

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: 11 10089  
Datum: 15.08.2012  
Zeichen: Gre/AG  
Datei: o/11/10089/GTB1

## **Deichstandsicherheit, Stadtstrecke Kleine Weser, 28197 Bremen**

### **Geotechnischer Bericht Nr. 2**

### **Beurteilung der Standsicherheit**

---

Bauherr: Bremischer Deichverband am linken Weserufer  
Warturmer Heerstr. 125  
28197 Bremen

## INHALTSVERZEICHNIS

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Anlass der geotechnischen Untersuchungen</b>                              | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Bauvorhaben (Anlage 1)</b>  | <b>4</b>  |
| 2.1      | Planunterlagen   | 4         |
| 2.2      | Baugelände (Anlage 1)  | 4         |
| 2.3      | Deichbau und Bauwerke  | 5         |
| 2.4      | Geotechnische Kategorien   | 5         |
| 2.5      | Altbauten  | 7         |
| <b>3</b> | <b>Baugrund (Anlagen 2.1.8 und 2.1.9)</b>                                    | <b>7</b>  |
| 3.1      | Geologische und bautechnische Vorgeschichte                                  | 7         |
| 3.2      | Ergänzende Baugrundaufschlüsse (Anlagen 2.1.8 bis 2.1.9)                     | 7         |
| 3.2.1    | Baugrundsichtung (Anlage 2.1.8 und 2.1.9)                                    | 8         |
| 3.2.2    | Baugrundfestigkeit   | 9         |
| 3.3      | Grundwasserverhältnisse  | 10        |
| 3.3.1    | Hauptgrundwasserhorizont   | 10        |
| 3.3.2    | Oberer Grundwasserhorizont   | 11        |
| 3.3.3    | Bemessungswasserstände   | 11        |
| 3.4      | Ergebnisse von Laborversuchen (Anlagen 3.2.5 bis 3.2.6)                      | 12        |
| <b>4</b> | <b>Deichstandsicherheit</b>  | <b>12</b> |
| 4.1      | Hinweise zur Baumstatik und Windwurf   | 12        |
| 4.1.1    | Baumstatik   | 12        |
| 4.1.1.1  | Allgemeines  | 12        |
| 4.1.1.2  | Einwirkende Windkraft  | 13        |
| 4.1.1.3  | Eigengewicht des Baumes  | 14        |
| 4.1.1.4  | Nachweisführung Systemskizze   | 15        |
| 4.1.2    | Windwurf   | 17        |
| 4.1.2.1  | Schadensmechanismus Windwurf   | 17        |
| 4.1.2.2  | Windwurfdiagramm   | 18        |
| 4.2      | Vorliegendes Baumgutachten   | 20        |
| 4.3      | Technische Regeln zur Berücksichtigung von Bewuchs auf Deichen<br>und Dämmen | 21        |
| 4.3.1    | Allgemeines  | 21        |
| 4.3.2    | Vorhandener Mindestquerschnitt und Kratertiefe                               | 27        |
| <b>5</b> | <b>Deichstandsicherheit</b>  | <b>27</b> |
| 5.1      | Allgemeines Nachweiskonzept  | 27        |
| 5.2      | Randbedingungen  | 29        |
| 5.3      | Querschnitte   | 29        |
| 5.4      | Ergebnisse   | 29        |
| 5.4.1    | Querschnitt 1 - Piepe  | 29        |
| 5.4.2    | Querschnitt 2 - Becks  | 30        |
| 5.4.3    | Querschnitt Q11  | 31        |
| 5.4.4    | Querschnitt Q17  | 33        |
| <b>6</b> | <b>Zusammenfassung</b>   | <b>34</b> |
| <b>7</b> | <b>Anlagenverzeichnis</b>  | <b>35</b> |

## 1 Anlass der geotechnischen Untersuchungen

Der Bremische Deichverband am linken Weserufer plant im Rahmen des Generalplans Küstenschutz die Ertüchtigung der Stadtstrecke Kleine Weser. Das Grundbaulabor Bremen wurde beauftragt, die geotechnischen Standsicherheitsnachweise einschließlich der Baugrunderkundungen auszuführen.

Die Baugrundaufschlüsse sind von uns unter Berücksichtigung der Kenntnisse über die zu erwartenden Baugrundverhältnisse, der geplanten Baumaßnahme und unter Berücksichtigung der Zugänglichkeit festgelegt worden.

Die ersten Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen wurden am 15.12.2011 bekannt gegeben.

Der Geotechnische Bericht 1 enthält die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse, der Feld- und Laborversuche sowie die rechnerischen Nachweise der Deichstandsicherheit und Hinweise zur weiteren Vorgehensweise.

Im Rahmen der weiteren Planung wurden im Zuge eines Besprechungstermins am 04.05.2012 vom SUBV zusätzliche Fragestellungen unter Bezug auf das Merkblatt DWA-M 507-1 bzw. aufgrund der bislang nicht bekannten Randbedingungen noch offene Punkte angesprochen.

Dieser Geotechnische Bericht 2 enthält die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse von zwei zusätzlichen Querschnitten sowie die rechnerischen Nachweise der Deichstandsicherheit im IST-Zustand unter besonderer Berücksichtigung der Windwurfproblematik und Auftriebssicherheit.

Weiterhin wurde der IST-Zustand an der Piepe und im Bereich der Becks Brauerei nachgerechnet.

Bei allen Nachweisen wurde das im Dezember 2011 erschienene Merkblatt DWA-M 507-1: Planung, Bau und Betrieb soweit auf bestehende tidebeeinflusste Deiche/Dämme anwendbar berücksichtigt.

## **2 Bauvorhaben (Anlage 1)**

### **2.1 Planunterlagen**

Zur Bearbeitung standen folgenden Planunterlagen zur Verfügung:

- [1] Geotechnischer Bericht 1 „Deichstandsicherheit, Stadtstrecke Kleine Weser, 28197 Bremen“, Beurteilung der Standsicherheit, Grundbaulabor Bremen vom 20.02.2012.
- [2] Merkblatt DWA-M 507-1, Deiche an Fließgewässern, Teil 1: Planung, Bau und Betrieb.
- [3] BAW-Merkblatt „Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD)“, Ausgabe 2011.
- [4] Baumgutachten, ergänzende gutachtliche Stellungnahme zur Deich- und Windwurfsicherheit der Platanen am Beispiel-km Station 14+820, Ing.- und Sachverständigenbüro Andreas Block-Daniel.

### **2.2 Baugelände (Anlage 1)**

Die Baufläche liegt zwischen der Eisenbahnbrücke und der Straße „Am Dammacker“ am linken Weserufer sowie am linksseitigen Ufer der „Kleinen Weser“.

Die Deichstrecke liegt in den beiden Bremer Stadtteilen „Alte Neustadt“ und „Buntentor“.

Einen Lageplan im Maßstab 1 : 15.000 zeigt die Anlage 1. Die Querschnittlage ist zur Orientierung zusätzlich mit einem Punkt markiert.

### **2.3 Deichbau und Bauwerke**

Die Stadtstrecke liegt im Tidegebiet der Weser.

Im Bereich der Stadtstrecke liegen eine Vielzahl von Bauwerken in direkter Nähe der Deichlinie.

#### **Planungshöhen:**

|                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| Bemessungshochwasser, max.           | + 7,50 m NN |
| Dauerwasserstand „Wehr Kleine Weser“ | + 3,80 m NN |

Weitere Angaben sind in [1] enthalten.

### **2.4 Geotechnische Kategorien**

Nach DIN 4020 "Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke" 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 GK 1 umfasst kleine einfache Bauobjekte bei einfachen und übersichtlichen Baugrundverhältnissen, so dass die Standsicherheit auf Grund gesicherter Erfahrung beurteilt werden kann.

