

GRUNDBAULABOR BREMEN  
INGENIEURGESELLSCHAFT  
FÜR GEOTECHNIK MBH  
KLEINER ORT 2  
28357 BREMEN  
TELEFON (0421) 20770-0  
TELEFAX (0421) 27 42 55  
GLB@GRUNDBAULABOR.DE

Objekt-Nr.: 19 12353  
Datum: 09.12.2019  
Zeichen: SB/Re/ALa  
O:\19\12353\GTB1.docx

## **Herstellung der Deichsicherheit im Bereich Kloster Blankenburg, 26135 Oldenburg**

### **Geotechnischer Bericht Nr. 1**

#### **Beurteilung der Deichstandsicherheit**

---

Bauherr: I. Oldenburgischer Deichband  
Franz-Schubert-Str. 31  
26919 Brake

Projektsteuerung: Niedersächsischer Landesbetrieb für  
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz  
Betriebsstelle Brake-Oldenburg  
Heinestr. 1  
26919 Brake

Objektplanung: Gralle & Partner  
Beratende Ingenieure mbB  
Cherbourger Straße 1  
27580 Bremerhaven



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Anlass der geotechnischen Untersuchungen/Aufgabenstellung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Baumaßnahme (Anlage 1) .....</b>	<b>4</b>
2.1	Unterlagen .....	4
2.2	Untersuchungsgebiet (Anlage 1).....	5
2.3	Deichabschnitt Kloster Blankenburg.....	6
2.4	Geotechnische Kategorien .....	7
<b>3</b>	<b>Baugrund (Anlagen 2.1.1 bis 2.1.4) .....</b>	<b>8</b>
3.1	Geologische und bautechnische Vorgeschichte .....	8
3.2	Baugrundaufschlüsse (Anlagen 2.1.1 bis 2.1.4) .....	8
3.3	Baugrundverhältnisse (Anlagen 2.1.1 bis 2.1.4) .....	10
3.3.1	Baugrundsichtung (Anlagen 2.1.1 bis 2.1.4) .....	10
3.3.2	Baugrundfestigkeit.....	13
3.4	Grundwasserverhältnisse.....	15
3.4.1	Hauptgrundwasserstockwerk .....	15
3.4.2	Oberes Grundwasserstockwerk .....	17
3.4.3	Bemessungswasserstände.....	18
3.5	Ergebnisse von Laborversuchen (Anlagen 3.1.1 bis 3.2.3) .....	19
3.6	Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen .....	21
3.7	Verunreinigungen von Boden nach Bodenschutzgesetz oder LAGA .....	22
<b>4</b>	<b>Beurteilung des Baugrundes.....</b>	<b>24</b>
4.1	Baugrundmodell.....	24
4.2	Baugrundeigenschaften .....	26
4.3	Baugrundtragfähigkeit .....	27
4.4	Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke .....	28
4.5	Homogenbereiche - (VOB 2019) (Anlagen 3.3.1 bis 3.3.6) .....	29
4.6	Bodenkennwerte.....	30
4.7	Beurteilung des Baugrund- und Gründungsrisikos .....	31
<b>5</b>	<b>Nachweis der Deichstandsicherheit .....</b>	<b>32</b>
5.1	Aufgabenstellung und Berechnungsquerschnitte (Anlagen 5.1.1 bis 5.5.3) .....	32
5.2	Software.....	33
5.3	Baugrund .....	33
5.4	Wasserstände.....	34
5.5	Verkehrslast.....	34
5.6	Berechnungsansätze .....	35
5.7	Teilsicherheitsbeiwerte.....	36
5.8	Ergebnisse der Böschungsbruchuntersuchungen .....	37
5.8.1	Querprofil D-km 0+550 (Anlagen 5.1.1 bis 5.1.6).....	37
5.8.2	Querprofil D-km 0+750 (Anlagen 5.2.1 bis 5.2.6).....	38
5.8.3	Querprofil D-km 0+950 (Anlagen 5.3.1 bis 5.3.6).....	39
5.8.4	Querprofil D-km 1+175 (Anlagen 5.4.1 bis 5.4.9).....	40
5.8.5	Querprofil D-km 1+500 (Anlagen 5.5.1 bis 5.5.3).....	42
<b>6</b>	<b>Deichverteidigungsweg und Deichkerndränge .....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>Erosionsstabilität des Deichuntergrundes aus Sand .....</b>	<b>45</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>Anlagenverzeichnis.....</b>	<b>49</b>

## **1 Anlass der geotechnischen Untersuchungen/Aufgabenstellung**

Der I. Oldenburgische Deichband plant für die Herstellung der Deichsicherheit im Bereich des ehemaligen Kloster Blankenburg die Teilverlegung der Deichachse und Erhöhung der Deichkrone. Das Grundbaulabor Bremen Ingenieurgesellschaft für Geotechnik mbH wurde vom I. Oldenburgischen Deichband beauftragt, für das Bauvorhaben eine Baugrundbeurteilung und eine Beurteilung der Deichstandsicherheit einschließlich der dazu erforderlichen Baugrundaufschlüsse durchzuführen.

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

Erste Ergebnisse der Baugrunderkundungen und eine erste Beurteilung der Standsicherheit wurden im Zuge des Planungsfortschrittes mit E-Mail vom 24.05.2019 (br4) bekannt gegeben.

Dieser Geotechnische Bericht 1 enthält die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse, der Feld- und Laborversuche sowie die rechnerischen Nachweise der Deichstandsicherheit in den Querschnitten D-km 0+550, 0+750, 0+950, 1+175 und 1+500, Angaben zur Gestaltung des Deichverteidigungswegs sowie zur Einbindung einer außenseitigen Kleischürze.



## **2 Baumaßnahme (Anlage 1)**

### **2.1 Unterlagen**

#### Gralle & Partner - Beratende Ingenieure mbB

- [ 1 ] Lageplan, Herstellung der Deichsicherheit im Bereich Kloster Blankenburg, Entwurfsplanung, E 32.10.01, 03.12.2018, erhalten am 04.07.2019
- [ 2 ] Regelquerschnitt Deichkörper (Planung), Herstellung der Deichsicherheit im Bereich Kloster Blankenburg, Entwurfsplanung, E 32.10.10, Blatt-Nr. 1/4, 03.12.2018, erhalten am 17.07.2019
- [ 3 ] Schnitte durch den Deichkörper (Planung und Bestand) A-A / B-B / C-C, Herstellung der Deichsicherheit im Bereich Kloster Blankenburg, Entwurfsplanung, E 32.10.10, Blatt-Nr. 2/4, 16.07.2019, erhalten am 17.07.2019
- [ 4 ] Schnitte durch den Deichkörper (Planung und Bestand) D-D / E-E / F-F, Herstellung der Deichsicherheit im Bereich Kloster Blankenburg, Entwurfsplanung, E 32.10.10, Blatt-Nr. 3/4, 16.07.2019, erhalten am 17.07.2019
- [ 5 ] Schnitte durch den Deichkörper (Planung und Bestand) G-G / H-H / I-I / J-J, Herstellung der Deichsicherheit im Bereich Kloster Blankenburg, Entwurfsplanung, E 32.10.10, Blatt-Nr. 4/4, 16.07.2019, erhalten am 17.07.2019

#### Grundbaulabor Bremen - Ingenieurgesellschaft für Geotechnik mbH

- [ 6 ] Stadtstrecke Oldenburg, Deich-Station 0+000 bis 0+350, Klosterholzweg, 27798 Oldenburg-Wüstring, Geotechnischer Bericht Nr. 1, Nachweis der Standsicherheit, vom 01.04.2003, Objekt-Nr. 02 7827
- [ 7 ] Herstellung der Deichsicherheit im Bereich Kloster Blankenburg, Schreiben vom 08.02.2016 (br2), Objekt-Nr. 15 11224

## 2.2 Untersuchungsgebiet (Anlage 1)

Das Untersuchungsgebiet liegt am östlichen Stadtrand von Oldenburg im Bereich des ehemaligen Klosters Blankenburg. Einen Lageplan im Maßstab 1 : 25.000 zeigt die Anlage 1.

Auf der Baufläche wurde im Zuge der Baugrunderkundung am 09.04.2019 eine Ortsbesichtigung durchgeführt. Dabei wurde Folgendes festgestellt:

Im Bereich der Sondierpunkte BS 201 bis BS 204 waren die Flächen vernässt, sodass die geplanten Sondierbohrungen erst am 13.08.2019 durchgeführt werden konnten, siehe Abbildung 1.



Abbildung 1: vernässte Flächen im Bereich der geplanten Sondierbohrungen



### 2.3 Deichabschnitt Kloster Blankenburg

Die Objektplanung wird ausgeführt von Gralle & Partner - Beratende Ingenieure mbB in Bremerhaven.

Der zu untersuchende Deichabschnitt erstreckt sich über eine Länge von 1500 m im Bereich der Nordseite des ehemaligen Klosters Blankenburg.

Die geplante Deichachse wird sowohl binnendeichs als auch außendeichs verschoben. Die geplante Deichkrone weist eine Höhe von + 4,00 m NHN. Die Außen- und Binnenböschungen weisen eine Neigung von 1:3 auf und der Deichverteidigungsweg befindet sich mit einem Gefälle von 2,5 % im Bereich der Binnenböschung.

