der Schläge sowie die Schlagenergie variiert werden kann. Anhand der Ergebnisse des Testfelds kann auch die Wirksamkeit der Verdichtung am Standort quantifiziert werden.

Erfahrungsgemäß wird durch die Fallplattenverdichtung eine Zusammendrückung von im Mittel etwa 5 % bis 7 % des beeinflussten Tiefenbereichs in der gesamten Fläche erzielt. Bei einer Einwirktiefe von 5 m dürfte somit durch die Verdichtung eine flächige Zusammendrückung von etwa 0,2 m bis 0,4 m erreichbar sein. Um diesen Betrag wäre somit das Setzungspotenzial der Auffüllung durch die Fallplattenverdichtung reduziert. Bei der Bodenbilanzierung ist zu berücksichtigen, dass durch die Porenraumreduzierung der anstehenden lockeren Auffüllungen die Geländeoberkante relativ absinkt und dadurch Mehrmassen für die Umsetzung des Höhenniveaus der Planungsebene erforderlich werden.

Nach jedem Übergang werden die entstandenen Schlagkrater flächig eingeebnet und wieder mit benachbartem Auffüllungsmaterial aufgefüllt. Nach Abschluss der Fallplattenverdichtung ist die Oberfläche einzuebnen und mit einem Walzenzug statisch/dynamisch abzufahren, um die verdichtete Auffüllung oberflächennah zu homogenisieren.

Die vorhandenen Baugrundrisiken lassen sich durch die empfohlene Verbesserung weitgehend eingrenzen und berücksichtigen:

- Die vorhandenen Setzungs- und Sackungspotenziale der Auffüllung werden durch die Fallplattenverdichtung nachhaltig reduziert.
- Durch die begrenzte Tiefenwirkung der Fallplattenverdichtung ist keine negative Beeinflussung der möglichen Dränagewirkung der Auffüllung zu besorgen. Somit wird auch ein sackungserzeugender Anstieg des großräumigen GW-Spiegels vermieden.
- Die Bettungsreaktion des Untergrundes wird durch die technische Ertüchtigung und den Einbau einer Polsterschicht vergleichmäßigt.

6.3.4.2 Qualitätskontrollen und Arbeitssicherheit

Das Erreichen einer ausreichenden Tragfähigkeit über den verbesserten Teufenbereich kann über den Vergleich von Sondierprofilen (z.B. CPT, DPH oder DPM) vor und nach Ausführung der Fallplattenverdichtung bewertet werden. Die Bewertung berücksichtigt die in DIN 4094 vorliegenden Beziehungen zwischen Schlagzahlen und Lagerungsdichten.

Kleinere Hindernisse oder Inhomogenitäten in der Auffüllung können verfahrensspezifisch ausgeglichen werden und behindern den Verdichtungsfortschritt kaum. Liegen größere Störkörper im Baugrund vor (z.B. Fundamentreste oder Betonplatten), so sind diese im Vorfeld der Maßnahme auszukoffern (mindestens 2 m unter Schlagebene).

Die Schwingungsemissionen bei der Fallplattenverdichtung sind naturgemäß groß, so dass in Bezug auf Bestandsanlagen bei den Verdichtungsarbeiten entsprechende Beweissicherungsmessungen (insbesondere Schwinggeschwindigkeiten und -amplituden) von einem Fachgutachter durchgeführt werden sollten. Zu überprüfen ist z.B. die Beeinflussung der Spundwände mit Rückverankerung für die Uferbefestigung des DHK, Leitungen im Untergrund (z.B. Druckrohrleitungen im Nordwesten, Abwasserkanal im Osten), der Gebäudebestand der DSK sowie die Bahntrasse im Süden.

Es wird ebenfalls empfohlen, an ausgewählten Neubauten Setzungsmessbolzen anzubringen und diese regelmäßig (z.B. halbjährlich, zu Beginn häufiger) zu kontrollieren, um bei Anzeichen übermäßiger Setzungen Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

6.3.4.3 Umfang der Verdichtungsarbeiten

Die Anlage 9.5 zeigt einen Vorschlag für die Bereiche, in denen die Fallplattenverdichtung in den Baufeldern erforderlich sein wird. In der nachfolgenden Tabelle 11 sind die zu verdichteten Bereiche mit Angabe der überschlägigen Bearbeitungsfläche sowie der dort zu erwartenden Auffüllmächtigkeit aufgeführt. Insgesamt wäre demnach eine Baufläche von rund 84.400 m² mit Hilfe der Fallplattenverdichtung nachzubessern.

Tabelle 11: Fallplattenverdichtung in Abtragsbereichen

TF	Folgenutzung	Auffüllung (Bandbreite)		mit Fallplatte zu verdichtende Fläche (überschlägig) m ²
		M m	N ₁₀ -	
Wohnen	1 Nordost	8 11	2 10	25.000
	2 Nordwest	6 10	5 10	16.700
	3 Südost	1 5	2 10	
	4 Südwest	6	2 10	1.400

Wasser	5	Gracht	6 10	5 10	4.500
	6	Adensee	2 4	5 10	48.300
Gewerbe	7	Süd	2 6	1 5	
	8	Nordwest	6 8	1 10	
	9	Nordost	5 7	5	4.000
Grün	12	West	1 10	5	
	13	Ost	5 8	5	

TF: Teilfläche, M: Mächtigkeit, N_{10} : Schlagzahlen mit der schweren Rammsondierung

6.3.4.4 Gründungskennwerte

Das Fallplattenverfahren erlaubt eine Tiefeneinwirkung von i.d.R. 4 m bis 6 m unterhalb der Verdichtungsebene. Auch wenn lokal die Basis der anstehenden Auffüllungen hierdurch nicht erreicht wird, reicht diese Bodenverbesserung für die üblichen Bauten für Wohnen und Gewerbe aus, um die Lasten ordnungsgemäß in den Untergrund abzuleiten. Erfahrungsgemäß verfügt bei Auffüllungen aus Bergematerial der verbesserte Untergrund im setzungsrelevanten Teufenbereich eine Bodensteifigkeit E_S (Steifemodul) von mindestens $E_S = 25 \text{ MPa}$. In Bereichen, in denen die lockeren Auffüllungen deutlich bis unterhalb des verbesserten Horizontes anstehen, sind nach Herstellung der Gebäude im Umfeld keine tiefreichend einwirkenden Erschütterungen (z.B. aus Rammpfahlgründungen) mehr zulässig, um lastunabhängige Verdichtungssetzungen dieser tiefliegenden Zonen auszuschließen.

Durch die vorgeschlagene Bodenverbesserung (Fallplattenverdichtung) in Verbindung mit dem ohnehin erforderlichen Einbau einer mindestens 1,0 m mächtigen Tragschicht ist es möglich, für flach gegründete Einzel- und Streifenfundamente von Geschossbauten eine zulässige Bodenpressung zul. p von ca.:

$$\text{zul. } p = 200 \text{ kPa}$$

zu erreichen.

Dieser Pressungsansatz führt zu üblichen Fundamentabmessungen. Die zulässigen Kantenpressungen können noch um 20 % gegenüber dem angegebenen Werten erhöht werden. Bei Ansatz dieser Pressungen sind Lastsetzungen im Bereich von 2 cm bis 3 cm zu erwarten, die zum Großteil bereits während der Bauphase auftreten.

6.3.5 Baugrundverbesserung in Auftragsbereichen durch Polsterschichten

Die Auswahl des Auftragsmaterials wird im Wesentlichen durch die spezifischen bodenchemischen Anforderungen (siehe Kapitel 6) sowie durch die Forderung nach einer gewissen Homogenität bestimmt. Es wird davon ausgegangen, dass dieses Boden- bzw. Auffüllungsmaterial vor Ort abgeladen, verteilt und anschließend lagenweise mit entsprechend geeigneten Gerätschaften verdichtet werden kann.

Im Bereich von Bauflächen ist an der Oberfläche des Auftragsbereiches eine mindestens 1,0 m mächtige Polsterschicht herzurichten. Als frostsicheres Auftragsmaterial für diese Polsterschicht ist z.B. besonders ein natürliches, kornabgestuftes, gebrochenes Mineralgemisch (z.B. gebrochener Hartkalkstein HKS der Körnung 0/45 oder 0/56) oder ein entsprechendes güteüberwachtes RC-Material geeignet. Je nach bodenchemischer sowie bodenmechanischer Qualität ist auch das anfallende Aushubmaterial (insbesondere Bergematerial) der Untersuchungsfläche geeignet.

Auf dem Ausgangsplanum der Auftragsbereiche sollte ein E_{V2} -Wert im Lastplattendruckversuch gemäß DIN 18134 von mindestens 45 MPa nachgewiesen werden. Das Verdichtungsverhältnis E_{V2}/E_{V1} sollte dabei $< 2,5$ betragen, so dass das Verdichtungspotenzial minimiert wird.

Um einen homogen tragfähigen Auffüllungskörper zu erreichen, sollten auch die weiteren Auftragslagen diese Verdichtungsanforderung sinngemäß erfüllen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei eher bindigen Böden ein E_{V2} -Wert von 45 MPa aus bodenmechanischen Gründen nicht immer sicher erreicht werden kann. Hier sind detailliertere Regelungen zu einem späteren Zeitpunkt noch festzulegen.

Auf dem Übergabenniveau (Oberkante der Polsterschicht) sollte ein E_{V2} -Wert im Lastplattendruckversuch gemäß DIN 18134 von mindestens $E_{V2} = 60$ MPa nachgewiesen werden, um die angedachte Tragschichteigenschaft auszubilden.

Die in Kapitel 5.3.4.4 genannten Gründungskennwerte können in diesem Fall übernommen werden.

Als Besonderheit ist auf die Bodenauftragsbereiche hinzuweisen, in denen eine Geländeaufhöhung gegenüber dem heutigen Gelände geplant ist. Im Hinblick auf eine mögli-

che Setzungsbeeinträchtigung (langanhaltende Setzungen durch Konsolidationseffekte) der darauf geplanten Gebäude sollten die Geländeaufhöhungen mit ausreichendem Vorlauf im Vorfeld der Hochbautätigkeiten erfolgen. Eine Ruhe- bzw. Setzungsphase von mehreren Wochen bis Monate ist dafür einzuplanen.

Der genaue Umfang der Einbaunachweise in den Auftragsbereichen ist in einem Qualitätssicherungsplan zusammen mit den bodenchemischen Nachweisen festzulegen.

6.3.6 Flächengründungen (Bodenplatten)

Bei der Anordnung einer Bodenplatte unter einem Gebäude (Flächengründung als Flachgründung) wird zusätzlich unter Beachtung der Anforderungen nach DIN 18195 die Ausführung einer kapillarbrechenden Schicht erforderlich. Die oberste Schichtlage des Unterbaus sollte zur Vergleichmäßigung der Bettungsbedingungen in mindestens 20 cm Stärke aus einem natürlichen, kornabgestuften, gebrochenen Mineralgemisch (z.B. gebrochener Hartkalkstein HKS der Körnung 0/45 mit Feinkornanteil < 5%) mit kapillarbrechender Wirkung ausgeführt werden. Die Verdichtungsanforderung für das Planum der kapillarbrechenden Polsterschicht kann maßnahmenbezogen wie folgt formuliert werden: Verdichtungsverhältnis $E_{V2} / E_{V1} < 2,4$ und $E_{V2} > 60$ MPa.

6.4 Weitergehende gründungstechnische Hinweise

6.4.1 Sonderbauwerke

Für Sonderbauwerke (z.B. Sperrtor am DHK, Brücken) mit noch zu definierenden Lastannahmen und möglicherweise erhöhten Anforderungen an das Gründungsniveau bzw. das Erdplanum wären gegebenenfalls zusätzliche objektbezogene Maßnahmen (z.B. Tiefgründung einzelner Bauwerksteile oder Bodenverbesserung mit Schottersäulen) zu berücksichtigen, die im vorigen Kapitel erläutert wurden.

Die über die nördliche Seeuferkante auskragenden Gebäude sollen hinter der Wasserlinie gegründet werden, um ein Durchstoßen der Seedichtung zu vermeiden. Die dadurch auftretenden hohen Fundamentlasten im Uferbereich werden einschätzungsgemäß eine Tiefgründung erfordern.

Eine detaillierte Gründungsdimensionierung ist auf Grundlage der genauen Gründungsgeometrie und erwarteten Bauwerkslasten sowie anhand der zu konkretisierenden statischen Anforderungen (zulässige Setzungen, zulässige Schiefstellungen etc.) zu einem späteren Zeitpunkt vorzunehmen.

6.4.2 Gebäude an der Grundstücksgrenze zum Schiffahrtskanal

Die Grundstücke der Entwicklungsfläche beginnen erst in einem Abstand von 16 m zur Uferspundwand, womit ein unmittelbares Überbauen der Ankerkonstruktionen ausgeschlossen ist.

Zur Vermeidung von Zusatzbelastungen auf die Ankerwände werden die Gebäude zudem außerhalb des Lasteinflussbereichs der Ankerwände angeordnet. In den Geländeschnitten der Anlage 6 sind hierzu die bekannten Uferwandkonstruktionen eingetragen sowie der Lasteinflussbereich mit einer 30°-Linie ($\varphi_k \sim 30^\circ$) abgegrenzt. Die Randgrundstücke können somit nicht frei bis zur nördlichen Grundstücksgrenze bebaut werden, sondern müssen je nach Höhensituation Abstandsmaße zu den Ankerwandkonstruktionen einhalten.

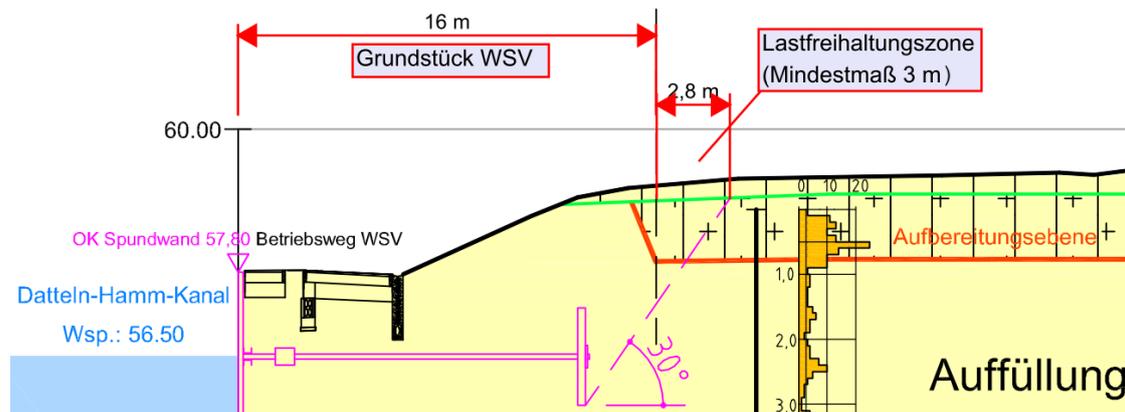


Abbildung 2: Mindestabstand (beispielhaft) der Bebauung zu Ankerkonstruktionen der Uferwand: Lastfreihaltung unter 30° oder Mindestabstand (Bildausschnitt aus Anlage 6.1, MdL : MdH = 2,5 : 1)

Die genauen Abstandsmaße je Grundstück sind im Rahmen der Ausführungsplanung noch festzulegen. Die WSV wird zusätzlich zur Einhaltung des Lastabstandes einen Mindestgrenzabstand für Bauwerke von 3 m fordern, um Erschwernisse für Tiefbauarbeiten an den Ankerkonstruktionen zu vermeiden.

Die Herstellung von Baugruben sowie die Verdichtungsarbeiten in diesen Bereichen müssen auf die angrenzenden Ankerwände Rücksicht nehmen in der Art, dass keine mechanischen Beschädigungen entstehen bzw. kein bauzeitlicher Eingriff in das Grundstück der WSV möglich sein wird und keine unverträglichen Erschütterungen auf die Anker-/Uferwand einwirken.

Im Hinblick auf eine Beschädigung der Dichtwirkung der Uferspundwand durch Dritte (z.B. Schiffsanprall) sind im Rahmen der Grundstückerschließung die Leitungsgräben mit Dicht-

riegeln mehrfach zu unterbrechen. Bei Ausfall der Spundwanddichtung (Havarieszenario) kann damit eine konzentrierte Durchströmung des verzweigten Grundleitungsnetzes auf der Entwicklungsfläche verhindert werden.

6.4.3 Verkehrsflächen

Im Bereich von Verkehrsflächen ist unter dem Straßenoberunterbau ein ausreichend tragfähiger Unterbau aus verdichtungsfähigem, nicht bindigem Mineralgemisch herzustellen (Tragpolsterschicht). Dieses Material ist mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} > 98\%$ einzubauen. Der Nachweis der entsprechenden Einbauqualität kann auch über Lastplattendruckversuche erfolgen. Einzelheiten sind in einem Qualitätssicherungsplan festzulegen. An der Übergabebene sollte ein E_{v2} -Wert im Lastplattendruckversuch gemäß DIN 18134 von mindestens 45 MPa nachgewiesen werden.

Für das Erdplanum im Bereich von geplanten Verkehrsflächen gelten die Anforderungen der RStO bzw. der ZTVE Stb zur Tragfähigkeit des jeweiligen Planums.

6.4.4 Ufereinfassung des Adensees

Die Ufereinfassung des Adensees kann je nach Platzverhältnissen als vertikale Spundwand oder mineralische Dichtung auf einer Uferböschung erfolgen.

Bei ausreichender Einbindetiefe der Spundwände kann der Mergelhorizont - entsprechend dem Vorgehen der Wasserstraße - als natürliche Sohldichtung ausgenutzt werden. Andernfalls werden künstliche Sohldichtungen aus Folien oder mineralischen Dichtstoffen erforderlich.

Spundwände sind - je nach gewähltem statischem System (Einspannung oder Auflagerung) - mindestens 2 m bis 4 m in den festen Mergel einzubinden. Mit einer Höhenlage des Felsniveaus von etwa +40 bis +45 mNN im Bereich des Südufers des Adensees wird eine Bohlenlänge von 14 m bis 17 m erforderlich. Spundbohlen sind Fertigteile und sind aus Transportgründen nur bis zu einer Länge von etwa 15 m an einem Stück anlieferbar. Entsprechend ist bei größeren Längen die Verschweißung mehrerer Elemente im Zuge der Einrammung zu berücksichtigen.

Zur Sicherstellung der erforderlichen Einbindetiefe in den Mergel ist die Rammbarkeit durch Vorbohrungen bzw. vorlaufende Entspannungsbohrungen sicherzustellen. Gleichzeitig können im Untergrund vorhandene Bauhindernisse wie Altfundamente aufgeschlossen und im Vorfeld entfernt werden. Der hierbei entstehende Freiraum ist mit rammfähigem, nichtbindigem Material wieder zu verfüllen.

