

**Fernwärme-Verbindungsleitung (FVLO)  
UVP Antragsunterlagen**

# Deckblatt

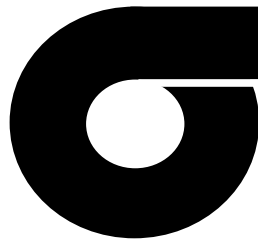
**für Änderungen im folgenden Dokument**

Geotechnischer Bericht Nr. 6

Belastbarkeit Kuhgrabenweg,  
Fernwärmeverbindungsleitung,  
Hochschulring (Kuhgrabenweg) bis Heizwerk Vahr  
(Richard-Boljahn-Allee), Bremen

**Änderungsübersicht**

<b>Wo wurde geändert</b>	<b>Hinweis zu den Änderungen</b>
Neuer Bericht	Bericht zur Beurteilung der Standsicherheit des Kuhgrabenwegs.



GRUNDBAULABOR BREMEN  
INGENIEURGESELLSCHAFT  
FÜR GEOTECHNIK MBH  
KLEINER ORT 2  
28357 BREMEN  
TELEFON (0421) 20770-0  
MOIN@GRUNDBAULABOR.DE

Objekt-Nr.: 19 12350  
Datum: 11.08.2021  
Zeichen: Hub/vBl/AG/ALa  
Datei: O:\19\12350\GTB6.docx

**Belastbarkeit Kuhgrabenweg, Fernwärmeverbindungsleitung,  
Hochschulring (Kuhgrabenweg) bis Heizwerk Vahr  
(Richard-Boljahn-Allee), Bremen**

**Geotechnischer Bericht Nr. 6**

**Beurteilung der Standsicherheit**

---

Bauherr: Wesernetz Bremen GmbH  
Theodor-Heuss-Allee 20  
28215 Bremen

Objektplanung: Fichtner Water & Transportation GmbH  
Hammerbrookstr. 47b  
20097 Hamburg

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Anlass der geotechnischen Untersuchungen</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Untersuchungsstrecke (Anlage KW-1)</b> .....	<b>3</b>
2.1	Unterlagen .....	3
2.2	Abschnitt Kuhgrabenweg (Anlage KW-1) .....	4
2.3	Geotechnische Kategorien .....	5
<b>3</b>	<b>Baugrund (Anlage KW-2.1.1 bis KW-3.5.13)</b> .....	<b>6</b>
3.1	Geologische und bautechnische Vorgeschichte .....	6
3.2	Baugrundaufschlüsse (Anlage KW-2.1.1).....	7
3.3	Baugrundverhältnisse .....	8
3.3.1	Baugrundsichtung .....	8
3.3.2	Baugrundfestigkeit .....	9
3.4	Grundwasserverhältnisse.....	11
3.4.1	Hauptgrundwasserstockwerk .....	11
3.4.2	Oberes Grundwasserstockwerk .....	12
3.4.3	Bemessungsgrundwasserstände .....	12
3.5	Ergebnisse von Laborversuchen (Anlagen KW-3.1.1 bis KW-3.5.13).....	13
3.6	Verunreinigungen von Boden / Bauschutt .....	14
<b>4</b>	<b>Beurteilung des Baugrundes</b> .....	<b>18</b>
4.1	Baugrundmodell.....	18
4.2	Baugrundeigenschaften .....	19
4.3	Baugrundtragfähigkeit .....	20
4.4	Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke .....	21
4.5	Bodenkennwerte .....	22
4.6	Beurteilung des Baugrund- und Gründungsrisikos .....	23
<b>5</b>	<b>Nachweis der Böschungsstandsicherheit (Anlagen KW-4.1 und KW-4.2)</b> .....	<b>24</b>
5.1	Aufgabenstellung und Berechnungsquerschnitte .....	24
5.2	Baugrund .....	24
5.3	Bemessungswasserstände .....	25
5.4	Systemparameter und Verkehrslasten .....	26
5.5	Teilsicherheitsbeiwerte.....	26
5.6	Software.....	27
5.7	Ergebnisse der Böschungsbruchuntersuchungen (Anlagen KW-4.1 und KW-4.2).....	27
<b>6</b>	<b>Bewertung des vorhandenen Verkehrsflächenaufbaus</b> .....	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>Anlagenverzeichnis</b> .....	<b>31</b>

## **1 Anlass der geotechnischen Untersuchungen**

Die Wesernetz Bremen GmbH plant die Verlegung einer Fernwärmeverbindungsleitung in Bremen vom im Nordosten gelegenen Hochschulring bis zum Heizwerk Vahr. Im Rahmen dieser Maßnahme soll eine erhöhte Belastung des Kuhgrabenwegs durch Baufahrzeuge erfolgen. Das Grundbaulabor Bremen wurde beauftragt, die Belastbarkeit des Kuhgrabenwegs mittels Standsicherheitsuntersuchungen zu überprüfen sowie eine Baugrundbeurteilung einschließlich der dazu erforderlichen Baugrundaufschlüsse durchzuführen. Zusätzlich soll der vorhandene Verkehrsflächenaufbau bewertet werden.

Die Baugrundaufschlüsse wurden von uns unter Berücksichtigung der Kenntnisse über die zu erwartenden Baugrundverhältnisse und des geplanten Bauwerkes festgelegt.

Dieser Geotechnische Bericht Nr. 6 enthält die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse und der Laborversuche sowie die rechnerischen Nachweise der Böschungsstandsicherheit in zwei repräsentativen Schnitten und geotechnische Hinweise zum Verkehrsflächenaufbau.

## **2 Untersuchungsstrecke (Anlage KW-1)**

### **2.1 Unterlagen**

#### Fichtner Water & Transportation GmbH

[ 1.1 ] Querschnitt 2.1 – Kuhgrabenweg, Plan Nr. 4.2.1.1, 15.07.2020

[ 1.2 ] Querschnitt 2.1 – Kuhgrabenweg, Plan-Nr. 4.2.1.2, 15.07.2020

#### Grundbaulabor Bremen GmbH

[ 2 ] Geotechnischer Bericht Nr. 2A - Baugrundbeurteilung und Angaben zur Gründung und zum Verbau, Fernwärmeverbindungsleitung, Hochschulring (Kuhgrabenweg) bis Heizwerk Vahr (Richard-Boljahn-Allee), Bremen, vom 14.05.2020

Planverfasser unbekannt, erhalten über Wesernetz Bremen GmbH

[ 3 ] Gewässerprofil Kuhgrabenweg, erhalten am 02.08.2021

## **2.2 Abschnitt Kuhgrabenweg (Anlage KW-1)**

Die Untersuchungsstrecke liegt in 28359 Bremen. Einen Lageplan im Maßstab 1 : 1.000 zeigt die Anlage KW-1.