Die geotechnische Kategorie GK 2 umfasst Bauobjekte 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 GK 3 umfasst Bauobjekte mit schwieriger Konstruktion und/oder mit schwierigen Baugrundverhältnissen, die zur Bearbeitung vertiefte geotechnische Kenntnisse und Erfahrungen auf dem jeweiligen Spezialgebiet der Geotechnik verlangen.

Nach Tabelle 2 der Unterlage [2] ist bei den im Bereich der Stadtstrecke vorkommenden Industrieanlagen (z. B. Becks) sowie bei geschlossenen Siedlungen von einem hohen Schadenpotential auszugehen.

| <b>Deichklasse</b> |                                      | <b>Schadenpotential</b> |               |               |
|--------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|
|                    |                                      | <b>hoch</b>             | <b>mittel</b> | <b>gering</b> |
| Deichhöhe          | $\geq 3 \text{ m}$                   | Klasse I                | Klasse II     | Klasse II     |
|                    | $3 \text{ m} > h \geq 1,5 \text{ m}$ | Klasse I                | Klasse II     | Klasse III    |
|                    | $1,5 \text{ m} > h > 0$              | Klasse I                | Klasse III    | Klasse III    |

Aufgrund des möglichen Schadenpotentials ist aus unserer Sicht die gesamte Stadtstrecke in die Deichklasse I und damit in die geotechnische Kategorie GK 3 einzuordnen.

## **2.5 Altbauten**

Aus den Lageplänen sowie durch die Ortsbegehung ist bekannt, dass entlang der Stadtstrecke eine Vielzahl von Leitungen im Deich vorhanden sind.

Es wird empfohlen, zur Feststellung von Ver- und Entsorgungsleitungen im öffentlichen Raum die Unterlagen bei den zuständigen Ver- und Entsorgungsunternehmen einzusehen bzw. Kopien zu beschaffen. In Zweifelsfällen sind Querschnitte vorzusehen.

## **3 Baugrund (Anlagen 2.1.8 und 2.1.9)**

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

Nach der Baugrundkarte Bremen Teil A, Blatt Stadtmitte und Neustadt, ist im Bereich der Baufläche das Bodenprofil 1, stellenweise das Bodenprofil 4a kartiert (siehe U [1]).

### **3.2 Ergänzende Baugrundaufschlüsse (Anlagen 2.1.8 bis 2.1.9)**

Zur ergänzenden Erkundung des Baugrundes wurden an den beiden zusätzlichen Querschnitten von unserem Labor im Juli und August 2012 folgende zusätzliche Baugrundaufschlüsse durchgeführt:

Direkte Baugrundaufschlüsse:

4 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1, Durchmesser 45 mm bis 80 mm, t = 6 m bis 10 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:

2 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN-EN ISO 22476-2 (DPH), t = 13 m bis 14 m.

Die Lage und das Ergebnis der ergänzenden Baugrundaufschlüsse, höhengerecht im Maßstab 1 : 100 als Bodenprofile mit den Sondierdiagrammen dargestellt, zeigen die Anlagen 2.1.8 und 2.1.9.

### **3.2.1 Baugrundsichtung (Anlage 2.1.8 und 2.1.9)**

Aus den zusätzlichen Bodenprofilen ist die nachstehende Schichtenfolge erkennbar:

#### **Querschnitt 11 (Anlage 2.1.8)**

Unterhalb einer Oberflächenabdeckung folgen Auffüllungen aus stark schluffigen Feinsanden mit Bauschuttresten und Schluff in einer Gesamtauffüllungsmächtigkeit bis ca. 5,8 m. An der Basis der Auffüllung folgen bindige Deckschichten (humose, tonige Schluffe), die ab ca. + 0,2 m NN von Wesersanden unterlagert werden.



Im Querschnitt 11 sind mehrere Bäume auf dem Deichquerschnitt vorhanden.

Die genaue Schichtenfolge und -mächtigkeit sowie weitere Angaben sind in den Bodenprofilen zusammengefasst auf der Anlage 2.1.8 dargestellt.

### **Querschnitt 17 (Anlage 2.1.9)**

Unterhalb einer Oberflächenabdeckung folgen Auffüllungen aus weichen bis steifen Sanden. Unterhalb der Auffüllung folgt eine stark schluffige Feinsandschicht, die von bindigen Deckschichten (humose, tonige Schluffschichten) unterlagert wird.

An der Basis der Deckschichten folgen ab ca.  $\pm 0,0$  m NN die Wesersande.

Die genaue Schichtenfolge und -mächtigkeit sowie weitere Angaben sind in den Bodenprofilen zusammengefasst auf der Anlage 2.1.9 dargestellt.

### **3.2.2 Baugrundfestigkeit**

Aus den Sondierwiderständen der schweren Rammsonde (DPH) nach DIN-EN ISO 22476-2, 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. Es kann von folgendem Zusammenhang zwischen den Schlagzahlen  $n_{10}$  und der Baugrundfestigkeit 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 im Bereich der Auffüllungen im Deichkern Schlagzahlen von überwiegend  $n_{10} = 1$  bis 3 MN/m<sup>2</sup> und weisen auf eine sehr geringe bis geringe Baugrundfestigkeit hin.

Die Mittelwerte der Schlagzahlen der gewachsenen Sande unterhalb von ca.  $\pm 0,00$  m NN liegen bei  $n_{10} \geq 5$  bis 15 und zeigen damit eine mittlere bis sehr große Festigkeit an.

Die lokalen Festigkeiten sind direkt aus dem Sondierdiagramm zu ermitteln (Anlage 2.1.8 und 2.1.9).

### **3.3 Grundwasserverhältnisse**

#### **3.3.1 Hauptgrundwasserhorizont**

Die Grundwasserverhältnisse sind in Unterlage [1] beschrieben.

In den Kleinbohrungen BS 23, 24 und 25 wurde ein Peilfilter eingebaut, dessen Filterstrecke in den Sanden des Hauptgrundwasserleiters liegt. Während der Sondierarbeiten wurde ein Grundwasserspiegel in Ruhe in 2,3 m bis 7,3 m Tiefe = + 1,49 m NN bis + 2,30 m NN eingemessen.

Der Grundwasserstand des Hauptgrundwasserhorizontes wird durch den Tidehub der Weser und durch den Einstau des Weserwehrs beeinflusst. Der Hauptgrundwasserhorizont ist maßgebend für die Deichunterströmung.

### **3.3.2 Oberer Grundwasserhorizont**

Die stellenweise eingelagerten bindigen Schichten wirken als Grundwasserstauer für einen oberen Grundwasserhorizont, für den die Sandzwischen-schichten bzw. die Auffüllung den Grundwasserleiter bilden.

In der Kleinbohrung BS 26 wurde ein Peilfilter eingebaut, dessen Filterstrecke in der Sandzwischen-schicht liegt. Während der Sondierarbeiten wurde ein Grundwasserspiegel in Ruhe in + 2,27 m NN eingemessen

Der obere Grundwasserhorizont in den sandigen Zwischen-schichten wurde zwischen + 4,00 m NN bis + 1,34 m NN eingemessen [1]. Maßgeblich für den Wasserstand im Deichkern sind die Entwässerungsmöglichkeiten.

Im Hochwasserfall sind die Wasserstände im Deichkern abhängig von der Durch-sickerung der Deichabdeckung in horizontaler Richtung bzw. der Durchsickerung der Deichbasis in vertikaler Richtung.

### **3.3.3 Bemessungswasserstände**

Der Bemessungswasserstand für den Deichabschnitt liegt bei maximal + 7,50 m NN.

In Abhängigkeit vom Deichkilometer sind lokale Bemessungswasserstände zu berücksichtigen.

### **3.4 Ergebnisse von Laborversuchen (Anlagen 3.2.5 bis 3.2.6)**

Von den gestörten Bodenproben wurden in unserem Labor zusätzlich zu [1] von den bindigen Bodenproben Wassergehalte zwischen 10,9 % und 60,7 % ermittelt:

Die Einzelergebnisse sind auf den Anlagen 3.2.5 und 3.2.6 dargestellt.

