



Hafen Egbert Constantin in Gartrop Bericht zur Baugrunderkundung

Projekt-Nr.: 65473

Bericht-Nr.: 6c

Erstellt im Auftrag von:

Hülskens Wasserbau GmbH Co. KG
Maaßenstr. 5
46483 Wesel

Dipl.-Geol. Simon Schmidt
Dipl.-Ing. Ulrich Klos
Dipl.-Ing. Michael Thalhoffer

Bochum, 2013-03-20

INHALTSVERZEICHNIS	SEITE
ZUSAMMENFASSUNG	5
1 VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG	5
2 UNTERLAGEN	6
3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	6
4 ERGEBNISSE	8
4.1 Geologischer Überblick	8
4.2 Hydrogeologischer Überblick	8
4.3 Erbohrte Schichtenfolge	10
4.4 Hydrogeologische Verhältnisse im Planungsgebiet	11
4.5 Grundwasserfließgeschehen	11
4.6 Bodenmechanische Untersuchungen	12
4.6.1 Kornverteilung	13
4.6.2 Konsistenzgrenzen, natürliche Wassergehalte	14
4.6.3 Kalkgehalt, organische Bestandteile	14
4.6.4 Festigkeitseigenschaften	15
4.7 Chemische Untersuchungen	16
4.7.1 Bohrsondierungen BS 5 bis BS 10	16
4.7.2 Kleinrammbohrungen KRB1 bis KRB3	18
5 AUFTRIEBSSICHERHEIT	21

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite	
Abbildung 1.1	Stichhafen Sondernutzungsgebiet Hafen (Stand 12/2011)	5
Abbildung 4.1	Kornverteilungskurven Lintforter Schichten im Bereich Hafenbeckensohle	13

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite	
Tabelle 3-1	Mischprobenbildung für die Untersuchungen gemäß DepV Reku-Boden (Untersuchungen durch Labor UCL)	7
Tabelle 3-2	Mischprobenbildung für die Untersuchungen gemäß LAGA (Untersuchungen durch Labor Wessling)	7
Tabelle 3-3	Einzelprobenbildung für die Untersuchungen gemäß LAGA (Untersuchungen durch Labor Biomar)	8
Tabelle 4-1	Hydrogeologische Charakterisierung der erbohrten Schichten	11
Tabelle 4-2	Korngrößenverteilungen	13
Tabelle 4-3	Plastische Eigenschaften	14
Tabelle 4-4	Kalkgehalt und organische Bestandteile	14
Tabelle 4-5	Reibungswinkel und Kohäsion	15
Tabelle 4-6	Steifezahl [U10]	15
Tabelle 4-7	Untersuchungsergebnisse Mischproben BS5 bis BS10	16
Tabelle 4-8	Untersuchungsergebnisse Einzelproben KRB1 bis KRB3	18

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1 LAGEPLÄNE

Anlage 1.1	Übersichtslageplan	1: 25:000
Anlage 1.2	Lageplan geplantes Hafenbecken mit Sondierbohrungen	1:1.000
Anlage 1.3	Ausschnitt Geologische Übersichtskarte	1:100.000

Anlage 2 Schichtenverzeichnisse, Säulenprofile und Ausbaupläne

Anlage 2.1	Grundwassermessstelle GWMS1
Anlage 2.2	Grundwassermessstelle GWMS2
Anlage 2.3	Grundwassermessstelle GWMS3
Anlage 2.4	Grundwassermessstelle GWMS4
Anlage 2.5	Grundwassermessstelle KB 104
Anlage 2.6	Grundwassermessstelle T 104
Anlage 2.7	Bohrsondierung BS 5
Anlage 2.8	Bohrsondierung BS 6
Anlage 2.9	Bohrsondierung BS 7
Anlage 2.10	Bohrsondierung BS 8
Anlage 2.11	Bohrsondierung BS 9
Anlage 2.12	Bohrsondierung BS 10
Anlage 2.13	Kleinrammbohrung KRB 1
Anlage 2.14	Kleinrammbohrung KRB 2
Anlage 2.15	Kleinrammbohrung KRB 3

Anlage 3 Schnitte mit Sondierprofilen

Anlage 3.1	Schnitt A-A
Anlage 3.2	Schnitt B-B

Anlage 4 Zusammenfassung bodenmechanischer Versuche

Anlage 4.1	Geotechnische Ergebnisse
------------	--------------------------

Anlage 5 Bodenmechanische Laborversuche

Anlage 5.1	Korngrößenverteilung
Anlage 5.2	Konsistenzgrenzen, natürliche Wassergehalte
Anlage 5.3	Kalkgehalte,
Anlage 5.4	Glühverlust (organische Bestandteile)

Anlage 6 Chemische Untersuchungen

Anlage 6.1	Untersuchungsergebnisse MP01 bis MP02 gemäß DepV (Reku-Boden)
Anlage 6.2	Untersuchungsergebnisse MP01 _w Schwermetalle
Anlage 6.3	Untersuchungsergebnisse MP02 _w nach LAGA Boden
Anlage 6.4	Untersuchungsergebnisse Mischproben aus KRB1 bis KRB3 nach LAGA Boden

Anlage 7 Bodenmechanische Berechnungen

Anlage 7.1	Nachweis der Auftriebssicherheit
------------	----------------------------------

ZUSAMMENFASSUNG

Für den geplanten Hafen der Hermann Nottenkämper oHG am Wesel-Datteln-Kanal in Hünxegartrop wurde eine Baugrunderkundung durchgeführt, um die bautechnischen Eigenschaften für die geotechnische Gründung der Spundwand als Ufereinfassung des Hafenbeckens beschreiben zu können. Dazu wurden mehrere Bohrungen abgeteuft und anhand der gewonnenen Materialproben bodenmechanische und chemische Laboruntersuchungen durchgeführt. Die bautechnischen Eigenschaften wurden ergänzt um Ergebnisse von Untersuchungen der benachbarten Tongruben „Windbruch“ und „Hüttermann“ der Fa. Nottenkämper.