Der Kuhgraben verläuft quer zur Wümme und weist eine Gesamtlänge von ca. 3,2 km auf. Der zu untersuchende Abschnitt weist eine Gesamtlänge von ca. 800 m auf. Ursprünglich wurde der Kuhgraben als Entwässerungsgraben und für den Transport im Rahmen der landwirtschaftlichen Erschließung angelegt. Der Kuhgraben verbindet die Wümme im Norden über den Anschluss durch das Kuhsiel mit der kleinen Wümme. Am Kuhsiel befindet sich ein Schöpfbauwerk, welches zur Entlastung bei hohen abzuführenden Wassermengen dient.

Der Kuhgrabenweg ist ein asphaltierter Geh- und Radweg, der parallel zum Kuhgraben verläuft. Die Befahrung durch Fahrzeuge findet nur in Ausnahmefällen (Rettungswagen, Deichverband, etc.) statt.

### **Höhen**

Die m NHN-Höhen der Sondierpunkte wurden mit einem globalen Navigations-satellitensystem (GNSS-Technik), unter Verwendung der GPS- sowie GLONASS-Satelliten eingemessen (Genauigkeit ca. Lage = 1 bis 2 cm, Höhe = 1,5 bis 3 cm).

Der aktuell gültige Höhenbezug Normalhöhennull (NHN) entspricht in der betrachteten Region mit geringen Abweichungen im Millimeterbereich dem früheren Normalnull (NN). In einigen Kartenwerken sind die Angaben noch auf NN bezogen. Die regionalen Abweichungen liegen im Bereich der Messtoleranzen, so dass für den Geotechnischen Bericht alle Daten mit NHN bezeichnet werden.

**Gelände und Baugrund:**

Gelände, max.	(BS 35)		+ 2,27 m NHN
Gelände, min.	(BS 123)		+ 1,08 m NHN
Grundwasser	(BS 36: 06.05.2019)		+ 0,30 m NHN
Grundwasser	(BS 44: 07.05.2019)		+ 0,37 m NHN
Grundwasser	(BS 120: 18.02.2020)		+ 0,06 m NHN
Grundwasser	(BS 121: 18.02.2020)		+ 0,84 m NHN
Grundwasser	(BS 124: 18.02.2020)		+ 0,30 m NHN
Grundwasser	(BS 141: 17.02.2020)		+ 0,42 m NHN
Grundwasserhöchststand lt. GdFB (Nord)		ca. +	1,20 m NHN
Grundwasserhöchststand lt. GdFB (Süd)		ca. +	1,10 m NHN

**2.3 Geotechnische Kategorien**

Nach Eurocode 7 (DIN EN 1997-1 mit DIN 1054: 2010-12) werden bautechnische Maßnahmen in drei geotechnische Kategorien eingestuft. Die geotechnischen Kategorien sind Gruppen, in die bautechnische Maßnahmen nach dem geotechnischen Risiko, das sich nach dem Schwierigkeitsgrad der Konstruktion, der Baugrundverhältnisse und der Wechselbeziehung zur Umgebung richtet, folgendermaßen eingestuft werden:

Die geotechnische Kategorie 1 (GK 1) umfasst kleine einfache Baumaßnahmen bei einfachen und übersichtlichen Baugrundverhältnissen, so dass die Standsicherheit aufgrund gesicherter Erfahrung beurteilt werden kann.

Die geotechnische Kategorie 2 (GK 2) umfasst Baumaßnahmen und Baugrundverhältnisse mittleren Schwierigkeitsgrades, bei denen die Sicherheit zahlenmäßig nachgewiesen werden muss und die eine ingenieurmäßige Bearbeitung mit geotechnischen Kenntnissen und Erfahrungen verlangen.

Die geotechnische Kategorie 3 (GK 3) umfasst Baumaßnahmen mit schwieriger Konstruktion und/oder mit schwierigen Baugrundverhältnissen, die zur Bearbeitung vertiefte geotechnische Kenntnisse und Erfahrungen auf dem jeweiligen Spezialgebiet der Geotechnik verlangen.

Die Baumaßnahme ist in die geotechnische Kategorie 3 einzustufen.

### **3 Baugrund (Anlage KW-2.1.1 bis KW-3.5.13)**

#### **3.1 Geologische und bautechnische Vorgeschichte**

Nach dem Kartenserver des Geologischen Dienstes für Bremen (GDfB) ist im Bereich der Baufläche das Bodenprofil 1 kartiert

Nach dem Profil 1 sind bindige und organische Bodenarten (bis 10,00 m und mächtiger) mit weicher bis steifer Konsistenz über nichtbindigen Bodenarten zu erwarten. Es handelt sich dabei um Schluff und/oder Ton mit wechselnden Anteilen von Sand und/oder organischen Beimengungen, organischen Ablagerungen (z. B. Auelehm, Klei, Torf, Mudde) über Sand und Kies, gemischtkörnig, mit Anteilen bis Blockgröße (Talsande; überwiegend gespanntes Grundwasser).

Die Basis der holozänen Weichschichten (Auelehm, Klei, Torf und Mudde) ist gemäß dem Kartenserver des GDfB, bei - 0,3 m NHN bis - 1,1 m NHN zu erwarten.

Die Oberfläche der Lauenburger Schichten ist gemäß dem Kartenserver des GDfB bei - 11,0 m NHN bis - 13,0 m NHN zu erwarten.

### **3.2 Baugrundaufschlüsse (Anlage KW-2.1.1)**

Zur Erkundung des Baugrundes wurden von unserem Labor am 09.06.2021 und 10.06.2021 folgende Baugrundaufschlüsse durchgeführt:

Direkte Baugrundaufschlüsse:

8 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1, Durchmesser 45 mm bis 80 mm, t = 4 m.

Es ist zu beachten, dass bei dem Bohrverfahren, Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1 mit einem Durchmesser von 45 mm bis 80 mm, Steine > 63 mm nicht erkannt und gefördert werden können.

Indirekte Baugrundaufschlüsse:

8 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 (DPH), t = 4 m.

Ergänzend wurden zur Baugrundbeurteilung 15 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1, Durchmesser 45 mm bis 80 mm, t = 4 m, die bereits am 06.05.2019 und 07.05.2019 für das Gesamtprojekt durchgeführt wurden, herangezogen.