## **4 Deichstandsicherheit**

### **4.1 Hinweise zur Baumstatik und Windwurf**

#### **4.1.1 Baumstatik**

##### **4.1.1.1 Allgemeines**

Bäume sind je nach Art, Größe und Zustand und Standort bis zu einem bestimmten Grenzzustand sicher gegen Kippen, Brechen oder Versagen des Untergrundes.

Die Einwirkung Wind wird nach Bruden (1998) vom Blattwerk, das wie ein Segel wirkt, aufgenommen und über die Äste und den Stamm in die Wurzeln und in den Baugrund geleitet.

Die Angriffsfläche wird mit zunehmender Windstärke nach Weber und Mattbrock (2001) immer kleiner, da sich die Zweige und Äste in Windrichtung biegen.

Bei Bäumen mit abgeschlossenem Höhenwachstum brechen die Äste früher als der Stamm, da ein Stammbbruch den unweigerlichen Baumtod bedeutet.

#### 4.1.1.2 Einwirkende Windkraft

Die einwirkende Windkraft  $F_w$  ergibt sich vereinfacht aus dem Luftwiderstand, dem Stammdruck und der Kronenfläche zu:

$$F_w = c_w \times q_{\text{eff}} \times A_{\text{Krone}} \text{ [kN]}$$

|                    |   |   |
|--------------------|---|---|
| $c_w$              | - | Luftwiderstand der Krone im Sturm: 0,1 bis 0,35 [-] |
| $q_{\text{eff}}$   | - | effektiver Stammdruck [kN/m <sup>2</sup> ]          |
| $A_{\text{Krone}}$ | - | Fläche der Kronensilhouette [m <sup>2</sup> ]       |

Bezugsgröße für die einwirkende Windkraft ist die Windstärke 12 (Orkan) nach Beaufort unter Berücksichtigung der maximalen Kronenfläche bei voller Belastung. Der Sicherheitsfaktor beträgt nach alter Norm mindestens 1,5.

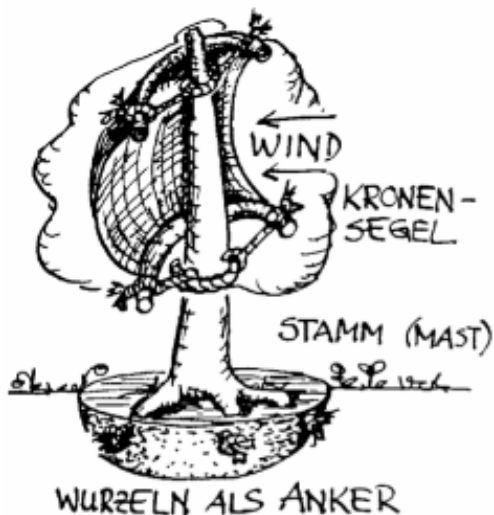


Abbildung Kronensegel aus Bruden (1998).

#### 4.1.1.3 Eigengewicht des Baumes

Das statisch relevante Eigengewicht eines Baumes setzt sich aus dem Eigengewicht der Krone, des Baumstammes und des Wurzelballens zusammen.

Nach Haselstein (2004) muss ein Füllungsgrad der Baumkrone  $A_{\text{Krone}}$  angenommen werden, da nur ein prozentual sehr geringer Anteil der Krone aus Feststoffen (Holz) besteht.

Wenn man bei der Kronenform von einem Ellipsoid ausgeht, berechnet sich das Kronengewicht  $m_{\text{Krone}}$  wie folgt:

$$m_{\text{Krone}} = A_{\text{Krone}} : 100 \times \rho_{\text{spez}} \times 4/3 \times \pi (h_{\text{Krone}} \times b_{\text{Krone}} \times b_{\text{Krone}}) \text{ [kg]}$$

$A_{\text{Krone}}$  = Füllungsgrad der Baumkrone [%]

$h_{\text{Krone}}$  = Höhe der Baukrone

$b_{\text{Krone}}$  = Breite der Baukrone

$\rho_{\text{spez}}$  = Spezifisches Gewicht des grünen Holzes [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

Das Eigengewicht des Stammes wird z. B. vereinfacht als Zylinder berechnet:

$$G_{\text{stamm}} = \rho_{\text{spez}} \times A_{\text{stamm}} \times H_{\text{stamm}} \text{ [kg]}$$

$A_{\text{stamm}}$  = Stammquerschnitt [ $\text{m}^2$ ]

$H_{\text{stamm}}$  = Höhe des Stammes [m]

$\rho_{\text{spez}}$  = Spezifisches Gewicht des grünen Holzes [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

Das Eigengewicht des Wurzelballens wird näherungsweise über das Volumen eines Kegelstumpfes berechnet.

Dabei wird eine wurzelhemmende Schicht angenommen. In der Natur konnte es auf sandüberlagerten Lehmstandorten sowie auf grundwasserbeeinflussten Standorten zu einer solchen Wurzelbildung kommen. Dabei verstärkt sich die seitliche Entwicklung des Wurzelsystems, wenn der Tiefenwachstum behindert wird.

Bei tiefwurzelnden Baumarten weitet sich der Kegelstumpf, mit zunehmender Tiefe bei flachwurzelnden Baumarten reduziert sich der Kegelstumpf mit der Tiefe.

Das Gewicht des Wurzelballens berechnet sich folgendermaßen:

$$G_{\text{Wurzelballen}} = V_{\text{Wurzel}} (\rho_{\text{Wurzel}} \times a_{\text{Wurzel}} + \rho_{\text{Boden}} \times (1 - a_{\text{Wurzel}})) \text{ in kg.}$$

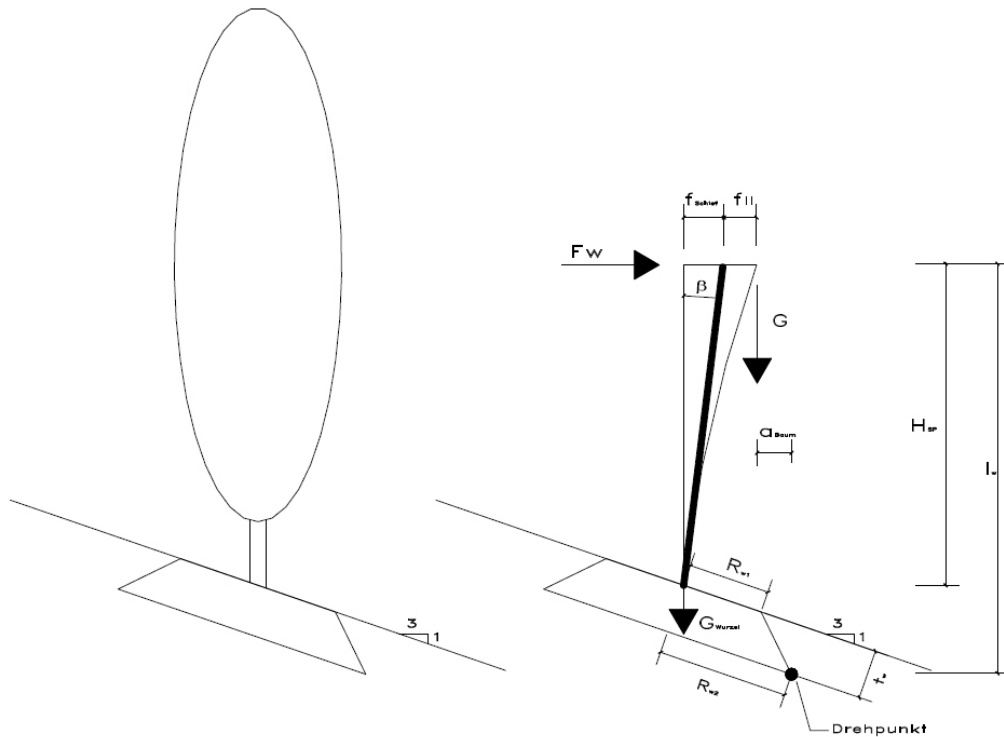
$a_{\text{Wurzel}}$  = Durchwurzelungsgrad des Wurzelballens [%]