Gemäß dem vorliegenden Fundamentplan sind im Bereich der Spundwandachsen am Westufer des geplanten Adensees tiefreichende Altfundamente im Erdreich vorhanden, die im Vorfeld einer Spundwanddrummung rückzubauen oder zu überbohren sind. Die übrigen Uferbereiche, sowie das geplante Tauchbecken, sind gemäß Kartierung weitgehend frei von verbliebenen Fundamentkörpern (siehe Anlage 2.2).

Wichtige Hinweise und Angaben zu Spundwänden für Häfen und Wasserstraßen sind in den „Empfehlungen des Arbeitsausschusses Uferneimassungen“ (EAU) enthalten.

Zu berücksichtigen ist auch, dass das Gelände an der Südseite der Wasserbauwerke z.T. um mehrere Meter aufgeschüttet werden muss. Die Spundwände sind entsprechend dem Bauablauf der Geländeanschüttung stufenweise aufzuhöhen oder alternativ nach Abschluss der Aufschüttung wie üblich einzurammen. Die Schüttstoffe und Einbauverdichtungen sind hier ggf. auf die späteren Rammarbeiten abzustimmen.

Werden zusätzlich lotrechte Bauwerkslasten über die Spundwand abgetragen, kann bei einer Einbindung im Emschermergel von 4 m bis 5 m ein Spitzenwiderstand von etwa 1,5 MPa (Gebrauchswert) mobilisiert werden.

Eine Rückverankerung der Spundwände läge innerhalb der anstehenden Auffüllungen, die einen unzuverlässigen Baugrund darstellen. Für die Dimensionierung der Verankerungen sind daher höhere Ankerwandplatten bzw. Nachverpressungen im Falle von Verpreßankern anzusetzen. Wegen der grundsätzlich anzunehmenden Inhomogenität künstlicher Aufschüttungen sind die möglichen Ankerkräfte anhand von Eignungsversuchen zu ermitteln.

Falls Rückverankerungen aufgrund vorhandener baulicher Anlagen vermieden werden müssen, ist eine Abfangung mittels eingespannter Spundwand zu realisieren.

6.4.5 Seesohle Adensee

Im Falle ausreichend tief einbindender, umlaufender Uferspundwände / Dichtwände kann der Mergelhorizont als natürliche Sohldichtung genutzt werden. Andernfalls wird eine künstliche technische Abdichtung (natürlicher Ton oder technisch aufbereiteter Ton wie z.B. Derton) erforderlich.

Eine künstliche Seesohldichtung ist auf dem verdichteten Auffüllungsplanum aufzubauen. Hierzu ist die Seesohle zunächst nachzuverdichten (siehe Anlage 9.5). An der Oberfläche des Planums (Aufbereitungsniveau) sollte eine E_{V2} -Wert im Lastplattendruckversuch gemäß DIN 18134 von mindestens 45 MPa nachgewiesen werden; das Steifigkeitsverhältnis E_{V2}/E_{V1} sollte dabei $< 2,5$ betragen.

Planmäßig befindet sich die Seesohle nach der Verdichtung noch oberhalb des Grundwasserspiegels in der Auffüllung. Die Flurabstände werden aber $< 0,5$ m betragen und es ist nicht ausgeschlossen, dass auf dem Planum lokal Grundwasser frei austritt. Somit ist an dieser Stelle eine bauzeitliche Möglichkeit zur Wasserhaltung vorzuhalten. Denkbar ist z.B. eine offene Wasserhaltung über zu profilierende Gräben mit entsprechendem Längsgefälle ($> 1\%$) und Sammelgruben mit Pumpensämpfen. Auch ist der lokale Einsatz von Vakuumpflanzen denkbar. Tiefe Brunnen werden aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse nicht notwendig.

Für den Bauzustand ist ggfs. ein Auftriebsnachweis für das Dichtungssystem in Abhängigkeit des Grundwasserstandes erforderlich.

6.4.6 Bau der Gracht

Die Stützelemente zur Definition des nördlichen harten Ufers der Gracht sind auf einem entsprechend vorbereiteten Tragschichtpolster zu gründen. Hierzu sind die Ausführungen in Kapitel 5.3.5 sinngemäß zu übernehmen

6.4.7 Optionale Unterkellerung von Wohngebäuden

Grundsätzlich soll auf eine Unterkellerung der Wohnbebauung verzichtet werden. In Auftragsbereichen ist eine solche Option jedoch ggfs. wirtschaftlich-planerisch attraktiv. Hierzu sind in Anlage 9.3 die entsprechenden Optionsflächen ausgewiesen, die sich aus dem Geländemodell unter Berücksichtigung der Auf- und Abtragsplanung ergeben.

6.4.8 Bauwerk für gesicherte Umlagerung

Im Bereich der Teilfläche 12 (Grün-West) ist optional ein Umlagerungsbauwerk vorgesehen. Hinweise zum Bau einer gesicherten Umlagerung der anfallenden kontaminierten Aushübe sind in Kapitel 7.10 näher ausgeführt.

6.4.9 Entwässerungsleitungen

Die tiefste Lage der neuen Entwässerungsleitungen wird voraussichtlich im Bereich der Seebrücke mit maximal 6 m unter geplantem Gelände erwartet. In diesem Bereich ist ein Auftrag von rund 2 m geplant, so dass die neuen Kanäle in rund 4 m Tiefe unter heutigem Gelände liegen werden. In dieser Tiefenlage wird die Auffüllungsbasis am Übergang zu den nicht bin-

digen quartären Schichten erreicht (s. Schnitt D-D in Anlage 6.4). Hier steht auch das Porengrundwasser an.

Somit ist bei der Bauausführung eine lokale Grundwasserabsenkung einzuplanen. Aufgrund der vermutlich nur geringen Absenktiefe und der im Liegenden vorhandenen bindigen Bodenschichten dürfte hier eine offene Wasserhaltung bzw. eine Absenkung über Vakuumlansen zielführend sein.

Im Bereich der nördlichen Flächen entlang der Wasserstraße sind die Leitungsgräben mehrfach durch Dichtriegel zu unterbrechen, um eine konzentrierte Durchströmung der Leitungszonen im Falle einer Spundwandhavarie zu verhindern, vgl. Kapitel 6.4.2.

6.4.10 Herstellen einer Stützmauer im Bereich der Pumpstation

Gemäß der Darstellung im Geländeschnitt F-F (Anlage 6.6) liegt das heutige Gelände auf einer Höhe von etwa +50 mNN. Die geplante Geländeaufschüttung südlich des Adensees soll bis auf etwa +58 mNN erfolgen, so dass für die Fläche der Pumpstation eine Stützmauer von rund 8 m Höhe benötigt wird, um den entstehenden Geländesprung nach Norden abzufangen. Der östliche sowie westliche Geländesprung soll über eine treppenförmige Böschung gesichert werden.

Als maßgebender Baugrund stehen bis zu einem Niveau von etwa +48 mNN Auffüllungen sowie anschließend mindertragfähige Sedimentablagerungen an, die im Vorfeld zur Lastabtragung gemäß o.g. Gründungskonzept aufzubereiten sind (z.B. Fallplattenverdichtung). Die Aufstandsfläche der Stützmauer ist mit einer etwa 0,5 m starken Tragpolsterschicht aus geeignetem Schottermaterial herzustellen. Aufgrund des hier hoch anstehenden Grundwasserspiegels (Flurabstand derzeit nur 1 m bis 2 m) sind für die anfallenden Erdarbeiten Wasserhaltungsmaßnahmen auszuführen oder es ist eine wasserdichte Baugrubensicherung erforderlich. Die Hinweise der DIN 4123 wären hierzu zu beachten.

Es bestehen die beiden Varianten, die Stützwand als unbewehrte Schwergewichtsmauer oder als bewehrte Winkelstützmauer herzustellen. Die erforderlichen Beton- bzw. Baustoffmassen für eine Schwergewichtsmauer liegen höher, da die Standsicherheit allein durch das Eigengewicht erzielt wird. Für die geplante Sicherung der Pumpstation wird eine Winkelstützmauer mit erdseitigem Kragarm (Sporn) vorgezogen. Gesonderte Erdbewegungen für die Herstellung des Erdsporns werden nur im geringen Umfang anfallen, da das umgebende Gelände erst sukzessive im Rahmen der Modellierung angeschüttet wird. Die Stützwand kann damit erdseitig nahezu frei konstruktiv gestaltet werden.

Ein zusätzlicher luftseitiger Sporn ist meist erforderlich, um die Kippsicherheit des Bauwerkes sicherzustellen. Ab etwa 4 m Mauerhöhe sind zumeist weitere Betonglieder (z.B. ein oberer

Sporn erdseitig) zur Erdrückentlastung erforderlich, wobei die Anordnung von Spornen die konstruktiven Abmessungen der Winkelstützmauer verkleinern. Die Bemessung von Winkelstützmauern erfordert die Nachweise nach DIN 1054 auf Gleit-, Kipp-, Grundbruch-, sowie Geländebruchsicherheit. Die dabei anzusetzenden Bodenkennwerte können aus Kapitel 4 entnommen werden. Die zulässigen Bodenpressungen für die exzentrische Belastung aus der Winkelstützmauer können bei Bodenaufbereitung mittels Fallplattenverdichtung mit zul. $p = 200$ kPa angesetzt werden.

Für die erdseitige Hinterfüllung der Winkelstützmauer sind folgende Hinweise zu beachten:

- Es sind nicht bindige, verdichtungsfähige Bodenmaterialien für die Hinterfüllung zu verwenden.
- Für die Verdichtung der Materialien sind nur leichte Verdichtungsgeräte einzusetzen, wobei in Richtung von der Mauer weg gearbeitet wird.
- Eine über die ganze Mauerhöhe reichende Flächendränage ist zu verlegen, um die Mauer nicht auf Wasserdruck bemessen zu müssen.
- Die Oberfläche der unmittelbaren Hinterfüllung ist mit einer Schicht geringerer Durchlässigkeit abzudecken, um bei größeren Niederschlagsmengen das Tagwasser bereits an der Oberfläche zu fassen und getrennt abzuführen.

Alternativ zu einer Winkelstützmauer ist auch die Anordnung einer leicht gegen das Erdreich geneigten Gabionenwand (Drahtkörbe mit Steinfüllung) als Sonderform der Schwergewichtsmauer denkbar. Hierbei ist bei der vorliegenden Höhensituation jedoch von einer gestuften Ausführung auszugehen.

6.4.11 Grünflächen

Auf dem Ausgangsplanum der Auftragsbereiche unter Grünflächen sollte aus baupraktischen Gründen auch ein definierter Materialeinbau erfolgen. Dies bedeutet, dass der ankommende Boden gleichmäßig in Lagenstärken < 1 m verteilt wird und dann in mehreren Übergängen statisch und dynamisch abgewalzt wird. Insbesondere muss die weitere Befahrbarkeit der Auftragsbereiche während der Bauzeit gewährleistet sein.

In diesen Bereichen sollte daher auf dem Planum und auf den einzelnen Auftragslagen ein E_{V2} -Wert im Lastplattendruckversuch gemäß DIN 18134 von mindestens 40 MPa nachgewiesen werden. Bei stärker bindigen Böden kann ggfs. von diesem Wert nach unten abgewichen werden. Das Verdichtungsverhältnis E_{V2}/E_{V1} sollte dabei $< 2,5$ betragen.

6.5 Hinweise zur Bauausführung

6.5.1 Bodenklassen

Im Zuge der Geländegestaltung sind Aushubarbeiten innerhalb der flächenhaft anstehenden Auffüllungen sowie im Bereich des geplanten Tauchbeckens innerhalb der zu obersten gewachsenen Sand- und Schluffböden erforderlich. Die Materialien sind generell der Bodenklasse 3 bis 5 (leicht lösbare bis schwer lösbare Bodenarten) zuzuordnen. Tritt beim Aushub verstärkt Niederschlagswasser zu bzw. liegt ein annähernd wassergesättigter Zustand vor, können Böden mit erhöhtem Feinanteil (Schluff und schluffige Auffüllungen) schnell entfestigen und die Merkmale der Bodenklasse 2 (fließende Bodenarten) annehmen.

Liegt die ausgehobene Baugrubensohle innerhalb von bindigen Bodenschichten, ist das freigelegte Erdplanum aufgrund der Wasser- und Witterungsempfindlichkeit an seiner Oberfläche vor Witterungseinflüssen zu schützen (z.B. mit Magerbetonschicht) und möglichst unmittelbar nach Fertigstellung planmäßig wieder aufzubauen. Etwaig entfestigte Schichten sind zu entfernen und durch geeignetes nicht bindiges, gut verdichtbares und frostunempfindliches Material zu ersetzen.

6.5.2 Reste alter Baulichkeiten und Baufeldräumung

Im Untersuchungsgebiet sind beim Rückbau der ehemaligen Tagesanlagen zahlreiche alte Baulichkeiten im Untergrund verblieben, deren Lage aus Auswertungen von Fundamentkatasterplänen weitgehend bekannt sowie dokumentiert sind. Hierzu siehe die Darstellung in Anlage 9.4.

Liegen unterhalb den geplanten Bauwerken noch massive Bauwerks- und Fundamentreste, sind diese bis mindestens 2 m unter der geplanten Gründungsebene abzubrechen, um das Setzungsverhalten durch Ausbilden von Spannungsspitzen nicht negativ zu beeinflussen. Der Mehraufwand für den Abbruch von Stahlbetonteilen (Bodenklasse 6 bis 7) ist zu berücksichtigen. Die planmäßig im Rahmen der Flächenherrichtung rückzubauenden untertägigen Bauteile sind in Anlage 9.4 vermerkt.

Es ist zudem nicht auszuschließen, dass im Zuge der Aushubarbeiten undokumentierte Baulichkeiten im Untergrund aufgeschlossen werden, wie bereits einige Kleinbohrungen im Zuge der Felduntersuchungen zeigten.

6.5.3 Umgang mit Kontaminationen

Der Umgang mit Kontaminationen wird in Kapitel 7 erläutert.

6.5.4 Wiedereinbau des anfallenden Aushubs

Gemäß der Massenbilanzierung (siehe Kapitel 8.7) besteht für die Geländegestaltung der geplanten Baumaßnahme insgesamt ein Massendefizit, so dass externes Material zugeführt werden muss.

Um den Bedarf an einzubauendem Material durch externe Anlieferungen zu minimieren, soll der anfallende Aushub auf der Fläche wieder verwendet werden. Aus bodenmechanischen Gesichtspunkten ist der Wiedereinbau der ausgehobenen Auffüllungsmaterialien generell möglich, nachdem Fundamente sowie größere Blöcke (> 200 mm) zunächst abgebrochen und anschließend in einer Brechanlage zerkleinert worden sind. Nicht mineralische Bestandteile (z.B. Holz, Stahl, etc.) sind aus der Aushubmasse zu separieren und ordnungsgemäß zu entsorgen. Stahleinbauten sind mit Hilfe eines Brenners zu entfernen.

Grobes Material sollte auf eine Körnung 0/45 bis 0/56 mm mit einem geringen Feinanteil (< 0,06 mm unter 5 %) mittels Brechanlage zerkleinert werden, um die Wiedereinbaufähigkeit bzw. Verdichtungsfähigkeit zu gewährleisten.

Der gemäß Planung vorgesehene Bodenabtrag liegt zumeist innerhalb der oberen, wasserungesättigten Auffüllungsschichten, die weitgehend als nicht bindige, verdichtungsfähige Kies-Sand-Gemische vorliegen. Mit zunehmender Tiefe treten bindige Auffüllungsschichten auf, die je nach Wassergehalt weich bis breiig auftreten können. Das Aushubmaterial sollte demnach aus bodenmechanischer Sicht in zwei Hauptkategorien unterschieden werden:

- **Nicht bindiges Aushubmaterial**

Verdichtet wiedereinbaufähiger Boden, mögliche Verdichtung $D_{Pr} > 95 \%$. Dabei keine oder nur geringe Konditionierungsmaßnahmen erforderlich. Einbau in oberen Lagen möglich.

- **Bindiges Aushubmaterial**

Begrenzt wiedereinbaufähiger Boden, mögliche Verdichtung $D_{Pr} < 95\%$. Dabei Unterscheidung in im Anlieferungszustand mindestens steife Böden sowie weich bis breiige Böden gemäß den Definitionen nach DIN 4022. Bindiges Material ist auf geordneten Bodenmieten witterungsgeschützt zwischenzulagern. Für weich bis breiige Aushubböden sind Konditionierungsmaßnahmen erforderlich, wie z.B. Bindemittelzugabe (Kalk, Kombinationsbindemittel) oder Abtrocknung. Der Einbau von bindigem, mindestens steifem Material sollte in den unteren Lagen des Bodenauftrages erfolgen.

Zu beachten ist, dass aus bodenchemischer Sicht der Wiedereinbau der Aushubböden nach den Festlegungen der Sanierungsplanung (siehe Kapitel 7) bzw. der Sanierungszielwerte zu erfolgen hat.

6.6 Umgang mit vorhandenen Rohrleitungen

Die Druckrohrleitungen im Nordwesten, der Mischwasserkanal DN 1.400 sowie diverse andere Kanäle sollen erhalten bleiben und zukünftig weitergenutzt werden. Die Leitungen liegen zwar außerhalb von Bebauungsflächen, dennoch können im unmittelbaren Bereich der Verdichtungsarbeiten zur Baugrundverbesserung die Rohrleitungen Schaden nehmen. Diesbezüglich ist eine verträgliche Lösung zu suchen. Diese kann z.B. das Verfüllen des Kanalquerschnittes mit dränfähigem Kiessand im Vorfeld einer Fallplattenverdichtung umfassen.

Ansonsten ist davon auszugehen, dass insbesondere vorhandenen kleinkalibrigen Rohrleitungen durch die Fallplattenverdichtung zerstört werden und ihre bisherige Funktion verlieren und größere Rohrquerschnitte entsprechend zu verdämmen oder herauszunehmen

6.7 Empfehlungen zur Regenwasserversickerung

6.7.1 Grundlagen

Gemäß § 51 Landeswassergesetz NRW sowie den Regelwerken der DWA /38/ setzt eine Versickerung von Niederschlagswasser voraus, dass der Boden wasseraufnahmefähig ist und ein ausreichender Abstand zur Grundwasseroberfläche (Flurabstand) besteht. Als Grenzwert der Wasserdurchlässigkeit, bei dem eine vollständige Versickerung des auf Grundstücken anfallenden Niederschlagswassers möglich ist, kann erfahrungsgemäß von einem Wert $k_f = 1 \text{ bis } 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ ausgegangen werden. Bei dieser oder geringerer Durchlässigkeit ist eine vollständige Versickerung im Sinne des § 51a LWG nicht oder nur mit besonderen Zusatzmaßnahmen (Größere Dimensionierung, Nachweise mittels Langzeitsimulation und / oder Betrachtungen zum Überstaufall) möglich.