#### Höhen

Die m NHN-Höhen der Sondierpunkte wurden mit einem satellitengestützten Positionssystem via GNSS-Technik (GPS/GLONASS) eingemessen (Genauigkeit ca. horizontal = 1 bis 2 cm, vertikal = 1,5 bis 3 cm).

Das *Normalhöhennull (NHN)* ist in Deutschland die aktuelle Bezeichnung der Bezugsfläche für das Nullniveau und wurde als Nachfolger des *Normalnull (NN)* eingeführt. Einige Kartendienste wie der NIBIS-Kartenserver (Niedersächsisches Bodeninformationssystem) bieten ihre Informationen mit NHN-Höhen an.

Die Abweichungen zwischen den „alten“ m NN-Höhen und den „neuen“ m NHN-Höhen liegen innerhalb der Messtoleranz für die satellitengestützte Messtechnik und sind so gering, dass eine Umrechnung aus geotechnischer Sicht entbehrlich ist. Wir behalten die Bezeichnung aller Höhenangaben entsprechend unserer Quellen bei.

Auf unserer Anlage 2.1 werden ohne Umrechnung alle absoluten Höhen als m NHN-Höhen dargestellt.

**Gelände und Baugrund:**

Gelände, max. (BS 223)	+ 2,61 m NHN
Gelände, min. (BS 208)	± 0,00 m NHN
Oberer Grundwasserhorizont	+ 2,21 m NHN
Grundwasserstand lt. hydrogeologischer Übersichtskarte (NIBIS)	+ 1,0 m NHN
Grundwasser (BS 212 - 08.04.2019)	+ 0,59 m NHN
Grundwasser (BS 219 - 11.04.2019)	+ 1,85 m NHN
max. Wasserstand Hunte (Bemessungswasserstand)	+ 3,30 m NHN
Teichwasserstand (Januar 2003)	+ 0,32 m NHN
Teichsohle	- 1,24 m NHN

**2.4 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.

Für wasserbelastete Dämme, Staudämme, Deiche, Absperrbauwerke von Sedimentationsbecken und Dämmen von Hochwasserrückhaltebecken wurde das geometrische Kriterium der Stauhöhe auf  $\leq 2$  m (GK 1) und  $> 4$  m (GK 3) im EC 7-1 festgelegt. Für eine Einstufung in GK 3 gilt alternativ das Stauvolumen von  $> 100.000$  m<sup>3</sup> als Kriterium.

Die Baumaßnahme ist in die geotechnische Kategorie 3 einzustufen.

### **3 Baugrund (Anlagen 2.1.1 bis 2.1.4)**

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

Nach der geologischen Übersichtskarte, Blatt Bremerhaven, ist im Bereich der Untersuchungsfläche neben fluviatilen Ablagerungen aus Sand und Kies eine perimarine Ablagerung aus Schluff und Ton über Niedermoor zu erwarten.

#### **3.2 Baugrundaufschlüsse (Anlagen 2.1.1 bis 2.1.4)**

Zur Erkundung des Baugrundes wurden von unserem Labor im Januar 2003, im November 2015 und im April und August 2019 folgende Baugrundaufschlüsse durchgeführt:

##### **April und August 2019:**

Direkte Baugrundaufschlüsse:

26 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1, Durchmesser 45 mm bis 80 mm, t = 3,00 m bis 7,00 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:

5 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 (DPH), t = 7,00 m.

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

#### **November 2015:**

Direkte Baugrundaufschlüsse:

34 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1, Durchmesser 45 mm bis 80 mm, t = 5,00 m bis 10,00 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:

13 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 (DPH), t = 5,00 m bis 8,00 m.

Die Lage und das Ergebnis der Baugrundaufschlüsse, höhengerecht im Maßstab 1 : 100 als Bodenprofile mit den Sondierdiagrammen dargestellt, zeigen die Anlagen 2.1.2 und 2.1.3.

### **Januar 2003:**

Direkte Baugrundaufschlüsse:

15 Kleinrammbohrungen, t = 4,00 m bis 10,00 m.

Indirekte Baugrundaufschlüsse:

2 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (SRS), t = 4,00 m bis 6,00 m.

Die Lage und das Ergebnis der Baugrundaufschlüsse, höhengerecht im Maßstab 1 : 100 als Bodenprofile mit den Sondierdiagrammen dargestellt, zeigt die Anlage 2.1.4.

### **3.3 Baugrundverhältnisse (Anlagen 2.1.1 bis 2.1.4)**

#### **3.3.1 Baugrundsichtung (Anlagen 2.1.1 bis 2.1.4)**

Aus den direkten Baugrundaufschlüssen ist die nachstehende Schichtenfolge erkennbar:

#### **Deich-km 0+000 bis 0+500 - BS 224 bis BS 226 und BS 201 bis BS 204:**

Unter einer 0,30 m bis 0,60 m mächtigen Mutterbodenschicht folgen ab einer Tiefe von + 1,30 m NHN bis - 0,60 m NHN Sande (Fein- und Mittelsande) mit Torf Beimengungen.

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

Die Ergebnisse der durchgeführten Baugrunderkundungen von November 2015 zeigen im Bereich zur Huntebrücke (Sondierbohrungen BS 101 bis BS 109) unter 0,20 m bis 0,30 m mächtigem Mutterboden eine Auffüllung aus überwiegend Sanden mit zum Teil humosen und schluffigen Bestandteilen. Eine „Kleiabdeckung“ ist in diesem Bereich nicht erkundet worden. Unterhalb der Auffüllung ab einer Tiefe von 1,50 m bis 5,00 m = + 1,30 m NN bis - 2,21 m NN folgen bis zur Endtiefe der Erkundungen Sande, die im Übergangsbereich zum Teil schluffigen Beimengungen aufweisen.

Die genaue Schichtenfolge und -mächtigkeit sowie weitere Angaben sind in den Bodenprofilen auf der Anlage 2.1.2 dargestellt.

Deich-km 0+550 bis 0+650 - BS 205 bis BS 207:

Unter einer 0,20 m bis 0,30 m mächtigen Mutterbodenschicht folgt eine 1,70 m bis 2,30 m mächtige Torfschicht, die ab einer Tiefe von 1,90 m bis 2,50 m = - 1,43 m NHN bis - 2,14 m NHN von Sanden unterlagert wird.

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

geplante westliche Abbaufäche - BS 208 bis BS 215:

Unter einer 0,20 m bis 0,50 m mächtigen Mutterbodenschicht folgt bei den Sondierbohrungen BS 208 und BS 209 eine 1,2 m mächtige Torfschicht und bei den Sondierbohrungen BS 210 und BS 213 eine gering mächtige tonige Schluffschicht, die von einer 0,35 m bis 0,5 m mächtigen Torfschicht unterlagert wird. Ab einer Tiefe von 1,10 bis 1,90 m = - 0,08 m NHN bis - 0,99 m NHN werden die Torfschichten von tlw. schwach humosen Sanden unterlagert. Bei den Sondierbohrungen BS 211, BS 212, BS 214 und BS 215 folgen unter der Mutterbodenschicht tlw. schwach humose Sande.

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

#### geplante östliche Abbaufäche - BS 216 bis BS 223:

Unter einer 0,90 m bis 2,30 m mächtigen Auffüllung aus tlw. humosen Sanden und tlw. humosen Schluffen folgen tlw. humose Sand-, tlw. humose Schluffschichten und Torfschichten.

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

Die Untersuchung dieser Böden im Hinblick auf das Versauerungspotential (sulfatsaure Böden) ist der Anlage „Untersuchung auf sulfatsaure Böden der Baumaßnahme -Kloster Blankenburg in Oldenburg-“ von der Dr. Pirwitz Umweltberatung zu entnehmen.

#### Vorhandene Deichachse Deich-km 0+350 bis 0+650 - BS 1 bis BS 16:

Die auf der vorhandenen Deichkrone ausgeführten Sondierbohrungen BS 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 und 17 zeigen unter einer 0,20 m bis 0,30 m mächtigen Mutterbodenschicht bereichsweise eine gering mächtige sandige Schluffschicht in 0,20 m bis 0,30 m Mächtigkeit. Darunter folgen aufgefüllte, teilweise schwach schluffige Fein- und Mittelsande. Von Deichstation 0+650 bis ca. Deichstation 0+550 folgen unterhalb der Sandauffüllung humose Schluff- und Torfschichten in Mächtigkeiten zwischen 0,80 m und 3,15 m, die von Fein- und Mittelsanden unterlagert werden. Von Deichstation ca. 0+550 bis Deichstation 0+350 sind unterhalb der Sandauffüllung noch gering mächtige Sand- und Schluff-/Torfschichten im Übergang zu den darunter lagernden Fein- und Mittelsanden vorhanden.

Die genaue Schichtenfolge und -mächtigkeit sowie weitere Angaben sind in den Bodenprofilen auf der Anlage 2.1.4 dargestellt.