$V_{\text{Wurzel}}$  = Volumen des Wurzelballens

$\rho_{\text{Wurzel}}$  = Spezifisches Gewicht der Wurzel ( $\approx$  Holz) in  $\text{kg/m}^3$

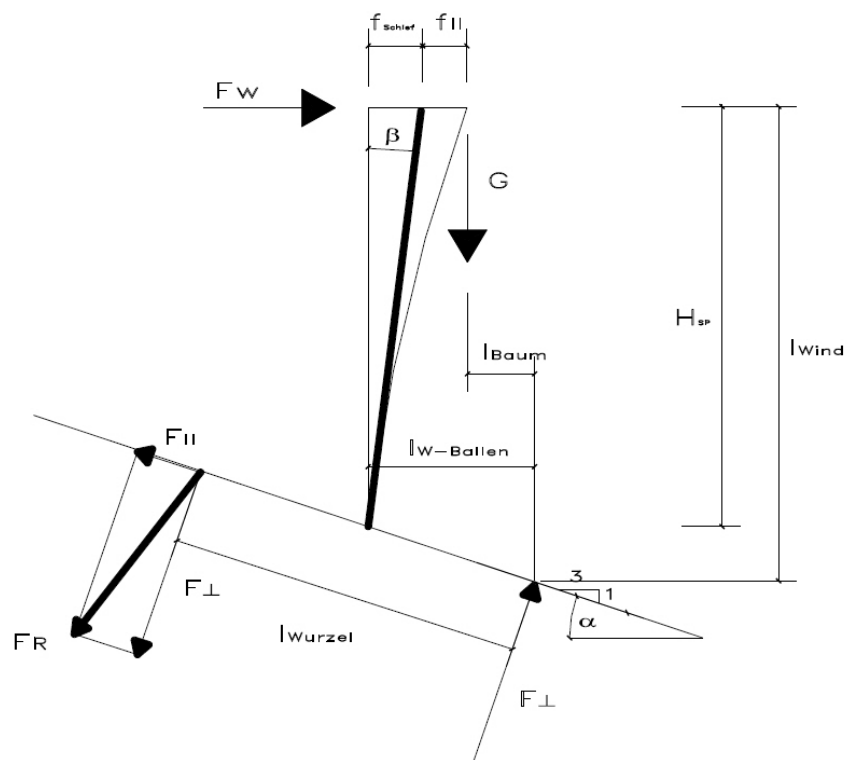
#### 4.1.1.4 Nachweisführung Systemskizze

Das statische System einer Baumstatik ist für den Kippnachweis in der folgenden Systemskizze dargestellt:



Systemskizze zum Kippnachweis (Tiefwurzler)

Die zusätzlichen Nachweise Gleiten, Kippen und Grundbruch erfolgen analog zu Bauwerken, wobei ggf. eine Wurzelankerkraft  $F_R$  bei Deichen berücksichtigt werden kann.



Systemskizze Wurzelankerkraft.



Neben den statischen Einwirkungen sind aufgrund der möglichen Schwingungsanfälligkeit der Wurzelkörper kritische Frequenzen, insbesondere bei schlanken Bäumen, auszuschließen.

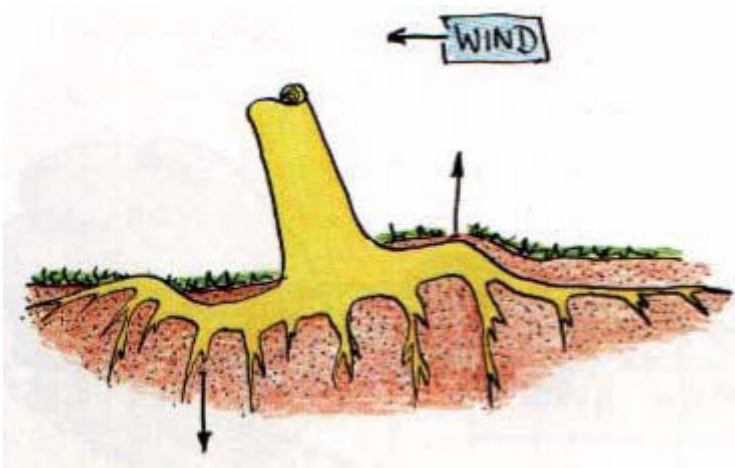
Insgesamt lässt sich feststellen, dass Baumstatiken starke Ähnlichkeiten zu komplexen Statiken für Windkraftanlagen aufweisen.

#### 4.1.2 Windwurf

##### 4.1.2.1 Schadensmechanismus Windwurf

Bei ausreichend mächtigen Baumstämmen werden die Kräfte in das Wurzelsystem geleitet und auf verschiedene Wurzeln verteilt.

Die Bäume drücken auf der windabgewandten Seite (Lee) die Erde zusammen und auf der Windseite (Luv) heben sie die Erde dagegen an.



Wurzelteller.

Mit zunehmendem Abstand vom Baum wird die Intensität der Bodendurchwurzelung immer geringer bis nur noch Erde in hinreichendem Abstand den Baum umgibt. Ab

einem bestimmten Abstand der Wurzeln ist der Boden nicht mehr ausreichend mit Wurzeln armiert, so dass nur noch die Kohäsionskraft des Bodenmaterials überwunden werden muss.

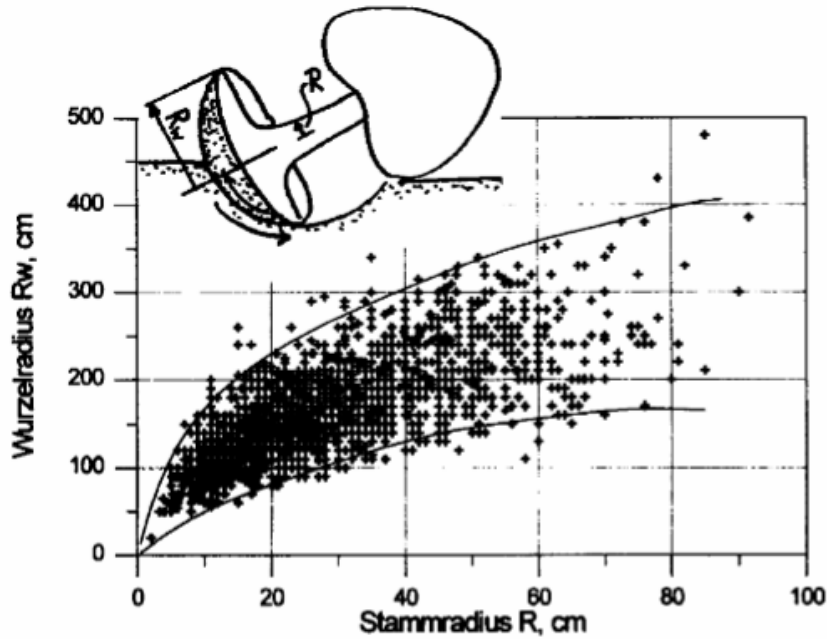
Nach Versagen der Wurzeln muss der Kippwiderstand des Wurzelballens überwunden werden, indem der Wurzelballen beim Wurf hochgehoben wird.

Aufgrund der Wurzelausbreitung (durchschnittlicher Abstand zwischen Stammbasis und den Wurzelspitzen aller dominierenden Horizontalwurzeln) kann keine Aussage über die Wurzelballen oder Wurzelhebelbildung gemacht werden.