Die gewählte Form der Niederschlagswasserentwässerung ist unter Beachtung der örtlichen planungs- und wasserrechtlichen Vorgaben durchzuführen. Etwaige Anschlusszwänge oder Versickerungsaufgaben sind im Rahmen der Planung zu beachten und mit den zuständigen Genehmigungsbehörden rechtzeitig abzustimmen. Nur die Ausführung einer Flächen- und Muldenversickerung ist genehmigungsfrei; alle anderen Versickerungsarten bedürfen einer Genehmigung der zuständigen Unteren Wasserbehörde (Kreis Unna).

6.7.2 Versickerungsfähigkeit

Der versickerungsrelevante Untergrund besteht aus Auffüllungen, die aus bodenmechanischer Sicht im Bereich außerhalb von alten Fundamentkörpern für eine Versickerung geeignet sind. Das zumeist sandige Kiesmaterial kann als stark durchlässig mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-4}$ m/s gekennzeichnet werden. Die unterlagernden Sedimentablagerungen der Lippe bestehen an der Oberfläche aus schluffigen Fein- bis Mittesanden, die als mäßig durchlässig zu beschreiben sind. Im Rahmen von Bodenuntersuchungen zum Bau des Wendebeckens wurden Durchlässigkeitsbeiwerte von $k_f = 1 \cdot 10^{-6}$ bis $5 \cdot 10^{-5}$ m/s ermittelt (Schmidbauer, 1960).

6.7.3 Planung

Gemäß den Richtlinien der ATV 138 sowie nach § 51a LWG wird Versickerung innerhalb von Auffüllungen nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Aus gutachterlicher Sicht bestehen keine Bedenken gegen eine gezielte Versickerung von Niederschlagswasser innerhalb der gesättigten Auffüllungsschichten, wenn eine Auslaugung der oberhalb des Grundwasserhorizontes liegenden Aufschüttungen vermieden wird. Durch eine seitliche Abdichtung zu den ungesättigten Auffüllungen kann die Elution von eventuell vorhandenen Schadstoffen verhindert werden. Im Grundwasser wurden bei Messungen zwar Schadstoffe nachgewiesen, jedoch würde durch diese gezielte Versickerung mit hoher Wahrscheinlichkeit keine weiteren Schadstoffe in das Grundwasser gelangen. Aufgrund der vorhandenen lokalen Hintergrundgehalte des Grundwassers kann dies aus gutachterlicher Sicht umgesetzt werden. Die derzeitige Grundwasserqualität würde sich dadurch nicht verschlechtern.

Auf die zuvor beschriebene grundsätzlich bestehende Versickerungsmöglichkeit in den anstehenden Auffüllungen wird aus Gründen der Genehmigungsfähigkeit zugunsten einer gezielten Abführung der Niederschläge verzichtet. Die aktuelle Planung sieht vor, anfallende Niederschläge des Grachtenviertels im Trennsystem abzuführen. Hierzu werden angrenzend zu der Gracht dezentrale Versickerungsflächen mit einer belebten Bodenzone und einer Basisabdichtung angelegt. Hierzu müssen die unterlagernden, ungesättigten Auffüllungen komplett bis zum Grundwasserhorizont gegen einen sickerfähigen, sauberen Boden ausgetauscht werden. Der Grundwasserstand liegt in diesem Bereich auf einer Höhe zwischen +50 mNN und +55 mNN und damit mindestens 5 m unter zukünftiger Geländeoberfläche.

Bei kleinen Regenereignissen kann das Niederschlagswasser in den ungesättigten Untergrund (Auffüllungen aus sauberem Boden) versickern, bei größeren Regenereignissen wird die gesamte bodengefüllte Sickermulde geflutet. Das Sickerwasser verbleibt dabei im flächig

abgedichteten Bereich der Mulde. Der dortige Kieskörper wird eingestaut und entwässert über Verrohrungen gedrosselt in die Gracht.

6.8 Zusätzliche Anmerkungen

Die zuvor aufgeführten Empfehlungen sind im Rahmen der Bearbeitung der Ausführungsplanung zu überprüfen und bei Bedarf zu ergänzen oder anzupassen.

Gemäß DIN 19700 sind zudem die geotechnischen Erkundungsergebnisse während der Bauausführung zu überprüfen, um Auswirkungen erkannter Abweichungen von den Entwurfsgrundlagen zu berücksichtigen.

7 Sanierungsplan

7.1 Allgemeine gesetzliche Grundlagen und Rahmenbedingungen

Die gesetzliche Basis für den Sanierungsplan ist das BBodSchG /18/, die BBodSchV /17/, LabodSchG /32/, der Altlastenerlass NRW /30/ sowie diverse technische Regeln.

Für die geplante Neunutzung der Fläche der ehemaligen Schachtanlage Haus Aden 1 / 2 sind überwiegend die Wirkungspfade „Boden-Mensch“ und „Boden-Grundwasser“ relevant. Der Wirkungspfad Boden-Pflanze ist im Bereich von Hausgärten zu beachten.

In der BBodSchV /17/ werden Prüf- und Maßnahmenwerte für den Wirkungspfad Boden-Mensch (Tabellen 1.2 und 1.4) und Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser (Tabelle 3.1) angegeben, die der Entscheidung über das Vorliegen von Gefahren, die von Böden ausgehen können, dienen (vgl. Tabelle 12)

Tabelle 12: Prüfwerte der BBodSchV /17/ (Tabelle 1.4) für verschiedene Nutzungen in [mg/kg TM]

Chemischer Parameter in mg/kg	Kinderspiel- flächen	Wohn- gebiete	Park- und Frei- zeitanlagen	Industrie- und Gewerbe
Arsen	25	50 ³⁾	125	140
Blei	200	400 ³⁾	1.000	2.000
Cadmium	10 ¹⁾	20 ¹⁾	50	60
Chrom ges.	200	400	1.000	1.000
Nickel	70	140	350	900
Quecksilber	10	20 ³⁾	50	80
Cyanide ges.	50	50	50	100
Benzo(a)pyren	2	4 ³⁾	10	12
Polychlorierte Biphenyle (PCB6) ²⁾	0,4	0,8	2	40
Pentachlorphenol (PCP)	50	100	250	250

- ¹⁾ In Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch für den Anbau von Nahrungspflanzen genutzt werden, ist für Cadmium der Wert von 2,0 mg/kg TM als Prüfwert anzuwenden.
- ²⁾ Soweit PCB-Gesamtgehalte bestimmt werden, sind die ermittelten Messwerte durch den Faktor 5 zu dividieren.
- ³⁾ Nach dem Altlastenerlass NRW /32/ gelten in Wohngärten folgende Werte: Arsen 25 mg/kg, Blei 200 mg/kg, Quecksilber 5 mg/kg, Benzo(a)pyren (1 mg/kg).

Laut Altlastenerlass NRW /30/ wird die Unterschreitung der Prüfwerte der BBodSchV /17/ dem Anspruch des Baugesetzbuches auf gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse am ehesten gerecht. Eine Unterschreitung der Prüfwerte „...schließt bei repräsentativer Beprobung der Fläche eine Gefahr i. S. d. Bodenschutzrechtes aus. Sie können daher als Orientierung im bauplanungsrechtlichen Abwägungsprozess herangezogen werden“ /30/.

Des Weiteren sind in dem Altlastenerlass NRW /30/ für „Wohngärten“, d. h. für Nutzungen, die als Nutzgarten und auch zum Kinderspiel dienen, für den Wirkungspfad Boden-Mensch für Arsen 25 mg/kg und Blei 200 mg/kg und für den Wirkungsgrad Boden-Pflanze bei Quecksilber 5 mg/kg und Benzo(a)pyren 1 mg/kg festgelegt worden (vgl. auch Tabelle 12).

Neben den Prüfwerten enthält die BBodSchV /17/ in Anhang 2 allgemeingültige Vorsorgewerte, die bei der Auf- und Einbringung von Bodenmaterial zur Anwendung kommen und bei denen nicht von einer schädlichen Auswirkung auf den Boden auszugehen ist. Die Vorsorgewerte

te für Schwermetalle sind in der BBodSchV /17/ von der Bodenart und die Vorsorgewerte für die organischen Verbindungen (PCB, PAK, B(a)P) vom Humusgehalt abhängig. Werden die Vorsorgewerte der BBodSchV /17/, Anhang 2, Nr. 4 (Tabellen 4.1 und 4.2) überschritten, soll das Material nicht als Rekultivierungsschicht verwendet werden. Ausnahmen werden z. B. für Gebiete mit erhöhten Schadstoffgehalten (naturbedingt oder großflächig siedlungsbedingt) zugelassen.

Tabelle 13: Vorsorgewerte der BBodSchV /17/, (Tabelle 4.1*)

Chemischer Parameter	Bodenart Ton [mg/kg]	Bodenart Lehm/Schluff [mg/kg]	Bodenart Sand [mg/kg]
Cadmium	1,5	1	0,4
Blei	100	70	40
Chrom	100	60	30
Kupfer	60	40	20
Quecksilber	1	0,5	0,1
Nickel	70	50	15
Zink	200	150	60

*) Boden mit naturbedingt und großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten ist unbedenklich, soweit eine Freisetzung der Schadstoffe oder zusätzliche Einträge nach § 9 Abs. 2 und 3 der BBodSchV /17/ keine nachteiligen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen. Der Säuregrad ist zu berücksichtigen.

Tabelle 14: Vorsorgewerte der BBodSchV /17/, (Tabelle 4.2)

Chemischer Parameter	Humusgehalt > 8 %	Humusgehalt ≤ 8 %
Polychlorierte Biphenyle (PCB ₆)	0,1 mg/kg	0,05 mg/kg
Benzo(a)pyren	1 mg/kg	0,3 mg/kg
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK ₁₆)	10 mg/kg	3 mg/kg

Die Vorsorgewerte der BBodSchV /17/ wurden unter Berücksichtigung ökotoxikologischer Aspekte abgeleitet. Sie grenzen den für alle Wirkungspfade und Bodenverhältnisse geltenden Bereich unbedenklicher Schadstoffkonzentrationen in Böden (Unbedenklichkeitsbereich) vom Bereich der Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung (Besorgnisbereich) ab.

Bei Böden mit naturbedingt oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten besteht die Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen bei der Überschreitung der Vorsorgewerte nur, wenn eine erhebliche Freisetzung von Schadstoffen oder zusätzliche Einträge nachteilige Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen (BBodSchV /17/).

Das BBodSchG /18/ sieht die Möglichkeit vor (§ 13, Abs. 5), dass entnommenes Bodenmaterial im Bereich der von der Altlastensanierung betroffenen Fläche wieder eingebracht werden darf, wenn sichergestellt wird, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird.

Für das Land Nordrhein-Westfalen existiert für Plangebiete mit Bodenbelastungen eine Handlungsempfehlung /30/. Darin sollen sensible Nutzungen (z. B. Kinderspielflächen, „Wohngärten“) nicht in belasteten Bereichen geplant werden. Um jedoch eine gefahrlose Folgenutzung zu gewährleisten wird für einen Bodenaustausch oder eine Bodenüberdeckung folgende Mächtigkeit empfohlen:

Tabelle 15: Mindestmächtigkeiten für Bodenüberdeckungen für unterschiedliche Nutzungen (Empfehlungen des Landes NRW /30/)

Folgenutzung	Mindestmächtigkeit der ein- bzw. aufzubringenden Bodenschicht	Zusätzlich erforderliche Maßnahmen
Haus- und Kleingärten	0,60 m	Geotextil o.ä. als Grabesperre
Kinderspielflächen	0,35 m	Geotextil o.ä. als Grabesperre
Vegetationsflächen in Grün- und Freizeitanlagen	0,35 m	Geotextil o.ä. als Grabesperre

7.2 Sanierungszielwerte

Die vorliegende komplexe Planung mit einer Mischung aus Wohn-, Gewerbe-, Freizeit- und Wasserflächen erfordert zur Umsetzung ein, auf diese unterschiedlichen Nutzungen abgestimmtes Sanierungskonzept, das eine Gefährdung, insbesondere der Schutzgüter (Boden-Mensch und Wasser/Grundwasser) ausschließt und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme gewährleistet.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sowie die aus gutachterlicher Sicht erforderlichen Sanierungsmaßnahmen sowie die Einbauwerte bzw. Sanierungszielwerte wurden am 30.03.2012

sowie zuletzt am 01.04.2015 der Genehmigungsbehörde (Kreis Unna) vorgestellt, diskutiert und festgelegt /33/.

Die Sanierungszielwerte für die jeweils geplanten Nutzungen, können der Tabelle 16 entnommen werden. Bei den festgelegten Sanierungszielwerten bzw. Einbauwerten wird in internes Material und externes Material unterschieden. Grundsätzlich gilt das Verschlechterungsverbot. D. h. die Einbauwerte für externes Material dürfen nicht schlechter sein als die Einbauwerte für internes Material.

Tabelle 16: Einbauwerte und Sanierungszielwerte /33/ (Feststoff)

	Wohnen		Gewerbe			Park- u. Freizeit, Öffentl. Grün		Vegetations- boden
	Internes Material	Externes Material	Internes Material	Externes Material		Internes Material	Externes Material	
Einheiten mg/kg				Einbau- tiefe 0 bis 2m	Einbau- tiefe > -2m			
LAGA (97)		Z 1.1		Z 1.2	Z 2		Z 1.2	
As	30	30	140	50	140*	100	50	15
Cd	2	1	55	3	10	40	40*	1
Pb	300	200	1.500	300	1.000	750	300	70
Cr	300	100	900	200	600	800	200	60
Cu	100	100	600	200	600	600	200	40
Ni	100	100	600	200	600	300	200	50
Hg	15	1	65	3	10	40	3	0,5
Zn	300	300	1.500	500	1.500	500	500	150
CN` ges.	10	10	100	30	100	30	30	-
EOX	3	3	15	10	15	10	10	1
KW	300	300	1.000	500	1.000	500	500	100
ΣBTEX	1	1	5	3	5	5	3	1
ΣLHKW	1	1	5	3	5	5	3	1
ΣPCB	0,6	0,1	1	0,5	1	1	0,5	0,05
ΣPAK (EPA)	5	5	75	15	20	25	15	3
BaP*	2	2	10	10	10	10	10	0,3

Kursiv und fett: Für Metalle und Schwermetalle: >Z2 möglich, wenn im Eluat Z 1.2 eingehalten wird

* von dem jeweiligen LAGA (97) Z-Wert abweichend.

Die Einbauwerte im Feststoff für externes Material für den Bereich Wohnen entsprechen im Wesentlichen den LAGA(97) Z 1.1-Werten /16/. Für Benzo(a)pyren gilt jedoch 2 mg/kg.

Die Einbauwerte für Gewerbe (Einbautiefe 0-2 m) für externes Material im Feststoff entsprechen im Wesentlichen den LAGA(97) Z 1.2-Werten. Für Benzo(a)pyren gilt jedoch 10 mg/kg.

Die Einbauwerte für Gewerbe (Einbautiefe >2 m Tiefe) für externes Material im Feststoff entsprechen im wesentlichen den LAGA(97) Z 2-Werten. Eine Ausnahme besteht jedoch für das Arsen. Für Arsen wird ein Einbauwert von 140 mg/kg festgelegt, wogegen der LAGA(97) Z 2-Wert bei 150 mg/kg liegt. Für Benzo(a)pyren gilt 10 mg/kg.

Die Einbauwerte für externes Material für Park- und Freizeitanlagen und öffentliches Grün entsprechen bis auf eine Ausnahme dem Z 1.2-Wert der LAGA. Die Ausnahme besteht für Cadmium. Hier sind 40 mg/kg zulässig. Für Benzo(a)pyren gilt 10 mg/kg.

Für die Eluate gelten die jeweiligen LAGA (97) Z-Werte. Für die in der Tabelle 16 kursiv und fett gedruckten Einbauwerte für Metalle und Schwermetalle ist der Einbau >Z2 möglich, wenn im Eluat Z 1.2 eingehalten wird. Dies ist jedoch mit der Genehmigungsbehörde vorab im Einzelfall abzustimmen.

Unabhängig von der zukünftigen Nutzung können, nach Rücksprache mit der Genehmigungsbehörde, Belastungen unterhalb der geplanten Aushubebene im Untergrund verbleiben, sofern diese nicht im oberflächennahen Bereich (ausgehend von der derzeitigen Geländehöhe von ca. 0 m-1 m) liegen und wenn diese bautechnisch bedingt nicht herausgenommen werden müssen. Dies ist aus gutachterlicher Sicht möglich, da großflächige Versiegelungen mit Bauwerken (Gracht, See mit Hafen) oder Gebäuden geplant sind.

Dies ist z. B. im Bereich der Sondierung T 63 in der Fläche 9 „Gewerbe Nordost“ der Fall. Dort ist in 4-5 m Tiefe ein PAK-Gehalt von 1.642 mg/kg gemessen worden. Hier handelt es sich höchstwahrscheinlich um eine punktuelle Verunreinigung, da Untersuchungen im nahen Umfeld keine erhöhten Gehalte zeigten. Zudem wird das Gelände hier um ca. 4-5 m angehoben. Daher ist eine Herausnahme auch aus wirtschaftlichen Gründen nicht gegeben (vgl. auch Kapitel 4.9.7 und Lageplan Anlage 5.6.2).

In der Teilfläche 4 „Wohnen Südwest“ wurden in der Sondierung 168 in 0,7-2,0 m Tiefe insgesamt 1.616 mg/kg an Polycyclen (EPA) nachgewiesen. In Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde (vgl. /41/) kann das Material hier im Untergrund verbleiben, da durch die Versiegelung durch die zukünftige Nutzung die Menge an versickerndem Niederschlagswasser verringert und auch durch den Auftrag von Material (Überschüttung) die Versickerungstrecke verlängert wird (vgl. Lageplan Anlage 5.6.1).

In der Teilfläche 3 „Wohnen Südost“ wurde in der Sondierung I.16 in 0,5-1,0 m Tiefe ein PAK-Gehalt von 1.730 mg/kg nachgewiesen. Aufgrund der geringen Tiefenlage der Belastung soll nach Rücksprache mit der Genehmigungsbehörde (vgl. /41/) trotz einer geplanten Anschüttung des Geländes um ca. 4-6 m vorab die Belastung bis in eine Tiefe von ca. 1,0 m herausgenommen werden (vgl. Lageplan Anlage 5.6.2).

Für den Einbau nach den Sanierungszielwerten ist generell der Grundwasserabstand zu beachten. Der Einbau von Material mit den Sanierungszielwerten Gewerbe muss mindestens 1 m über dem höchst anzunehmenden Grundwasserspiegel erfolgen (vgl. auch /33/).