### Deich-km 0+650 bis 1+571 - BS 205 bis BS 207:

In den Sondierbohrungen BS 110 bis BS 135 im Bereich des Würdemannsgrodens steht unter 0,15 m bis 0,40 m mächtigem Mutterboden eine Auffüllung aus Schluff- und Sandgemischen mit zum Teil humosen Beimengungen an. Unterhalb der Auffüllung folgen ab einer Tiefe von 0,50 m bis 4,00 m = + 1,81 m NN bis - 0,68 m NN humose, sandige Schluffe mit zum Teil Torfeinlagerungen in Mächtigkeiten zwischen 0,20 m bis 3,40 m sowie Sandzwischen-schichten, die in einer Tiefe von 2,00 m bis 7,50 m = + 3,85 m NN bis - 0,79 m NN von feinsandigen Mittelsanden unterlagert werden.

In den Sondierbohrungen BS 113, BS 114, BS 116, BS 123, BS 124 und BS 130 wurden innerhalb der Auffüllung Fremdstoffanteile (Bauschutt und Schlacke) erkundet.

In den Sondierbohrungen BS 110 bis BS 112 wurde keine Auffüllung erkundet.

Die Sande wurden in der Endtiefe der Sondierbohrungen nicht durchteuft. Sie stehen erfahrungsgemäß in einer größeren Mächtigkeit an.

Die genaue Schichtenfolge und -mächtigkeit sowie weitere Angaben sind in den Bodenprofilen auf der Anlage 2.1.3 dargestellt.

### **3.3.2 Baugrundfestigkeit**

Bei der Beurteilung der Sondiererergebnisse 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 -rauhigkeit gekennzeichnet ist und sich in der Größe des Steifemoduls  $E_S$  sowie des Winkels der inneren Reibung  $\varphi'$  äußert.

Es kann von folgendem Zusammenhang zwischen den Schlagzahlen  $n_{10}$  und der Baugrundfestigkeit bzw. Lagerungsdichte [siehe u. a. DIN EN 1997-2: 2010-10] ausgegangen werden:

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

### Sandauffüllung:

Die Rammsondierungen zeigen in Bereichen der Sandauffüllung mit Schlagzahlen von  $n_{10} = 1$  bis 5 Schläge eine sehr geringe bis mittlere Festigkeit.

### Sand im Deich:

Die Rammsondierungen zeigen im Bereich der vorhandenen Deichachse in den Sanden des Deiches mit Schlagzahlen von  $n_{10} = 2$  bis 7 Schläge eine mittlere bis große Festigkeit.

### untere Sande:

Die Rammsondierungen zeigen im Bereich der Sande mit Schlagzahlen von  $n_{10} = 2$  bis 10 Schläge eine mittlere bis große Festigkeit.

## **3.4 Grundwasserverhältnisse**

### **3.4.1 Hauptgrundwasserstockwerk**

Nach den durchgeführten Baugrundaufschlüssen ist der Mittelsand der Grundwasserleiter des Hauptgrundwasserstockwerkes. Den Grundwassernichtleiter bilden die z.T. über den Mittelsanden anstehenden Weich- und Torfschichten.

Aufgrund der Mächtigkeit der schwach durchlässigen Weich- und Torfschichten ist ein z. T. gespannter Grundwasserspiegel vorhanden.

In den Kleinrammbohrungen BS 133 und BS 10 wurden Peilfilter eingebaut, dessen Filterstrecken in den Sanden des Hauptgrundwasserleiters liegen. Während der Sondierarbeiten wurden folgende Grundwasserspiegel gem. nachfolgender Tabelle in Ruhe eingemessen:

<b>Sondierbohrung</b>	<b>Datum</b>	<b>Grundwasserstand [m NHN]</b>	<b>Anlage</b>
BS 133	24.11.2015	+ 0,40	2.1.3
BS 10	30.01.2003	- 0,35	2.1.4

Die entspannten Grundwasserspiegel wurden in den unverrohrten Sondierbohrungen eingemessen, siehe nachfolgende Tabelle.

<b>Sondierbohrung</b>	<b>Datum</b>	<b>Grundwasserstand [m NHN]</b>	<b>Anlage</b>
BS 224	12.08.2019	- 0,30	2.1.1
BS 225	12.08.2019	- 0,36	2.1.1
BS 226	12.08.2019	- 0,31	2.1.1
BS 201	13.08.2019	- 1,20	2.1.1
BS 202	13.08.2019	+ 0,01	2.1.1
BS 211	08.04.2019	+ 0,09	2.1.1
BS 212	08.04.2019	+ 0,59	2.1.1
BS 214	08.04.2019	+ 0,30	2.1.1
BS 215	08.04.2019	+ 0,39	2.1.1
BS 102	12.11.2015	+ 0,12	2.1.2
BS 103	12.11.2015	+ 0,19	2.1.2
BS 104	13.11.2015	+ 0,15	2.1.2
BS 105	13.11.2015	+ 0,19	2.1.2
BS 106	13.11.2015	+ 0,14	2.1.2
BS 107	13.11.2015	- 0,19	2.1.2
BS 1	28.01.2003	- 0,03	2.1.4
BS 2	28.01.2003	+ 0,06	2.1.4
BS 3	28.01.2003	- 0,37	2.1.4
BS 5	28.01.2003	+ 0,01	2.1.4

Es ist jedoch zu beachten, dass in den unverrohrten Sondierbohrungen das Grundwasser nicht eindeutig eingemessen werden kann.

Die Wasserstände des Hauptgrundwasserstockwerkes werden aufgrund der Nähe zur Hunte durch die Huntewasserstände beeinflusst. Bei extremen Hochwasserständen können somit auch höhere Grundwasserstände als die o. g. Werte auftreten und das Vorland kann überflutet werden.

Vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) wurden die Grundwasserverhältnisse des Hauptgrundwasserstockwerkes in einem umfangreichen Grundwassermessstellennetz beobachtet und daraus die Hydrologische Übersichtskarte für Niedersachsen 1 : 200.000 erstellt. Hieraus kann die Lage der Grundwasseroberfläche bezogen auf m NHN abgelesen werden. Danach sind im Bereich der Baufläche folgende Grundwasserstände des Hauptgrundwasserstockwerkes zu erwarten:

Mittlerer Wasserstand: + 1,0 m NHN

### **3.4.2 Oberes Grundwasserstockwerk**

Die tlw. eingelagerten bindigen Schichten wirken als Grundwasserstauer für ein oberes Grundwasserstockwerk, für den die überlagernden Sande bzw. Sandauffüllungen den Grundwasserleiter bilden.

Der maximale Grundwasserspiegel des oberen Grundwasserstockwerkes wurde in der unverrohrten Sondierbohrung (BS 118/BS 126) am 18.11.2015 auf + 2,30 m NN (siehe Anlage 2.1.3) angetroffen. Es ist jedoch zu beachten, dass in den unverrohrten Sondierbohrungen das Grundwasser nicht eindeutig eingemessen werden kann.



Bei Sandauffüllungen auf den bindigen Deckschichten wird sich zukünftig ein oberer Grundwasserspiegel einstellen, der in Abhängigkeit von den Niederschlägen und der örtlichen Entwässerungssituation bis zur Geländeoberkante ansteigen kann.

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

### **3.4.3 Bemessungswasserstände**

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

#### **Hauptgrundwasserstockwerk**

Mittlerer Grundwasserstand: + 1,3 m NHN

#### **oberes Grundwasserstockwerk**

Geländeoberkante

#### **Huntewasserstand**

+ 3,3 m NHN

### 3.5 Ergebnisse von Laborversuchen (Anlagen 3.1.1 bis 3.2.3)

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 (ergänzt mit Angaben aus den Unterlagen [U6 und 7]):

#### **Auffüllung: Sand, tlw. stark schluffig, tlw. stark humos**

---

Bodengruppe (DIN 18196)	<b>A [SE-SU* / OH]</b>			
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)				
Feinstes	$d \leq 0,002$	mm	=	5 %
Schluffkorn	$d \leq 0,002 - 0,06$	mm	=	1 - 28 %
Sandkorn	$d = 0,06 - 2,0$	mm	=	72 - 98 %
Kieskorn	$d \geq 2,0$	mm	=	0 - 1 %
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)		$w_n$	=	23,4 - 124,3 %
Glühverlust (DIN 18128)		$V_{gl.}$	=	12,5 %

#### **Auffüllung: Schluff, sandig, schwach bis stark humos/ Schluff und Sand, stark humos**

---

Bodengruppe (DIN 18196)	<b>A [UL-UM / OU]</b>			
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)				
Feinstes	$d \leq 0,002$	mm	=	0 - 9 %
Schluffkorn	$d \leq 0,002 - 0,06$	mm	=	34 - 45 %
Sandkorn	$d = 0,06 - 2,0$	mm	=	54 - 58 %
Kieskorn	$d \geq 2,0$	mm	=	1 - 2 %
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)		$w_n$	=	17,9 - 82,4 %



## Schluff, stark feinsandig, tonig, stark humos

---

Bodengruppe (DIN 18196)

**UL - UA/**

**TA/**

**OU**

Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)

Feinstes	$d \leq 0,002$	mm	=	3	-	20	%
Schluffkorn	$d = 0,002 - 0,06$	mm	=	39	-	77	%
Sandkorn	$d = 0,06 - 2,0$	mm	=	10	-	44	%
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	$w_n$		=	28,5	-	138,2	%
Glühverlust (DIN 18128)	$V_{gl.}$		=	12,5	-	18,6	%
Fließgrenze (DIN EN ISO 17892-12)	$w_L$		=	56,4	-	91,6	%
Ausrollgrenze (DIN EN ISO 17892-12)	$w_p$		=	25,1	-	59,0	%
Kompressionsversuch (DIN EN ISO 17892-5)	$E$		=	0,4	-	0,8	MN/m <sup>2</sup>