Bei Windwurf nach Wessolly (1998) sind die Wurzeln außerhalb des verformten Bereiches zunächst nicht an der Kraftüberlagerung beteiligt. Erst später wird auf der windzugewandten Seite eine Wurzel nach der anderen geradegezogen und bis zum Bruch belastet. Ein Baum mit gesundem Wurzelwerk neigt sich sehr langsam und wird sanft abgeseilt. Erst bei sehr großen Schräglagen spielt das Eigengewicht eine Rolle und beschleunigt den Sturz über das Moment II. Ordnung. Zu einem nicht vollzogenen Windwurf (Teilwurf) kommt es nach Mattheck und Bethge (1999), wenn der Baum nicht vollständig geworfen wird und schief stehen bleibt.

#### **4.1.2.2 Windwurfdiagramm**

Empirisch zeigt sich, dass die Größe des Wurzelballens auf einem Radius von 1 bis 1,5fach des Stammdurchmessers begrenzt ist.



Windwurfdiagramm nach Mattheck (2002).

Die obere Einfüllerde der geworfenen Bäume im Windwurfdiagramm kann mit folgender Gleichung beschrieben werden und gibt Anhaltswerte für die mechanisch wirksame Wurzelplatte  $R_w$ :

$$R_w = 64 \times R_{\text{stamm}}^{0,42} \text{ [cm]}$$

$$R_{\text{stamm}} = \text{Stammradius [cm]}$$

Das Windwurfdiagramm ist ein gutes Maß für den zu erwartenden Krater, den ein durch Wind und Wassereinstau zu Fall gebrachten Baum in einen Deich reißen kann.

Die BAW (2011) geht ohne weitere Erkenntnisse von einer Kratertiefe von 1,5 m aus. Das Merkblatt DWA-M507-1 geht von einer Mindestkratertiefe von 1,5 m aus.

## 4.2 Vorliegendes Baumgutachten

Bei dem besprochenen Referenzbaum handelt es sich um eine Platane mit einer leichten Schrägstellung von ca. 10°.

Bei weseuseitig kommenden Starkwinden wird davon ausgegangen, dass die weseuseitige Böschung nur auf Zug und der binnenseitige Wurzelbereich nur auf Druck belastet werden kann. Weiterhin wird von einem Wurzelknoten von max. 1 m Breite ausgegangen.

Eine nach [1] notwendige Verklammerung der Böschung mit Beton führt zu einer Verletzung der Wurzeln mit negativen Auswirkungen auf die Verwurzelung. Angaben zum Baumeigengewicht fehlen.

Das in Unterlage [4] vorliegende Baumgutachten ist keine Baumstatik für den Fall eines Hochwassers.

Notwendige Angaben zum Baum (z. B. das Gewicht) fehlt für den Böschungsnachweis. Aus unserer Sicht ist anzunehmen, dass die Standsicherheit der Bäume an Deichböschungen nur sehr schwer nachweisbar ist.

Es ist zu überlegen, ob aufgrund der fehlenden Baumstatik die Einwirkung Windwurf in die ständige Bemessungssituation einzuordnen ist.

### **4.3 Technische Regeln zur Berücksichtigung von Bewuchs auf Deichen und Dämmen**

#### **4.3.1 Allgemeines**

Die Auswirkung von Gehölzen auf Deichen werden im Zielkonflikt zwischen landespflegerischen Zielvorstellungen und standsicherheitsnotwendigen Randbedingungen diskutiert. Nach DIN 19712 (1997) kann die Standsicherheit von Deichen durch folgende Punkte beeinträchtigt werden:

- [1] „Bei starkem Sturm kann der Deichboden durch Baumwurzeln gelockert werden; umstürzende Bäume reißen Löcher in den Deich.“
- [2] „Bei starken Strömungen und Wellenschlag ist wasserseitiger Gehölzbewuchs Ansatzpunkt für eine Deichbeschädigung.“
- [3] „Verrottete Wurzeln alter Gehölzbestände und Wurzelfraß durch Wühltiere können zu Hohlräumen und Sickerwegen im Deich führen.“
- [4] „Die Überwachung von Wühltieren wird unter Gehölzen erschwert.“
- [5] „Starke und dauernde Beschattung unterdrückt den Graswuchs und schädigt die Grasnarbe.“
- [6] „Die zur Deichüberwachung erforderlichen Kontrollen, die Deichverteidigung und die maschinelle Unterhaltung der Deiche werden erschwert.“

Aus diesen Gründen setzte sich seit 1986 (DVWK 1986) die Auffassung durch, dass Deiche nicht mit Gehölzen bepflanzt werden sollen und dass je nach möglichen Problemstellungen durch den Bewuchs die Standsicherheit ergänzend nachzuweisen ist.

Die DIN 19712 (1997) gibt weitere Hinweise, falls aufgrund des Landschaftsbildes auf eine Bepflanzung von Deichen gedrängt wird:

- [7] „Nicht überdimensionierte Deiche aus Bodenarten, die eine Durchwurzelung begünstigen, müssen frei von Gehölzen bleiben.“
- [8] „Wasserseitige Böschungen und Bermen, der Bereich der Deichkrone und alle Überlaufstrecken sowie überströmbare Teilschutzdeiche sind von Gehölzen freizuhalten.“
- [9] „Gehölzpflanzungen müssen so angelegt sein, dass die Wurzeln und Gehölze nicht in den erdstatischen erforderlichen Deichquerschnitt eindringen.“ Zur Entwicklung von Gehölzwurzeln auf Deichen siehe Merkblatt DVWK 226/1993.
- [10] „Das untere Drittel der landseitigen Böschung muss für Sickerwasserbeobachtungen und die Deichverteidigung gehölzfrei bleiben.“
- [11] „Bepflanzungen sollten in Gruppen vorgenommen werden. Die Belange der Unterhaltung sind zu beachten.“
- [12] „Bäume sollten vom Deichfuß soweit abgesetzt sein, dass sie auf der Wasserseite keine Kolke im Deichbereich verursachen und mit ihren Wurzeln nicht in den Deich einwachsen können.“
- [13] „Normalwüchsige Bäume sollten im Hinterland einen Mindestabstand von 10 m (Pappeln 30 m) vom Deichfuß aufweisen. Sträucher können auch bis zum Deichschutzstreifen hin gepflanzt werden. Dieser Mindestabstand gilt auch im Vorland für Bäume, die den Deich vor Eisschäden schützen sollen.“
- [14] „Gehölze im Vorland dürfen nicht zu einer unzulässigen Einschränkung des Hochwasserabflusses führen.“

Zusätzlich wurde der Umgang mit Gehölzen mit Erscheinen der Merkblätter ab 1998 „Standicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD)“ verschärft.

Obwohl es sich bei Dämmen um ständig eingestaute Dämme bzw. Kanäle handelt, sind die Grundsätze auf Deiche übertragbar, da das Bemessungshochwasser (BHW) bei Flussdeichen nach DWA-M 507-1 und bei tidebeaufschlagten Deichen gewöhnlich als ständige Einwirkung (BS-P, LF1) eingestuft wird.

Mit dem Merkblatt DWA-M 507-1 ist auch das Merkblatt MSD zu berücksichtigen.