7.3 Grundwasser

Die Fläche steht derzeit unter Bergaufsicht. Die Bewertung des Grundwassers erfolgt durch den Gutachter des Grundstückbesitzers unter Begleitung der zuständigen Aufsichts- und Genehmigungsbehörde, dem Bergamt Kamen. In Anlehnung an vergleichbare Flächen im Ruhgebiet ist geplant, dass das Grundwasser zukünftig auch unter Bergaufsicht verbleibt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Grundwasseranalysen wurden in dem vorangegangenen Kapitel nachrichtlich aufgenommen und entsprechend bewertet. Im Grundwasser konnten keine signifikanten Belastungen festgestellt werden, die einen Handlungsbedarf hinsichtlich einer Grundwassersanierung erfordern.

Durch die geplante Neunutzung des Standortes werden ca. 70 % der Gesamtfläche mit Bauwerken versiegelt. Das Gelände wird zukünftig bis zu 8 m über das derzeitige Niveau angeschüttet. Der Einbau von lagenweise verdichtetem Material zur Herrichtung des neuen Baugrundes, die Versiegelung durch Bauwerke und durch das Aufbringen eines natürlichen Vegetationsbodens mit Neuanpflanzung in den geplanten Grünflächen wird das Regenwasser zukünftig verstärkt zurückhalten. Dadurch wird der derzeitige unversiegelte Zustand deutlich verbessert. Die Wahrscheinlichkeit, dass Sickerwasser die im Boden verbleibende Belastungen löst, und in das Grundwasser einträgt ist zukünftig als gering anzusehen.

7.4 Aufbereitungskonzept

7.4.1 Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Flächenaufbereitung

Bei der geplanten Baumaßnahme werden Auffüllungen angetroffen, die überwiegend aus Bergematerial und z. T. aus Schlacken, Beton, Bauschutt und Aschen bestehen, die mit umgelagerten natürlichen Böden und diversen Fremdstoffen wie z. B. Holz, Eisen, Stahl etc. durchmischt sind. Im Untergrund sind Fundamente aus der Altbebauung (Stahlbeton und

Mauerwerk, ehemalige Keller) sowie Ver- und Entsorgungsleitungen vorhanden. Die Fundamente reichen bis zu 8 m unter die derzeitige Geländeoberfläche hinab. Es handelt sich zum Teil um massive Fundamente, die eine Ausdehnung von 66 m (Länge) und 18 m (Breite) aufweisen und z. T. bis 7 m mächtig sind. Die Lage der bekannten Fundamente kann den Lageplänen der Anlage 2.1, 2.2 entnommen werden.

Die Flächenreaktivierung hat zum Ziel, in Abhängigkeit von der geplanten Nutzung dem neuen Erwerber und Nutzer ein weitestgehend restriktionsfreies Grundstück zu übergeben. Folgende Randbedingungen sind dabei von wesentlicher Bedeutung:

- Die neuen Nutzer sollen unterhalb der neuen Geländeoberfläche (Planungsebene) bis zur Aufbereitungsebene einen tragfähigen Baugrund vorfinden (restriktionsfreier Bereich), so dass eine wirtschaftliche Flachgründung der Bauwerke möglich wird. Die erforderlichen Gründungsmaßnahmen sind dann ausschließlich von den statischen Erfordernissen der zukünftigen Neubebauung abhängig. Somit dürfen bis in diese Tiefe keine Fundamente, Hohlräume etc. verbleiben, die eine spätere Gründung von Bauwerken erschweren. Die Aufbereitungstiefe ist von der zukünftigen Geländehöhe und der geplanten Nutzung abhängig und davon, ob es sich um einen „Auftragsbereich“ oder einen „Abtragsbereich“ handelt.
- Nach der Flächenaufbereitung sollen beim Aushub für die neue Bebauung Restriktionen oder Erschwernisse durch alte Leitungen, Fundamente, Hohlräume. etc. ausgeschlossen werden.
- Überschüssiger Baugrubenaushub des neuen Nutzers (z. B. für Fundamente) darf nicht zu einer teuren externen Entsorgung führen.
- Die chemische Beschaffenheit des zukünftigen Baugrundes muss bekannt sein und die jeweiligen Nutzungen ermöglichen.
- Die Errichtung von unterkellerten Bauwerken soll in Teilbereichen möglich sein.

Durch die geplante Neunutzung des Geländes werden die derzeitigen Geländehöhen verändert. Die nördliche Fläche wird eher durch einen Bodenabtrag geprägt sein, während nach Süden hin Material aufgebracht werden muss, um die neue Geländeoberfläche herzustellen.

Das Massenmodell der Anlage 9.1 zeigt die Flächen in denen, ausgehend von dem heutigen Geländeniveau, eine Anschüttung oder ein Bodenabtrag vorgesehen ist.

Aufgrund der vorzunehmenden Andeckungen werden großflächig unter der Aushubebene heterogene Auffüllungen und Fundamente, aber auch Bodenbelastungen verbleiben (vgl. Lagepläne Anlage 5.6.1 und 5.6.2). Ehemalige Keller und Fundamente werden im Rahmen der Geländeaufbereitung bis zur einer jeweils definierten Aushubebene abgebrochen und rückgebaut. Tiefer reichende Keller verbleiben ebenso, wie Auffüllungen oder Fundamente im Unter-

grund. Keller und bekannte Hohlräume (z. B. Leitungen > DN 300) werden lagenweise mit sortiertem und bodenchemisch geeignetem Material (z. B. Auffüllungen) verfüllt oder verdämmt.

Grundsätzlich wird im Rahme der Flächenaufbereitung eine Baufeldfreimachung durchgeführt, bei der der Oberboden bzw. die Geländeoberfläche etwa 0-0,4 m dick (ggf. anstehender humosen Oberboden, der in der Regel mit Auffüllungen vermischt ist, Wurzelwerk, Müll etc.) abgeschoben wird. Dadurch werden auch Fundamente ehemals aufstehender Gebäude freigelegt.

Anhand der folgenden Kapitel und Skizzen werden für die Abtrags- und Auffüllungsbereiche in Abhängigkeit von der geplanten Nutzung (Wohnen, Gewerbe, öffentliches Grün) die grundsätzlichen Aufbereitungsvarianten vorgestellt.

Bei den Skizzen handelt es sich um schematische Darstellungen und nicht um eine Ausführungsplanung (vgl. auch Anlage 9.7). Für alle Flächen gilt, dass beim Antreffen von Kontaminationen im Bereich der Aushubebene, diese mit Untersuchungen entsprechend einzugrenzen ist (vgl. auch Kapitel 7.5).

Aus dem Lageplan in Anlage 9.6 geht das nachfolgend beschriebene Aufbereitungskonzept grafisch hervor, wobei die einzelnen Nutzungsarten farblich unterschieden werden (Bauwerk, Straße, Wasser, Grünfläche privat, Grünfläche öffentlich, Plätze privat, Plätze öffentlich). In den Baugrundschnitten A-A bis G-G der Anlagen 6.1 bis 6.7, die etwa in nord-südliche Richtung verlaufen, sind die derzeitigen und die geplanten Geländehöhen dargestellt. Des Weiteren kann den Geländeschnitten die jeweiligen Aufbereitungsebenen, die Abtragsbereiche, die Auffüllbereiche und die aus baugrundtechnischer Sicht erforderlichen Aufbereitungstiefen entnommen werden. In den Schnitten sind auch die relevanten Bodenbelastungen (> Z 2 nach LAGA /16/) mit Angabe der chemischen Parameter und der Tiefenlage dargestellt.

Eine gezielte Regen- und Oberflächenwasserversickerung in den Auffüllungen wird seitens der Genehmigungsbehörde ausgeschlossen.

Generell wurde seitens der Genehmigungsbehörde dem Vorschlag zugestimmt, dass kontaminierte Böden in einem Umlagerungsbauwerk (Sicherungsmaßnahme gemäß § 4 und § 13 BBodSchG) im Südwesten auf der Fläche Nr. 12 Adenpark/Grün-West gesichert eingelagert werden können (vgl. Lageplan Anlage 5.5.1 und Kapitel n8.10). Eine Einlagerung von öligen Materialien wird jedoch ausgeschlossen. Die Erstellung eines Umlagerungsbauwerkes und auch die Planung der Größe ist von der Menge des bei der Flächenherrichtung anfallenden belasteten Materials abhängig, das die internen Sanierungszielwerte überschreitet. Daher können entsprechende Ausführungsplanungen erst vorgenommen werden, wenn hierüber nähere Erkenntnisse vorliegen. Dies gilt auch für die erforderlichen behördlichen Antragsunterlagen. Neben einer detaillierten Planung des Landschaftsbauwerkes ist auch ein Überwa-

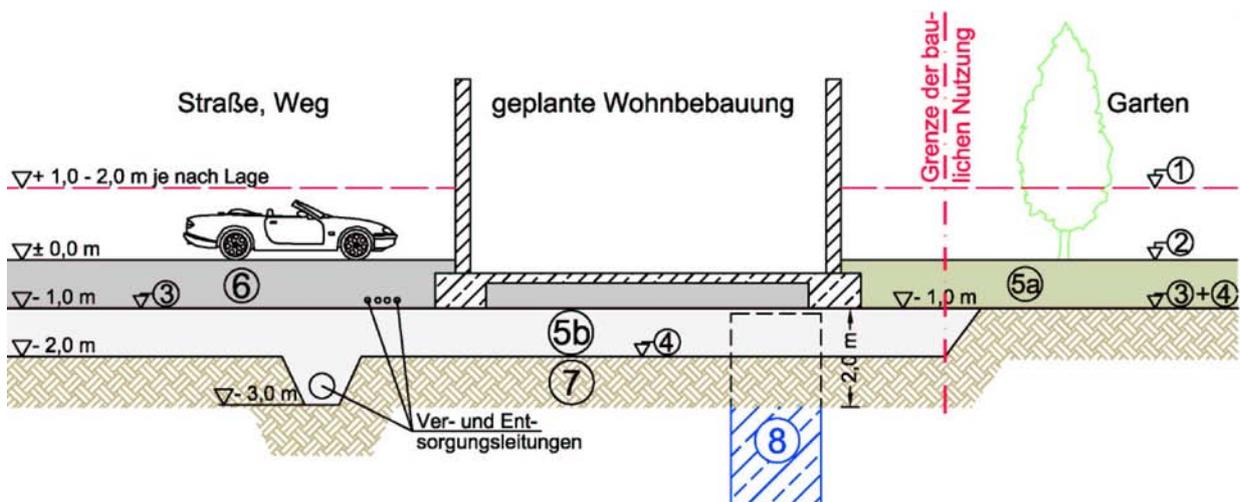
chungs- und Nachsorgekonzept mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen und vor Baubeginn einzureichen.

Die voraussichtliche Lage des geplanten Umlagerungsbauwerkes wird daher nur nachrichtlich in den Lageplan (vgl. Anlage 5.5.1) aufgenommen (vgl. auch Kapitel 8.10).

7.4.2 Flächenaufbereitung in Abtragsbereichen

7.4.2.1 Wohnen mit Hausgärten - in Abtragsbereichen

Die Abbildung 3 zeigt in einer schematischen Skizze die grundsätzliche Vorgehensweise der Flächenaufbereitung für die geplante Wohnbebauung mit Gärten, in denen aufgrund der Geländemodellierung ein Bodenabtrag geplant ist. Die zukünftige Geländeoberfläche liegt hier ca. 1 m bis 2 m unter der heutigen Geländeoberfläche. Dies ist beispielsweise im Norden (am Datteln-Hamm Kanal) der Fall (vgl. auch Anlage 9.1).



Erläuterung:

(1) heutige Geländeoberfläche, (2) zukünftige Benutzerebene (Planung), (3) Übergabeebene, (4) Aushubebene, (5a) zukünftige Grünflächen, Einbauwerte Vegetationsboden, (5b) zukünftig versiegelte Flächen (z. B. Straßen, Plätze etc.), Einbau von Material entsprechend der festgelegten Sanierungszielwerte (6) Unterbau von Straßen; Plätzen etc., (7) nicht aufbereiteter Bereich, (8) im Untergrund verbleibende Altfundamente

Abbildung 3: Aufbereitung für Abtragsbereiche in den Wohnen geplant ist

Die derzeitige Geländeoberfläche (1), siehe Abbildung 3, liegt ca. +1m bis +2 m über der zukünftigen Benutzerebene (2). Für eine Flächenaufbereitung müssen die anstehenden Auffüllungen überall dort, wo Bauwerke geplant sind, mindestens bis -2 m unter die zukünftige Ge-

ländeoberfläche abgetragen werden. Diese Aushubebene (4) liegt im Bereich von Ver- und Entsorgungsleitungen mindestens 0,5 m unter der zukünftigen Rohrsohle (vgl. Abbildung 1). Dort wo Hausgärten angelegt werden sollen, liegt die Aushubebene (4) bei –1 m unter der zukünftigen Geländeoberfläche (2).

In den zukünftigen Baufeldern (Gebäude, Straßen, Abwasserkanäle etc.) wird bis zur Übergabeebene (3) ein aufbereitetes Material (5b) eingebaut. Dieses Auffüllmaterial muss die Sanierungszielwerte für „Wohnen“ und die entsprechenden bodenmechanischen Anforderungen an die Tragfähigkeit einhalten. Bei dem Auffüllmaterial handelt es sich um sortiertes und aufbereitetes Material von der Fläche (Auffüllungen aus Bergematerial, Beton, Bauschutt, Schlacken etc.), oder um Fremdmaterial. Der Einbau muss lagenweise und verdichtet erfolgen. Der Einbau erfolgt bis zur Übergabeebene (3), d. h. bis ca. 1,0 m unter die neue Benutzerebene (2). Auf diese Ebene kann der zukünftige Nutzer seine Gebäude gründen, bzw. der erforderliche Straßenunterbau (6) etc. im Bereich von Straßen, Wegen; Plätzen aufgebracht werden. Anfallender Verdrängungsboden (z. B. aus den neuen Fundamenten) kann z. B. unter der Bodenplatte des neuen Gebäudes eingebaut werden oder wie das Material aus den Gräben für die Ver- und Entsorgungsleitungen extern verwertet werden.

Wie bereits erläutert liegt die Aushubebene (4) im Bereich zukünftiger Straßen, Plätze und Bauwerke ca. –2,0 m unter der neuen Benutzerebene (2) und im Bereich der Hausgärten bei –1,0 m unter der neuen Benutzerebene. Das bedeutet, dass in den zukünftigen Hausgärten unmittelbar unter dem aufzutragenden Vegetationsboden das nicht aufbereitete „Ur-Gelände“ ansteht. Aufgrund dessen wird eine Grenze der baulichen Nutzung definiert, die an der Schnittstelle zwischen Baufläche (-2 m Aufbereitungstiefe unter geplanter GOK) und Gartenutzung (-1m Aufbereitungstiefe unter geplanter GOK, vgl. Abbildung 2) liegt.

Auf der Aushubebene (4) ist eine Fallplattenverdichtung oder eine Verdichtung mit einer Walze durchzuführen (vgl. auch Anlage 9.4). Altfundamente, die im Aushubbereich liegen werden bis zur erforderlichen Aushubtiefe, bzw. zusätzlich noch bis ca. 1 m unterhalb der Aushubtiefe abgebrochen (8). Tiefer reichende Fundamente verbleiben unterhalb der Aushubebene (4) im Boden.

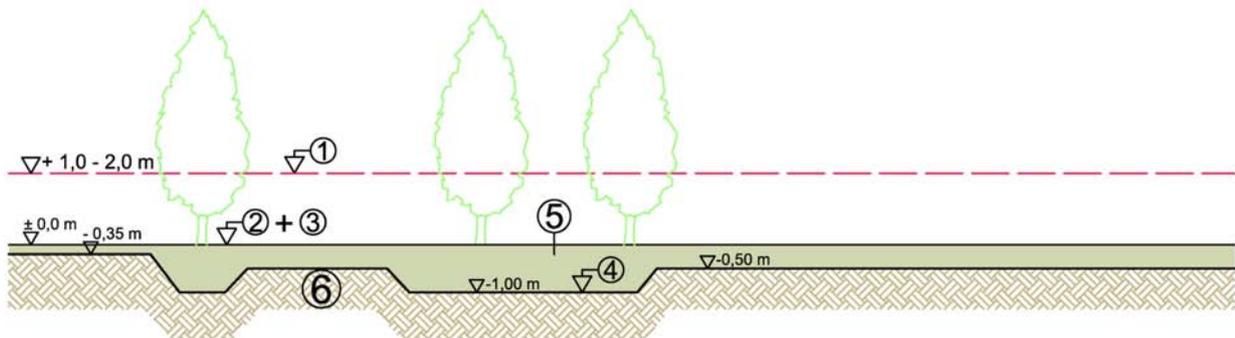
In Grünflächen bzw. Hausgärten (5a) erfolgt der Einbau von vegetationsfähigem, natürlichem Boden (mindestens 1,0 m dick). Die bodenchemische Qualität des Vegetationsbodens entspricht den Einbauwerten für Vegetationsboden, die in der Tabelle 16 definiert sind. An der Grenze zum Urgelände, d. h. auf der Aufbereitungsebene in den Hausgärten, ist unter der aufzubereitenden Vegetationsbodenschicht in der Übergangsphase ein Geotextil aufzubringen.

7.4.2.2 Grünflächen - in Abtragsbereichen

In den zukünftigen Grünflächen, in denen aufgrund der Herstellung der neuen Geländehöhen ein Bodenabtrag erfolgt, ist keine tiefere Aufbereitung erforderlich, da hier keine Bauwerke geplant sind und somit kein hierfür tragfähiger Baugrund hergerichtet werden muss (vgl. Abbildung 4). D. h. eine unter die Aushubebene (4) reichende Flächenaufbereitung, die zwischen -1 m und $-0,35$ m unter dem derzeitigen Gelände liegen kann, ist nicht erforderlich. Altfundamente, die im Aushubbereich liegen, werden bis zur jeweils erforderlichen Aushubtiefe abgebrochen. Bei tiefer reichenden Fundamenten verbleiben die Restfundamente unterhalb der Aushubebene (4) im Boden. Auf der Aushubebene (4) ist eine Verdichtung mit einer Walze durchzuführen (vgl. auch Anlage 9.4).

Überall dort, wo zukünftig eine intensive Freizeitnutzung der neuen Grünflächen stattfinden soll, muss laut der Genehmigungsbehörde ein Vegetationsboden (natürlicher Boden) in einer Stärke von mindestens $0,50$ m (incl. Humusschicht) aufgebracht werden (5). Im Bereich von tiefer wurzelnden Bäumen ist der Vegetationsboden mindestens in einer Dicke von $1,0$ m (incl. Humusschicht) vorzusehen. In allen sonstigen Bereichen von Grünflächen (z. B. Straßenbegleitgrün) ist der Vegetationsboden mindestens $0,35$ m dick aufzubringen (siehe auch Abbildung 4).