## Torf, tlw. schluffig, tlw. feinsandig

---

Bodengruppe (DIN 18196)

**HN - HZ**

Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	$w_n$		=	65,7	-	575,3	%
Glühverlust (DIN 18128)	$V_{gl.}$		=	32,6	-	79,0	%
Kompressionsversuch (DIN EN ISO 17892-5)	$E$		=	0,3	-	0,4	MN/m <sup>2</sup>

**Sand, tlw. stark schluffig, tlw. stark humos, tlw. schwach kiesig**

---

Bodengruppe (DIN 18196)					<b>SE - SU*/ OH</b>
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)					
Feinstes	d ≤ 0,002	mm	=	4	%
Schluffkorn	d = 0,002 - 0,06	mm	=	0 - 23	%
Sandkorn	d = 0,06 - 2,0	mm	=	71 - 99	%
Kieskorn	d ≥ 2,0	mm	=	0 - 10	%
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)		w <sub>n</sub>	=	18,4 - 104,0	%
Glühverlust (DIN 18128)		V <sub>gl.</sub>	=	0,5 - 4,0	%

**3.6 Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen**

Grundwasseruntersuchungen wurden nicht durchgeführt. Nach den allgemeinen hydrochemischen Erfahrungen ist infolge der humosen Bodenarten mit mäßig angreifendem Grundwasser nach DIN 4030 XA 2 zu rechnen.

Nach der Hydrogeologischen Übersichtskarte von Niedersachsen 1 : 500.000 – Grundwasserbeschaffenheit – sind für das Grundwasser folgende Werte vorhanden:

pH-Wert	5	-	5,5	mg/l
Chlorid Cl	25	-	50	mg/l
Sulfat SO <sub>4</sub>	10	-	20	mg/l
Eisen Fe	4	-	10	mg/l

Danach ist das Grundwasser mäßig angreifend XA 2 nach DIN 4030. Es ist jedoch zu beachten, dass der Parameter „kalkaggressive Kohlensäure“ in der Kartierung nicht enthalten ist.

### **3.7 Verunreinigungen von Boden nach Bodenschutzgesetz oder LAGA**

Die Untersuchungsfläche wurde bisher landwirtschaftlich bzw. als Hochwasserschutzdeich genutzt. Auffälligkeiten, die auf das Vorhandensein von Altlasten/Verunreinigungen schließen lassen, wurden augenscheinlich nicht festgestellt. Die bei den Baugrundaufschlüssen entnommenen Bodenproben wurden vor Ort organoleptisch angesprochen. Alle Bodenproben sind natürlichen Ursprungs. Es wurden in allen Proben keine Auffälligkeiten festgestellt. Eine Verunreinigung durch erhöhten Düngemittel- oder Pestizideinsatz kann durch die vorgenommene Ansprache nicht erkannt werden.

Abhängig vom Ergebnis der chemischen Untersuchungen wird dem Boden bzw. Bauschutt oder Gemisch eine Einbauklasse gem. Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) zugeordnet (Z-Klasse). Die Zuordnungswerte mit den Angaben zu der Verwertung, bezogen auf die untersuchten Parameter, sind nachfolgend aufgeführt:

- Z 0 uneingeschränkter Einbau Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen
- Z 0\* uneingeschränkter Einbau in bodenähnlichen Anwendungen bei hydrologisch günstigen Gebieten
- Z1 eingeschränkter offener Einbau
- Z 1.1 in günstigen und ungünstigen hydrogeologischen Gebieten
- Z 1.2 in günstigen hydrogeologischen Gebieten ansonsten Einbauklasse 2
- Z2 eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen
- > Z2 Einbau/Ablagerung in Deponien bzw. gesonderte Entsorgung/ Verwertung

Die Grenzwerte der Zuordnungsklassen sind der Mitteilung 20 der LAGA zu entnehmen. Des Weiteren sind die angegebenen Verwertungsanforderungen unter Berücksichtigung der Nutzung und der Standortverhältnisse bei der Verwertung zu beachten.

Die Einstufung im Fall der Verwertung von Böden erfolgt gemäß der LAGA M 20 TR-Boden Stand 05.11.2004.

Die Regelungen gemäß der LAGA M 20 gelten ausschließlich für die Verwertung von Bodenmaterial außerhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht. Für das Auf- und Einbringen in oder auf eine durchwurzelbare Bodenschicht, bzw. für das Herstellen einer durchwurzelbaren Bodenschicht, ist die BBodSchV (siehe Vollzugshilfe der LABO zu § 12 BBodSchV) heranzuziehen.

Der Geltungsbereich der LAGA schließt Bodenmaterial, das auf oder in die durchwurzelbare Bodenschicht (Mutterboden) eingebracht wird, explizit aus. Bei den möglichen Verwertungswegen für humoses Oberbodenmaterial (Mutterboden) sind die Anforderungen der § 12 BBodSchV zu beachten (siehe Vollzugshilfe der LABO zu § 12 BBodSchV).

Der Untersuchungsumfang für die Wiederverwendung bzw. Entsorgung von Boden- oder Bauschuttmaterial ist abhängig von der Aushubmenge. Es können allerdings hinsichtlich der Kubatur des Aushubs länder- und deponiespezifische Abweichungen vorliegen.

Wiederverwendung ggf. Entsorgungswege sind mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

## **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:

#### Deich-km 0+000 bis 0+500 - BS 224 bis BS 226 und BS 201 bis BS 204:

Unter einer Mutterbodenschicht folgen Sande mit Torf Beimengungen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Baugrunderkundungen von November 2015 zeigen im Bereich zur Huntebrücke unter einer Mutterbodenschicht eine Auffüllung aus überwiegend Sanden mit zum Teil humosen und schluffigen Bestandteilen. Eine „Kleiabdeckung“ ist in diesem Bereich nicht erkundet worden. Unterhalb der Auffüllung folgen Sande, die im Übergangsbereich zum Teil schluffigen Beimengungen aufweisen.

#### Deich-km 0+550 bis 0+650 - BS 205 bis BS 207:

Unter einer Mutterbodenschicht folgt eine Torfschicht, die von Sanden unterlagert wird.

#### geplante westliche Abbaufäche - BS 208 bis BS 215:

Unter einer Mutterbodenschicht folgt bei den Sondierbohrungen BS 208 und BS 209 Torfschicht und bei den Sondierbohrungen BS 210 und BS 213 eine gering mächtige tonige Schluffschicht, die von einer Torfschicht unterlagert wird.

Die Torfschichten werden von tlw. schwach humosen Mittelsanden unterlagert. Bei den Sondierbohrungen BS 211, BS 212, BS 214 und BS 215 folgen unter der Mutterbodenschicht tlw. schwach humose Mittelsande.

geplante östliche Abbaufäche - BS 216 bis BS 223:

Unter einer Auffüllung aus tlw. humosen Sanden und tlw. humosen Schluffen folgen tlw. humose Sand-, tlw. humose Schluffschichten und Torfschichten.

vorhandene Deichachse Deich-km 0+350 bis 0+650 - BS 1 bis BS 16:

Die auf der vorhandenen Deichkrone ausgeführten Sondierbohrungen BS 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 und 17 zeigen unter einer Mutterbodenschicht bereichsweise eine gering mächtige sandige Schluffschicht. Darunter folgen aufgefüllte, teilweise schwach schluffige Fein- und Mittelsande. Von Deichstation 0+650 bis ca. Deichstation 0+550 folgen unterhalb der Sandauffüllung humose Schluff- und Torfschichten, die von Fein- und Mittelsanden unterlagert werden. Von Deichstation ca. 0+550 bis Deichstation 0+350 sind unterhalb der Sandauffüllung noch gering mächtige Sand- und Schluff- /Torfschichten im Übergang zu den darunter lagernden Fein- und Mittelsanden vorhanden.

Deich-km 0+650 bis 1+571 - BS 205 bis BS 207:

In den Sondierbohrungen BS 110 bis BS 135 im Bereich des Würdemannsgrodens steht unter einer Mutterbodenschicht eine Auffüllung aus Schluff- und Sandgemischen mit zum Teil humosen Beimengungen an. Unterhalb der Auffüllung folgen humose, sandige Schluffe mit zum Teil Torfeinlagerungen sowie Sandzwischen-schichten, die von feinsandigen Mittelsanden unterlagert werden.

In den Sondierbohrungen BS 113, BS 114, BS 116, BS 123, BS 124 und BS 130 wurden innerhalb der Auffüllung Fremdstoffanteile (Bauschutt und Schlacke) erkundet.

In den Sondierbohrungen BS 110 bis BS 112 wurde keine Auffüllung erkundet.