Nach der aktuellen im Zuge der Einführung des Eurocode 7 (EC7) überarbeiteten und veröffentlichten Ausgabe des Merkblattes Standsicherheit von Dämmen (MSD 2011) wird der Damm in nachfolgende Zonen aufgeteilt:

| <b>Zone</b>     | <b>Zulässiger Bewuchs bei überbreiten/überhöhten Dämmen</b>   | <b>Bemerkungen</b>  |
|-----------------|---|---|
| 1               | Bei Dämmen mit Oberflächendichtung:<br>Kein Gehölz, kein Röhricht                                       | 1)  |
|                 | Bei Dämmen mit Innendichtung und Dämmen ohne Dichtung:<br>Röhricht und einzelne Strauchgruppen möglich. |   |
|                 | Bei Dämmen mit durchwurzelungssicherer Innendichtung:<br>Erhalt bestehender Gehölze möglich.            |   |
| 2               | Bäume 2. und 3. Ordnung und Sträucher (gem. Auswahlliste Bundesanstalt für Wasserbau - BAW)             | Bäume 2. Ordnung: bis 25 m<br>Bäume 3. Ordnung: bis 10 m  |
| 3 <sup>2)</sup> | Einzelgehölze und Gehölzgruppen aus Bäumen 2. und 3. Ordnung und Sträuchern.                            | Bäume 2. Ordnung: bis 25 m<br>Bäume 3. Ordnung: bis 10 m<br>Dammbeobachtung muss sichergestellt sein, max. Flächendeckung durch Gehölze 50 %. |
| 4 <sup>2)</sup> | Keine Gehölze   | Bereich potenzieller Sickerlinienaustritte  |
| 5 <sup>2)</sup> | Bäume 2. und 3. Ordnung und Sträucher (gem. Auswahlliste BAW)   | Dammverteidigungsweg bzw. Betriebsstreifen beachten.  |

1) „Bei Dämmen mit durchwurzelter Oberflächenabdichtung ist für den Nachweis der Standsicherheit in der ständigen Bemessungssituation (BS-P, LF1) eine Durchströmung auf Grund der verminderten Wirksamkeit der Dichtung im durchwurzelten Bereich zu berücksichtigen. Für eine durchwurzelte Oberflächenabdichtung kann bis zur vollkommenen Entfernung des Bewuchses ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $K = 5 \times 10^{-6}$  m/s bis 1 m Tiefe unterhalb des

Normalstaus angesetzt werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die Dichtung noch keine Auflösungserscheinungen infolge des Bewuchses zeigt. Bei dauerhaftem Bewuchs ist von einem Komplettausfall bis 1 m Tiefe unterhalb des Normalstaus auszugehen.

Ggf. kann die Dammstandsicherheit bei durchwurzelt Dichtungen auch auf der Grundlage von Grundwasserstandsmessungen beurteilt werden (Beobachtungsmethode).“

- 2) „Dämme, bei denen die Differenz zwischen Betriebswasserstand oberen ( $BW_O$ ) bei nicht hochwasserbelasteten Dämmen bzw. dem höchstmöglichen Wasserstand bei hochwasserbelasteten Dämmen und dem Dammfuß  $\leq 2$  m ist, werden als niedrige Dämme eingestuft.

Bei niedrigen Dämmen, die einen Mindestquerschnitt mit einer Kronenbreite von über 10 m Breite, die Verbindungsgerade zwischen dem maßgebenden Wasserstand am Damm und dem Dammfußpunkt flacher als 1 : 10 geneigt ist und einen homogenen Aufbau besitzen, sind nur die Forderungen für Zone 1 und Zone 2 zu erfüllen.“

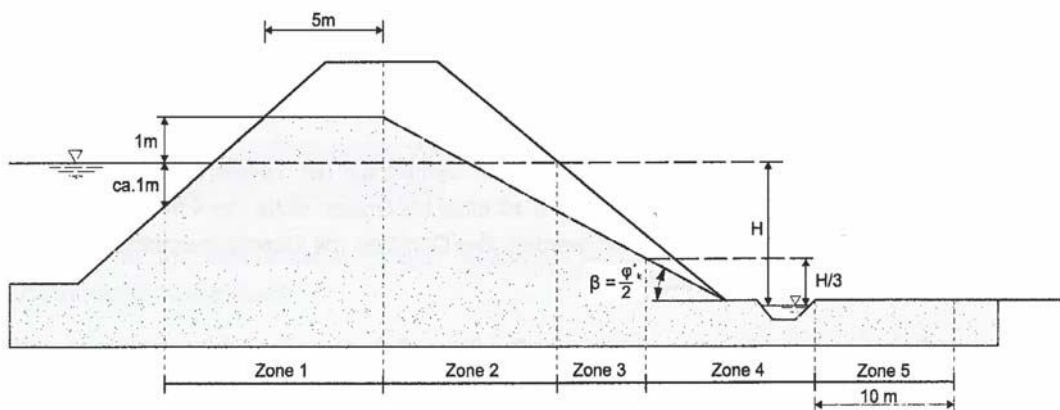


Abb. Zoneneinteilung für den zulässigen Bewuchs auf überbreiten und/oder überhöhten Dämmen mit Mindestquerschnitt (B.U9/MSD 2011).



- [15] „Nach dem BAW-Merkblatt sind in allen Zonen Silber-, Grau- und Schwarzpappeln nicht zulässig.“
- [16] „Bei Dämmen ohne Mindestquerschnitt müssen vorhandene Gehölze, deren Erhalt aus naturschutzfachlichen Gründen erforderlich ist, nicht entfernt werden, wenn die Gefährdung der Standsicherheit des Dammes ausgeschlossen werden kann.“
- [17] „Dabei sind die möglichen Auswirkungen der Durchwurzelung, die Kraterbildung bei Windwurf und die damit verbundene Querschnittsschwächung des Dammes sowie die Gefahr von Kolkbildung und Verklausung bei Hochwasser zu betrachten.“
- [18] Ohne entsprechende Nachweise sind vorhandene Gehölze nur zulässig, wenn der Wurzelkrater (Tiefe mindestens 1,5 m) nicht in den potenziell durchströmten Dammbereich reicht und der Abstand der Gehölze von der wasserseitigen Böschungsschulter größer als 5 m ist.
- [19] „Bestehende Gehölze nach Anhang 5, Tabelle 3, sind auf einem Damm mit einer innen liegenden durchwurzelungssicheren Wand (z. B. Spundwand) zulässig, wenn die Wand auf den aus einem Windwurf von Bäumen resultierenden Geländesprung bemessen ist. Der Abstand entsprechender Wände von der Wasserseite 1 m über dem maßgebenden Wasserstand in der ständigen Bemessungssituation (BS-P) muss mindestens 5 m betragen ....“
- [20] „Das untere Drittel der Böschung ist auf jeden Fall gehölzfrei zu halten (Zone 4).“
- [21] „Eine Neuanpflanzung von Gehölzen auf Dämmen, die keinen Mindestquerschnitt enthalten, ist jedoch grundsätzlich nicht zulässig.“

Ergänzend wurden mit dem Merkblatt DWA-M 507-1 weitere Forderungen aufgenommen:

[22] „Die bepflanzten Bereiche müssen so überhöht sein, dass auch bei Überschreiten des bordvollen Einstaus an dieser Stelle kein Überlaufen stattfindet.“ Hierbei handelt es sich offensichtlich um eine Ergänzung zum Punkt [8].“

[23] „Die bepflanzten Bereiche müssen so verbreitert (abgeflacht) sein, dass die Wurzeln der Gehölze nicht in den erdstatischen erforderlichen Deichquerschnitt eindringen (Überprofil). Das untere Drittel der landseitigen Böschung muss für Sickerwasserbeobachtungen und für die Deichverteidigung in jedem Fall frei bleiben (Zone 4).“

Hierbei handelt es sich um eine Einschränkung der Sonderregel für niedrige Dämme.

[24] Das Überprofil ist so zu wählen, dass die Standsicherheit des Deiches für alle maßgebenden Lastfälle unter Annahme eines Wurzelkraters, dessen Radius in Abhängigkeit von der vorgesehenen Baumart festzulegen ist und mindestens 1,5 m betragen muss, nachgewiesen werden kann.

[25] „Die Bepflanzung sollte nur in Gruppen und nicht zu dicht vorgenommen werden. Die Flächendeckung durch Gehölze darf höchstens 50 % betragen. Linienförmige Heckenpflanzungen sind wegen der Unterhaltungerschwernisse zu vermeiden.“

### 4.3.2 Vorhandener Mindestquerschnitt und Kratertiefe

Nach Einstufung in die Deichklasse I ist nach dem Merkblatt DWA-M 507-1 eine Kronenbreite von 3 m (MSD-Dämme 5 m) einzuhalten. Die Wurzelkratertiefe ist nach Punkt 24 mit mind. 1,5 m festzulegen.