Direkt unter dem aufzutragenden Vegetationsboden steht zukünftig das nicht aufbereitete „Urgelände“ an. Die bodenchemische Qualität des Vegetationsbodens muss den Einbauwerten für Vegetationsboden, die in der Tabelle 16 definiert sind entsprechen. Für Zwischenzustände kann eine Anspritzbegrünung vorgesehen werden. Beim Auftragen des Vegetationsbodens ist generell darauf zu achten, dass keine Vermischung mit Fremdmaterial stattfindet.



Erläuterung:

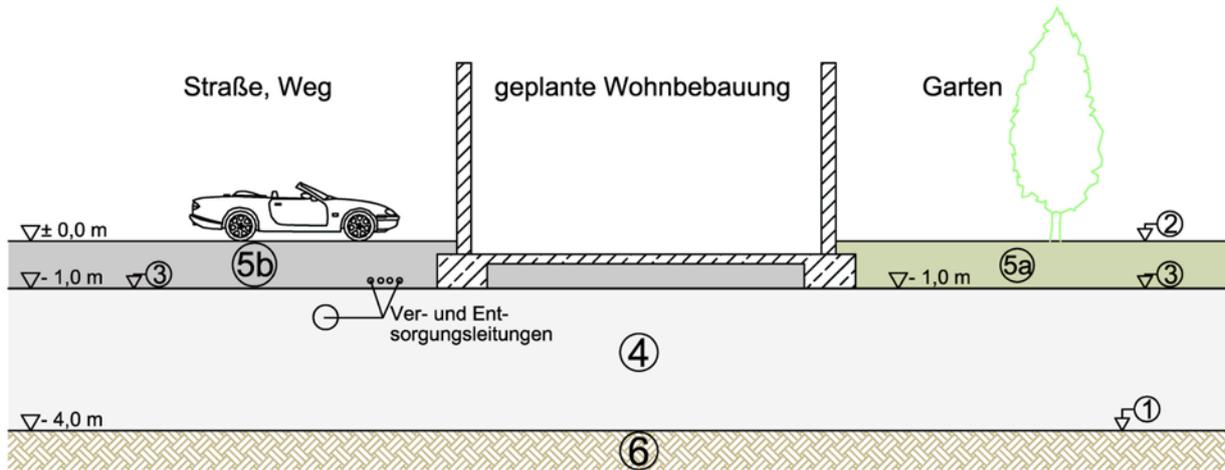
(1) heutige Geländeoberfläche, (2) zukünftige Benutzerebene (Planung), (3) Übergabeebene, (4) Aushubebene, (5) Einbau von vegetationsfähigem, natürlichen Boden mindestens 0,35 m dick, im Bereich von intensiv genutzten Freizeittflächen 0,50 m dick, im Bereich von Bäumen 1,0 m dick. Einbauwerte Vegetationsboden, (6) nicht aufbereiteter Bereich

Abbildung 4: Aufbereitung für Grünflächen in Abtragsbereichen

7.4.3 Flächenaufbereitung in Auftragsbereichen

7.4.3.1 Wohnen mit Hausgärten – in Auftragsbereichen

Die Abbildung 5 zeigt in einer schematischen Skizze die grundsätzliche Vorgehensweise der Flächenaufbereitung für die geplanten Wohnbebauung mit Gärten, in denen aufgrund der Geländemodellierung ein Bodenauftrag erfolgen muss. Die zukünftige Geländeoberfläche liegt hier über der heutigen Geländeoberfläche (vgl. auch Anlage 9.1).



Erläuterung:

(1) heutige Geländeoberfläche, (2) zukünftige Benutzerebene (Planung), (3) Übergabeebene, (4) Auffüllmaterial, Einbau von Material entsprechend der festgelegten Sanierungszielwerte (5a) zukünftige Grünflächen, Einbauwerte Vegetationsboden, (5b) zukünftig versiegelte Flächen (z. B. Straßen, Plätze etc.) mit Unterbau, (6) nicht aufbereiteter Bereich

Abbildung 5: Aufbereitung für Wohnen in Auftragsbereichen

Das Aufbereitungskonzept für Wohnen in Auftragsbereichen sieht vor, dass zunächst die derzeitige Geländeoberfläche nachverdichtet wird (z. B. Walze, vgl. auch Anlage 9.4).

Danach wird ein sortiertes und aufbereitetes Auffüllmaterial (Aushub von der Fläche oder Fremdmaterial) lagenweise und verdichtet aufgebracht (4). Der Einbau erfolgt bis zur Übergabeebene (3), d. h. bis ca. 1,0 m unter die neue Benutzerebene (2). Auf diese Ebene kann der zukünftige Nutzer seine Gebäude gründen, bzw. der erforderliche Straßenunterbau (5b) aufgebracht werden. Dabei anfallender Verdrängungsboden (z. B. aus den neuen Fundamenten) kann z. B. unter der Bodenplatte des neuen Gebäudes eingebaut werden oder wie das Material aus den Gräben für die Ver- und Entsorgungsleitungen extern verwertet werden.

Das Auffüllmaterial (4) muss die Sanierungszielwerte für „Wohnen“ (vgl. Tabelle 16) und die entsprechenden bodenmechanischen Anforderungen an die Tragfähigkeit einhalten.

Für Wohnflächen, die in diesen Auftragsbereichen liegen müssen keine Baugrenzen eingehalten werden. Des Weiteren können hier auch Keller zugelassen werden, da der Untergrund nicht aufbereitet werden muss, oder mit einem nur geringen Mehraufwand aufbereitet werden kann. Diese Bereiche sind in der Anlage 9.3 dargestellt.

In Grünflächen bzw. Hausgärten (5a) erfolgt der Einbau von vegetationsfähigem, natürlichen Boden (mindestens 1,0 m dick incl. Humusschicht). Die bodenchemische Qualität des Vegetationsbodens muss die Einbauwerte für Vegetationsboden (vgl. Tabelle 16) einhalten.

Aus vermarktungstechnischen Gründen kann nach der Aufbereitung, die Übergabeebene (3) als Zwischenzustand mit einem Vegetationsboden überdeckt und mit einer Anspritzbegrünung versehen werden, so dass die Fläche im Mittel bei ca. -0,4 m unter der zukünftigen Benutzerebene an die neuen Nutzer übergeben wird. Hier ist jedoch unbedingt darauf zu achten, dass es durch die nachfolgenden Bautätigkeiten (Fundamentaushub, Hochbau) nicht zu einer Verschlechterung des Vegetationsbodens kommt. D. h. der Vegetationsboden ist vor Beginn der Bautätigkeiten sauber abzuschleifen und aufzumieten. Eine Vermischung mit Fremdmaterial muss ausgeschlossen werden, ggf. muss ein Geotextil als Trennschicht eingebaut werden.

7.4.3.2 Gewerbeflächen mit Grünflächen - in Auftragsbereichen

Ausgehend von der derzeitigen Planung, werden die zukünftigen Gewerbeflächen überwiegend südlich des Adensees liegen. Dies sind Bereiche, die aufgrund der Höhenmodellierung mit Material aufgefüllt werden müssen. Die Abbildung 6 zeigt skizzenhaft die Vorgehensweise der Flächenaufbereitung in den zukünftigen Gewerbeflächen. Die zukünftige Geländeoberfläche liegt hier über der heutigen Geländeoberfläche (vgl. auch Anlage 9.1).

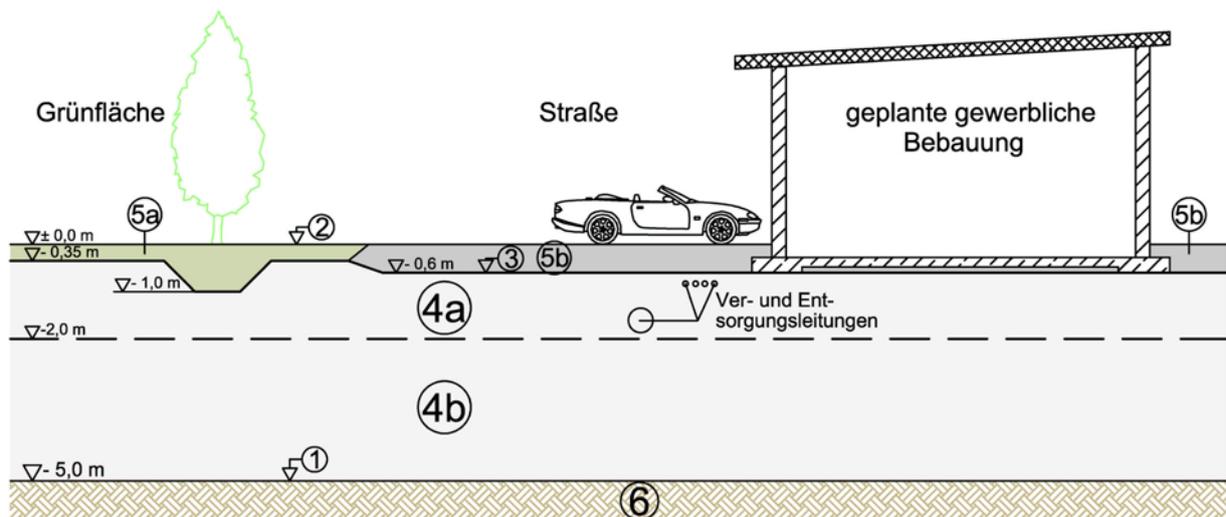
Das Aufbereitungskonzept sieht vor, dass zunächst die derzeitige Geländeoberfläche nachverdichtet wird (z. B. Walze, vgl. auch Anlage 9.5). Danach wird ein sortiertes und aufbereitetes Auffüllmaterial (Aushub von der Fläche oder Fremdmaterial) lagenweise und verdichtet aufgebracht (4a, 4b). Der Einbau erfolgt bis zur Übergabeebene (3), d. h. bis ca. 0,6 m unter die neue Benutzerebene (2). Auf diese Ebene kann der zukünftige Nutzer seine Gebäude gründen, bzw. der erforderliche Straßenunterbau (5b) etc. aufgebracht werden. Dabei anfallender Verdrängungsboden (z. B. aus den neuen Fundamenten) kann z. B. unter der Bodenplatte des neuen Gebäudes eingebaut werden oder wie das Material aus den Gräben für die Ver- und Entsorgungsleitungen extern verwertet werden.

Das Auffüllmaterial (4 a, 4 b) muss die chemischen Einbauwerte der Sanierungszielwerte für „Gewerbeflächen“ (vgl. Tabelle 16) und die entsprechenden bodenmechanischen Anforderungen an die Tragfähigkeit einhalten. In Gewerbeflächen kann entsprechend der Tabelle 16 externes Material gestaffelt nach der Einbautiefe in verschiedenen Qualitäten eingebaut werden.

In diesen Bereichen können auch Keller zugelassen werden, da der Untergrund nicht aufbereitet werden muss, oder mit einem nur geringen Mehraufwand aufbereitet werden kann. Diese Bereiche sind in der Anlage 9.3 dargestellt.

In den Grünflächen (5a) erfolgt der Einbau von vegetationsfähigem, natürlichem Boden (mindestens 0,35 m dick incl. Humusschicht). Dort wo tiefer wurzelnde Bäume gepflanzt werden ist der Vegetationsboden mindestens in einer Dicke von 1,0 m (incl. Humusschicht) aufzubringen. Die bodenchemische Qualität des Vegetationsbodens entspricht den Einbauwerten für Vegetationsboden, die in der Tabelle 16 definiert sind.

Aus vermarktungstechnischen Gründen kann nach der Aufbereitung, die Übergabeebene (3) als Zwischenzustand mit einem Vegetationsboden überdeckt und mit einer Anspritzbegrünung versehen werden. Es ist jedoch unbedingt darauf zu achten, dass es durch die nachfolgenden Bautätigkeiten (Fundamentaushub, Hochbau) nicht zu einer Verschlechterung des Vegetationsbodens kommt. D. h. der Vegetationsboden ist vor Beginn der Bautätigkeiten sauber abzuschleifen und aufzumieten. Eine Vermischung mit Fremdmaterial muss ausgeschlossen werden, ggf. muss ein Geotextil als Trennschicht eingebaut werden.



Erläuterung:

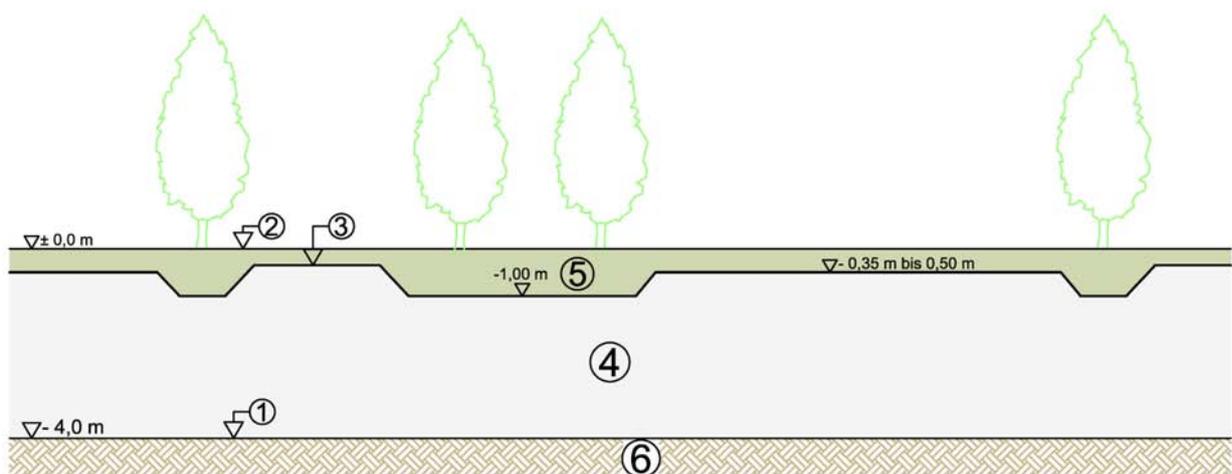
(1) heutige Geländeoberfläche, (2) zukünftige Benutzerebene (Planung), (3) Übergabeebene, (4a und 4 b) Auffüllmaterial, Einbau von Material entsprechend der festgelegten Sanierungszielwerte (5a) zukünftige Grünflächen, Einbau von vegetationsfähigem, natürlichem Boden mindestens 0,35 m dick, im Bereich von Bäumen 1,0 m dick, Einbauwerte Vegetationsboden, (5b) zukünftig versiegelte Flächen (z. B. Straßen, Plätze etc.) mit Unterbau, (6) nicht aufbereiteter Bereich

Abbildung 6: Aufbereitung für Gewerbeflächen in Auftragsbereichen

7.4.3.3 Grünflächen, Freiflächen - in Auftragsbereichen

Die zukünftigen Grünflächen sind überwiegend südlich des Adensees bzw. der Grachten geplant, so dass diese Bereiche angeschüttet werden müssen (vgl. Abbildung 7 und Anlage

9.1). Dazu muss zunächst die derzeitige Geländeoberfläche nachverdichtet werden (z. B. Walze, vgl. auch Anlage 9.5). Danach wird ein sortiertes und aufbereitetes Auffüllmaterial (Aushub von der Fläche oder Fremdmaterial) lagenweise und verdichtet aufgebracht (4). Der Einbau erfolgt bis zur Übergabeebene (3), d. h. bis ca. 0,35 m bis 0,50 m unter die neue Benutzerebene (2). Bei dem Auffüllmaterial wird zwischen internem und externem Material unterschieden. Die Einbauwerte bzw. Sanierungszielwerte können der Tabelle 16 entnommen werden.



Erläuterung:

(1) heutige Geländeoberfläche, (2) zukünftige Benutzerebene (Planung), (3) Übergabeebene, (4) Auffüllmaterial, Einbau von Material entsprechend der festgelegten Sanierungszielwerte (5) zukünftige Grünflächen, Einbau von vegetationsfähigem, natürlichen Boden mindestens 0,35 m dick, im Bereich von Bäumen 1,0 m dick, Einbauwerte Vegetationsboden, (6) nicht aufbereiteter Bereich

Abbildung 7: Aufbereitung für Grünflächen in Auftragsbereichen (Landschaftspark „Unterm Wasser“)

Der aufzubringende Vegetationsboden (natürlicher Boden) ist in nutzungsintensiven Bereichen in einer Stärke von mindestens 0,50 m (incl. Humusschicht) aufzubringen (5). Im Bereich von tiefer wurzelnden Bäumen ist der Vegetationsboden mindestens in einer Dicke von 1,0 m (incl. Humusschicht) vorzusehen (5). In allen sonstigen Bereichen von Grünflächen (z. B. Straßenbegleitgrün) ist der Vegetationsboden mindestens 0,35 m dick aufzubringen (siehe auch Abbildung 7). Die bodenchemische Qualität des Vegetationsbodens muss den Einbauwerten für Vegetationsboden entsprechen, die in der Tabelle 16 definiert sind.

Bei Aufbringen des Vegetationsbodens ist darauf zu achten, dass dieser nicht mit Fremdmaterial vermischt wird.

7.4.4 Adensee

Die Aushubebene (Aufbereitungsebene) für den Adensee liegt im Mittel bei ca. 52,50 m NN (vgl. Geländeschnitte D-D, E-E, F-F, G-G, Anlage 6).

Während das Becken des zukünftigen Adensees aufgrund der derzeitigen Geländemorphologie im westlichen Bereich eher von Bodenaushub (vgl. Geländeschnitt E-E, Anlage 6.5) geprägt ist, ist der östliche Bereich dadurch gekennzeichnet, dass hier Bodenmaterial eingebaut werden muss (vgl. Geländeschnitt F-F, Anlage 6.7). Die Aushubbereiche weisen massive Altfundamente auf (vgl. Lageplan Anlage 9.4). Generell liegt die Aufbereitungsebene noch in den Auffüllungen, so dass auch hier unterhalb der Seesohle noch Auffüllungen und ggf. Fundamente verbleiben werden.

Wie bereits erläutert sind in den Lageplänen der Anlage 5.6.2 die Kontaminationsbereiche gekennzeichnet, die unterhalb der Aushubebene verbleiben können bzw. die herausgenommen werden müssen (vgl. auch Kapitel 7.2).