Die Lage und das Ergebnis der Baugrundaufschlüsse, höhengerecht im Maßstab 1 : 100 als Bodenprofile mit den Sondierdiagrammen dargestellt, zeigt die Anlage KW-2.1.1



### **3.3 Baugrundverhältnisse**

#### **3.3.1 Baugrundsichtung**

Aus den direkten Baugrundaufschlüssen ist die nachstehende Schichtenfolge erkennbar:

Unter einer Oberflächenbefestigung aus Asphalt ( $D \cong 5$  cm bis 30 cm) oder einer Mutterbodenschicht stehen Tragschichten aus tlw. verfestigten Sanden, Mineralgemisch, Schotter oder Sanden mit Mächtigkeiten von 0,25 m bis 1,10 m an. Darunter folgt tlw. eine Auffüllung aus Sanden, die z.T. schluffige Beimengungen und Bauschutt aufweisen. Unter der Auffüllung folgen ab einer Tiefe zwischen 0,30 m und 1,7 m = + 1,13 m NHN bis - 0,35 m NHN überwiegend Schluffschichten mit tonigen, sandigen und organischen Beimengungen und Torfschichten. Die Schluffschichten weisen eine weiche bis halbfeste Konsistenz auf. Die Torfschichten wurden mit Mächtigkeiten von 0,10 m bis 1,20 m erkundet. Unterhalb der holozänen Weichschichten stehen ab einer Tiefe zwischen 1,20 m und 3,40 m = + 0,09 m NHN bis - 1,68 m NHN fein- bis grobsandige Mittelsande an, die im Übergangsbereich teilweise schluffige Beimengungen aufweisen.

In den Sondierbohrungen BS 36 und BS 123 wurden keine holozänen Weichschichten erkundet.

In den Sondierbohrungen BS 36, BS 38, BS 40, BS 42 und BS 44 wurde keine Oberflächenbefestigung aus Asphalt angetroffen. Die Oberflächen im Bereich der Sondierbohrungen BS 36 und BS 40 sind provisorisch mit Schotter befestigt. Die Sondierbohrungen BS 38, BS 42, BS 44 und BS 120 bis BS 124 wurden im Randbereich des Kuhgrabenweges ausgeführt, sodass 0,05 m bis 0,70 m mächtige Mutterbodenschichten anstehen.

Die Sande wurden in der Endtiefe der Sondierbohrungen nicht durchteuft. Sie stehen erfahrungsgemäß in einer größeren Mächtigkeit an und werden nach der Baugrunderkarte Bremen in ca. 10 m bis 17 m Tiefe von Lauenburger Schichten unterlagert.

Die genaue Schichtenfolge und -mächtigkeit sowie weitere Angaben sind in den Bodenprofilen auf der Anlage KW-2.1.1 dargestellt.

In Bereichen, in denen die Auffüllungen mangels typischer Beimengungen (wie z. B. Bauschutt) nicht erkennbar sind, kann die tatsächliche Unterkante der Auffüllung unterhalb der Angaben im Bodenprofil liegen (die ursprüngliche Geländehöhe ist nicht bekannt). Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass Niederungsböden / gewachsene Sande / Kleie etc. durch Vermengung mit Bauschuttresten bei der Eindringung der Sonde den Auffüllungen zugeordnet werden.

### **3.3.2 Baugrundfestigkeit**

Bei der Beurteilung der Sondierergebnisse müssen die geotechnischen Einflüsse auf den Eindringwiderstand der Sonde berücksichtigt werden. Außer der Lagerungsdichte haben hierbei die Korngrößenverteilung, die Kornform und -rauigkeit sowie das Korngefüge einen Einfluss. Bei Sondierungen ist der Einfluss des Grundwassers, insbesondere bei geringen Eindringwiderständen, besonders deutlich. Ferner muss beachtet werden, dass der Eindringwiderstand vom Sondieransatzpunkt bis zu einer Oberflächeneinflusstiefe zunimmt und danach bei sonst gleichen Randbedingungen einen nahezu konstanten Wert aufweist. Dies ist auf den Einfluss des Überlagerungsdruckes auf die Verdrängung des Bodens zurückzuführen. Bei geringer Auflast sind dadurch zunächst auch geringe Schlagzahlen bzw. Spitzendrücke zu erwarten.

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass beim Übergang vom festen zum weichen Baugrund der Eindringwiderstand bereits oberhalb der Weichschicht abnimmt, weil eine Verdrängung des festen in den weichen Boden stattfindet. Umgekehrt wird beim Übergang vom weichen zum festen Boden der Eindringwiderstand bereits oberhalb der eigentlichen Schichtgrenze ansteigen.

Aus den Sondierwiderständen der schweren Rammsonde (DPH) kann bei nichtbindigen Böden unmittelbar auf die Baugrundfestigkeit geschlossen werden. Als Festigkeit ist hier die Eigenschaft eines nichtbindigen Bodens bezeichnet, die durch Lagerungsdichte, Korngröße und -rauigkeit gekennzeichnet ist und sich in der Größe des Steifemoduls  $E_S$  sowie des Winkels der inneren Reibung  $\varphi'$  äußert.

Unter Berücksichtigung unserer Erfahrungen und eigener Versuche kann bei den vorliegenden Bodenverhältnissen von folgendem Zusammenhang zwischen den Schlagzahlen  $n_{10}$  und der Baugrundfestigkeit bzw. Lagerungsdichte ausgegangen werden:

Schlagzahlen $n_{10}$		Benennung der Festigkeit	Lagerung
0	1	sehr gering	sehr locker
1	- 2	gering	locker
2	- 5	mittel	mitteldicht
5	- 10	groß	dicht
>	10	sehr groß	sehr dicht

Die Rammsondierungen zeigen in den nichtbindigen Bereichen der Auffüllung mit Schlagzahlen von  $n_{10} = 1$  bis 6 eine insgesamt geringe bis mittlere und lokal große Festigkeit. In den bauschutthaltigen Auffüllungen sind Schlagzahlen bis zu  $n_{10} = 110$  vorhanden. In den Schluff- und Torfschichten sind sehr geringe bis geringe Festigkeiten zu erwarten. Die darunter anstehenden Sande zeigen mit Schlagzahlen von  $n_{10} = 2$  bis 14 eine überwiegend große bis z.T. sehr große Festigkeit auf.

### 3.4 Grundwasserverhältnisse

#### 3.4.1 Hauptgrundwasserstockwerk

Nach den durchgeführten Baugrundaufschlüssen sind die Sande unterhalb der Weichschichten der Grundwasserleiter des Hauptgrundwasserstockwerkes. Den Grundwassernichtleiter bilden die Lauenburger Schichten in größerer Tiefe.

Aufgrund der z.T. sehr schwach durchlässigen Weichschichten ist ein gespannter Grundwasserspiegel vorhanden.