1 VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG

Die Hermann Nottenkämper oHG plant eine eigene Hafenanlage im Gartroper Busch einzurichten, um Transportvorgänge auf dem Wasserwege abzuwickeln. Das in Planung befindliche Hafenbecken soll unmittelbar am Südufer des Wesel-Datteln-Kanals, ca. 2,8 km westlich der Ortschaft Gahlen angeordnet werden (s. Anlage 1.1).



Abbildung 1.1 Stichhafen Sondernutzungsgebiet Hafen (Stand 12/2011)

Zur Klärung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Planungsgebiet wurde die CDM Consult GmbH, Bochum, mit der Durchführung entsprechender Untersuchungen beauftragt. Die Ergebnisse werden hiermit vorgelegt.

2 UNTERLAGEN

- [U1] CDM Consult GmbH (02/2011): Hafen Egbert Constantin in Gartrop, Zusammenstellung Geotechnische Untersuchungen und Massenabschätzung, Projekt-Nr.: 65473, Bericht –Nr. 4, Entwurfsfassung; Bochum, 2011-02-18
- [U2] Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100.000, Blatt C 4306 Recklinghausen, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld, 1987
- [U3] Hydrologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25.000, Blatt 4307 Dorsten, Landesanstalt für Wasser und Abfall NRW, 1976
- [U4] CDM Consult GmbH (07/2010): Antragsfläche Deponie Eichenalle, Hydrogeologisches Gutachten, Geologische und hydrogeologische Standortverhältnisse, Projekt-Nr. 74644, Bericht Nr. 01; Bochum, 2011-12-22
- [U5] Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg, Karlsruhe, Illmenau: „Richtlinien für die Prüfung von mineralischen Weichdichtungen im Verkehrswasserbau (RPW)“
- [U6] CDM Consult GmbH (05/09): Eignungsprüfung Grube Hüttermann - 4. Abbaubereich, Ergänzung
- [U7] CDM Consult GmbH (11/04): Eignungsprüfung Grube Hüttermann - 3. Abbaubereich
- [U8] CDM Consult GmbH (05/08): Eignungsprüfung Grube Hüttermann - 4. Abbaubereich
- [U9] CDM Jessberger GmbH (06/03): Grundsatzuntersuchungen an Tonproben der Grube Hüttermann hinsichtlich der Eignung für die Herstellung mineralischer Abdichtungssysteme
- [U10] CDM Consult GmbH (01/02): Grundsatzuntersuchungen an Tonproben der Grube Windbruch hinsichtlich der Eignung für die Herstellung mineralischer Abdichtungssysteme
- [U11] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) Vom 27. April 2009 (BGBl. I Nr. 22, S. 900) zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 17. Oktober 2011 (BGBl. I Nr. 52, S. 2066) in Kraft getreten am 1. Dezember 2011

3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Zur Erkundung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse wurden in einem ersten Schritt vier Bohrungen im nahen Umfeld des geplanten Hafensbereichs durchgeführt. Weiterhin ist eine Doppelmessstelle KB 104/T104 in unmittelbarer Nähe zum zukünftigen Hafenbecken eingerichtet worden.

Die Lage der Bohransatzpunkte ist der Anlage 1.2 zu entnehmen.

Sämtliche Feldarbeiten wurden durch die CDM fachtechnisch begleitet. Im Rahmen dieser Überwachungstätigkeit wurde das geförderte Bohrgut geologisch angesprochen. Weiterhin wurden die Ausbaudaten der Bohrungen zu Grundwassermessstellen festgelegt (Lage der Filterstrecken, Tonsperren etc.)

Die Schichtenverzeichnisse, Säulenprofile und Ausbaudaten sind der Anlage 2.1 bis Anlage 2.6 zu entnehmen. Zusätzlich sind die Ergebnisse als Schnitte (s. Anlage 3.1 und Anlage 3.2) auf NHN bezogen dargestellt.

Aus den im Jahr 2009 hergestellten Bohrsondierungen BS 5 bis BS 10 (Lage Bohransatzpunkte s. Anlage 1.2, Säulenprofile s. Anlage 2.7 bis 2.12) wurden 2 Mischproben gemäß Tabelle 3-1 gebildet, die nach den Parametern der Deponieverordnung untersucht wurden.

Tabelle 3-1 Mischprobenbildung für die Untersuchungen gemäß DepV Reku-Boden (Untersuchungen durch Labor UCL)

MP	BS	Proben-Nr.	ET [m]	Bodenart	Bemerkungen
01	BS 5	2, 3, 4	0,1 - 3,2	A (Sand)	Bauschuttreste
	BS 7	1, 2, 3, 4	0,0 - 2,3	A (Sand, Schluff)	
02	BS 5	5, 6, 7, 8, 9, 10	3,2 - 7,1	U (gew. B)	
	BS 8	9	5,4 - 7,0	U (gew. B)	

Durch das Chemische Labor Wessling wurden gemäß Tabelle 3-2 zwei weitere Untersuchungen durchgeführt. Hierzu wurde aus den Sondierungen BS 6 und BS 7 eine Mischprobe MP 01_w gebildet und diese auf Schwermetalle und den Parameter PAK im Feststoff nach Tabelle II.1.2-2 der LAGA untersucht. Eine weitere Mischprobe MP02_w wurde auf die Parameter im Feststoff nach Tabelle II.1.2-2 und im Eluat nach Tabelle II.1.2-3 der LAGA untersucht.

Tabelle 3-2 Mischprobenbildung für die Untersuchungen gemäß LAGA (Untersuchungen durch Labor Wessling)

MP	BS	Proben-Nr.	ET [m]	Bodenart	Bemerkungen
01 _w	BS 6	2, 3, 4, 5, 6	0,1 - 3,6	A (Sand)	Ziegelbruch
	BS 7	1, 2, 3, 4	0,0 - 2,3	A (Sand, Schluff)	
02 _w	BS 6	7, 8	3,6 - 5,1	T (gew. B)	
	BS 7	5, 6, 7, 8, 9,	2,3 - 7,2	S (gew. B)	

Im Jahr 2012 wurden drei weitere Kleinrammbohrungen KRB 1 bis KRB 3 (Säulenprofile s. Anlage 2.13 bis 2.15) ausgeführt, aus denen ergänzend sechs Einzelproben gemäß Tabelle 3-3 auf die Parameter nach Tabelle II.1.2-2 und II.1.2-3 der LAGA durch das Labor Biomar untersucht wurden. Die Lage der Kleinrammbohrungen im geplanten Hafenbereich ist Anlage 1.2 zu entnehmen.