Die Baugrundaufschlüsse zeigen in den untersuchten Teilbereichen 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. stark schluffig, tlw. stark humos**

Dichte:	locker bis mitteldicht
Scherfestigkeit:	mittel bis groß
Zusammendrückbarkeit:	gering
Wasserempfindlichkeit:	gering bis mittel
Wasserdurchlässigkeit:	durchlässig bis stark durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V1 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	mittelschwer

### **Auffüllung: Schluff, sandig, schwach bis stark humos/Schluff und Sand, stark humos**

Konsistenz:	weich bis steif
Scherfestigkeit:	gering
Zusammendrückbarkeit:	groß
Wasserempfindlichkeit:	groß
Wasserdurchlässigkeit:	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V3 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	mittelschwer

### **Schluff, stark feinsandig, tonig, stark humos**

Konsistenz:	weich bis steif
Scherfestigkeit:	gering
Zusammendrückbarkeit:	groß
Wasserempfindlichkeit:	groß
Wasserdurchlässigkeit:	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V3 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	mittelschwer

**Torf, tlw. schluffig, tlw. feinsandig**

Scherfestigkeit:	sehr gering
Zusammendrückbarkeit:	sehr groß
Wasserempfindlichkeit:	mittel bis groß
Wasserdurchlässigkeit:	schwach durchlässig
Verdichtbarkeit:	nicht verdichtbar
Ramm- und Rüttelbarkeit:	leicht

**Sand, tlw. stark schluffig, tlw. stark humos, tlw. schwach kiesig**

Dichte:	mitteldicht bis dicht
Scherfestigkeit:	groß
Zusammendrückbarkeit:	gering
Wasserempfindlichkeit:	gering bis mittel
Wasserdurchlässigkeit:	durchlässig bis stark durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V1 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	mittelschwer bis schwer

**4.3 Baugrundtragfähigkeit**

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

<b>Bodenart</b>	<b>Tragfähigkeit</b>
Auffüllung: Sand, tlw. stark schluffig tlw. stark humos	durchschnittlich tragfähig
Auffüllung: Schluff, sandig, schwach bis stark humos/Schluff und Sand, stark humos	gering tragfähig
Schluff, stark feinsandig, tonig, stark humos	gering tragfähig
Torf, tlw. schluffig, tlw. feinsandig	sehr gering tragfähig
Sand, tlw. stark schluffig, tlw. Stark humos, tlw. schwach kiesig	gut tragfähig

#### 4.4 Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke

Von den abzutragenden Böden sind für bautechnische Zwecke wiederverwendbar:

Bei der Verlegung der Deichachse können die vorhandenen aufgefüllten, tlw. schluffigen und humosen Sande des bestehenden Deichkerns abgetragen werden und bei einem Schluffgehalt von < 15% für die Aufschüttung des geplanten Deichkerns wiederverwendet werden.

Der vorhandene Mutterboden bzw. die durchwurzelte Oberbodenschicht (Grasnarbe) der vorhandenen Deichachse kann im Bereich von Grünflächen bzw. als Grasnarbe der geplanten Deichachse wieder eingebaut werden.

Die Wiederverwendbarkeit von den Klei- und Torfböden ist geregelt in der *Handlungsempfehlung zur Bewertung des Versauerungspotentials von Aushubmaterial durch reduzierte anorganische Schwefelverbindungen* der Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, sowie Geologischer Dienst für Bremen (GDfB), 03.11.2009.

(Infos unter: [www.umwelt.bremen.de](http://www.umwelt.bremen.de))

Der Untersuchungsbericht auf sulfatsaure Böden der Baumaßnahme „Kloster Blankenburg in Oldenburg“ durchgeführt von der Dr. Pirwitz Umweltberatung ist der Anlage zu entnehmen.

Bei der Wiederverwendung bzw. Verwendung 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 Homogenbereiche - (VOB 2019) (Anlagen 3.3.1 bis 3.3.6)**

In der VOB 2019 werden die jahrzehntelang geltenden Klassifizierungen in Boden- und Felsschichten durch Homogenbereiche vollständig ersetzt. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für das jeweilige Gewerk vergleichbare Eigenschaften aufweist. Betrachtet werden die Eigenschaften im Zustand vor dem Lösen, also in durch die Baumaßnahme ungestörter Lagerung. Sind umweltrelevante Inhaltsstoffe zu beachten, sind diese bei der Einteilung in Homogenbereiche zu berücksichtigen. In der VOB 2019, sind die anzugebenden Eigenschaften und Kennwerte für den Erdbau und alle Spezialtiefbauarbeiten aufgeführt.

Einige Angaben werden auf Basis von Erfahrungen abgeschätzt. Bei größeren Baumaßnahmen oder zur engeren Erfassung von Schwankungsbreiten sind ggf. zusätzliche Baugrund- und Laboruntersuchungen erforderlich.

Nach den Vorgaben der aktuellen VOB 2016 werden die Eigenschaften/Kennwerte unter Berücksichtigung der festgelegten Homogenbereiche für die nachfolgenden Gewerke auf den Anlagen 3.3.1 bis 3.3.6 dargestellt:

DIN 18300 Erdarbeiten

Da es sich bei der Einteilung in Homogenbereiche nicht um eine geologische Schichtbeschreibung handelt, sondern um eine Beschreibung der technischen Bearbeitbarkeit, können mehrere Baugrundschichten mit vergleichbaren Eigenschaften zusammengefasst werden.

#### 4.6 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 n. DIN 18196	Wichte		Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Scherfestigkeit	
		$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'_k$		$\varphi'_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Auffüllung: Sand, tlw. stark schluffig, tlw. stark humos	A [SE- SU*/ OH]	18 - 19	10 - 11	10 - 40	30,0 - 35,0	0
Auffüllung: Schluff, sandig, schwach bis stark humos/Schluff und Sand, stark humos	A [UL- UM/OU]	16 - 18	6 - 8	1,0 - 2,5	17,5 - 22,5	5 - 10
Schluff, stark feinsandig, tonig, stark humos	UL-UA/ TA/ OU	16 - 18	6 - 8	0,5 - 2,5	17,5 - 22,5	5 - 10
Torf, tlw. schluffig, tlw. feinsandig	HN-HZ	11 - 13	1 - 3	0,2 - 1,0	15,0 - 20,0	2 - 5
Sand, tlw. stark schluffig, tlw. stark humos, tlw. schwach kiesig	SE-SU*/ OH	18 - 19	10 - 11	10 - 60	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.

#### **4.7 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 sehr geringe Tragfähigkeit der oberen Torfschichten im Bereich Deich-km 0+550 bis 0+650 und 1+000 bis 1+250 geprägt. Bei einer Belastung dieser Torfschichten durch das Auftragen von Boden eines geplanten Deiches bzw. das Verschieben der vorhandenen Deichachse auf unbelastetem Baugrund ist ein erhöhtes Baugrundrisiko vorhanden, so dass die Standsicherheit des geplanten Deichquerschnittes nachzuweisen ist.

## **5 Nachweis der Deichstandsicherheit**

### **5.1 Aufgabenstellung und Berechnungsquerschnitte** **(Anlagen 5.1.1 bis 5.5.3)**

Vom I. Oldenburgischen Deichband wurde eine Beurteilung der Deichstandsicherheit im Bereich des Deichabschnittes Kloster Blankenburg beauftragt. Die Standsicherheit der geplanten Böschungen wurde an den charakteristischen Querschnitten D-km 0+550, 0+750, 0+950, 1+175 und 1+500 entsprechend der vorhandenen Baugrundsituation und dem geplanten Aufbau untersucht.

Für die Querschnitte 0+000 bis 0+500 wurden aufgrund der Baugrundsituation keine Standsicherheitsuntersuchungen durchgeführt. In den Querschnitten wurden unter einer vorhandenen Mutterbodenschicht Mittelsande mit geringen Torfeinlagerungen angetroffen, für die aus geotechnischer Sicht bei einer geplanten Böschungsneigung von 1 : 3 keine Standsicherheitsuntersuchungen erforderlich sind.

## 5.2 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 12.00 durchgeführt.

Die Deichstandsicherheit 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.

## 5.3 Baugrund

Der Baugrund der charakteristischen Querschnitte wurde anhand der Baugrunderkundungen von November 2015 und von April und August 2019, siehe festgelegt. Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht der angesetzten Baugrundaufschlüsse in den Querprofilen. Die Bodenkennwerte wurden gemäß Abschnitt 4.6 in Ansatz gebracht.

Querprofil	Baugrundaufschluss	Anlage
D-km 0+550	BS/DPH 205	2.1.1
D-km 0+750	BS/DPH 112	2.1.3
	BS 113	
D-km 0+950	BS/DPH 117	2.1.3
D-km 1+175	BS 124	2.1.3
	BS 125	
D-km 1+500	BS/DPH 133	2.1.3
	BS 134	

Tabelle: Zuordnung Baugrundaufschlüsse - Deichprofil

Die Geländeoberkante wurde gemäß der Querprofile [U2 bis U5] mit + 0,90 m NHN, die Höhe der Deichkrone in den Querschnitten mit + 4,0 m NHN und die Höhe des Deichverteidigungsweges mit rd. + 3,0 m NHN, siehe Anlagen 5.1.1 bis 5.5.3, in Ansatz gebracht.

In den vorgenannten Anlagen sind zudem die für die geologischen Profile der jeweiligen charakteristischen Querschnitte berücksichtigten Bodenprofile dargestellt.

Die in Ansatz gebrachten Bodenprofile mit den rechnerischen Bodenkennwerten sind auf den Anlagen 5.1.1 bis 5.5.3 zur Berechnung der Böschungsbruchsicherheit angegeben.