Es wurden in ausgewählten Kleinrammbohrungen Peilfilter eingebaut, deren Filterstrecke in den Sanden des Hauptgrundwasserleiters liegen. Während der Sondierarbeiten wurden folgende Grundwasserspiegel eingemessen:

Sondierbohrung	Datum	Grundwasserstand in Ruhe	
		[m]	[m NHN]
BS 36	06.05.2019	1,16	+ 0,30
BS 44	07.05.2019	1,11	+ 0,37
BS 120	18.02.2020	1,12	+ 0,06
BS 121	18.02.2020	0,99	+ 0,84
BS 124	18.02.2020	0,85	+ 0,30
BS 141	10.06.2021	1,30	+ 0,42

Vom Geologischen Dienst für Bremen (GDfB) wurden die Grundwasserverhältnisse des Hauptgrundwasserstockwerkes in einem umfangreichen Grundwassermessstellennetz im Zeitraum von Dezember 1962 bis Januar 2012 beobachtet.

Aus diesen Grundwasserbeobachtungen wurde die Hydrologische Karte für die Stadtgebiete Bremen und Bremerhaven erstellt, aus der die Grundwasserstände bezogen auf m NN abgelesen werden können. Danach sind im Bereich der Baufläche folgende Grundwasserstände des Hauptgrundwasserstockwerkes angegeben:

Höchster Grundwasserstand: + 1,2 m NHN  
Niedrigster Grundwasserstand: - 0,6 m NHN

### 3.4.2 Oberes Grundwasserstockwerk

Die angetroffenen Weichschichten wirken als Grundwasserstauer für ein oberes Grundwasserstockwerk, für den die überlagernden nichtbindigen Bereiche der Auffüllung den Grundwasserleiter bilden.

Im Bereich der bindigen und organischen Bodenschichten ist insbesondere bei sandigen Zwischenschichten oder darüber lagernden Auffüllungen mit stauendem Sickerwasser in Abhängigkeit von Niederschlägen zu rechnen. Bei lang anhaltenden Niederschlägen ist im ungünstigsten Fall davon auszugehen, dass sich Sickerwasser (kurzfristig) bis zur Geländeoberkante anstaut.

### 3.4.3 Bemessungsgrundwasserstände

Unter Berücksichtigung der vorstehend beschriebenen hydrologischen Verhältnisse sowie unserer hydrologischen Erfahrungen werden für das Bauvorhaben folgende Bemessungsgrundwasserstände festgelegt:

#### **Hauptgrundwasserstockwerk**

Maximaler Grundwasserstand: + 1,3 m NHN

#### **Oberes Grundwasserstockwerk**

Maximaler Grundwasserstand: Geländeoberkante

#### **Wasserstand Kuhgraben**

± 0,0 m NHN

(Angabe von der Wesernetz Bremen GmbH)

### 3.5 Ergebnisse von Laborversuchen (Anlagen KW-3.1.1 bis KW-3.5.13)

Die entnommenen gestörten Bodenproben wurden nach den Methoden der DIN EN ISO 14688-1 bodenmechanisch im Feld und Labor angesprochen. An ausgewählten Bodenproben wurden klassifizierende Laborversuche durchgeführt und folgende bodenmechanische Kennziffern ermittelt:

#### **Auffüllung: Sand, tlw. schluffig, tlw. organisch, Bauschuttbeimengungen**

---

Bodengruppe (DIN 18196)		[SE]
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)		
Schluffkorn	$d \leq 0,06$ mm	= 0 - 1 %
Sandkorn	$d = 0,06 - 2,0$ mm	= 97 - 100 %
Kieskorn	$d \geq 2,0$ mm	= 0 - 3 %

#### **Schluff, tlw. tonig, tlw. sandig, tlw. organisch**

---

Bodengruppe (DIN 18196)		UL-UA/OU
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)		
Feinstes	$d \leq 0,002$ mm	= 37 - 40 %
Schluffkorn	$d = 0,002 - 0,06$ mm	= 39 - 58 <sup>*)</sup> %
Sandkorn	$d = 0,06 - 2,0$ mm	= 20 - 56 %
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	$w_n$	= 15 - 113 %
Glühverlust (DIN 18128)	$V_{gl.}$	= 7 %

\*) enthält Anteile Feinstes

## Torf

---

Bodengruppe (DIN 18196)					<b>HN - HZ</b>
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	$w_n$	=	86	-	367 %
Glühverlust (DIN 18128)	$V_{gl.}$	=	22,9		%

## Sand, tlw. schluffig

---

Bodengruppe (DIN 18196)					<b>SE – SU*</b>
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)					
Schluffkorn	$d \leq 0,06$	mm	=	1	- 34 %
Sandkorn	$d = 0,06 - 2,0$	mm	=	66	- 99 %
Kieskorn	$d \geq 2,0$	mm	=	0	- 1 %

### 3.6 Verunreinigungen von Boden / Bauschutt

Nach den durchgeführten Sondierbohrungen, die natürlich nur "Nadelstiche" im Baugrund darstellen, sind nach der organoleptischen Ansprache teilweise Anzeichen von Verunreinigungen der Böden festgestellt worden. Die überwiegende Zahl der Schadstoffe ist jedoch organoleptisch nicht wahrnehmbar. Daher kann ohne chemische Analytik nicht ausgeschlossen werden, dass insbesondere auch in den dazwischen liegenden Bereichen Verunreinigungen vorhanden sind.

Die bei den Baugrundaufschlüssen entnommenen Bodenproben wurden vor Ort und ein zweites Mal im Labor organoleptisch angesprochen.

In den Kleinrammbohrungen wurde festgestellt, dass in den Auffüllungen bereichsweise Bauschuttbeimengungen vorhanden sind. Zur Abschätzung der Bauschuttanteile sind zusätzlich Schürfen erforderlich, damit die Erkenntnisse hieraus in der Ausschreibung berücksichtigt werden können.

Des Weiteren wurde in folgenden Schichten ein auffälliger Geruch festgestellt:

Sondierbohrung	Tiefe [m]	Material
BS 138	0,00 - 0,05	Asphalt (Oberflächenbefestigung)
BS 38	0,20 - 0,80	Bauschutt + Sand, schluffig
BS 140	0,00 - 0,11	Asphalt (Oberflächenbefestigung)
BS 41	0,00 - 0,06	Asphalt (Oberflächenbefestigung)
BS 142	0,00 - 0,07	Asphalt (Oberflächenbefestigung)
BS 43	0,00 - 0,07	Asphalt (Oberflächenbefestigung)
BS 144	0,00 - 0,09	Asphalt (Oberflächenbefestigung)
BS 145	0,30 - 0,70	Bauschutt + Schluff, sandig
BS 145	0,70 - 1,00	Schluff, tonig, schw. feinsandig

Hinweise zum Umgang mit Aushubböden, Bauschutt und Gemischen sowie Mutterboden sind dem Geotechnischen Bericht Nr. 2A [ 2 ] zu entnehmen.