Tabelle 3-3 Einzelprobenbildung für die Untersuchungen gemäß LAGA (Untersuchungen durch Labor Biomar)

MP	KRB	Proben-Nr.	ET [m]	Bodenart	Bemerkungen
KRB 1	KRB 1	2	0,3 - 1,8	A (Sand)	
KRB 1	KRB 1	4	2,7 - 3,7	U (gew. B.)	
KRB 2 ₄	KRB 2	4	2,0 - 3,0	A (Sand)	
KRB 2 ₈	KRB 2	8	6,2 – 7,2	A (Sand)	Schichtwechsel zwischen Auffüllung und gew. Boden unklar
KRB 3 ₄	KRB 3	4	2,2 - 3,2	A (Sand)	
KRB 3 ₆	KRB 3	6	4,2 - 5,2	U(gew. B)	

Alle chemischen Untersuchungsergebnisse sind in der Anlage 6 beigefügt.

4 ERGEBNISSE

4.1 Geologischer Überblick

Das Planungsgebiet liegt im südlichen Bereich des Münsterländer Kreidebeckens. Im Plangebiet stehen nach der Geologischen Karte C4310 Blatt Recklinghausen [U2] im tieferen Untergrund kreidezeitliche Tonmergelsteine und Sandmergel der Bottroper und Recklinghäuser Mergel an.

Diese gefalteten kreidezeitlichen Sedimente werden diskordant von tertiären Tonen und Schluffen der Rupelstufe, den Lintforter und Ratinger Schichten sowie den Walsumer Meeressanden überlagert. Geringmächtige quartäre Geschiebelehme mit örtlichen Flugsandeinlagerungen überlagern die tertiären Schichten.

Nach Ablagerung der tertiären Sedimente wurde das Gebirge tektonisch beansprucht, woraus eine Zergliederung der Sedimente in Schollen erfolgte.

4.2 Hydrogeologischer Überblick

Im Bereich des Plangebietes werden die hydrogeologischen Verhältnisse durch den Hauptvorfluter Lippe geprägt. Die Lippe verläuft nördlich des Plangebietes in einer Entfernung von ca. 500 m und fließt in westliche Richtung zum Rhein.

Das Plangebiet wird von dem in etwa 750 m Entfernung westlich verlaufenden Gartroper Mühlenbach entwässert. Der Gartroper Mühlenbach fließt in nördliche Richtung und entwässert in die Lippe. Östlich des Plangebietes verläuft in einer Entfernung von etwa 1.000 m der Steinbach, der

ebenfalls in nördliche Richtung in die Lippe entwässert. Beide lokalen Vorfluter werden durch ein Grabensystem mit Oberflächenwasser gespeist.

Des Weiteren verläuft unmittelbar nördlich des Plangebietes der Wesel-Datteln-Kanal, dessen Kanalsohle als technisches Bauwerk in den Tonen der Lintforter Schichten ausgebaut ist, und somit keine hydraulische Funktion als Vorfluter hat.

Der Hauptgrundwasserleiter wird im Planungsgebiet von den Walsumer Meeressanden gebildet (2. Grundwasserstockwerk). Gemäß [U3] werden die Walsumer Meeressande (Mehlsande, Feinsande) als „wenig ergiebiger Grundwasserleiter“ charakterisiert. Die Walsumer Meeressande entwässern in nördliche Richtung zur Lippe und streichen in der Lippeauflage aus.

Der Walsumer Meeressand liegt als gespannter Grundwasserleiter vor. Die Druckhöhen im Bereich des Planungsgebietes wurden bei ca. 10 m bis 11 m unter Geländeoberkante ermittelt.

In der hydrologischen Karte sind nördlich der Lippe die artesischen Quellen von Gahlen verzeichnet, die von den Walsumer Meeressanden gespeist werden. In diesem Bereich ist die Drückhöhe höher als die Geländehöhe, so dass Wasser austreten kann.

Oberhalb der Walsumer Meeressande stehen die Ratinger Tone an, die als schluffige, feinsandige Tone zu bewerten sind. Die Ratinger Tone sind als Grundwassernichtleiter zu interpretieren und trennen die Walsumer Meeressande vom auflagernden Gebirge ab.

Im Hangenden der Ratinger Tone folgen die Lintforter Schichten, die im Wesentlichen als Tone mit schluffig bis sandigen Nebengemengteilen bzw. als tonig, sandige Schluffe zu bezeichnen sind. Nach den durchgeführten Untersuchungen im Zusammenhang mit der Planungen der Deponie/Austonung Eichenallee [U4] wurden zudem innerhalb dieser Sedimentfolge tonige, schluffige Feinsandlagen festgestellt, die eine erhöhte Wasserführung aufweisen. Diese wasserführenden, nicht horizontbeständigen Schichten wurden in Mächtigkeiten von 0 m und 8 m ermittelt. Die Fließrichtung ist südwestlich gerichtet.

Grundwasserverhältnisse

Nach Ausbau der Bohrungen zu Grundwassermessstellen wurden mehrere Stichtagsmessungen der Druckspiegel an allen zugänglichen Grundwassermessstellen incl. der Bestandsmessstellen eingemessen.

Die Auswertung der Grundwasserstandsmessungen wird in Kap. 4.5 vorgenommen.

4.3 Erbohrte Schichtenfolge

Quartär

Unterhalb einer geringmächtigen Mutterbodenschicht folgen im Wesentlichen Anschüttungen in Form von schluffigen Sanden und tonig, feinsandigen Schluffen. Diese Böden wurden im Rahmen der Herstellung des Wesel-Datteln-Kanals aufgespült. Die Mächtigkeit dieser schluffigen Anschüttungen variiert von etwa 3 m bis 5 m. Der Übergang zu geogenen Schichten wird teilweise durch eine bis 0,4 m mächtige Torfschicht markiert, die als ehemalige Geländeoberfläche (vor Aufbringen der aufgespülten Schluffe) zu bewerten ist.