#### **5.4 Wasserstände**

Für den Nachweis der Standsicherheit der Binnenböschung wurde der Wasserstand während der Bauzustände und in den Endzuständen außendeichs mit einem Grenzwasserstand der Hunte von + 3,3 m NHN und binnendeichs auf Höhe der Geländeoberkante bei + 0,9 m NHN in Ansatz gebracht.

Für den Nachweis der Standsicherheit der Außenböschung während der Bauzustände und in den Endzuständen sowohl außendeichs als auch binnendeichs auf Höhe der Geländeoberkante mit + 0,9 m NHN in Ansatz gebracht.

#### **5.5 Verkehrslast**

Im Bereich des geplanten Deichverteidigungsweges wurde sowohl für den Bauzustand als auch für den Endzustand eine Verkehrslast von  $p_v = 16,7 \text{ kN/m}^2$  (SLW 30) auf einem 3,0 m breiten Streifen in Ansatz gebracht.

## 5.6 Berechnungsansätze

Sowohl bei der Berechnung für den Bauzustand (Bemessungssituation BS-T) als auch für den Endzustand (Bemessungssituation BS-P) wurde der Nachweis der Standsicherheit für die Globalsicherheit der Außen- und Binnenböschung sowie die lokale Sicherheit der Binnenböschung geführt.

Die Berechnungen erfolgten im Bauzustand bzw. im Anfangszustand der Belastung des unberührten Bodens mit den undrännierten Scherfestigkeiten  $c_u$  des Bodens und einem Winkel der inneren Reibung von  $\varphi_u = 0^\circ$ .

Im Querprofil D-km 1+175 wurde der Nachweis der Standsicherheit bei Überschreitung des Ausnutzungsgrades  $\mu > 1,0$ , bei einem Ansatz mit den undrännierten Scherparametern, zusätzlich im teilkonsolidierten Zustand mit den drännierten Scherparametern ( $\varphi_k$  und  $c_k$ ) unter Berücksichtigung einer Konsolidationsschicht in der Torfschicht untersucht. Für die Konsolidationsschicht wurde eine Durchlässigkeit von  $k_s = 1,0 \cdot 10^{-8}$  m/s und eine Steifigkeit von  $E_s = 500$  kN/m<sup>2</sup> in Ansatz gebracht.

Bei den Standsicherheitsuntersuchungen für den Endzustand erfolgten die Berechnungen grundsätzlich mit den drännierten Scherparametern ( $\varphi_k$  und  $c_k$ ), da es sich um einen auskonsolidierten und entspannten Zustand des Baugrundes handelt.

## 5.7 Teilsicherheitsbeiwerte

Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen und Widerstände für den Bauzustand (temporäre Bemessungssituation: BS-T) und den Endzustand bei einem Grenzwasserstand der Hunte von + 3,3 m NHN (ständige Bemessungssituation: BS-P) wurden aus der EC 7 übernommen und sind nachfolgend aufgeführt:

	<b>Formel- zeichen</b>	<b>BS-T</b>	<b>BS-P</b>
Ständige Einwirkungen	$\gamma_G$	1,00	1,00
ungünstige veränderliche Einwirkungen	$\gamma_Q$	1,20	1,30
Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$ des dränierten Bodens	$\gamma_\varphi$	1,15	1,25
Kohäsion $c'$ des dränierten Bodens	$\gamma_c$		
Scherfestigkeit $c_u$ des undränierten Bodens	$\gamma_{cu}$		

## 5.8 Ergebnisse der Böschungsbruchuntersuchungen

### 5.8.1 Querprofil D-km 0+550 (Anlagen 5.1.1 bis 5.1.6)

Die Ergebnisse der Standsicherheitsuntersuchungen des Deichquerschnittes 0+550 sowohl für den Bauzustand als auch den Endzustand sind auf den Anlagen 5.1.1 bis 5.1.6 dargestellt und nachfolgend zusammengefasst:

#### Binnenböschung:

Zustand	global/ lokal	Scher- parameter	Ausnutzungs- grad [ $\mu$ ]	Nachweis erfüllt	Anlage
Bauzustand BS-T	global	undränniert	0,78	JA	5.1.1
	lokal	undränniert	0,89	JA	5.1.2
Endzustand BS-P	global	dränniert	0,70	JA	5.1.3
	lokal	dränniert	0,90	JA	5.1.4

#### Außenböschung:

Zustand	global/ lokal	Scher- parameter	Ausnutzungs- grad [ $\mu$ ]	Nachweis erfüllt	Anlage
Bauzustand BS-T	global	undränniert	0,84	JA	5.1.5
Endzustand BS-P	global	dränniert	0,80	JA	5.1.6

Bei den Nachweisen der globalen und lokalen Deichstandsicherheit binnen- und außenseitig ergeben sich im Querschnitt 0+550 für die Bemessungssituationen BS-T und BS-P Ausnutzungsgrade von

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

Die ausreichende Standsicherheit ist für den Querschnitt 0+550 unter den gegebenen Randbedingungen nachgewiesen.

Aufgrund des teilweise hohen Ausnutzungsgrades kann es jedoch zu Verformungsproblemen (Gebrauchstauglichkeit) kommen.

### 5.8.2 Querprofil D-km 0+750 (Anlagen 5.2.1 bis 5.2.6)

Die Ergebnisse der Standsicherheitsuntersuchungen des Deichquerschnittes 0+750 sowohl für den Bauzustand als auch den Endzustand sind auf den Anlagen 5.2.1 bis 5.2.6 dargestellt und nachfolgend zusammengefasst:

#### Binnenböschung:

Zustand	global/ lokal	Scher- parameter	Ausnutzungs- grad [ $\mu$ ]	Nachweis erfüllt	Anlage
Bauzustand BS-T	global	undränniert	0,40	JA	5.2.1
	lokal	undränniert	0,49	JA	5.2.2
Endzustand BS-P	global	dränniert	0,41	JA	5.2.3
	lokal	dränniert	0,54	JA	5.2.4

#### Außenböschung:

Zustand	global/ lokal	Scher- parameter	Ausnutzungs- grad [ $\mu$ ]	Nachweis erfüllt	Anlage
Bauzustand BS-T	global	undränniert	0,49	JA	5.2.5
Endzustand BS-P	global	dränniert	0,56	JA	5.2.6

Bei den Nachweisen der globalen und lokalen Deichstandsicherheit binnen- und außenseitig ergeben sich im Querschnitt 0+750 für die Bemessungssituationen BS-T und BS-P Ausnutzungsgrade von

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

Die ausreichende Standsicherheit ist für den Querschnitt 0+750 unter den gegebenen Randbedingungen nachgewiesen.

### 5.8.3 Querprofil D-km 0+950 (Anlagen 5.3.1 bis 5.3.6)

Die Ergebnisse der Standsicherheitsuntersuchungen des Deichquerschnittes 0+950 sowohl für den Bauzustand als auch den Endzustand sind auf den Anlagen 5.3.1 bis 5.3.6 dargestellt und nachfolgend zusammengefasst:

#### Binnenböschung:

Zustand	global/ lokal	Scher- parameter	Ausnutzungs- grad [ $\mu$ ]	Nachweis erfüllt	Anlage
Bauzustand BS-T	global	undränniert	0,80	JA	5.3.1
	lokal	undränniert	0,94	JA	5.3.2
Endzustand BS-P	global	dränniert	0,65	JA	5.3.3
	lokal	dränniert	0,77	JA	5.3.4

#### Außenböschung:

Zustand	global/ lokal	Scher- parameter	Ausnutzungs- grad [ $\mu$ ]	Nachweis erfüllt	Anlage
Bauzustand BS-T	global	undränniert	0,79	JA	5.3.5
Endzustand BS-P	global	dränniert	0,64	JA	5.3.6

Bei den Nachweisen der globalen und lokalen Deichstandsicherheit binnen- und außenseitig ergeben sich im Querschnitt 0+950 für die Bemessungssituationen BS-T und BS-P Ausnutzungsgrade von

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

Die ausreichende Standsicherheit ist für den Querschnitt 0+950 unter den gegebenen Randbedingungen nachgewiesen.

Aufgrund des teilweise hohen Ausnutzungsgrades kann es jedoch zu Verformungsproblemen (Gebrauchstauglichkeit) kommen.