7.4.5 Allgemeines zu Straßen, Wege, Plätze

Der Schichtenaufbau im Bereich von Straßen, Wegen und Plätzen richtet sich nach der Verkehrsbelastung bzw. den gestalterischen Vorgaben. Im Rahmen des Bodenmanagementkonzeptes wird davon ausgegangen, dass:

- im Straßen- und Wegebereich ein typischer Schichtaufbau aus gebundenen und ungebundenen Materialien mit einer Aufbaumächtigkeit von im Mittel 0,5 m oberhalb des Erdplanums (Übergabeebene vgl. (3) in den Abbildungen realisiert wird.
- Erschließungstrassen insbesondere für Abwasser und Trinkwasser im Mittel in eine Tiefe von bis zu 3,0 m Tiefe verlegt werden. Hier muss bei der Flächenaufbereitung ein entsprechender Tiefenbereich aus durchgesehenem, kontrolliertem Bodenmaterial hergestellt werden, damit bei der Verlegung keine Hindernisse (Fundamente) angetroffen werden und der Bodenaushub nicht belastet ist.

7.4.6 Allgemeines zu Grünflächen

In den Grünbereichen soll die Herrichtung so erfolgen, dass ein einwandfreier und den Standortgegebenheiten entsprechender Wasserhaushalt im Boden für die Grünnutzung gegeben ist. Diesbezüglich ist z. B. eine ausreichende Dicke und bodenphysikalische Beschaffenheit

des Oberbodens erforderlich, um die Pflanzenverfügbarkeit von Nährstoffen bzw. Wasser zu garantieren /24/.

Überall dort, wo großflächig öffentliche Grünflächen vorgesehen sind, kann eine tieferreichende Geländeaufbereitung entfallen. Es ist eine Verdichtung mit einer Walze vorgesehen.

In intensiv genutzten Grünflächen ist mindestens eine 0,5 m dicke Schicht aus natürlichem Boden (incl. humoser Oberboden) aufzubringen, der in weniger intensiv genutzten Grünflächen mindestens 0,35 m dick (incl. humoser Oberboden) sein muss. Dort wo tiefer wurzelnde Bäume gepflanzt werden, ist der Vegetationsboden mindestens 1,0 m dick aufzubringen. Die chemischen Einbauwerte des Vegetationsbodens sind in Tabelle 16 aufgeführt.

7.5 Umgang mit Flächen in denen die Sanierungszielwerte überschritten werden

Die im Rahmen der Sanierungsuntersuchung durchgeführten chemischen Analysen, wurden hinsichtlich der Sanierungszielwerte/Einbauwerte tabellarisch ausgewertet (vgl. Anlage 5.3.5) Der Sanierungszielwert für Gewerbe wird in den Mischproben z. T. überschritten. Es handelt sich hier überwiegend um Polycyclen, Mineralölkohlenwasserstoffe und um leichtflüchtige Aromaten (BTEX), untergeordnet auch um Arsen, Blei, Kupfer, Cadmium und Zink.

Wenn belasteten Böden, in denen die Sanierungszielwerte für Gewerbe überschritten werden, innerhalb der vorgesehenen Abtragsbereiche liegen, dann können sie nicht mehr auf der Fläche wiederverwertet werden, sondern müssen extern entsorgt/verwertet oder in das gesicherte Umlagerungsbauwerk verbracht werden. Die Bereiche sind in den Lageplänen 5.6.1 und 5.6.2 „rot“ gekennzeichnet.

Wie bereits in Kapitel 7.2 erläutert können, unabhängig von der zukünftigen Nutzung alle Belastungen im Untergrund verbleiben, wenn diese bautechnisch bedingt nicht herausgenommen werden müssen. Dies ist aus gutachterlicher Sicht möglich, da großflächige Versiegelungen mit Bauwerken (Gracht, See mit Hafen) oder Gebäuden geplant sind.

Diese Bereiche sind in den beiden Lageplänen (Anlage 5.6.1, 5.6.2) gekennzeichnet (Überschreitung der Sanierungszielwerte). Dort ist es möglich die Verunreinigungen im Untergrund zu belassen, da hier eine großflächige Versiegelung mit Bauwerken oder eine mehrere Meter mächtige Überschüttung vorgesehen ist (vgl. auch Kapitel 7.2).

In den beiden Lageplänen (Anlage 5.6.1 und 5.6.2) werden entsprechend den derzeit vorgesehenen Auftragshöhen und Abtragstiefen und den jeweiligen nutzungsbedingten Sanierungszielwerten diejenigen Bereiche gekennzeichnet in denen folgende Maßnahmen zu treffen sind:

Laut Planung vorgese- hen	Sanierungszielwerte	Maßnahmen
Abtrag 	Sanierungszielwerte Ge- werbe werden überschrit- ten.	Externe Verwertung oder Umlage- rung in das Landschaftsbauwerk. Böden/ Auffüllungen unter der Aus- hubebene verbleiben im Untergrund.
Abtrag 	Sanierungszielwerte Ge- werbe werden eingehalten oder unterschritten.	Interne Verwertung unter geplanten Gewerbeflächen.
Oberflächennaher Abtrag 	Sanierungszielwerte Ge- werbe werden eingehalten oder unterschritten.	Interne Verwertung unter geplanten Gewerbeflächen. Böden/ Auffüllun- gen unter der Aushubebene verblei- ben im Untergrund.
Auftrag 	Sanierungszielwerte für die jeweilige Folgenutzung werden überschritten.	Böden/ Auffüllungen unter der Aus- hubebene verbleiben im Untergrund.

Hinzuweisen ist z. B. auf den Bereich der Sondierung T 63 in der Fläche 9 „Gewerbe Nordost“. Dort kann ein in 4-5 m Tiefe festgestellter PAK-Gehalt von 1.642 mg/kg im Untergrund verbleiben, da es sich höchstwahrscheinlich um eine punktuelle Verunreinigung handelt, weil Untersuchungen im nahen Umfeld keine erhöhten Gehalte zeigten und das Gelände hier um ca. 4-5 m angehoben wird (vgl. Lageplan Anlage 5.6.2).

In der Teilfläche 4 „Wohnen Südwest“ wurden in der Sondierung 168 in 0,7-2,0 m Tiefe insgesamt 1.616 mg/kg an Polycyclen (EPA) nachgewiesen. Hier kann in Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde (vgl. /41/) das Material im Untergrund verbleiben, da durch die Versiegelung durch die zukünftige Nutzung die Menge an versickerndem Niederschlagswasser verringert und auch durch den Auftrag von Material (Überschüttung) die Versickerungstrecke verlängert wird (vgl. Lageplan Anlage 5.6.1).

Der in der Teilfläche 3 „Wohnen Südost“ in der Sondierung I.16 in 0,5-1,0 m Tiefe gemessene ein PAK-Gehalt von 1.730 mg/kg soll aufgrund der geringen Tiefenlage der Belastung nach Rücksprache mit der Genehmigungsbehörde (vgl. /41/) trotz einer geplanten Anschüttung des Geländes um ca. 4-6 m bis in eine Tiefe von ca. 1,0 m herausgenommen werden (vgl. Lageplan Anlage 5.6.2).

Alle Böden/Auffüllungen, in denen die Sanierungszielwerte für Wohnen und Grünflächen überschritten werden, aber noch die Werte für „Gewerbe“ einhalten, können innerhalb der

zukünftigen Gewerbeflächen (dies sind überwiegend Auffüllungsbereiche) eingebaut werden, wenn die Materialien bautechnisch geeignet sind.

Dort wo zukünftig Wohnen realisiert werden soll, verbleiben auch Auffüllungen mit BTEX-Konzentrationen im Untergrund die bis zum 5-fachen des Sanierungszielwertes (1 mg/kg im Feststoff) aufweisen (z. B. nordwestlicher Bereich, vgl. Anlage 5.6). Daher muss in diesen Bereichen während der Flächenaufbereitung eine Beprobung der Bodenluft vorgenommen werden, wenn die Aushubsohle erreicht ist. Hier besteht die Gefahr, dass leichtflüchtige Schadstoffe (z. B. aromatische Kohlenwasserstoffverbindungen oder leichtflüchtige Polycyclen) aus dem Boden austreten und sich in den Gebäuden anreichern können. Erst wenn die Bodenluft unbedenklich ist, kann eine Freigabe der Fläche erfolgen. Es wird daher empfohlen die Bodenluft auf folgende chemischen Parameter zu untersuchen (leichtflüchtige Aromaten BTEX bis einschließlich Naphthalin, LHKW, Methan, CO₂, O₂). Dies gilt auch für alle gewerblichen Flächen, wenn dort der Verdacht besteht, dass im Boden erhöhte Konzentrationen an leicht flüchtigen Schadstoffen auftreten. Werden erhöhte Konzentrationen in der Bodenluft nachgewiesen, ist zusammen mit der Genehmigungsbehörde zu entscheiden, ob der Bereich eingegrenzt wird und z. B. ausgehoben. oder ob eine Gasdränage unter die Gebäude verlegt wird.

8 Bodenmanagementkonzept

8.1 Allgemeines

Die Verwertung und Beseitigung von Böden, d. h. von Überschussmaterial wird durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrW) /21/ geregelt. Danach sind alle Böden, die aus dem Boden-, Gesteinsverband gelöst werden, als Abfall zu bezeichnen, unabhängig vom Grad der Verunreinigung. Es handelt sich jedoch nur dann um Abfall, wenn der Besitzer/Erzeuger sich der anfallenden Massen entledigen will (subjektiv) oder entledigen muss (objektiv). Grenzwerte für chemische Parameter werden im KrW /21/ nicht genannt.

Material, das die Sanierungszielwerte/Einbauwerte überschreitet, kann innerhalb eines Sicherungsbauwerkes eingebaut werden. Lediglich Materialien die stark eluieren, z. B. ölige Materialien müssen extern z. B. auf eine Deponie verbracht werden.

Für gefährliche Abfälle /26/, die beseitigt werden müssen, ist der kommunale Anschluss- und Benutzerzwang (Andienungs- und Überlassungspflichten nach § 17 KrW) des Kreises Unna zu beachten. Generell ist davon auszugehen, dass alle Abfälle, mit Ausnahme der Deponieklasse III, als nicht gefährliche Abfälle zu bezeichnen sind und einer Verwertung zugeführt werden können. Gefährliche Abfälle (Deponieklasse III) sind entsprechend zu entsorgen bzw. zu verwerten. Für die praktische Durchführung der Abfallentsorgung durch Dritte ist das ge-

setzunglich vorgeschriebene (§§ 50-52 KrW /21/), und in der Nachweisverordnung (NachwV) /26/ geregelte Nachweisverfahren zur Überwachung der Abfallentsorgung, von Bedeutung.

- Alle Abfälle werden nach dem EU-Recht folgend nur noch in gefährliche und nicht gefährliche Abfälle unterteilt /27/.
 - Gefährliche Abfälle: z. B. Abfallschlüssel-Nr. 170503*
 - nicht gefährliche Abfälle: z. B. Abfallschlüssel-Nr. 170504
- Die Entsorgung kann erfolgen, sobald der Nachweis (elektronisches Nachweisverfahren bei gefährlichen Abfällen) bei der Behörde (Zentrale Stelle) vorliegt. Bei einer Entsorgung in NRW ist dies die Bezirksregierung Düsseldorf Dez. 52.1.06, Cecilienallee 2, 40474 Düsseldorf.

Es wird empfohlen vor Beginn der Baumaßnahme bzw. der Ausschreibung einen Qualitätssicherungsplan zu erstellen.

8.2 Aushub und interne Bodenumlagerung

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse ist die bodenchemische Qualität der anstehenden Aushubmaterialien auf der Fläche weitestgehend bekannt.

Um einen detaillierten Überblick über die Bodenbeschaffenheit zu erhalten, muss während der Baumaßnahme an den Aushubstellen eine organoleptische Beurteilung des Materials erfolgen. Hier wird entschieden, wie die weitere Verwertung des Materials erfolgt (z. B. Transport in das Umlagerungsbauwerk, zur Bereitstellungsfläche oder direkter Wiedereinbau).

Aufgrund der Heterogenität der anstehenden Auffüllungen ist eine bodenmechanische Aufbereitung der Aushubmaterialien erforderlich. Der Bodenaushub muss von Fremdstoffen (Stahl, Eisen, Holz, Müll etc.) befreit und möglichst nach Materialien (z. B. Bauschutt, Beton, Bergematerial, Schlacken, Gleisschotter) getrennt und auf einbaufähige Korngrößen gebrochen werden.

Vor der eigentlichen Flächenaufbereitung wird eine Baufeldfreimachung durchgeführt, bei der der Oberboden bzw. die Geländeoberfläche etwa 0-0,4 m dick (ggf. anstehender humosen Oberboden, der in der Regel mit Auffüllungen vermischt ist, Wurzelwerk, Müll etc.) abgeschoben wird. Dadurch werden auch Fundamente ehemals aufstehender Gebäude freigelegt.

In Abhängigkeit von der Bauzeit und um die erforderlichen Tagesmengen zu erzielen, muss vom Unternehmer eine entsprechend dimensionierte Anzahl von mobilen Brecher- und Sortieranlagen eingesetzt werden.

Der Materialfluss kann nach jeweiliger Voreinschätzung (chemische Qualität aus der Sanierungsuntersuchung und bodenmechanische/organoleptische Ansprache beim Aushub) über

eine Bereitstellungsfläche abgewickelt werden. Die Bereitstellungsfläche dient der Sortierung, Aufbereitung, Abtrocknung und Zwischenlagerung. Die Bodenmaterialien werden hier so lange gelagert, bis die Ergebnisse der chemischen Analysen vorliegen und aus bodenchemischen Gesichtspunkten eine Qualitätseinstufung erfolgt ist. Die Bereitstellungsfläche dient auch als Puffer. Bei der Dimensionierung der Bereitstellungsfläche ist der Auflockerungsfaktor der Bodenmaterialien zu berücksichtigen, der je nach Material zwischen 1,2 und 1,3 betragen kann. Im Rahmen der Sanierungsplanung (Ausführungsplanung) kann die Lage und Größe der Bereitstellungsfläche festgelegt werden.

Vom Aushub sind kontinuierlich repräsentative Rückstellproben zu entnehmen und zu Mischproben zusammenzufassen. Die Probenahme erfolgt am Haufwerk bzw. an den Mieten des Bodenlagers oder aber zur Optimierung des Massenflusses auch direkt vor Ort im Vorfeld in definierten Flächen und Tiefen z. B. über Baggerschürfe.

Es ist für je 5.000 m³ eine Deklarationsanalytik vorzunehmen. Die chemischen Analysenparameter entsprechen in Abhängigkeit von der geplanten Nutzung der Tabelle 16, d. h. den Parametern der Liste der Wiedereinbauwerte. Die Analysenergebnisse müssen zeitnah (maximal 3 Werktage, Feststoff) vorliegen. Werden bei den chemischen Analysen unerhebliche oder nicht systematische Überschreitungen festgestellt, ist dies zu überprüfen. Die zulässige Toleranz (unerhebliche Überschreitung) hängt vom betrachteten Parameter und der Höhe des Zuordnungswertes ab. Eine systematische Überschreitung liegt vor, wenn der einschlägige Zuordnungswert bei zwei aufeinander folgenden Prüfungen um mehr als die zulässige Toleranz überschritten wird.

Hinsichtlich der geotechnischen Eignung hat der AN zu untersuchen ob die Güteeigenschaften der Baustoffe den vertraglichen Anforderungen entsprechen.

8.3 Annahme von externem Material

Das für die Geländemodellierung extern zu beschaffende Material soll möglichst sortenrein sein (standorttypische Böden und Auffüllungen). Es muss gewährleistet sein, dass für die angelieferten Materialien eine ordnungsgemäße Probenahme (Probeentnahmeprotokoll) und chemische Analysen erfolgt sind. Das Probenentnahmeprotokoll muss vergleichbar mit der Vorlage der LAGA /16/, Kapitel Probenahme und Analytik sein.

Es ist je 2.500 m³ Material mindestens eine Deklarationsanalyse vorweisen bzw. vorzunehmen. Bei nicht sortenreinem Material oder Material aus Herkunftsstellen, an denen weniger als 5.000 m³ anfallen, ist der Analysenaufwand auch für weniger als 2.500 m³ vorzunehmen (vgl. /33/).

Die anzuliefernden Böden müssen nach den definierten chemischen Parametern der Einbauwerte für externes Material (Tabelle 16; entspricht weitestgehend den chemischen Parame-

tern der LAGA (Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20, "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen" -technische Regeln- vom 06.11.1997 bzw. 06.11.2002 im Feststoff, Tabelle II.1.2-2 und im Eluat, Tabelle II.1.2-3) untersucht werden.

Die chemischen Analysen dürfen nur akzeptiert werden, wenn diese von einem analytischen Labor durchgeführt wurden, dass nach §25 des Landesabwassergesetzes zugelassen und gemäß DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert ist.

Der Gutachter hat das anzuliefernde Material ggf. vor Ort an der Entnahmestelle zu beurteilen. Mittels Transportbegleitscheinen muss zweifelsfrei der Nachweis geführt werden, dass es sich auch um das angeforderte Material handelt.

Für die Annahme des Materials sind die Sanierungszielwerte für externes Material zu beachten (Tabelle 16).

Bei der Eingangskontrolle am Projektgelände wird der Transportbegleitschein/Lieferschein kontrolliert und die Anlieferung an das Bereitstellungslager oder an die jeweils zugeordnete Kippstelle weitergeleitet. Bei Anlieferung von auffälligem Material oder Unstimmigkeiten auf dem Begleitschein müssen die Fahrzeuge bzw. die Ladung zurückgewiesen werden. Aufgrund der Standortgegebenheit ist auch eine Anlieferung der benötigten Bodenmassen mittels Schifftransport möglich.

Sollten die Kontrollanalysen zu einer abweichenden Einstufung des angelieferten Materials führen, darf das Material nicht eingebaut werden.

Generell ist darauf zu achten, dass die unterschiedlichen chemischen aber auch bodenmechanischen Qualitäten nicht vermischt und separat gelagert werden. Dies trifft insbesondere für den Vegetationsboden zu. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass es durch die Bautätigkeiten (Fundamentaushub, Hochbau) nicht zu einer Verschlechterung des Vegetationsbodens kommt. Eine Vermischung mit Fremdmaterial muss ausgeschlossen werden.

8.4 Umgang mit kontaminiertem Material

Organoleptisch auffälliges Material und Material das die Sanierungszielwerte bzw. Einbauwerte für „Gewerbe“ überschreitet (vgl. Tabelle 16) muss separiert werden und wird entweder extern verwertet oder in das Umlagerungsbauwerk eingebaut. Wenn eine temporäre Zwischenlagerung des belasteten Materials erfolgen muss, kann dies auf einer separaten und entsprechend gesicherten Fläche (wasserundurchlässig z. B. asphaltiert oder betoniert) vorgesehen werden. Diese Lagerfläche ist im Rahmen der Ausführungsplanung festzulegen und zu planen.