Im Bereich der Fahrstraßen wurden Bauschutt und Kalksteinschotter detektiert, die in Steinfraktion erbohrt wurden. Die Mächtigkeit wurde mit max. 3,4 m (B 3 GWMS) ermittelt.

Unterhalb der Anschüttungen bzw. der Mutterbodenschicht an der Oberfläche folgen bereichsweise (BS 7, B 1 GWMS) quartäre Sedimente in Form von ockerbraunen Mittelsanden oder hellbraunen bis ockerbraunen stark sandigen Schluffen (Lehm). In diesen Schichten war ein Grundwasserzufluss zu beobachten. Die Mächtigkeit variiert zwischen etwa 2 m bis 5 m.

Die Gesamtmächtigkeit der quartären Schichtenfolge einschließlich Anschüttungen wurde mit 7,3 m (B4 GWMS) festgestellt.

Tertiär

Mit den Bohrungen wurden bis etwa 22 m u. GOK eine Abfolge sandigen, schluffigen Tones erbohrt, die am Hangenden zudem schwach kiesige Beimengungen (Geschiebe) aufweisen.

Abweichend davon wurden in der B 2 GWMS in der Teufe von 9,8 m bis 12,9 m und der KB 104 in den Teufen von 14,9 m bis 16,4 m und 18,6 m bis 23,0 m tonige, sandige Schluffe erbohrt.

Unterhalb der vorgenannten Schichten folgen ab ca. 22 m u. GOK graue schluffige, feinsandige Tone. Zur Teufe folgen dann wiederum Tone, die schwach bis stark feinsandige Fraktionen aufweisen. Untergeordnet treten Schluffe mit feinsandigen und tonigen Beimengungen auf. Die vorgenannte Schichtfolge mit einer erbohrten Mächtigkeit von 34,3 m ist den Lintforter Schichten zuzuordnen.

Ab 42 m u. GOK wurden hellgraue „fette“ Tone erbohrt, die auf Grund der Kornzusammensetzung, Habitus und Färbung als Ratinger Tone anzusprechen sind. Die erbohrte Mächtigkeit wurde mit 8,1 m ermittelt.

Unterhalb bis zur maximalen Bohrtiefe von 53 m folgen schwach schluffige bis schluffige, mittelsandige Feinsande (Walsumer Meeressande), die eine dunkelbraune Färbung aufweisen.

4.4 Hydrogeologische Verhältnisse im Planungsgebiet

Basierend auf den Bohrerergebnissen (s. Anlage 2) sowie den Ergebnissen der Labor- und Feldversuche [U1] und insbesondere unter Berücksichtigung der detaillierten Untersuchungsergebnisse aus [U4] werden die anstehenden Schichten wie folgt (s. Tab. 4-1) charakterisiert.

Tabelle 4-1 Hydrogeologische Charakterisierung der erbohrten Schichten

Geologische Einheit		Boden-/Felsart	Mächtigkeit (m)	Hydrogeologische Charakterisierung
Auffüllung	Aushub des Ausbaus des Wesel-Datteln-Kanal (ehemals tertiäre Böden)		Ca. 3 - 5	
Quartär	Schmelzwassersande Geschiebelehm	fS-mS, u, fg' und U, t-t', s-s', g'	Ca. 3,0 bis 5,0 Ca. 2,0 bis 5,0	Gw-Leiter/ Gw-Geringleiter
Tertiär	Lintforter Schichten	Wechsellagerung T, u, fs' bis fs" und U, t, fs' bis fs"	Ca. 34,0	Gw-Geringleiter
	Ratinger Schichten	T, u, fs'	Ca. 8,0	Gw-Nichtleiter
	Walsumer Meeressande	fS, ms, u'	Ca. 15,0 *)	Gw-Leiter

*) [U4]

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus [U4] werden die Durchlässigkeitsbeiwerte für die erbohrten Schichten wie folgt abgeschätzt:

Quartär

Schmelzwassersand $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s
 Geschiebelehm $k_f = 1 \cdot 10^{-10}$ m/s

Tertiär

Lintforter Schichten $k_f = 1 \cdot 10^{-8}$ m/s (horizontal) bis $1 \cdot 10^{-10}$ m/s (vertikal)
 Ratinger Tone $k_f = 1 \cdot 10^{-11}$ bis $1 \cdot 10^{-12}$ m/s
 Walsumer Meeressande $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s

4.5 Grundwasserfließgeschehen

Nach den Angaben der Hydrologischen Karte NRW, Blatt Dorsten [U3], ist im Planungsgebiet mit einem Grundwasserstand von ca. 3 m unter Geländeoberkante (GOK) im 1. Grundwasserstockwerk zu rechnen. Die generelle Grundwasserfließrichtung entspricht der Morphologie und ist in Richtung Vorfluter (Gartroper Mühlenbach, Steinbach) gerichtet. Die Einzugsgebiete der Grundwasserneubildung sind daher entsprechend kleinräumig begrenzt.

Quartär

Gemäß den durchgeführten Erkundungen ist davon auszugehen, dass im Planungsgebiet ein vergleichsweise inhomogener Grundwasserleiter (Schmelzwassersand/Geschiebelehm), das I. Grundwasserstockwerk ansteht. Die Grundwasser erfüllte Mächtigkeit ist mit max. 3 m anzusetzen. Mit dem Bau des Hafens werden diese Vorkommen nicht mehr vorhanden sein.

Unter Berücksichtigung der morphologischen Verhältnisse wird das Grundwasser den im Westen (Steinbach) und Südosten (Gartroper Mühlenbach) angeordneten Vorflutern zugehen.

Tertiär

Das „Zwischenstockwerk“ in den Lintforter Schichten weist im Planungsgebiet einen Druckspiegel auf, der (entspannte) Flurabstand beträgt ca. 10,5 m. Die horizontale hydraulische Leitfähigkeit [U4] wurde anhand von Feldversuchen mit $4,4 \cdot 10^{-8}$ m/s bis $8,3 \cdot 10^{-8}$ m/s ermittelt, wonach die Abfolge als schwach durchlässig zu bewerten ist.