Zur chemischen Analyse gemäß LAGA M 20 wurden folgende Proben an das Labor Eurofins Umwelt Nord gesandt:

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Tiefe [m]	Material	Ausgeführte Analyse
BS 138 Asphalt	BS 138	0,00 - 0,05	Asphalt leichter Geruch	PAK nach EPA Phenolindex (Eluat)
BS 140 Asphalt	BS 140	0,00 - 0,11	Asphalt leichter Geruch	PAK nach EPA Phenolindex (Eluat)
BS 142 Asphalt	BS 142	0,00 - 0,07	Asphalt Geruch	PAK nach EPA Phenolindex (Eluat)
BS 144 Asphalt	BS 144	0,00 - 0,09	Asphalt Geruch	PAK nach EPA Phenolindex (Eluat)
BS 145 (0,30 - 0,70)	BS 145	0,30 - 0,70	Bauschutt + Schluff, sandig leichter Geruch	LAGA M20 TR Bauschutt, Tab. II.1.4-5 + Tab. II.1.4-6, Feststoff + Eluat
BS 145 (0,70 - 1,00)	BS 145	0,70 - 1,00	Schluff, tonig, schwach feinsandig Geruch	LAGA M20 TR Boden Mindestumfang Feststoff + Eluat



Die durchgeführten Untersuchungen dienen einer ersten Einschätzung der chemischen Bodenbeschaffenheit und haben somit einen orientierenden Charakter. Liegt die anfallende Kubatur fest, sind ggf. verdichtende Untersuchungen gemäß LAGA PN 98 erforderlich. Daher ist im Vorfeld des Bodenaushubs und dessen Umlagerung mit der zuständigen Bodenbehörde ein Bodenmanagement zu erarbeiten.

Die orientierenden chemischen Analysen haben folgende Einschätzung ergeben:

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Tiefe [m]	Material	LAGA-Deklaration Z-Klasse	
				Boden	Bauschutt
BS 145 (0,30 - 0,70)	BS 145	0,30 - 0,70	Bauschutt + Schluff, sandig leichter Geruch		Z 2
BS 145 (0,70 - 1,00)	BS 145	0,70 - 1,00	Schluff, tonig, schwach feinsandig Geruch	Z 2	

Die untersuchte bauschutthaltige Auffüllung zeigt eine Einbauklasse von Z 2. Bei den Aushubarbeiten ist soweit erdbautechnisch möglich, eine Vermischung dieser Schichten mit dem restlichen Bodenaushub zu vermeiden, um eine Verschlechterung der Eignung für den Wiedereinbau der bauschutfreien Böden zu verhindern bzw. eine Entsorgung zu verteuern.

Die untersuchte anstehende Schluffschicht weist ebenfalls eine Einbauklasse von Z 2 auf. Die Probe der Sondierbohrung BS 145 weist einen erhöhten PAK-Gehalt auf.

Die untersuchten Böden und Gemische sind gemäß der LAGA M 20 für den Wiedereinbau mit den für die jeweilige angegebene Zuordnungsklasse vorgegebenen technischen Sicherungsmaßnahmen geeignet.

Eine Übersicht der Ergebnisse der chemischen Analysen gemäß LAGA M 20 inklusive Deklaration ist auf der Anlage KW-3.3 dargestellt.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen der Proben im Detail einschließlich der Deklaration sind auf den Anlagen KW-3.5.1 bis KW-3.5.13 dargestellt.

## Asphaltuntersuchungen

Die orientierenden chemischen Analysen der Oberflächenbefestigung aus Asphalt hatte folgendes Ergebnis:

Entnahmestelle	Tiefe [m]	PAK nach EPA [mg/kg]	Abfallschlüssel	
			Phenolindex [µg/l]	Abfallverzeichnis- Verordnung (AVV)
BS 138	0,00 – 0,05	2190	< 0,01	17 03 01*
BS 140	0,00 – 0,11	5	< 0,01	170302
BS 142	0,00 – 0,07	883	0,03	17 03 01*
BS 144	0,00 – 0,09	727	< 0,01	17 03 01*

An den Untersuchungsstellen BS 138, BS 142 und BS 144 wurde der PAK-Wert von 25 mg/kg überschritten. Die Probe der Sondierbohrung BS 140 hält den Grenzwert von 25 mg/kg ein.

Die untersuchten Oberflächenbefestigung sind gemäß den Vorgaben der RuVA-StB 01-2005 zu verwerten bzw. zu entsorgen.

Eine Übersicht der Ergebnisse der Asphaltanalysen inklusive Angabe des Abfallschlüssels ist auf der Anlage KW-3.4 dargestellt.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen der Asphaltproben im Detail sind auf den Anlagen KW-3.5.1 und KW-3.5.13 dargestellt.

Da es sich bei den Baugrundaufschlüssen um stichprobenartige punktuelle Untersuchungen handelt, können Änderungen in der Materialzusammensetzung und ggf. Schadstoffzusammensetzung sowie bisher unbekannte Verunreinigungen außerhalb der Sondierpunkte üblicherweise nicht ausgeschlossen werden.

## **4 Beurteilung des Baugrundes**

### **4.1 Baugrundmodell**

Die ausgeführten Baugrundaufschlüsse geben eine exakte Aussage über die Baugrundsichtung nur für den jeweiligen Untersuchungspunkt. Für die dazwischen liegenden Bereiche sind nur Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich.

Für die nachfolgende Baugrundbeschreibung wurden neben den Baugrundaufschlüssen auch Informationen aus Baugrundkarten und geologischen Karten herangezogen. Weiterhin wurden die Erfahrungen aus geotechnischen Untersuchungen nahegelegener Bauvorhaben berücksichtigt. Unter Einbeziehung dieser Unterlagen und Erkenntnisse sind folgende Baugrundverhältnisse im Bereich der Baufläche zu erwarten:

Unter einer Mutterbodenschicht bzw. einer Oberflächenbefestigung aus Asphalt oder Schotter folgen überwiegend Tragschichten aus Mineralgemisch oder Auffüllungen aus Sanden mit Bauschuttbeimengungen. Darunter folgen holozäne Weichschichten aus Schluffen, Tonen und Torfen, in die bereichsweise Sande eingelagert sind. Unter den holozänen Weichschichten stehen pleistozäne Sande an, die z.T. schluffige und kiesige Beimengungen aufweisen.

Die Baugrundaufschlüsse zeigen insgesamt unregelmäßige Baugrundverhältnisse, die den allgemeinen Erwartungen mit den üblichen Schwankungsbereichen entsprechen.