#### 5.8.4 Querprofil D-km 1+175 (Anlagen 5.4.1 bis 5.4.9)

Die Ergebnisse der Standsicherheitsuntersuchungen des Deichquerschnittes 1+175 sowohl für den Bauzustand als auch den Endzustand sind auf den Anlagen 5.4.1 bis 5.4.9 dargestellt und nachfolgend zusammengefasst:

##### Binnenböschung:

Zustand	global/ lokal	Scher- parameter	Ausnutzungs- grad [ $\mu$ ]	Nachweis erfüllt	Anlage
Bauzustand BS-T	global	undränniert	0,94	JA	5.4.1
	lokal	undränniert	1,09	NEIN	5.4.2
		dränniert teilkonsolidiert Konsolidations- zeitpunkt 180d	0,98	JA	5.4.3
		dränniert teilkonsolidiert Vorschüttung Höhe h = 1,4 m	0,94	JA	5.4.4
		dränniert teilkonsolidiert Liegezeit 270d Konsolidations- zeitpunkt 30d	1,00	JA	5.4.5
Endzustand BS-P	global	dränniert	0,83	JA	5.4.6
	lokal	dränniert	0,98	JA	5.4.7

##### Außenböschung:

Zustand	global/ lokal	Scher- parameter	Ausnutzungs- grad [ $\mu$ ]	Nachweis erfüllt	Anlage
Bauzustand BS-T	global	undränniert	0,97	JA	5.4.8
Endzustand BS-P	global	dränniert	0,84	JA	5.4.9

Die Übersicht zeigt, dass der Nachweis der Standsicherheit zur Binnenseite in der Bemessungssituation BS-T mit den Bodenkennwerten der undränierten Scherparameter  $c_u$  nicht erfüllt ist,  $\mu = 1,09 > 1,0$  (Anlage 5.4.2). Unter denselben Randbedingungen nur mit dränierten Scherparametern  $c_d$  und einer Konsolidierungszeit von 180 Tagen (Teilkonsolidierung) ergibt sich ein Ausnutzungsgrad von  $\mu = 0,98 < 1,0$  (Anlage 5.4.3). Bei dem Ansatz einer Vorschüttung im Bereich des binnenseitig geplanten Böschungsfußes mit einer Vorschütthöhe von ca. 1,4 m und einer Konsolidierungszeit von 30 Tagen ergibt sich ein Ausnutzungsgrad von  $\mu = 0,94 < 1,0$  (Anlage 5.4.4). Bei der Herstellung des Endzustandes im darauffolgenden Jahr ergibt sich bei einer Liegezeit der Vorschüttung von 270 Tagen und einer Konsolidationszeit von 30 Tagen für den Endausbau ein Ausnutzungsgrad von  $\mu = 1,00 = 1,0$  (Anlage 5.4.5).

Bei den weiteren Nachweisen der globalen und lokalen Deichstandsicherheit binnen- und außenseitig ergeben sich im Querschnitt 1+175 für die Bemessungssituationen BS-T und BS-P Ausnutzungsgrade von

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

Die ausreichende Standsicherheit ist für den Querschnitt 1+175 unter den gegebenen Randbedingungen nachgewiesen.

Aufgrund des teilweise hohen Ausnutzungsgrades kann es jedoch zu Verformungsproblemen (Gebrauchstauglichkeit) kommen.

### 5.8.5 Querprofil D-km 1+500 (Anlagen 5.5.1 bis 5.5.3)

Die Ergebnisse der Standsicherheitsuntersuchungen des Deichquerschnittes 1+500 für den Endzustand sind auf den Anlagen 5.5.1 bis 5.5.3 dargestellt und nachfolgend zusammengefasst:

#### Binnenböschung:

Zustand	global/ lokal	Scher- parameter	Ausnutzungs- grad [ $\mu$ ]	Nachweis erfüllt	Anlage
Endzustand BS-P	global	dräniert	0,56	JA	5.5.1
	lokal	dräniert	0,77	JA	5.5.2

#### Außenböschung:

Zustand	global/ lokal	Scher- parameter	Ausnutzungs- grad [ $\mu$ ]	Nachweis erfüllt	Anlage
Endzustand BS-P	global	dräniert	0,61	JA	5.5.3

Bei den Nachweisen der globalen und lokalen Deichstandsicherheit binnen- und außenseitig ergeben sich im Querschnitt 1+500 für die Bemessungssituation BS-P Ausnutzungsgrade von

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

Die ausreichende Standsicherheit ist für den Querschnitt 1+500 unter den gegebenen Randbedingungen nachgewiesen.

Die Bauzustände wurden im Querschnitt 1+500 aufgrund der anstehenden tlw. schluffigen und tlw. humosen Sandschichten unterhalb des Deichlagers nicht untersucht. Im Verlauf des ungünstigen Gleitkreises stehen keine Weichschichten für eine Berechnung mit undränierten Scherparametern  $c_u$  an. Die tiefer liegenden Torf- und Schluffschichten haben keinen Einfluss auf den Gleitkreis der binnen- und außenseitigen Böschungsbruchuntersuchung.

## 6 Deichverteidigungsweg und Deichkerndranage

Für den Deichverteidigungsweg ist eine Belastung SLW 30 zu erwarten.

Aus geotechnischer Sicht wird für einen 3 m breiten Deichverteidigungsweg, der auf der binnenseitigen Berme angeordnet ist, folgender Aufbau empfohlen:

- 18 cm Betondecke
- 30 cm Schottertragschicht aus Mineralgemisch 0/45 mm (natürliche, gebrochene Gesteinskörnung)
- 70 cm Schicht aus frostunempfindlichen Sanden der Bodengruppe SE nach DIN 18196.

Der Deichverteidigungsweg sollte ein Quergefälle von 2,5 % bis 3 % aufweisen.

Aus geotechnischer Sicht wird empfohlen, den Aufbau der Schottertragschicht und der Sandtragschicht unter Berücksichtigung eines Lastausstrahlungswinkels von mindestens 45° ab Unterkante der Betonfahrbahn zu wählen, siehe Abbildung 2.

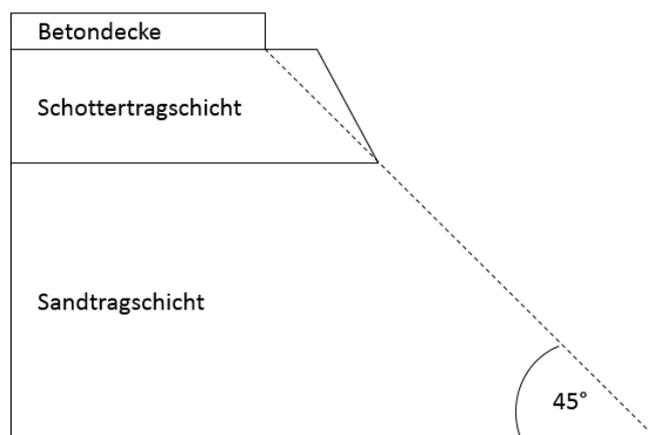


Abbildung 2: Lastausstrahlungswinkel

Zur Verminderung der Auswirkungen von lokalen Festigkeitsunterschieden des Untergrundes und der seitlichen Stützung wird empfohlen, Geotextilien zur Bewehrung und Trennung auf der Aushubsole zu verlegen und seitlich hochzuführen. Der seitliche Umschlag erfolgt dann an der Oberkante der Sandtragschicht vor Aufbringung der Schottertragschicht.

In Bereichen mit unterlagernden tragfähigen frostunempfindlichen Sanden können die Tragschichten direkt aufgebracht werden.

Im Bereich der Bohrsondierungen BS 207 (siehe Anlage 2.1.1) bis BS 135 (siehe Anlage 2.1.3) ist aufgrund der bindigen Schichten unterhalb des Deiches eine Drainage im Deichkern vorzusehen, mit der das sich im durchlässigen Deichkern bildende Sickerwasser aufgefangen und in den binnendeichs liegenden Entwässerungsgraben abgeführt werden kann.

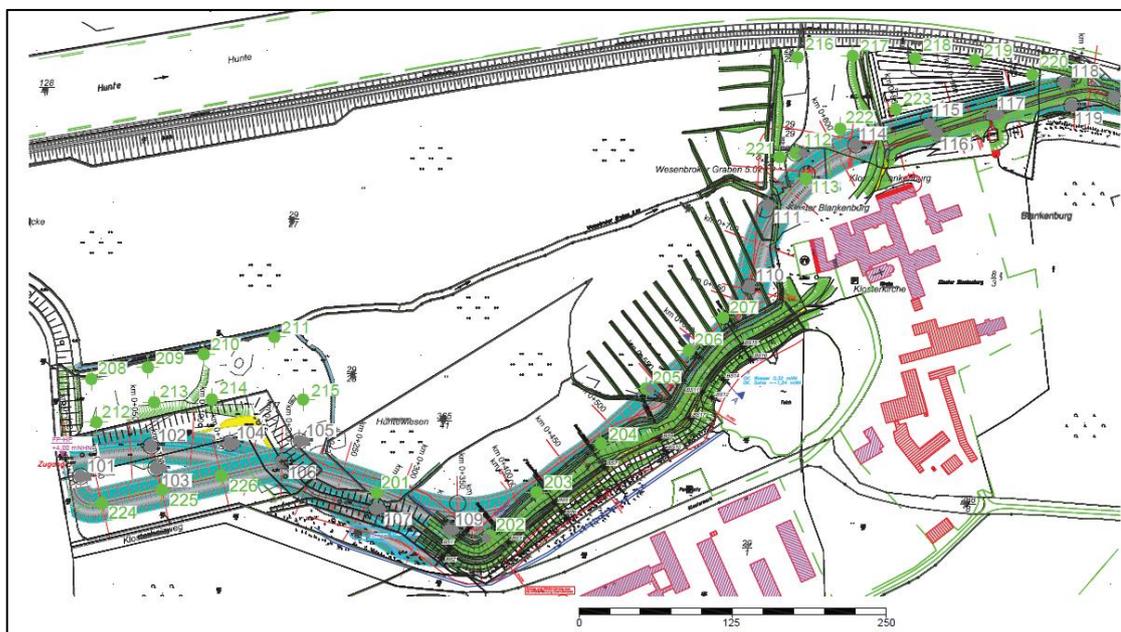


Abbildung 3: Ausschnitt aus Anlage 2.1.1



Abbildung 4: Ausschnitt aus Anlage 2.1.3

In Bereichen mit durchlässigem Untergrund ist keine Dränage innerhalb des Deichkerns notwendig.