Das 2. Grundwasserstockwerk wird von den Walsumer Meeressanden gebildet. Der unterhalb der tonigen Schichten vorhandene Grundwasserleiter der Walsumer Meeressande weist ebenfalls einen gespannten Wasserspiegel mit einem Flurabstand des entspannten Wasserspiegels von ca. 11,5 m auf.

Unter Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse aus [U4] und den in der Grundwassermessstelle KB 104 gemessenen Grundwasserständen ist für das Planungsgebiet von einer nordwestlich bis nördlich gerichteten Grundwasserfließrichtung auszugehen.

4.6 Bodenmechanische Untersuchungen

Die Ergebnisse der Sondierbohrungen der Erstellung der Grundwassermessstellen sind in der Anlage 2.1 bis 2.4 beigefügt. Die Anlage 2.5 und Anlage 2.6 zeigen die Bohrprofile der Grundwassermessstellen KB 104 und T104. Alle Ergebnisse sind zusammenfassend in den Schnitten A-A und B-B (Anlage 3.1, Anlage 3.2) auf NHN bezogen dargestellt.

Geotechnische Untersuchungen wurden an den tonigen Horizonten durchgeführt. Die überlagernden Bodenhorizonte bestehen aus den Ablagerungsmassen des Spülfeldes sowie aus sandigem Schluff, in dem teilweise noch ehemaliger Mutterboden festgestellt wurde. Diese werden für die Herstellung des Hafenbeckens abgeräumt. Die folgenden Beschreibungen beziehen sich daher auf die anschließend anstehenden Böden.

4.6.1 Kornverteilung

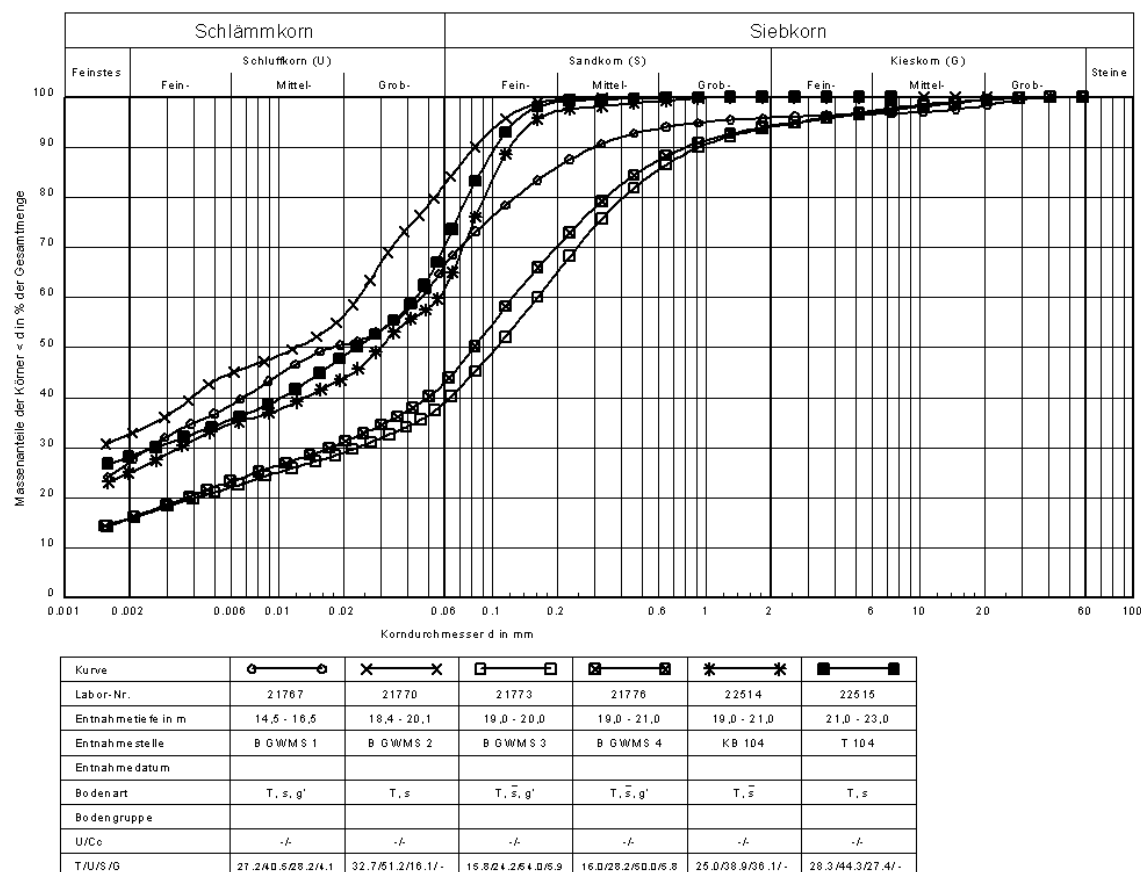
Kornverteilungen wurden ausschließlich aus dem tonigen Horizont der Lintforter Schichten bestimmt.

Zur Feststellung der bautechnischen Eigenschaften des vorhandenen Materials im Bereich der Beckensohle (ca. 24 m NHN) wurden die Ergebnisse der geotechnischen Untersuchung separat statistisch ausgewertet:

Tabelle 4-2 Korngrößenverteilungen

	Feinstes (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)
Anzahl	6	6	6	6
Minimalwert	15,8	24,2	16,1	0,0
Mittelwert	24,2	37,9	35,3	2,7
Maximalwert	32,7	51,2	54,0	6,0
Spannweite	16,9	27,0	37,9	6,0
Standardabweichung [-]	6,3	9,2	13,2	2,7
Variationskoeffizient [%]	26	24	37	103

Abbildung 4.1 Kornverteilungskurven Lintforter Schichten im Bereich Hafenbeckensohle



Die Böden sind als sandige bis stark sandige, teils leicht kiesige Tone anzusprechen.

65473

gu20130320_Baugrund Hafen Gartrop aktualisiert.doc

4.6.2 Konsistenzgrenzen, natürliche Wassergehalte

Die Konsistenzgrenzen der untersuchten Proben aus dem Horizont der geplanten Hafensohle sind in der Anlage 4.1.1 tabellarisch und in der Anlage 5.2 im Einzelnen aufgeführt.