## 4.2 Baugrundeigenschaften

Die angetroffenen Bodenarten weisen folgende Baugrundeigenschaften auf:

### **Auffüllung: Sand, tlw. schluffig, tlw. organisch, Bauschuttbeimengungen**

Dichte:	locker bis dicht, zum Teil sehr dicht
Scherfestigkeit:	mittel bis groß
Zusammendrückbarkeit:	gering bis mittel
Wasserempfindlichkeit:	gering bis mittel
Wasserdurchlässigkeit:	schwach durchlässig bis stark durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V1 bis V3 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	leicht bis schwer, z.T. sehr schwer
Frostempfindlichkeit:	F 1 bis F 3 nach ZTV E-StB 17

### **Schluff, tlw. tonig, tlw. sandig, tlw. organisch**

Konsistenz:	weich bis halbfest
Scherfestigkeit:	gering
Zusammendrückbarkeit:	groß
Wasserempfindlichkeit:	mittel bis groß
Wasserdurchlässigkeit:	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V2/V3 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	leicht bis mittel
Frostempfindlichkeit:	F 3 nach ZTV E-StB 17

### **Torf**

Scherfestigkeit:	sehr gering
Zusammendrückbarkeit:	groß bis sehr groß
Wasserempfindlichkeit:	groß bis sehr groß
Wasserdurchlässigkeit:	schwach bis sehr schwach durchlässig
Verdichtbarkeit:	nicht verdichtbar
Ramm- und Rüttelbarkeit:	leicht bis schwer
Frostempfindlichkeit:	F 3 nach ZTV E-StB 17



### **Pleistozäner Sand**

Dichte:	mitteldicht bis dicht, z.T. sehr dicht
Scherfestigkeit:	groß
Zusammendrückbarkeit:	gering
Wasserempfindlichkeit:	gering
Wasserdurchlässigkeit:	durchlässig bis stark durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V1 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	mittelschwer bis schwer
Frostempfindlichkeit:	F 1 nach ZTV E-StB 17

### **4.3 Baugrundtragfähigkeit**

Die angetroffenen Bodenarten können in ihrer Tragfähigkeit wie folgt eingestuft werden:

<b>Bodenart</b>	<b>Tragfähigkeit</b>
Auffüllung: Sand, tlw. schluffig, tlw. organisch, Bauschuttbeimengungen	mäßig bis gut tragfähig
Schluff, tlw. tonig, tlw. sandig, tlw. organisch	gering tragfähig
Torf	gering bis sehr gering tragfähig
Pleistozäner Sand	gut bis sehr gut tragfähig

#### 4.4 Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke

Von den auszuhebenden Böden sind für bautechnische Zwecke wiederverwendbar:

Die Sande können zur Auffüllung wiederverwandt werden. Sofern die schlufffreien Teile (Schluffkornanteil von  $\leq 5\%$ ) des Sandes separat gelagert werden, können diese als frostunempfindliches Material für die Wiederverfüllung unter den Verkehrsflächen eingebaut werden.

Die vorhandenen Schluff- und Torfschichten sind nicht verwendbar und sind abzufahren.

Der Geologische Dienst für Bremen (GDfB) stellt ein Kartenwerk über die Verbreitung von (potenziell) sulfatsauren Böden in Bremen und Bremerhaven zur Verfügung. Die Darstellung „sulfatsaure Böden 0 - 2 m“ und „sulfatsaure Böden des tieferen Untergrundes (2 - 15 m, bzw. Holozänbasis)“ wurden auf Basis vorhandener geologischer Karten und einer Auswertung der Bohrdatenbank des GDfB erstellt.

Der überwiegende Teil des Trassenverlaufes wird laut Angaben des GDfB durch die Über- und Unterlagerungen von Torf und Ton charakterisiert und ist in die Kategorie GR2.3 einzustufen. Die Gefährdungsklasse GR2.3 gibt ein mittleres bis z.T. hohes Potential für ausgeprägte Versauerung an. Die untersuchten Torfproben sind als potenziell sulfatsauer einzustufen und bestätigen somit die Angaben durch den GDfB.

Potenziell sulfatsaure Böden sollten möglichst wenig transportiert werden und es sollte ein rascher schichtenkonformer Wiedereinbau in den reduzierten Bereich des Untergrundes erfolgen. Bei der Umlagerung und dem Abtransport von potenziell sulfatsauren Böden sollten die „Ablagerungsstrategien von (potenziell) sulfatsaurem Bodenaushub“ der Geofakten 25 des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie beachtet werden.

Der Mutterboden kann gemäß BBodSchV als Mutterboden gewonnen bzw. wiederverwendet werden.

Bei der Wiederverwendung bzw. Verwendung der Aushubböden an einem anderen Standort sind Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen gemäß den Technischen Regeln der Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20 zu berücksichtigen.

#### 4.5 Bodenkennwerte

Aufgrund der Versuchsergebnisse der Labor- und Feldversuche und nach Erfahrungswerten mit vergleichbaren Bodenarten können für erdstatische Berechnungen folgende charakteristische Bodenkennwerte angesetzt werden:

Bodenart	BG DIN 18196	Wichte		Steife- Modul $E_{s,k}$ MN/m <sup>2</sup>	Scherfestigkeit	
		$\gamma_k$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma'_k$ kN/m <sup>3</sup>		$\varphi'_k$ °	$c'_k$ kN/m <sup>2</sup>
Auffüllung: Sand, tlw. schluffig, tlw. organisch, Bauschuttbeimengungen	SE-SU*	18 - 20	10 - 12	10 - 60	30,0 - 35,0	0
Schluff, tlw. tonig, tlw. sandig, tlw. organisch	UL-UA/OU	17 - 19	7 - 9	1 - 5	20,0 - 25,0	5 - 10
Torf	HN-HZ	11 - 13	1 - 3	0,2 - 1,0	15,0 - 20,0	2 - 5
Pleistozäner Sand	SE-SU*	18 - 21	10 - 12	20 - 90	32,5 - 37,5	0

Die vorstehenden Werte gelten für die beschriebenen Bodenschichten im ungestörten Zustand. Bei baustellenbedingten Auflockerungen oder Verwässerungen der Bodenschichten muss mit entsprechenden Verschlechterungen gerechnet werden.

#### **4.6 Beurteilung des Baugrund- und Gründungsrisikos**

Da Bodenaufschlüsse immer nur eine exakte Aussage für den eigentlichen Untersuchungspunkt ergeben, sind für die dazwischen liegenden Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich.

Die Wahrscheinlichkeit einer Aussage über den Aufbau oder bestimmte für die geotechnische Beurteilung maßgebliche Eigenschaften von Boden wächst mit dem Untersuchungsumfang, d. h. mit der Anzahl der Aufschlüsse und nimmt ab mit der Wechselhaftigkeit des Baugrundes. Es bleibt daher immer ein Risiko, dass im Baugrund Abweichungen von den zu erwartenden zu den tatsächlichen Baugrundverhältnissen vorhanden sind. Dieses Risiko wird als Baugrundrisiko bezeichnet. Unter Baugrundrisiko versteht man auch die Gefahr, dass bei jeder Bebauung von Baugrund trotz vorhergehender, den Regeln der Technik entsprechender bestmöglicher Untersuchung und Beschreibung der Boden- und Wasserverhältnisse, unvorhersehbare Erschwernisse auftreten können.