Die Festlegung der Wurzelkratertiefe erfolgt unabhängig vom vorliegenden Baumgutachten, da in diesem Gutachten nicht die Standsicherheit des Baumes, sondern die Standsicherheit des Deiches begutachtet wird.

## 5 Deichstandsicherheit

### 5.1 Allgemeines Nachweiskonzept

Nach [2] Tabelle 4 sind folgende Bemessungssituationen an einem Deich der Klasse I (GK3) zu berücksichtigen.

| Einwirkungen     |   | Bemessungssituation            |     |                         |                                  |     |     |
|------------------|---|--------------------------------|-----|-------------------------|----------------------------------|-----|-----|
|                  |   | BS-P<br>Hochwasser-<br>zustand |     | BS-T<br>Bau-<br>zustand | BS-A<br>Besondere<br>Belastungen |     |     |
|                  |   | P.1                            | P.2 | T.1                     | A.1                              | A.2 | A.3 |
| Ständige         | Eigenlasten und Auflasten   | X                              | X   | X                       | X                                | X   | X   |
| Veränderliche    | Verkehrslasten  | X                              | X   | X                       | X                                | X   | X   |
|                  | Beanspruchung durch BHW   | X                              |     |                         |                                  | X   |     |
|                  | Beanspruchung durch aus BHW fallender Wasserspiegel                     |                                | X   |                         |                                  |     |     |
|                  | Beanspruchung durch Bau HW  |                                |     | X                       |                                  |     | X   |
| Außergewöhnliche | Beanspruchung durch Wasserstand „bordvoll“                              |                                |     |                         | X                                |     |     |
|                  | Beanspruchung infolge Versagens von Dichtungen bzw. Dräns und Sonstigem |                                |     |                         |                                  | X   | X   |

Nach DIN 19712 sind folgende Nachweise zu erbringen:

1. Nachweise ausreichender globaler und lokaler Standsicherheit (Geo-2 bzw. Geo-3):
  - Böschungsbruch (global)
  - Böschungsbruch (lokal)
  - Abschieben/Gleiten des Deichkörpers (global)
  - Lokale Standsicherheit der wasser- und landseitigen Böschungen
  - Lokale Standsicherheit am Böschungsfuß (Spreizsicherheit)
  - Standsicherheit bei Belastungen infolge des Versagens der Dichtung
  - Standsicherheit bei Belastungen infolge des Versagens der Dränung
  - Standsicherheit bei Belastungen infolge des Versagens von sicherheitsrelevanten Bauteilen bzw. Bauwerken (z.B. von statisch wirksamen Innendichtungen)
  
2. Nachweis gegen das Versagen durch hydraulischen Grundbruch (HYD) und Aufschwimmen (UPL):
  - Auftriebssicherheit bzw. hydraulischer Grundbruch
  - Standsicherheit der Böschungsdichtungen bei Wasserdruck vom Deichkörper her
  
3. Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS):
  - Nachweis Verträglichkeit von Setzungen und Verformungen
  - Nachweis der Sicherheit gegen Rissbildungen
  
4. Nachweise der Sicherheit gegen Materialtransport (HYD):
  - Nachweise zur Sicherheit gegen Kontakterosion (mechanische Filterstabilität)
  - Nachweise zur Suffosionsstabilität
  - Nachweise zum Erosionsgrundbruch im Deichkörper bzw. im Untergrund
  - Nachweis zur Fugenerosion

## 5.2 Randbedingungen

Als ständige Verkehrslast wurden 34 kN/m<sup>2</sup> (SLW60) angenommen.

Das Potential auf der Binnenseite wurde auf Basis allgemeiner Erfahrungen durch Messprogramm an der Weser um 10 % gegenüber den Bemessungswasserständen reduziert.

Die Bodenkenwerte sind auf den Anlagen dargestellt.

## 5.3 Querschnitte

Die Nachweisführung erfolgt an folgenden Querschnitten:

| Nr. | Querschnitt | Bemerkung       |
|-----|-------------|-----------------|
| 1   | 16+310      | „Piepe“         |
| 2   | 14+820      | „Becks“ + Bäume |
| 3   | Q11         | Bäume           |
| 4   | Q17         |                 |

## 5.4 Ergebnisse

### 5.4.1 Querschnitt 1 - Piepe

| Bemessungssituation                      | Ausnutzungs-grad | Nachweis | erbracht | Anlagen | Bemerkung |
|--|------------------|----------|----------|---------|-----------|
| Geo-3, BS-P, P.2,<br>Wasserseite, global | 1,46             | ≤ 1,0    | NEIN     | 4.4.1   |           |
| Geo-3, BS-P, P.1,<br>Landseite, global   | 1,06             | ≤ 1,0    | NEIN     | 4.4.2   |           |

Auf weitere Standsicherheitsnachweise wird verzichtet.

Der IST-Zustand zeigt insbesondere aufgrund der Verkehrslast und der relativ steilen Böschungen bei den Einflüssen aus dem BHW keine ausreichende rechnerische Standsicherheit.

Bei Einordnung des Deichabschnitts in die Deichklasse I oder II und damit notwendige Kronenbreite von 3 m muss die wasserseitige Böschung stabilisiert werden.

#### 5.4.2 Querschnitt 2 - Becks

| Bemessungssituation                                  | Ausnutzungs-<br>grad | Nachweis erbracht |      | Anlagen | Bemerkung |
|--|----------------------|-------------------|------|---------|-----------|
| Geo-3, BS-P, P.2,<br>Wasserseite, global             | 1,38                 | ≤ 1,0             | NEIN | 4.5.1   |           |
| Geo-3, BS-P, P.1,<br>Landseite, global               | 0,57                 | ≤ 1,0             | JA   | 4.5.2   |           |
| Geo-3, BS-A, A.1, Land-<br>seite, global „Bordvoll“  | 0,55                 | ≤ 1,0             | JA   | 4.5.3   |           |
| Geo-3, BS-A, A.3,<br>„Windwurf“<br>Kratertiefe 1,5 m | 1)<br>> 1,0          | 1)<br>≤ 1,0       | NEIN | 4.5.4   | 1)        |

1) Der Nachweis erfolgt nach dem Prinzip des Mindestquerschnittes. Für Deiche der Klasse I und II ist im allgemeinen eine Kronenbreite von 3 m erforderlich. Nach einem Windwurf ergibt sich eine Restkronenbreite von 0,5 m ( $\mu > 1$ ).

Auf weitere Standsicherheitsnachweise wird verzichtet. Der IST-Zustand ist insbesondere bei Berücksichtigung des Windwurfs nicht ausreichend standsicher. Die Standsicherheit der Bäume wurde durch keine Baumstatik nachgewiesen. Aufgrund fehlender Angaben zum Baumgewicht wurde das Eigengewicht in der Bemessungssituation P.2 noch nicht berücksichtigt. Weiterhin ist die Standsicherheit auf der Wasserseite bei Berücksichtigung des BHV (fallender Wasserspiegel) rechnerisch nicht eingehalten (Anlage 4.2.1). Bei Versagen der wasserseitigen Böschung ist der angenommene Mindestquerschnitt nicht mehr eingehalten.

Eine Ertüchtigung der wasserseitigen Böschung ist ohne negative Auswirkungen auf die Wurzeln nicht möglich.