Tabelle 4-3 Plastische Eigenschaften

	Fließgrenze (%)	Ausrollgrenze (%)	Plastizitätszahl (%)	Natürlicher Wassergehalt (%)
Anzahl	6	6	6	6
Minimalwert	26,9	13,9	0,56	9,9
Mittelwert	38,5	16,3	0,86	19,4
Maximalwert	49,1	21,0	1,28	25,5

Die Proben wurden als leicht bis mittelplastische Tone bestimmt.

4.6.3 Kalkgehalt, organische Bestandteile

In der nachfolgenden Tabelle ist die statistische Auswertung der Bestimmung der Kalkgehalte und der organischen Bestandteile aufgeführt. Die Einzelergebnisse sind in der Anlage 4.1 tabellarisch, in der Anlage 5.3 (Kalkgehalt) und in der Anlage 5.4 (Glühverlust) dargestellt.

Tabelle 4-4 Kalkgehalt und organische Bestandteile

	Kalkgehalt (%)	Organische Bestandteile (%)
Anzahl	4	4
Minimalwert	2,9	1,7
Mittelwert	5,1	2,9
Maximalwert	7,4	4,1

4.6.4 Festigkeitseigenschaften

Spezielle Untersuchungen zu den Festigkeitseigenschaften im Hafengebiete wurden nicht vorgenommen.

Für die Tone der Lintforter Schichten liegen zahlreiche Untersuchungen aus den benachbarten Tongruben vor.

Folgende Festigkeitsparameter wurden ermittelt:

Tabelle 4-5 Reibungswinkel und Kohäsion

Bodenart	Bodengruppe	Tongehalt (%)	Konsistenz (-)	Fußnote	Reibungswinkel (°)	Kohäsion (kN/m ²)
T, u, s	TM	41,0	steif	[U6]	22,0	30
T, u, s'	TM	32,8	steif	[U7]	27,0	19
T, u, s'	TM	34,7	steif	[U7]	27,3	20
T, s'	TA	40,5	steif	[U8]	13,5	42
T, s, g'	TA	37,8	steif	[U9]	24,0	42

Für die Tiefenlage der Hafensohle wurden in den früheren Untersuchungen für die Tongrube Windbruch (ca. 300 m vom Hafen entfernt) weitere Festigkeitsbestimmungen durchgeführt.

Die Steifezahl E_s wurde wie folgt bestimmt:

Tabelle 4-6 Steifezahl [U10]

Normalspannung	E_s [MN/m ²]
50	1,542
100	3,045
200	3,754
400	6,129

Die einaxiale Druckfestigkeit wurde dabei für einen Wassergehalt von 22,5% zu 254 kN/m² bestimmt.

4.7 Chemische Untersuchungen

4.7.1 Bohrsondierungen BS 5 bis BS 10

Aus den Bohrsondierungen BS 5 bis BS 10 wurden gemäß Tabelle 3-1 und 3-2 in Summe vier Mischproben gebildet, die nach den Parametern der Deponieverordnung, Anhang 3, Tabelle 2, Spalte 9 bzw. nach den Parametern der LAGA, Tabelle II.1.2-2 und Tabelle II.1.2-3 untersucht wurden. Die Untersuchungsergebnisse sind den Anlagen 6.1 bis 6.3 zu entnehmen und in der folgenden Tabelle 4-7 tabellarisch zusammengestellt und unter Berücksichtigung der zukünftigen Verwertung den Zuordnungswerten nach DepV und den Vorsorgewerten nach BBodSchV gegenübergestellt.

Tabelle 4-7 Untersuchungsergebnisse Mischproben BS5 bis BS10

Probeninformation		MP 01	MP 02	MP01 _w	MP02 _w	Anforderung nach			DepV 2012
						BBodSchV, Anhang 2, Tab. 4.1 und 4.2			
Bezeichnung:						Bodenart	Bodenart	Bodenart	Anhang 3
Chemisches Labor:						Ton	Lehm/Schluff	Sand	Tabelle 2
Anlage		6.1	6.1	6.2	6.3				Spalte 9
Herkunft		Auffüllung	gew. Boden	Auffüllung	gew. Boden				(Reku)
Bodenart		Sand	Schluff	Wegebaubereich	Sand				
Sand/Ton									
Parameter	Einheit					7	8	9	10
1	2	3	4	5	6				
Chem. Analyse									
Feststoff									
pH-Wert	[-]				7,8				
EOX	[mg/kg]				< 0,5				
Kohlenwasserstoffe	[mg/kg]				< 10				
Summe BTEX	[mg/kg]				-				
Summe LHKW	[mg/kg]				-				
PAK nach EPA	[mg/kg]	1,5	< 0,05	4,0	-	3	3	3	5 ⁹⁾
Naphthalin	[mg/kg]			< 0,05	< 0,05				
Benzo (a) pyren	[mg/kg]	0,1	< 0,05	0,3	< 0,05	0,3	<0,3	0,3	0,6
PCB	[mg/kg]	< 0,05	< 0,05		-	0,05	0,05	0,05	0,1
Glühverlust	[%]								
TOC	[%]								
Arsen	[mg/kg]			5,2	< 5				
Blei	[mg/kg]	20	15	33	6,2	100	70	40	140
Cadmium	[mg/kg]	0,13	0,16	< 0,4	< 0,4	1,5	1	0,5	1
Chrom	[mg/kg]	23	26	15	4,8	100	60	30	120
Kupfer	[mg/kg]	5,4	6,6	15	< 3	60	40	20	80
Nickel	[mg/kg]	8,8	16	12	3,9	70	50	15	100
Quecksilber	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1	0,11	0,05	1	0,5	0,1	1
Thallium	[mg/kg]				< 0,4				
Zink	[mg/kg]	49	45	110	16	200	100	60	300
Cyanide ges.	[mg/kg]				< 0,1				