Alles unerwartet im Baugrund Vorgefundene wird ebenfalls vom Begriff des „Baugrundrisikos“ generell ausgefüllt: so etwa Kellergewölbe, Fundamentreste, Holzpfähle, Findlinge, Geheimgänge, Wurzeln, Stollen, Bunker, Reste früherer Kulturen wie Gräber, Hafenbefestigungen, alte Tanks, Kanäle, Versorgungsleitungen aller Art, mit Altlasten verunreinigte oder sonstige kontaminierte Bereiche, Einlagerungen aller Art, um nur einige Beispiele aus der Baupraxis und der Rechtsprechung anzuführen.

Ein restliches Baugrundrisiko kann daher auch durch eingehende geotechnische Untersuchungen nicht völlig ausgeschaltet werden, da kleinräumige Inhomogenitäten des Baugrundes nicht restlos zu erfassen sind. Ferner werden die bodenmechanischen Kennwerte an faustgroßen Proben ermittelt, die nicht immer repräsentativ für die gesamte Schicht sind. Die Werte der Baugrundparameter streuen in gewissen Bandbreiten und manche Eigenschaften des Baugrundes können mit angemessenem Aufwand nicht festgestellt werden.



Aufgabe der geotechnischen Untersuchungen von Boden als Baugrund ist es, das Baugrundrisiko im Hinblick auf die Aufgabenstellung des jeweiligen Projektes einzugrenzen.

Das Baugrundrisiko wird im vorliegenden Fall durch die wechselhafte Mächtigkeit und Tragfähigkeit der holozänen Weichschichten und durch die unterschiedliche Zusammensetzung der Auffüllung geprägt.

## 5 Nachweis der Böschungsstandsicherheit (Anlagen KW-4.1 und KW-4.2)

### 5.1 Aufgabenstellung und Berechnungsquerschnitte

Für den Kuhgrabenweg wurde von der Wesernetz Bremen GmbH eine Beurteilung der Standsicherheit an 2 repräsentativen Querschnitten entsprechend der vorhandenen Baugrundsituation beauftragt. Hierbei soll überprüft werden, in welchem Umfang der Kuhgrabenweg durch Verkehrslasten aus Baugeräten belastet werden kann. Die Berechnungsquerschnitte wurden unter Berücksichtigung der vorhandenen Baugrundsituation und des Geländeprofils festgelegt.

### 5.2 Baugrund

Die Baugrundverhältnisse in den Querschnitten wurden anhand der Baugrunderkundungen (siehe Anlage KW-2.1.1) festgelegt. Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht der in den Berechnungsquerschnitten verwendeten Baugrundaufschlüsse. Die Bodenkennwerte wurden gemäß Abschnitt 4.5 angesetzt.

Querschnitt	Baugrundaufschluss
1	BS 140
	BS 141
2	BS 144
	BS 145

Die Geländeoberkanten und die Höhen der Böschung in den Querschnitten wurden gemäß den Bestandsunterlagen [ 1.1 ] und [ 3 ] in Verbindung mit den durchgeführten Baugrundaufschlüssen angesetzt.

Die verwendete Baugrundsichtung mit den rechnerischen Bodenkennwerten sind ebenfalls auf den Anlagen KW-4.1 und KW-4.2 zur Berechnung der Böschungsbruchsicherheit angegeben.

### **5.3 Bemessungswasserstände**

Für den Nachweis der Böschungsstandsicherheit wurden folgende Bemessungswasserstände angesetzt:

<b>Oberes Grundwasserstockwerk:</b>		Geländeoberkante
<b>Hauptgrundwasserstockwerk:</b>	+	1,3 m NHN <sup>*)</sup>
<b>Wasserstand Kuhgraben:</b>	±	0,0 m NHN

<sup>\*)</sup> Bei unzureichender Sohlstärke der schwach durchlässigen Schluff- und Torfschichten im Kuhgraben sowie einer Sohlage (rd. - 0,8 m NHN), die bereichsweise in den unterlagernden Sanden liegt, kommt es zu einer hydraulischen Verbindung des Hauptgrundwasserleiters (Aufbruch der Sohle) und einer Abführung von Grundwasser mit einem Ausgleich des Druckniveaus.

#### 5.4 Systemparameter und Verkehrslasten

Bei den Berechnungen wurde der Nachweis der Standsicherheit des Kuhgrabenweges für die Globalsicherheiten der Außenböschung geführt. Beim Nachweis der Globalsicherheit wurden Gleitkreise untersucht, welche die eingelagerten bindigen und organischen Schichten durchschneiden. Hierdurch liegen die maßgebenden Gleitkreise häufig am Rand der Mittelpunktvariation. Böschungsnaher Gleitkreise, welche nur die lokale Standsicherheit der Abdeckung betrachten, bleiben hierbei unberücksichtigt. Die Berechnungen erfolgen jeweils mit den dränierten Scherparametern des Bodens  $\phi'$  und  $c'$  gemäß den Bodenkennwerten aus Abschnitt 4.5.

Gegenüber der bisherigen Verkehrslasten aus Rettungseinsätzen und Unterhaltungsarbeiten des Kuhgraben werden für die bauzeitliche Nutzung durch Auftragnehmer der Wesernetze maximalen Verkehrslasten der SLW 30 ( $P_v = 16,6 \text{ kN/m}^2$  auf 3,0 m Breite) angesetzt.

#### 5.5 Teilsicherheitsbeiwerte

Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen (nur kurzzeitig wirkende höhere Verkehrslasten) und Widerstände für die vorübergehende Bemessungssituation BS-T wurden aus dem EC 7 übernommen und sind nachfolgend aufgeführt:

	<b>Formelzeichen</b>	<b>BS-T</b>
Ständige Einwirkungen	$\gamma_G$	1,00
ungünstige veränderliche Einwirkungen	$\gamma_Q$	1,20
Reibungsbeiwert $\tan \phi'$ des dränierten Bodens	$\gamma_\phi$	1,15
Kohäsion $c'$ des dränierten Bodens	$\gamma_{c'}$	
Scherfestigkeit $c_u$ des undränierten Bodens	$\gamma_{c_u}$	

## 5.6 Software

Die Berechnung der Böschungsbruchsicherheit wurde mit dem Programm GGU - STABILITY – „Böschungsbruchberechnungen und Berechnungen von Bodenvernagelungen und Bewehrte-Erde-Wände“ nach DIN 4084 und EC 7 – Version 13.00 durchgeführt.

Die Böschungsstandsicherheit wurde mit dem Verfahren nach Bishop (kreisförmiger Bruchkörper mit dem Mohr-Coulomb Bruchkriterium) ermittelt.