## 7 Erosionsstabilität des Deichuntergrundes aus Sand

Bei nichtbindigem Untergrund unter dem Deich kann die Strömungskraft des Wassers im Boden Partikel der Kornfraktionen vom Boden in Bewegung setzen. Deichbaustoffe bzw. Filterbaustoffe (Deichuntergrund aus Sand) sind hinsichtlich Suffosion und Erosion unbedenklich, wenn bodenabhängige Grenzwerte für das Strömungsgefälle im Deichkörper und an der Schichtgrenze nicht überschritten werden.

Bei dem Erosionsgrundbruch können folgende Werte des kritischen hydraulischen Gradienten für verschiedene Böden gemäß DWA-M 507-1, Tabelle 7 nach Chugaev herangezogen werden:

Tabelle 7: Kritischer Kontrollgradient  $i_{krit}$  nach CHUGAEV (DAVIDENKOFF 1970)

Bodenart	$i_{krit}$ (-)
Dichter Ton	0,40 – 0,52
Grobsand, Kies	0,25 – 0,33
Schluffiger Ton	0,20 – 0,26
Mittelsand	0,15 – 0,20
Feinsand	0,12 – 0,16

Für die Nachweisführung ist jeweils die untere Grenze der angegebenen Wertebereiche des kritischen hydraulischen Gradienten  $i_{krit}$  heranzuziehen.

Die Ermittlung des hydraulischen Gradienten  $i$  erfolgt über den Quotienten der Potentialdifferenz/Stauhöhe  $\Delta h$  [m] und der Sickerlänge  $L_s$  [m]:

$$i = \Delta h / L_s [-].$$

Nach diesem Kriterium ist die horizontale Sickerlänge unterhalb des Deiches für den kritischen Gradienten  $i_{krit}$  zu ermitteln. Aus geotechnischer Sicht wird für Sande unterhalb des Deichlagers ein kritischer Gradient von

$$i_{krit} \leq 0,15$$

empfohlen.

Bei einem Grenzwasserstand der Hunte von + 3,3 m NHN und einem binnenseitigen Wasserstand von + 0,9 m NHN ergibt sich eine Länge des Sickerweges von:

$$L_s = \Delta h / i_{krit} = 2,4 \text{ m} / 0,15 = 16 \text{ m}.$$

Die geplante Länge des Sickerweges bzw. die Aufstandslänge des Deichlagers liegt bei  $L_{geplant} = 27,875 \text{ m} > 16 \text{ m}$  (siehe [U2 bis 5]).

Zusätzlich erfolgt die Einbindung der Kleideckschicht des Deiches in den Untergrund, um so den Sickerwasserweg zu verlängern und die Erosion des Bodens/Materialtransport zu verringern und zu verhindern.

Abbildung 5 zeigt skizzenhaft die Einbindung einer Kleischürze. Aus geotechnischer Sicht wird empfohlen, die Einbindung der Kleischürze in der Stärke der Kleiabdichtung (hier ca. 1,0 m) in den Untergrund zu führen und im Bereich des Deichfußes zum Übergang der Geländeoberkante mit einer Neigung von 1:3 mit der Geländeoberkante abzuschließen.

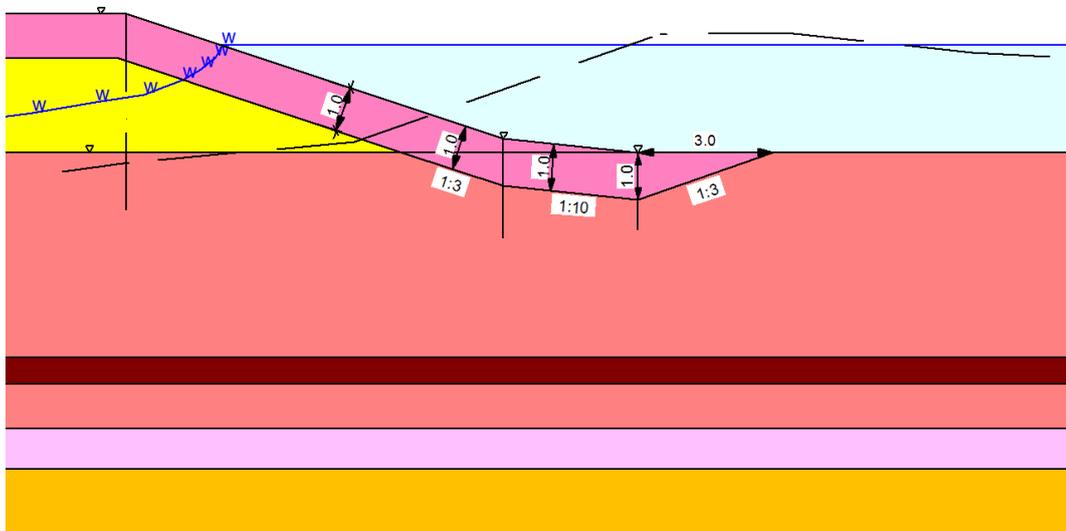


Abbildung 5: Skizze zur Einbindung der Kleideckschicht

## 8 Zusammenfassung

Für die Herstellung der Deichsicherheit im Bereich des Klosters Blankenburg durch eine Teilverlegung der Deichachse und eine Erhöhung der Deichkrone soll die Deichstandsicherheit binnenseitig und außenseitig für den geplanten Deichabschnitt D-km 0+000 bis 1+571 überprüft werden.



In dem genannten Deichabschnitt soll der vorhandene Deich von einer derzeitigen Höhe von rd. + 3,0 m NHN auf ein Maß von rd. + 4,0 m NHN erhöht werden. Unter Berücksichtigung der Querschnittsgestaltung der Unterlagen [U2 bis 5] wurde die Standsicherheit exemplarisch für den Bauzustand bzw. für den Endzustand in den charakteristischen Querschnitten bei D-km 0+550, 0+750, 0+950, 1+175 und 1+500 untersucht.

Im Bereich der Querprofile 1+000 bis 1+250 wurden 2,1 m bis 3,4 m mächtige Torfschicht angetroffen. Aus geotechnischer Sicht ist eine Vorschüttung von ca. 1,4 m vor dem Endausbau erforderlich (siehe Anlage 5.4.4).

Durch die Aufschüttung des Deiches ergibt sich eine Belastung von rd. 53 kN/m<sup>2</sup> (1 m \* 17 kN/m<sup>3</sup> + 2 m \* 18 kN/m<sup>3</sup>) auf unbelastetem Baugrund. Aufgrund der Mächtigkeit der Torfschichten können auf dem unbelasteten Baugrund durch die Aufschüttung des Deiches Verformungen von rd. 15 cm bis 45 cm auftreten. Aus geotechnischer Sicht wird empfohlen nach einem Jahr Konsolidierungszeit der Torfschichten die Setzungsdifferenzen an die geplante Deichhöhe durch das Auftragen von Deckschichtmaterial anzugleichen.

Weitere Einzelheiten sowie die Ergebnisse der Böschungsbruchuntersuchungen, Angaben zu dem Deichverteidigungsweg bzw. zur Deichkernentwässerung und der Erosionsstabilität des Deichuntergrundes aus Sand sind im Bericht gegeben.

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

Dr.-Ing. von Bloh  
Geschäftsführer

i. A.  
Bau-Ing. Stefanie Bodendiek M. Sc.



**Verteiler:**

Bauherr:	I. Oldenburgischer Deichband Franz-Schubert-Str. 31 26919 Brake - über Planung -	1 x
Projektsteuerung:	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Betriebsstelle Brake-Oldenburg Heinestr. 1 26919 Brake	1 x + digital
Objektplanung:	Gralle & Partner Beratende Ingenieure mbB Cherbourger Straße 1 27580 Bremerhaven	1 x + digital

**9 Anlagenverzeichnis**

<b>I N H A L T</b>		von	bis
(Im PDF-Exemplar sind die Anlagen unter der Büroklammer angehängt!)			
<b>1. Lageplan</b>		1	
<b>2. Felduntersuchungen</b>			
2.1 Bodenprofile aus Sondierbohrungen, Rammsondierungen/Rammsondierungsdiagramme		2.1.1	2.1.4
<b>3. Laboruntersuchungen</b>			
3.1 Korngrößenverteilungen		3.1.1	3.1.3
3.2 Bodenmechanische Kennziffern		3.2.1	3.2.3
3.3 Homogenbereiche		3.3.1	3.3.6
<b>5. Standsicherheitsuntersuchungen</b>			
5.1 Querprofil D-km 0+550		5.1.1	5.1.6
5.2 Querprofil D-km 0+750		5.2.1	5.2.6
5.3 Querprofil D-km 0+950		5.3.1	5.3.6
5.4 Querprofil D-km 1+175		5.4.1	5.4.9
5.5 Querprofil D-km 1+500		5.5.1	5.5.3

**Anhang:** Bericht „Untersuchung auf sulfatsaure Böden der Baumaßnahme -Kloster Blankenburg in Oldenburg-“