Probeninformation		MP 01	MP 02	MP01 _w	MP02 _w
Bezeichnung:		MP 01	MP 02	MP01 _w	MP02 _w
Chemisches Labor:		UCL	UCL	Wessling	Wessling
Anlage		6.1	6.1	6.2	6.3
Herkunft		Auffüllung	gew. Boden	Auffüllung	gew. Boden
Bodenart		Sand	Schluff	Wegebaubereich Sand	Sand/Ton
Parameter	Einheit				
1	2	3	4	5	6
Eluat					
pH-Wert	[]	8,1	8,1		8,3
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	130	320		170
Phenolindex	[mg/l]				< 0,005
Arsen	[mg/l]	0,0024	0,0013		< 0,005
Blei	[mg/l]	< 0,01	< 0,01		< 0,005
Cadmium	[mg/l]	<0,001	< 0,001		< 0,0005
Chrom ges.	[mg/l]	< 0,01	< 0,01		< 0,005
Kupfer	[mg/l]	< 0,01	< 0,01		< 0,003
Nickel	[mg/l]	< 0,01	< 0,01		< 0,005
Quecksilber	[mg/l]	< 0,0002	< 0,0002		< 0,0002
Thallium	[mg/l]				< 0,001
Zink	[mg/l]	< 0,01	< 0,01		< 0,010
Chlorid	[mg/l]	< 1	2,1 ¹⁴		< 5
Sulfat	[mg/l]	18,2	84,8 ¹⁴		50
Cyanid ges.	[mg/l]				< 0,005

Anforderung nach			
BBodSchV, Anhang 2, Tab. 4.1 und 4.2			DepV 2012
Bodenart	Bodenart	Bodenart	Anhang 3
Ton	Lehm/Schluff	Sand	Tabelle 2
			Spalte 9
			(Reku)
75	86	97	103
			6,5-9
			500
			0,01
			0,04
			0,002
			0,03
			0,05
			0,05
			0,0002
			0,1
			10
			50

Fußnote 6 DepV, Anhang 3, Tab. 2: Bei PAK-Gehalten von mehr als 3 mg/kg ist mit Hilfe eines Säulenversuches nachzuweisen, dass in dem zu erwartenden Sickerwasserein Wert von 0,20 µg/l nicht überschritten wird.
 Fußnote 14 DepV, Anhang 3, Tab. 2: Unterschreitung entfällt bei Bodenmaterial ohne mineralische Fremdeanteile

- Überschreitung Zuordnungswerte DepV, Anhang 3, Tab. 2, Spalte 9
- Überschreitung Vorsorgewerte BBodSchV Bodenart Schluff/Lehm
- Überschreitung Vorsorgewerte BBodSchV Bodenart Sand

Anforderungen nach DepV

Alle untersuchten Parameter der vier Mischproben halten die Zuordnungswerte der DepV, Anhang 3, Tabelle 2, Spalte 9 ein. Der erhöhte Sulfatgehalt ist gemäß Fußnote 14 tolerierbar, da im untersuchten Bodenmaterial keine mineralischen Fremdstoffe enthalten waren. Die Mischprobe MP01_w weist einen PAK-Gehalt von 4,0 mg/kg auf. Gemäß Fußnote 6 ist mit Hilfe eines Säulenversuches nachzuweisen, dass im zu erwartenden Sickerwasser ein Wert von 0,20 µg/l nicht überschritten wird. Im Rahmen der Aushubarbeiten müssen die Parameter geprüft werden. Der Einsatz als Rekultivierungsschichtmaterial innerhalb einer Oberflächenabdichtung ist somit bezogen auf die chemischen Inhaltsstoffe positiv zu beurteilen. Generell ist darauf zu achten, dass die teilweise im Bereich von angelegten Wegen angetroffenen Bauschuttreste und Schlackematerialien zu separieren sind.

Anforderungen nach BBodSchV

In der Mischprobe MP01w, die aus dem Wegebaubereich stammt, liegen für die Bodenart Sand zwei geringfügige Überschreitungen der Vorsorgewerte nach Anhang 2, Tabelle 4.1 und 4.2 der BBodSchV vor, u. z. im Summenparameter PAK und im Parameter Quecksilber. Das im Bereich von angelegten Wegen anfallende Aushubmaterial, das teilweise Bauschuttreste und Schlackematerialien aufweist, ist im Zuge der Aushubarbeiten zu separieren, die auffälligen Parameter sind erneut zu prüfen.

Die übrigen drei untersuchten Mischproben halten die Vorsorgewerte der BBodSchV ein, sodass mit derzeitigem Kenntnisstand von einer uneingeschränkten Wiederverwertung der außerhalb von Wegen anfallenden Aushubmassen ausgegangen werden kann.

4.7.2 Kleinrammbohrungen KRB1 bis KRB3

Ergänzend zu den im Jahr 2009 hergestellten Bohrsondierungen BS 5 bis BS 10 wurden im Oktober 2012 im geplanten Hafenbereich drei weitere Kleinrammbohrungen KRB 1 bis KRB 3 hergestellt, um das Aushubmaterial anhand von weiteren chemischen Analysen hinsichtlich der zukünftigen Verwertung beurteilen zu können.

Es wurden gemäß Tabelle 3-3 in Summe sechs Einzelproben aus Entnahmetiefen zwischen 0,3 m und 7,2 m entnommen, die nach den Parametern der LAGA, Tabelle II.1.2-2 und Tabelle II.1.2-3 untersucht wurden. Die Untersuchungsergebnisse sind der Anlage 6.4 zu entnehmen und in der folgenden Tabelle 4-8 tabellarisch zusammengestellt.