Der Ausnutzungsgrad „ $\mu$ “ wird als Verhältnis des Bemessungswertes der Einwirkungen bzw. Beanspruchungen zu den Widerständen definiert und muss die Forderung

$$\mu \leq 1,0$$

erfüllen.

## 5.7 Ergebnisse der Böschungsbruchuntersuchungen (Anlagen KW-4.1 und KW-4.2)

Die Ergebnisse der Standsicherheitsuntersuchungen der Querschnitte für den Endzustand sind auf den Anlagen KW-4.1 und KW-4.2 dargestellt und nachfolgend zusammengefasst. In den Berechnungen wurde die maximal mögliche Verkehrslast auf einem Streifen mit einer Breite von 3,0 m ab der Außenkante der vom Kuhgraben abgewandten Seite der Oberflächenbefestigung berücksichtigt.

Querschnitt	Verkehrsbelastung [kN/m <sup>2</sup> ]	Ausnutzungsgrad $\mu$	Anlage
1	16,66	0,96	KW-4.1
2	16,66	0,99	KW-4.2

Bei dem Nachweis der globalen Deichstandsicherheit außenseitig ergibt sich für die Querschnitte 1 und 2 für die Bemessungssituationen BS-T ein Ausnutzungsgrad von

$$\mu \leq 1,0.$$

Die ausreichende Standsicherheit ist unter den gegebenen Randbedingungen nachgewiesen.

## **6 Bewertung des vorhandenen Verkehrsflächenaufbaus**

Die Regelanforderungen an Verkehrsflächen sind im Wesentlichen in der ZTV E-StB 17 sowie in der RStO 12 enthalten. Diese Anforderungen beziehen sich, soweit sie geotechnisch von Bedeutung sind, auf die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues und die Tragfähigkeit sowie den Verdichtungsgrad der Frostschutzschicht des Erdplanums und des Untergrundes bis 2,00 m unter dem Erdplanum.

Die Verkehrsflächen werden vorläufig in der Bauweise „Rad- und Gehwege“ zugeordnet. Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues wird unter Berücksichtigung der Frostempfindlichkeit des Bodens nach Tafel 6 der RStO 12 festgelegt. Danach beträgt die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues unter Berücksichtigung von ungünstigen Wasserverhältnissen  $d = 35 \text{ cm}$  bei der Frostempfindlichkeitsklasse F3.

Für das Erdplanum des Untergrundes muss die Forderung  $E_{V2} \geq 45 \text{ MPa}$  erfüllt werden.

Der  $E_{V2}$ -Wert von 45 MPa ist für die bindigen und organischen Schichten des Untergrundes erfahrungsgemäß nicht vorhanden, so dass eine zusätzliche Tragschicht zur Erreichung des  $E_{V2}$ -Wertes an der Unterkante des Oberbaues erforderlich wäre.

Aufgrund eigener Versuche auf vergleichbaren Bodenschichten wäre zur Erreichung eines  $E_{V2}$ -Wertes von 45 MPa eine mindestens 0,6 m starke Sandtragschicht ( $E_{V2}$ -Wert  $\geq 60$  MPa) erforderlich. Daraus ergibt sich eine Gesamtstärke von 0,95 m von Oberkante Fahrbahn bis zum Planum.

Die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse zeigen, dass der Verkehrsflächenaufbau überwiegend nicht den Vorgaben der RStO 12 für Geh- und Radwege hinsichtlich Asphalt- und Tragschichtstärke sowie Gesamtaufbau entspricht.

Bei der geplanten Belastung durch Baufahrzeuge ist der vorhandene Aufbau nicht geeignet, so dass massive Schäden in der Oberflächenbefestigung zu erwarten sind.

## 7 Zusammenfassung

Die geplante Baumaßnahme umfasst die Verlegung einer Fernwärmeverbindungsleitung in Bremen. Im Rahmen dieser Maßnahme sollte eine Überprüfung der Belastbarkeit des Kuhgrabenwegs erfolgen.

Der Baugrund besteht unter einer Mutterbodenschicht oder einer Oberflächenbefestigung aus Asphalt aus mineralischen Tragschichten oder Auffüllungen aus Sanden, die von holozänen Weichschichten unterlagert werden. Darunter folgen pleistozäne Sande mit tlw. schluffigen oder kiesigen Beimengungen.

Die Standsicherheitsuntersuchungen zeigen, dass für eine Belastung von maximal  $16,66 \text{ kN/m}^2$  (SLW30) und einem maximalen Fahrstreifen von 3,0 m eine ausreichende Gesamtstandsicherheit gegeben ist. Der vorhandene Verkehrsflächenaufbau entspricht nicht den Vorgaben der RStO12, so dass mit Schäden in der Oberflächenbefestigung aus der geplanten Nutzung mit Baufahrzeugen zu rechnen ist.

Weitere Einzelheiten sowie die Ergebnisse von Böschungsbruchberechnungen sind im Bericht gegeben.

Bei einer wesentlichen Planungsänderung, insbesondere einer Änderung der Lage oder Höhenanordnung des Bauwerkes, bitten wir um eine Information, damit überprüft werden kann, ob und welche Auswirkungen sich für die Gründungskonstruktion ergeben.



Dr.-Ing. von Bloh  
Geschäftsführer



i. A. Bau-Ing. Luka Hublitz M. Eng.



**Verteiler:**

Bauherr: Wesernetz Bremen GmbH  
Theodor-Heuss-Allee 20  
28215 Bremen digital

Objektplanung: Fichtner Water & Transportation GmbH  
Hammerbrookstr. 47b  
20097 Hamburg digital

**8 Anlagenverzeichnis**

<b>I N H A L T</b>	von	bis
<b>1. Lageplan</b>	KW-1	
<b>2. Felduntersuchungen</b>		
2.1 Bodenprofile aus Sondierbohrungen, Rammsondierungsdiagramme	KW-2.1.1	
<b>3. Laboruntersuchungen</b>		
3.1 Korngrößenverteilungen	KW-3.1.1	KW-3.1.3
3.2 Bodenmechanische Kennziffern	KW-3.2	
3.3 Übersicht über die Ergebnisse der LAGA-Analysen	KW-3.3	
3.4 Übersicht über die Ergebnisse der Asphalt Analysen	KW-3.4	
3.5 Ergebnisse der chemischen Analysen im Detail	KW-3.5.1	KW-3.5.13
<b>4. Gutachten</b>		
4.1 Böschungsstandsicherheit Querschnitt 1	KW-4.1	
4.2 Böschungsstandsicherheit Querschnitt 2	KW-4.2	

**(im PDF-Exemplar sind die Anlagen unter der Büroklammer angehängt!)**