Das zwischengelagerte Material ist gegen Witterungseinflüsse abzudecken. Treten geruchliche Emissionen auf, sind Maßnahmen zu ergreifen, wenn die Gefahr besteht, dass leicht flüchtige Schadstoffe in arbeitsmedizinisch relevanten Konzentrationen emittieren. Die Erfahrung aus vergleichbaren Projekten zeigt, dass beim Austritt dieser Stoffe an der Grenzfläche Boden/Atmosphäre Verdünnungsfaktoren von $1:10^2$ bis $1:10^4$ auftreten, so dass in der Regel keine signifikanten Konzentrationen in der Außenluft zu erwarten bzw. zu messen sind, obwohl die Schadstoffe geruchlich wahrnehmbar sind.

Werden Böden angetroffen, die eluieren (z. B. Öl in Phase etc.), sind diese zu separieren und in wasserdichte Container zu geben. Nach durchgeführter Analytik (Deklarationsanalytik, d. h. chemische Parameter der annehmenden Stelle/Deponie) wird über die weitere Verwertung und/oder Entsorgung entschieden.

8.5 Zwischenzustand und sonstige Festlegungen

Die Flächenaufbereitung erfolgt über einen längeren Zeitraum. Wie bereits erläutert kann nach der Flächenaufbereitung die Übergabeebene (3) als Zwischenzustand mit einem Vegetationsboden überdeckt und mit einer Anspritzbegrünung versehen werden.

Noch nicht aufbereiteten Flächen können mittels Bauzäunen vor einer Betretung geschützt werden, insbesondere wenn Teilflächen schon neu genutzt werden.

Es müssen geeignete Einrichtungen zur Reinigung der Fahrzeuge beim Verlassen des Standortes und auch ggf. der Teilbaustellen bereitgestellt und unterhalten werden (z. B. Reifenwaschanlage, Hochdruckreiniger, längere Abrollstrecken).

Es wird empfohlen eine geeichte Wiegeeinrichtung bereit zu stellen. Die Regelzeiten für die Annahme der Böden sind festzulegen.

Hinsichtlich vorhandener Kampfmittel (Bombenabwürfe und Munitionsreste aus dem 2. Weltkrieg) liegt eine Luftbildauswertung der Bezirksregierung Arnsberg aus dem Jahre 1999 /37/ vor. Demnach lassen die vorhandenen Luftbilder vereinzelt Bombenabwürfe, jedoch keine spezifischen Hinweise auf Blindgängereinschlagsstellen erkennen. Sind im Zuge der Bauarbeiten auf der Fläche außergewöhnliche Verfärbungen im Untergrund zu erkennen oder werden verdächtige Gegenstände beobachtet, sind die Arbeiten sofort einzustellen und der Kampfmittelräumdienst zu verständigen. Es wird empfohlen die entsprechende Stelle bei der Bezirksregierung im Rahmen der Ausführungsplanung nochmals entsprechend einzuschalten.

8.6 Abnahme der aufbereiteten Flächen

Für die einzelnen Aufbereitungsflächen muss eine Qualitätskontrolle (nach einem vorher festgelegten Qualitätssicherungsplan) durchgeführt werden. D. h. die jeweiligen Geländebereiche

bzw. Aufbereitungsfelder in dem betreffenden Flächenabschnitt sind hinsichtlich der vorab definierten Einbauqualität zu kontrollieren. Dies sollte sukzessive (lagenweise) mit dem Baufortschritt geschehen. Die Qualitätskontrolle betrifft die definierten bodenchemischen Festlegungen aber auch die bodenmechanischen Parameter (z. B. Verdichtungsgrad).

Die Qualitätskontrollen sind gutachterlich zu begleiten und zu dokumentieren (Eigen- und Fremdüberwachung, Bodenbegleitscheine, Baustellentagebücher, Einbaufelder, Labor- und Feldversuche etc.). Neben der bodenchemischen Qualität des Materials ist auch der Einbau der Böden innerhalb des Geländes (Lage, Geländehöhe, Einbautiefe, Menge, Herkunft, Qualität) zu dokumentieren. Für diese Dokumentation empfiehlt sich der Einsatz eines Geoinformationssystems. Darüber hinaus sind geotechnische Abnahmeprüfungen wie Baugrubenabnahmen, Bodenansprachen sowie Lastplattendruckversuche durchzuführen. Wie bereits erläutert wird empfohlen einen Qualitätssicherungsplan zu erstellen.

Es wird in diesem Zusammenhang nochmals darauf hingewiesen, dass in den Bereichen in denen auch im tieferen Untergrund unter der geplanten Bebauung erhöhte BTEX-Konzentrationen gemessen wurden bei Erreichung der Aushubtiefe im Untergrund Bodenluftanalysen durchzuführen sind.

8.7 Massenermittlung im 3-dimensionalen Geländemodell

Für die Massenermittlung standen folgende Ausgangsdaten zur Verfügung:

- Digitaler Höhenplan vom 13.11.2006 vom Vermessungsbüro Thiemann /10/
- Höhenplanung mit textlichen Angaben als Isolinienplan, dxf-Datei, Büro PASD /40/ sowie Büro Pesch & Partner /8, 9/
- Aufbereitungskonzept (siehe Kapitel 8.3)

Anhand dieser Unterlagen wurde unter Verwendung der Software Civil 3-D von Autodesk zunächst für den Ist-Zustand des Geländes ein 3-dimensionales Geländemodell erstellt.

Des Weiteren wurde auf Basis des vorliegenden 2-dimensionalen Höhenplanes diversen Punkten bzw. Koordinaten auf der Fläche Höhenwerte (Z-Werte) zugewiesen (digitalisiert). Daraus wurde ein digitales 3-dimensionales Geländemodell für die neue Planung berechnet. In einem dritten Schritt wurden die beiden Geländemodelle (Istzustand und Planung) digital verschnitten und es sind die Abtrags- und Auftragsbereiche ermittelt worden (vgl. Anlage 9). In einem weiteren Schritt sind hieraus unter Berücksichtigung der Aufbereitungstiefen die Aushub- und Einbaumassen abgeleitet worden.

In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass die Planung nicht 3-dimensional vorlag und es sich um ein städteplanerischen Entwurf mit Höhenangaben handelt und nicht um eine Ausführungsplanung. Daher können sich die Massen noch verschieben.

Das vorliegende Aufbereitungskonzept geht davon aus, dass die Übergabeebene (3) in den Bereichen, die zukünftig durch Bauwerke (Gebäude, Straßen etc.) versiegelt werden, zwischen -1,0 und -0,6 m unter der zukünftigen Benutzerebene liegt. Somit ist der Wiedereinbau der Volumina zwischen Übergabeebene (3) und zukünftiger Benutzerebene (2) nicht in den nachfolgend ermittelten Massen erfasst.

Diese Materialien werden im Zuge der späteren Ansiedlung beschafft bzw. durch internen Massenausgleich auf Bebauungsflächen ausgeglichen (z.B. bei Bebauung mit Unterkellerung).

Die Massenermittlung berücksichtigt die unterschiedlichen Aufbereitungstiefen entsprechenden der vorgesehenen Nutzungen, wie in Kapitel 8.3 bereits erläutert. Die Massenermittlung kann der Anlage 10.3 und der nachfolgenden Tabelle 17 entnommen werden.

Tabelle 17: Bodenaushub

Bodenaushub auf der Fläche	Mengen [m³]
Gesamtaushub inkl. Fundamente	252.000
davon Wiedereinbaufähiger Anteil, (<Sanierungszielwert Gewerbe)	225.000
davon nicht wiedereinbaufähiger Anteil, (>Sanierungszielwert Gewerbe)	27.000

Zahlen gerundet

Für die Umsetzung der derzeitigen Planung besteht ein Gesamtbedarf von ca. 1,30 Mio. m³, der mit ca. 225.000 m³ mit Material von der Fläche gedeckt werden kann. Es besteht ein zusätzlicher Bedarf an ca. 1,0 Mio m³ an Bodenmaterial, der durch externe Zulieferung gedeckt werden muss. Darüber hinaus werden zur Umsetzung der Planung in den Grünbereichen ca. 59.000 m³ an natürlichem Vegetationsboden für das öffentliche Grün benötigt (mit privaten Grünflächen wären es ca. 157.000 m³ an Vegetationsböden).

Es wird derzeit geschätzt, dass insgesamt ca. 27.000 m³ an Auffüllungen anfallen, die aufgrund der chemischen Inhaltsstoffe auf der Fläche nicht mehr wiederverwertet werden können und in das Umlagerungsbauwerk verbracht oder extern verwertet werden müssen..

Tabelle 18: Bodenbedarf auf der Fläche

Bodenbedarf auf der Fläche	Mengen [m³]
Gesamtbedarf für die Flächenherrichtung ohne Vegetationsboden	1.299.000
Bedarf an externem Material incl. Bedarf durch Verdichtung	1.074.000
Bedarf an Vegetationsboden (nur öffentliches Grün)	59.000

Zahlen gerundet (Vegetationsboden öffentlich und privat = 157.000 m³).

8.8 Baustelleneinrichtung und -infrastruktur

Für die gesamte Bauzeit werden innerhalb der Projektfläche Büroräume inkl. befestigter Zufahrt sowie Parkplätze benötigt (Besprechungen etc.).

Die Anordnung von Brechanlagen, Maschinenparkplatz, Reinigungs- und Wartungsflächen, Reifenwaschanlage, Tankplätze, Lagerraum für Rückstellproben etc. ist unter Berücksichtigung möglicher temporärer Veränderungen zu konzipieren.

Grundsätzlich werden im derzeitigen Zustand nur die unbedingt notwendigen Ver- und Entsorgungsleitungen aufrecht erhalten.

Alle für die Bauausführung benötigten Übergabepunkte für Strom (220 V/380 V), Wasser, Abwasser, Telefon etc. sind genau zu definieren.

8.9 Transport

Aufgrund der Lage des Untersuchungsgebietes am Dattel-Hamm-Kanal und des vorhandenen Wendebeckens und der Möglichkeit, dass Schiffe anlegen können, bietet es sich auch an die erforderlichen Massen per Schiff anliefern zu lassen.

Wird das extern anzuliefernde Material (ca. 1.074.000 m³ an Auffüllböden und ca. 59.000 m³ an Vegetationsböden unter Berücksichtigung eines Auflockerungsfaktors von ca. 1,2 sind dies ca. 1.395.600 m³) ausschließlich per LKW-Sattel angeliefert sind hierzu ca. 108.768 LKW-Fahrten erforderlich. Um das zusätzliche Verkehrsaufkommen während der Flächenaufbereitung zu beschreiben, wird eine fiktive Bauzeit von 2 bzw. 3 Jahren angenommen (Beschickung von zwei Seiten, Anlieferung auch mit Schiffen). Die folgende Tabelle zeigt, dass bei einer Bauzeit von 2 bzw. 3 Jahren mit ca. 216 bzw. 143 LKW-Fahrten je Arbeitstag gerechnet werden muss.

Tabelle 19: LKW-Fahrten (Sattel) für die Anlieferung der erforderlichen Böden

Bedarf an Auffüllböden und Vegetationsböden (öffentliches Grün) ca. 1.395.600 m ³ (incl. Auflockerrungsfaktor ca. 1,2), ca. 108.768 LKW (Sattel, je 12,5 m ³)	Bauzeit 2 Jahre	Bauzeit 3 Jahre
LKW-Fahrten je Monat	4.532 Stck./Monat	3.021 Stck./Monat
LKW-Fahrten je Arbeitstag, bei 21 Arbeitstagen pro Monat	216 Stck./Arbeitstag	143 Stck./Arbeitstag

Nach derzeitigem Projektstand kann die Anbindung an das öffentliche Straßennetz (Zufahrten, Ausfahrten) über das jetzige Tor an der Jahnstraße erfolgen (vgl. Anlage 1) sowie die Zufahrt im Westen im Bereich der ehemaligen Parkplätze. Die Zu- und Ausfahrt ist mit einer Lichtsignalanlage auszustatten. Die Verkehrsführung und Ampelregelung im Umfeld ist mit der Stadt Bergkamen abzusprechen. Alternativ besteht die Möglichkeit einer Zu- und Ausfahrt über das Werkstor an der Rotherbachstraße.

Die verkehrliche Anbindung der bergbaulichen Einrichtungen müssen während der gesamten Baumaßnahme sichergestellt sein und es darf nicht zu Behinderungen kommen. In der Ausschreibung für die Baumaßnahmen ist dies zu berücksichtigen.

8.10 Umlagerungsbauwerk

Gemäß § 4 und § 13 des BodSchG /18/ ist die Errichtung eines Umlagerungsbauwerkes zur Aufnahme von belasteten Böden als Sicherungsmaßnahme möglich. Diese grundsätzliche Vorgehensweise wurde mit der Genehmigungsbehörde abgestimmt. Das geplante Umlagerungsbauwerk stellt keine abfallrechtliche Deponierung, sondern eine durch das Bundesbodenschutzgesetz /18/ vorgesehene Variante einer Sicherungsmaßnahme dar, deren Anforderungen in der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV /17/) weiter konkretisiert werden. Demnach können innerhalb des Grundstücks Materialien umgelagert werden. Eine Einlagerung von öligen Materialien wird laut Genehmigungsbehörde ausgeschlossen /33/.

Das Umlagerungsbauwerk ist Südwesten in der Teilfläche 12 (Grün West Adenpark) vorgesehen (vgl. Lageplan Anlage 5.5.1). Die Planung eines solchen Umlagerungsbauwerkes ist hinsichtlich der Anforderungen sowie der Lage mit der zuständigen Umweltbehörde abzustimmen. Die Erstellung eines Umlagerungsbauwerkes und auch die Planung der Größe ist von der Menge des bei der Flächenherrichtung anfallenden belasteten Materials abhängig,

das die internen Sanierungszielwerte überschreitet. Daher können entsprechende Ausführungsplanungen erst vorgenommen werden, wenn hierüber nähere Erkenntnisse vorliegen.

Für eine Vordimensionierung des Umlagerungsbauwerkes werden folgende Rahmenbedingungen zugrunde gelegt:

Ausgangssituation hinsichtlich der derzeitigen Planung:

- Die Gesamtfläche Landschaftspark „Unter'm Wasser“ beträgt ca. 40.000 m².
- Das Gelände liegt in Hanglage mit ca. + 55 m NN im Norden und + 51 m NN im Süden bzw. Westen.
- Die derzeitige Planung sieht eine Geländeaufschüttung von bis zu 5 m vor: + 54 m NN südwestlich bis + 56 m NN im Nordosten.
- Das Auftragsvolumen beträgt gemäß aktueller Planung ca. 114.000 m³.

Untergrundsituation:

- Unterhalb der derzeitigen Geländeoberfläche stehen bis zu 3 m mächtige Auffüllungen aus Bergematerialien an, die von Sedimentablagerungen unterlagert werden.
- Der Grundwasserflurabstand gemäß vorhandener Sondierungen liegt zwischen 1,5 m und 3,0 m unter derzeitigem Gelände.
- Stellenweise sind Belastungen (> Z 2) aus PAK und Schwermetallen (Chrom, Blei, Arsen) vorhanden, die überwiegend in Tiefen zwischen 0 m und 2 m unter Gelände liegen (vgl. Lageplan Anlage 5.6.1).

Die Basis des geplanten Umlagerungsbauwerkes sollte mindestens 1 m über dem höchsten anzunehmenden Grundwasserspiegel liegen. Daher muss das Umlagerungsbauwerk unmittelbar auf dem bestehenden Gelände errichtet werden. Aufgrund der Hanglage ist eine (temporäre, bauzeitliche) Drainage des inneren Kerns erforderlich.

Das Umlagerungsbauwerk kann zu sichernde Massen in einer Größenordnung zwischen 50.000 m³ und 100.000 m³ aufnehmen. Derzeit wird geschätzt, dass mindestens 27.000 m³ an kontaminierten Böden bei der Flächenaufbereitung anfallen werden. Es handelt sich überwiegend um Bergematerial, das bodenmechanisch als nicht bindiges, gut verdichtungsfähiges Kies-Sand-Gemisch zu beschreiben ist.

Für das Umlagerungsbauwerk ist eine Fläche von ca. 20.000 m² (200 m x 100 m) vorzusehen. Unter Berücksichtigung der Böschung wird eine rechnerische Grundfläche von 17.000 m² angesetzt. Die gesicherte Umhüllung der Kapsel besteht aus einer Basis- sowie einer Oberflächenabdichtung.

Für die Basisabdichtung wird eine Ausgleichsschicht in einer Stärke von 0,2 m vorgeschlagen, auf der eine Abdichtung mittels Kunststoffdichtungsbahn (wahlweise Bentonitmatten) vorgesehen ist. Die KDB ist mit einer 0,2 m mächtigen Schutzschicht aus entsprechend feinkörnigen Material zu schützen. Das zu sichernde Material ist lagenweise einzubauen und zu verdichten.

Den Abschluss des Bauwerks bildet eine Oberflächenabdichtung aus einer 0,1 m mächtigen Ausgleichsschicht. Die Abdichtung erfolgt wahlweise mittels Kunststoffdichtungsbahn oder Bentonitmatten. Eine darüber folgende 0,2 m mächtige Schutzschicht kann auch durch ein Geotextil ersetzt werden, bevor eine Entwässerungsschicht (0,3 m mächtig) aufgebracht wird. Die abschließende Rekultivierungsschicht sollte eine Mächtigkeit von mindestens 1,0 m haben.

Neben einer detaillierten Planung des Landschaftsbauwerkes ist auch ein Überwachungs- und Nachsorgekonzept mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen und vor Baubeginn einzureichen. Details sind im Rahmen der Ausführungsplanung vorzunehmen.

Die voraussichtliche Lage des geplanten Umlagerungsbauwerkes wird daher nur nachrichtlich in den Lageplan (vgl. Anlage 5.5.1) aufgenommen.

8.11 Umgang mit kontaminiertem Grundwasser

Wie erläutert, sind im Grundwasser Blei, Kupfer, leichtflüchtige Aromaten nachgewiesen worden, die punktuell für Zink und die Polycylen die Maßnahmenschwellenwerte nach LAWA /19/ überschreiten.

Wird bei den Baumaßnahmen geruchlich auffälliges Grundwasser angetroffen, sind Grundwasseranalysen vorzunehmen. Je nach Höhe Schadstoffkonzentrationen muss nach Absprache mit der Wasserbehörde vor Einleitung in den Abwasserkanal eine Reinigung (z. B. Aktivkohleanlage) vorgenommen werden, ggf. kann auch ein direktes Einleiten (ohne vorherige Reinigung) in den öffentlichen Kanal erfolgen. Die erforderlichen Maßnahmen für eine Grundwasserhaltung in diesem Bereich sind im Rahmen des Sanierungsplanes nach §7 WHG festzulegen.

Ziel muss es sein, durch Einsatz entsprechender Bautechnik, den Zustrom an Grund- und Oberflächenwasser beim Antreffen von kontaminiertem Grundwasser so gering wie möglich zu halten.