Tabelle 4-8 Untersuchungsergebnisse Einzelproben KRB1 bis KRB3

Probeninformation		Anforderung nach BBodSchV, Anhang 2, Tab. 4.1 und 4.2						DepV 2012 Anhang 3 Tabelle 2 Spalte 9 (Reku)
Bezeichnung:		KRB 1 _{0,3-1,8}	KRB 1 _{2,7-3,7}	KRB 2 ₄	KRB 2 ₈	KRB 3 ₄	KRB 3 ₆	
Chemisches Labor:		Biomar	Biomar	Biomar	Biomar	Biomar	Biomar	
Anlage		6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	
Herkunft		Auffüllung	gew. Boden	Auffüllung	gew. Boden	Auffüllung	gew. Boden	
Bodenart		Sand	Schluff	Sand	Sand	Sand	Schluff	
Parameter	Einheit							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Chem. Analyse								
Feststoff								
pH-Wert	[-]	7,3	7,7	7,6	7,3	7,2	7,3	
EOX	[mg/kg]	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Kohlenwasserstoffe	[mg/kg]	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	
Summe BTEX	[mg/kg]	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	
Summe LHKW	[mg/kg]	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	
PAK nach EPA	[mg/kg]	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,82	n.n.	3
Naphthalin	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,42	< 0,1	3
Benzo (a) pyren	[mg/kg]	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,3
PCB	[mg/kg]	n.n.	0,08	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,05
								0,3
								0,05
								0,05
								5 ^{b)}
								0,6
								0,1

Fortsetzung Tabelle 4-8 Untersuchungsergebnisse Einzelproben KRB1 bis KRB3

Probeninformation		KRB 1 _{0,3-1,8}	KRB 1 _{2,7-3,7}	KRB 2 ₄	KRB 2 ₈	KRB 3 ₄	KRB 3 ₆	Anforderung nach			DepV 2012
								BBodSchV, Anhang 2, Tab. 4.1 und 4.2			
Bezeichnung:		Biomar	Biomar	Biomar	Biomar	Biomar	Biomar	Ton	Lehm/Schluff	Sand	Anhang 3
Chemisches Labor:		6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4				Tabelle 2
Anlage		Auffüllung	gew. Boden	Auffüllung	gew. Boden	Auffüllung	gew. Boden				Spalte 9
Herkunft		Sand	Schluff	Sand	Sand	Sand	Schluff				(Reku)
Bodenart											
Parameter	Einheit										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13
Glühverlust	[%]										
TOC	[%]	0,1	0,1	< 0,1	< 0,1	0,6	0,1				
Arsen	[mg/kg]	1,9	7,6	< 1	1,2	9,1	17,7				
Blei	[mg/kg]	3,5	10,1	1,8	1,6	9,5	8	100	70	40	140
Cadmium	[mg/kg]	0,1	0,2	0,18	0,2	0,12	0,11	1,5	1	0,4	1
Chrom	[mg/kg]	7,8	32,2	6,7	6,4	20,7	27,3	100	60	30	120
Kupfer	[mg/kg]	< 1	8,2	< 1	< 1	3,8	1,6	60	40	20	80
Nickel	[mg/kg]	3,4	22,4	2,6	2,2	10,4	10,9	70	50	15	100
Quecksilber	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1	0,5	0,1	1
Thallium	[mg/kg]	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5				
Zink	[mg/kg]	15,4	44	< 5	< 5	32,4	27,9	200	150	60	300
Cyanide ges.	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1	10	30	
Eluat											
pH-Wert	[-]	7,0	7,1	7,0	7,2	7,3	7,9				6,5-9
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	23	62	98	105	185	219				500
Phenolindex	[mg/l]	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01				
Arsen	[mg/l]	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01				0,01
Blei	[mg/l]	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01				0,04
Cadmium	[mg/l]	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002				0,002
Chrom ges.	[mg/l]	< 0,005	0,015	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005				0,03
Kupfer	[mg/l]	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01				0,05
Nickel	[mg/l]	< 0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01				0,05
Quecksilber	[mg/l]	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002				0,0002
Thallium	[mg/l]	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001				
Zink	[mg/l]	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05				0,1
Chlorid	[mg/l]	1,1	0,35	0,38	0,56	0,43	0,47				10
Sulfat	[mg/l]	3,5	6,4	23,1	21,9	42,5	36,7				50
Cyanid ges.	[mg/l]	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01				

Fußnote 6 DepV, Anhang 3, Tab. 2: Bei PAK-Gehalten von mehr als 3 mg/kg ist mit Hilfe eines Säulenversuches nachzuweisen, dass in dem zu erwartenden Sickerwasser ein Wert von 0,20 mikro g/l nicht überschritten wird.

Fußnote 14 DepV, Anhang 3, Tab. 2: Untersuchung entfällt bei Bodenmaterial ohne mineralische Fremdeanteile

Überschreitung Zuordnungswerte DepV, Anhang 3, Tab. 2, Spalte 9

Überschreitung Vorsorgewerte BBodSchV Bodenart Schluff/Lehm

Überschreitung Vorsorgewerte BBodSchV Bodenart Sand

Anforderungen nach DepV

Alle Parameter der sechs untersuchten Einzelproben halten die Zuordnungswerte der DepV, Anhang 3, Tabelle 2, Spalte 9 ein. Die Eignung als Rekultivierungsschichtmaterial innerhalb einer Oberflächenabdichtung ist somit bezogen auf die chemischen Inhaltsstoffe nachgewiesen.

Anforderungen nach BBodSchV

Bis auf den Summenparameter PCB der Einzelprobe KRB1 aus einer Entnahmetiefe von 2,7 m bis 3,7 m halten alle Parameter der sechs untersuchten Einzelproben die Vorsorgewerte nach Anhang 2, Tabelle 4.1 und 4.2 der BBodSchV ein. Der auffällige Parameter ist im Rahmen der Aushubarbeiten erneut zu prüfen. Insgesamt ist mit derzeitigem Kenntnisstand davon auszugehen, dass der überwiegende Anteil der Aushubmassen uneingeschränkt wiederverwertet werden kann.

5 AUFTRIEBSSICHERHEIT

Aufgrund der in den basalen feinsandigeren Lagen der Lintforter Schichten und den Walsumer Meeressanden anstehenden gespannten Wasserspiegel ist die Auftriebssicherheit der Hafensohle zu beurteilen.

Das Ergebnis dieser Berechnungen (Anlage 7.1) zeigt, dass für einen mit einem Zuschlag versehenen Grundwasserspiegel eine ausreichende Sicherheit gegen Auftrieb der Hafensohle nachgewiesen werden kann.

CDM Consult GmbH

Bochum, 2013-03-13

i.V. 

Dipl.-Ing. Ulrich Klos

erstellt:

i. A. 

Dipl.-Geol. Simon Schmidt

i.V. 
Dipl.-Ing. Michael Thalhofer