9 Arbeitsschutz

Aufgrund der gemessenen Schadstoffgehalte in den Auffüllungen wird für den größten Teil der Bauarbeiten der obligatorische Arbeitsschutz, wie er auf Erdbaustellen gefordert wird, als ausreichend angesehen (z. B. Kopf- und Fußschutz).

Sollte es je nach Witterungslage zu Staubverwehungen kommen, sind entsprechende Maßnahmen zu ergreifen (Befeuchtung mit Wasserfahrzeugen, selbstaufnehmende Kehrmaschinen, Vorhalten und Einsatz von Staubmasken).

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit bei der Flächenherichtung kontaminierte Auffüllungen angetroffen werden. Hinsichtlich der Bodenbelastung dominieren die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe, die leichtflüchtigen Aromaten (BTEX), Mineralölkohlenwasserstoffe, sowie diverse Schwermetalle und Metalloide. Da es sich hierbei in der Regel um krebserzeugende Schadstoffe handelt, sind nach §9 der Gefahrstoffverordnung /34/ bei den Bauarbeiten spezielle Arbeitsschutzmaßnahmen vorzusehen.

Alle Arbeiten in kontaminierten Bereichen (auch im Bereich des Umlagerungsbauwerkes) sind nach den berufsgenossenschaftlichen Bestimmungen der BGR 128 /28/ und der TRGS 524 /35/ durchzuführen. Werden Arbeiten in kontaminierten Bereichen von mehreren Unternehmern (auch deren Subunternehmern) durchgeführt, hat der Auftraggeber einen Koordinator zu bestellen, der hinsichtlich des Arbeits- und Gesundheitsschutzes weisungsbefugt ist. Einzelheiten zum Arbeitsschutz regelt ein Arbeits- und Sicherheitsplan, der möglichst schon Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen ist. Laut Gefahrstoffverordnung /34/ hat der Auftragnehmer eine Gefährdungsbeurteilung vorzunehmen und eine tätigkeitsbezogene Betriebsanweisung zu erstellen (vgl. auch BGR 128) /28/ und seine Beschäftigten zu unterweisen. Der Koordinator und der Bauleiter des Unternehmens müssen über einen Sachkundenachweis nach BGR 128 /28/ bzw. TRGS 524 /35/ verfügen.

Die Arbeitsverfahren auf der Baustelle sind so zu gestalten, dass die Entstehung von gefährlichen Gasen, Dämpfen oder Stäuben vermieden, oder auf ein Mindestmaß verringert wird. Generell gilt, dass technische Einrichtungen zur Vermeidung des Kontaktes mit Schadstoffen Vorrang vor persönlichen Schutzmaßnahmen haben.

Es sind je nach Bauablauf entsprechende Schwarz-Weiß-Bereiche einzurichten. Die Anordnung der einzelnen Anlagen im Schwarz-Bereich muss den Erfordernissen des Baustellenablaufes angepasst werden und ist mit der Bauleitung und dem Koordinator und der Bauleitung anzustimmen.

Es ist sicherzustellen, dass eine Zwangsführung beim Betreten und Verlassen des Schwarz-Bereiches für Personen nur über den Schwarz-Weiß-Container und für Fahrzeuge und Baugeräte nur über einen Waschplatz erfolgt. Der Fahrzeug- und Gerätewaschplatz ist so zu ge-

stalten, dass er aus einer wasserundurchlässigen Bodenplatte mit einem Schlammfang besteht. Benutzte Waschflüssigkeit ist zu sammeln und zu entsorgen. Es wird empfohlen eine automatische Reifenwaschanlage zu installieren. Der Schwarz-Bereich ist einzuzäunen.

Wie bereits erläutert, ist aufgrund des Verdünnungseffektes beim Übertritt von Schadstoffen aus dem Boden an die Atemluft, nicht damit zu rechnen, dass arbeitsmedizinisch relevante Konzentrationen in der Atemluft auftreten. Im unmittelbaren Aushubbereich können jedoch Spitzenkonzentrationen auftreten. Aus Sicht des Arbeitsschutzes (technische Maßnahmen haben Vorrang vor persönlichem Arbeitsschutz) wird daher empfohlen die Baumaschinen, die in den kontaminierten Bereichen arbeiten, in denen leichtflüchtige Schadstoffe in die Atemluft entweichen können, mit einer Druckluftanlage auszustatten.

Generell ist eine messtechnische Erfassung von Gefahrstoffen in der Atemluft Vor-Ort über schnelle, mobile und direktanzeigende Messgeräte vorzunehmen. Es sind Multiwarngeräte zur Erfassung des Sauerstoff- (O_2), des Schwefelwasserstoff- (H_2S) und des Methangehaltes (CH_4) mit automatischer optischer und akustischer Warnanzeige einzusetzen. Des Weiteren sind die leichtflüchtigen organischen Verbindungen in der Atemluft mit kontinuierlich messenden Photoionisationsdetektoren (PID) die über einen optischen und akustischen Alarm verfügen und mit einem Datenspeicher versehen sind zu messen. Bei Erfordernis sind auch Einzelschadstoffmessungen (z. B. über Passiv- oder Aktivsammler) durchzuführen.

Für das Umkleiden und die sanitären Bedürfnisse der arbeitenden Personen, muss eine (ggf. mehrere) Schwarz-Weiß-Anlage nach BGR 128 /28/ eingerichtet werden. Diese besteht aus drei miteinander verbundenen Räumen (Basis z. B. ein 20-Fuß-Container). Generell ist die Größe der Schwarz-Weiß-Anlage an die Anzahl der im Schwarz-Bereich arbeitenden Personen anzupassen (siehe Arbeitsstättenverordnung). Der, dem sauberen Bereich zugewandte Teil (Weiß-Bereich) dient dem Ablegen, Aufbewahren und späteren Wiederanlegen der Straßenkleidung und ggf. auch als Aufenthaltsraum. Der Mittelteil (Grau- bzw. Sanitärbereich) enthält alle notwendigen sanitären Einrichtungen (Duschen, Waschbecken, Toiletten). Der Schwarz-Bereich schließt sich an den Sanitärbereich an und dient dem Anlegen und Ablegung der Arbeitskleidung. Hier befindet sich auch der Zugang zum kontaminierten Baubereich.

Unmittelbar vor dem Zugang zum Schwarz-Bereich des Schwarz-Weiß-Containers muss ein Stiefelwaschplatz platziert werden. Dieser dient der Vorreinigung der Arbeitskleidung (Stiefel auch ggf. der Schutzkleidung). Es darf kein kontaminiertes Material in den Schwarz-Bereich des Containers gelangen (z. B. über nicht gereinigte Schuhe). Ausreichende Telefonverbindungen müssen im Schwarz-Bereich vorhanden sein.

Generell müssen alle Personen, die sich im Schwarzbereich aufhalten, luftdurchlässige Einweg-Schutzanzüge, mit Kapuze (EG-Kategorie III) mit einer Schutzfunktion gegen Stäube,

Spritzer und Sprühnebel wasserlöslicher Chemikalien tragen. Es sind gebläseunterstützte Vollmasken oder Halbmasken mit A2-P2-Kombinationsfiltern oder auf Anweisung A3-P3-Kombinationsfilter zu verwenden. Tritt keine Staubeentwicklung auf kann auf Kombinationsfilter verzichtet werden. Die Tragzeitbegrenzungen sind zu beachten.

Alle Personen, die im Schwarz-Bereich tätig sind, sind arbeitsmedizinisch zu untersuchen. Dabei ist der ist der Arbeitsmedizinische Dienst (AMD) der Berufsgenossenschaft darüber zu informieren mit welchen Schadstoffen die Arbeitnehmer in Kontakt kommen.

Im Folgenden werden die arbeitsmedizinischen Grundsätze für die auftretenden Schadstoffe aufgeführt:

- G 4: Arbeitsstoffe, die Hautkrebs oder zur Krebsbildung neigende Hautveränderungen hervorrufen,
- G 8 Benzol,
- G 29 Benzolhomologe (Toluol, Xylole),
- G 40 Krebserzeugende Gefahrstoffe allgemein.
- G 26 Träger von Atemschutzgeräten und die Gerätefahrer in den Druckluftkabinen.

10 Zusammenfassung

Für die geplante Neunutzung der Fläche der ehemaligen Schachanlage Haus Aden 1/2 als "Wasserstadt Aden" wurde der in 2007 vorgelegte Sanierungsplan mit dem bautechnischen Aufbereitungskonzept hinsichtlich der neuen Planung überarbeitet.

Die Rahmenplanung sieht eine Nutzung mit Wohn- und Gewerbeflächen sowie Freizeitanlagen und einer Seefläche vor.

Die zwischen November 2006 und Frühjahr 2007 durchgeführten Bodenuntersuchungen wurden zusammen mit bereits vorliegenden Ergebnissen hinsichtlich der geplanten Neunutzung der Fläche bewertet. Hierzu kann zusammenfassend Folgendes festgehalten werden:

- Die Geländehöhen im Untersuchungsgebiet schwanken zwischen +59 mNN im Norden und +50 mNN im Süden. An der 1,7 km langen Nordseite des 54 ha großen Untersuchungsgebietes verläuft der Datteln-Hamm-Kanal mit einer konstanten Wasserspiegellhöhe von +56,5 mNN.
- Im Untersuchungsgebiet stehen flächendeckend standorttypische Auffüllungen in Mächtigkeiten bis zu 12 m an (Basis zwischen +46 mNN und +51 mNN). Die Anschüttungen bestehen überwiegend aus Bergematerial, Gleisschotter, Kohlenresten, Bauschutt (Ziegel, Beton), Schlacken, Schlamm mit organischen Bestandteilen und umgelagerten Böden. Die Auffüllungsmächtigkeiten nehmen von Norden nach Süden hin ab.
- Die Auffüllungen werden von nicht bindigen Lippe-Sedimenten und bindigen Ablagerungen unterlagert. In rund 15 m Teufe stehen die halbfestgesteinsartigen Kreideschichten an (Emscher-Mergel). Der angetroffene Baugrundaufbau ist zusammen mit den markanten Planungsvorgaben in sieben schematischen Baugrundschnitten (Nord-Süd-Schnitte) in Anlage 6 dargestellt.
- Im Untergrund sind umfangreiche und tiefreichende Fundamente aus der Altbebauung vorhanden, deren Lage anhand der vorhandenen Katasterpläne weitestgehend rekonstruierbar ist. Details sind dem Lageplan in Anlage 9.4 zu entnehmen.
- Porengrundwasser wurde im Untersuchungsgebiet überwiegend an der Basis der Auffüllung am Übergang zu den natürlich anstehenden Böden in Tiefenlagen von +49 mNN bis +51 mNN angetroffen. Lokal - insbesondere im nordwestlichen Flächenbereich - wurden auch Stauwasserbereiche über stärker bindigen Auffüllungsbereichen angetroffen bei etwa +51 mNN bis +56 mNN angetroffen. Das in den Kreidemergeln ausgebildete Kluftgrundwasser ist bautechnisch nicht von Bedeutung.
- Die Auffüllungen sind zum Teil mit polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), leichtflüchtigen Aromaten (BTEX), Mineralölkohlenwasserstoffen, Chrom, Cadmi-

um und Arsen belastet. Die maximal gemessenen Gehalte liegen bei 10.300 mg/kg PAK-EPA, 8,3 mg/kg BTEX, 3.100 mg/kg Mineralölkohlenwasserstoffe, 1.040 mg/kg Chrom, 62 mg/kg Cadmium und 168 mg/kg Arsen. Der im Liegenden anstehende natürliche Boden zeigte nur in einem geringen Tiefenbereich einer Sondierung einen erhöhten PAK-Gehalt. Im Eluat wurden auffällige Konzentrationen in den Auffüllungen an Arsen (23 mg/l), Cyaniden (100 mg/l) und PAK-EPA (max. 3,62 mg/l) nachgewiesen.

- Die Mehrzahl der untersuchten Bodenproben hält die Prüfwerte der BBodSchV für Wohnen ein.
- Im Klufftgrundwasser wurden an jeweils einer Messstelle Polycylen und Zink in Konzentrationen nachgewiesen, die die LAWA Maßnahmenswellenwerte überschreiten.

Die bodenchemischen Qualitäten der wieder einzubauenden, sowie der extern zuzuliefernden Böden/Auffüllungen orientieren sich tiefengestaffelt an den Folgenutzungen (Gewerbe, Wohnen, privates und öffentliches Grün) und wurden mit der zuständigen Umweltbehörde vorabgestimmt.

Die auf der Fläche im Rahmen der umfangreichen Massenbewegungen zur Baufeldherrichtung und -profilierung anfallenden Böden und Auffüllungen können wiederverwertet werden, solange die internen Sanierungszielwerte eingehalten werden. Werden die Sanierungszielwerte für „Gewerbe“ überschritten, kann das anfallende Aushubmaterial auf der Fläche nicht wiederverwertet werden. Für diese Böden ist daher im Südwesten der Fläche ein Umlagerungsbauwerk vorgesehen. Derzeit wird geschätzt, dass ca. 27.000 m³ an Material (> Sanierungszielwerte Gewerbe) anfallen werden. Das Umlagerungsbauwerk könnte laut derzeitigem Planungsstand bis zu 80.000 m³ an belasteten Böden aus den flächeninternen Aushubmaßnahmen aufnehmen.

Belastete Böden und Auffüllungen, die unter der, für die geotechnische Flächenaufbereitung erforderlichen Aushubebene liegen, können überwiegend im Untergrund verbleiben. Entsprechende Bereiche in denen oberflächennahe Belastungen herausgenommen werden sind in den Lageplänen (Anlage 5.6.1, 5.6.2) gekennzeichnet.

Belastungen im Bereich der Aushubebene sind näher zu untersuchen.

Hinsichtlich des Bodenmanagements haben die Massenermittlungen mit einem dreidimensionalen digitalen Geländemodell ergeben, dass zur Realisierung der derzeitigen Planung insgesamt 245.000 m³ Aushubvolumen und 1,35 Mio. m³ Auftragsvolumen anfallen werden. Dabei besteht ein Massendefizit von ca. 1,0 Mio. m³ an Füllböden sowie ca. 59.000 m³ an vegetationsfähigen Böden, die extern zugeliefert werden müssen. Insgesamt können ca. 218.000 m³ Aushub, der von der Fläche selbst stammt, für den Wiedereinbau verwendet.

Die geotechnische Aufbereitung der Fläche ist von der zukünftigen Geländehöhe (Auftrag oder Abtrag) und der geplanten Nutzung abhängig, so dass eine diesbezügliche Differenzierung vorgenommen wird.

Das Gründungsniveau der geplanten Bauwerke für die Wohn- und Gewerbenutzung sowie den Adensee (Sohldichtung) liegt innerhalb der anstehenden Anschüttungen, die ohne weitere Zusatzmaßnahmen jedoch nicht bebauungsfähig sind. Als wirtschaftlich-technisch optimales Verfahren eignet sich eine Bodenverdichtung, um die Festigkeit der anstehenden Auffüllungen bzw. der oberen Sedimentablagerungen zu erhöhen. Hierbei sind die unterschiedlichen geotechnischen Randbedingungen in Auftrags- und Abtragsbereichen zu berücksichtigen:

- Die nicht lastabtragenden Flächenbereiche (Frei- und Grünflächen) sowie alle Bereiche, die gemäß Planung aufgeschüttet werden müssen (Auftragsbereiche), können mit einer statischen Verdichtung mittels schwerem Walzengerät ausreichend nachgebessert werden.
- In den geplanten Baufeldern (Wohnen, Verkehr, Wasser), die innerhalb von Abtragsbereichen liegen, wird eine tiefreichende Nachverdichtung (z.B. "Fallplatte") empfohlen, um das Setzungspotenzial der Auffüllung im gründungsrelevanten Teufenbereich zu reduzieren und das Bettungsverhalten zu homogenisieren. Zur Planung der Verdichtungsraster und Schutzabstände zu Bestandsbauwerken werden Probeverdichtungsfelder erforderlich.
- Unterhalb des Gründungsniveaus in lastabtragenden Bereichen von Bauwerken, Straßen sowie Wasserflächen (Aden-See) ist ein mindestens 1 m mächtiger, ausreichend tragfähiger, aber auch ein bodenchemisch unbedenklicher Untergrund herzustellen.
- In den Baufeldern ist ein Mindestabstand von 2 m in der Vertikalen zwischen dem Fundamentniveau und Resten alter Baulichkeiten sicher zu stellen, um bauwerksschädliche ungleichförmige Bettungsreaktionen zu minimieren.
- In Bereichen mit erhöhten Bodenaufträgen kann die nachfolgende Bebauung erst durchgeführt werden, wenn die zeitlich nachlaufenden Konsolidierungssetzungen des tieferen Untergrundes abgeschlossen sind.
- Im Bereich der Wasserstraße sind Abstandsmaße der Gebäude zu den Rückverankerungen einzuhalten, um Beeinflussung auszuschließen.
- Die Grabenrückverfüllungen der Erschließungsleitungen sind mehrfach mit Dichtriegeln zu unterbrechen, um im Falle einer Spundwandundichtigkeit die konzentrierte Durchströmung auszuschließen (Konstruktive Vorsorgemaßnahme).

Für Sonderbauwerke, die nicht den für das Herrichtungskonzept zugrunde gelegten, nicht unterkellerten, zwei bis dreigeschossigen Geschossbauten entsprechen, ist ggfs. ein abwei-

chendes Gründungskonzept z.B. unter Berücksichtigung von Tiefgründungselementen wie Bohrpfählen umzusetzen. Hierzu werden die zu berücksichtigenden Randbedingungen benannt.

Aufgrund der vorzunehmenden flächigen Anschüttungen werden - bedingt durch die neue Geländetopographie - unter der Aushubebene großflächig heterogene Auffüllungen und Fundamente sowie belastete Böden aus der Vornutzung verbleiben.

Die in Kapitel 5.4 aufgeführten geotechnischen Hinweise zur Errichtung der Spundwandumschließung des Adensees berücksichtigen auch Aspekte der bauzeitlichen Wasserhaltung, die jedoch nur lokal auszuführen sein wird.

Die Druckrohrleitungen des Lippeverbandes im Nordwesten der Fläche sowie die Ufereinfassung des Datteln-Hamm-Kanals aus Spundwänden sollen weitgehend erhalten bleiben. Während die Druckrohrleitungen aufgrund der Planung abschnittsweise verlegt werden müssen, sollen die Spundwände gekürzt werden. Die Qualität bzw. Standsicherheit dieser Bestandsanlagen sind noch nachzuweisen.

Lünen, den 23.04.2015

TABERG Ingenieure GmbH

Dr. M. Kurtenacker

Dr.-Ing. Ch. Loreck

i. A. Dipl.-Ing. A. Göceri