#### 5.4.3 Querschnitt Q11

| Bemessungssituation                   | Ausnutzungsgrad | Nachweis   | erbracht | Anlage | Bemerkung                                       |
|---------------------------------------|-----------------|------------|----------|--------|---|
| Geo-3, BS-P, P.2, Wasserseite, global | 1,14            | $\leq 1,0$ | NEIN     | 4.6.1  | Restquerschnitt nach Windwurf                   |
| Geo-3, BS-P, P.1, Landseite, global   | 0,70            | $\leq 1,0$ | JA       | 4.6.2  | Restquerschnitt nach Windwurf                   |
| Geo-3, BS-P, P.1, Landseite, lokal    | 1,23            | $\leq 1,0$ | NEIN     | 4.6.3  | Wasseraustritt bei stationären Randbedingungen  |
| Geo-3, BS-A, A.1, Landseite, global   | 0,97            | $\leq 1,0$ | JA       | 4.6.4  | Restquerschnitt                                 |
| Geo-3, BS-A, A.1, Landseite, lokal    | 1,22            | $\leq 1,0$ | NEIN     | 4.6.5  | Wasseraustritt bei stationären Randbedingungen  |
| Geo-3, BS-A, A.3, Windwurf, global    | 1,00*)          | $\leq 1,0$ | Ja       | 4.6.6  | 1,5 m Wurzeltiefe<br>Abstand zur Krone min. 8 m |

1) Der Nachweis erfolgt nach Prinzip eines ausreichenden Mindestquerschnitts. Für Deich der Klasse I und II ist im allgemeinen eine Kronenbreite von 3 m erforderlich. Nach einem Windwurf ergibt sich eine Restkronenbreite von  $\mu = 3 \text{ m} : 3 \text{ m} > 1$ . Der überbreite IST-Zustand ist grundsätzlich bei ausreichender Standsicherheit der Bäume (Baumstatik) standsicher, da der Lastfall Windwurf nicht als ständige Einwirkung bzw. Bedrohung berücksichtigt werden muss. Vorausgesetzt, eine Baumstatik ist vorhanden.

Ein mögliches Versagen auf der Wasserseite gefährdet die Gesamtstandsicherheit nicht, da eine Restkronenbreite (ohne Betrachtung eines gleichzeitigen Windwurfs) eingehalten wird.

Die Standsicherheit der Bäume ist rechnerisch nachzuweisen.

Die lokale Standsicherheit am Böschungsfuß ist bei Ansatz eines Strömungsmodells mit stationären Randbedingungen aufgrund des rechnerischen Sickerwasseraustritts nicht gegeben.

Unter stationären Randbedingungen ist hier ein Filter vorzusehen. Alternativ sind Strömungsmodelle mit instationären Randbedingungen zu berücksichtigen.

| Bemessungssituation      | Ausnutzungsgrad | Nachweis   | erbracht | Anlage | Bemerkung           |
|--------------------------|-----------------|------------|----------|--------|---------------------|
| UPL, BS-P, P.1           | 0,79            | $\leq 1,0$ | JA       | 4.6.7  | Ansatz 90 % des BHW |
| UPL, BS-P, A.2, Windwurf | 0,99            | $\leq 1,0$ | JA       | 4.6.8  | 100 % BHW Windwurf  |

Auf weitere Nachweise wurde verzichtet, da keine Gefahr durch Aufschwimmen besteht und der hydraulische Grundbruch bereits bei einer eindimensionalen Betrachtungsweise auf den Anlagen 4.6.7 bis 4.6.8 mit ausreichender Sicherheit nachgewiesen werden konnte.

Aufgrund der Nachweise dürfen Bäume gem. BAW-Merkblattes in Zone 5 stehen. Zone 4 ist aufgrund des Sickerlinienaustritts freizuhalten. In Zone 4 ist ein Filter vorzusehen.



#### 5.4.4 Querschnitt Q17

| Bemessungssituation                                     | Ausnutzungs-<br>grad | Nachweis   | erbracht | Anlage | Bemerkung |
|---|----------------------|------------|----------|--------|-----------|
| Geo-3, BS-P, P.2,<br>Wasserseite, global                | 1,33                 | $\leq 1,0$ | NEIN     | 4.7.1  |           |
| Geo-3, BS-P, P.1,<br>Landseite, global                  | 1,00                 | $\leq 1,0$ | JA       | 4.7.2  |           |
| Geo-3, BS-P, P.1,<br>Landseite, global<br>(lineare PWD) | 0,89                 | $\leq 1,0$ | JA       | 4.7.3  |           |
| Geo-3, BS-P, P.1,<br>Landseite, lokal                   | 1,04                 | $\leq 1,0$ | NEIN     | 4.7.4  |           |
| Geo-3, BS-A, A.1,<br>Landseite, global                  | 0,92                 | $\leq 1,0$ | JA       | 4.7.5  |           |
| Geo-3, BS-A, A.1,<br>Landseite lokal                    | 1,02                 | $\leq 1,0$ | NEIN     | 4.7.6  |           |

Die lokale Standsicherheit am Böschungsfuß ist bei Berücksichtigung von Strömungsmodellen mit stationären Randbedingungen aufgrund des rechnerischen Sickerwasseraustritts nicht gegeben.

Bei Ansatz von Strömungsmodellen mit stationären Randbedingungen ist hier ein Filter vorzusehen. Alternativ sind die Einflüsse von instationären Strömungsrandbedingungen zu berücksichtigen.

| Bemessungssituation                 | Ausnutzungs-<br>grad | Nachweis   | erbracht | Anlage | Bemerkung              |
|-------------------------------------|----------------------|------------|----------|--------|------------------------|
| UPL, BS-P, P.1                      | 0,99                 | $\leq 1,0$ | JA       | 4.7.7  | Ansatz 90 %<br>des BHW |
| UPL, BS-A, A.1,<br>Landseite global | 1,05                 | $\leq 1,0$ | NEIN     | 4.7.8  | 100 % BHW              |

Bei außergewöhnlich hohen Wasserständen weist die bindige Schicht an der Landseite keine rechnerisch ausreichenden Auftriebssicherheit auf.

Die Darstellung auf Anlage 5.5.4 zeigt das Gradientenfeld für einen bordvollen Einstau. Die größten Gradienten (Pfeile) sind im Bereich der Deichabdeckung und in vertikaler Richtung im Bereich des binnenseitigen Deichfußes zu erkennen. Deichabdeckung und die bindigen Deckschichten sind unter den real vorhandenen instationären Randbedingungen nach unserer Einschätzung stabil gegen hydraulischen Grundbruch.

## **6 Zusammenfassung**

Im Uferbereich der Stadtstrecke besteht der Baugrund aus inhomogener Auffüllung aus Sand, Schluff und Bauschutt, der von Schluffen und Wesersanden unterlagert wird.

Eine Bewehrung ist außerhalb der erlaubten Zonen nach Kapitel 4.3.1 grundsätzlich nicht zulässig. Ein Einzelnachweis über den Mindestquerschnitt unter Berücksichtigung der vorliegenden Erkenntnisse ist kaum zu führen. Zusätzlich ist eine Baumstatik notwendig. Die Positivliste des BAW-Merkblattes ist zu berücksichtigen.

Auf der Wasserseite besteht bei den bereichsweise vorhandenen „steilen“ Böschungsneigungen durch schnell sinkende Hochwasserstände in Kombination mit der hohen Verkehrslast (SLW 60) die Gefahr von Böschungsabrutschungen. In diesem Fall ist ebenfalls der Mindestquerschnitt gefährdet.

Aufgrund der stationären Randbedingungen bei den berücksichtigten Strömungsmodulen sind am Fuß Filter für das mögliche Kuverwasser vorzusehen. Gegebenenfalls sind Strömungsmodelle mit instationären Randbedingungen vorzugeben.



Die rechnerische Auftriebssicherheit im Querschnitt Q11 ist nicht eingehalten. Hier werden Messungen der Wasserstände im Bereich des Deichfußes empfohlen, um die rechnerischen Randbedingungen zu überprüfen.

Weitere Einzelheiten und die Nachweise zur Standsicherheit sowie zur Auftriebssicherheit sind im Bericht gegeben.

Die Angaben im GTB 1 [1] bleiben grundsätzlich gültig und sind zu berücksichtigen.

Dipl.-Ing. Mark Gregull

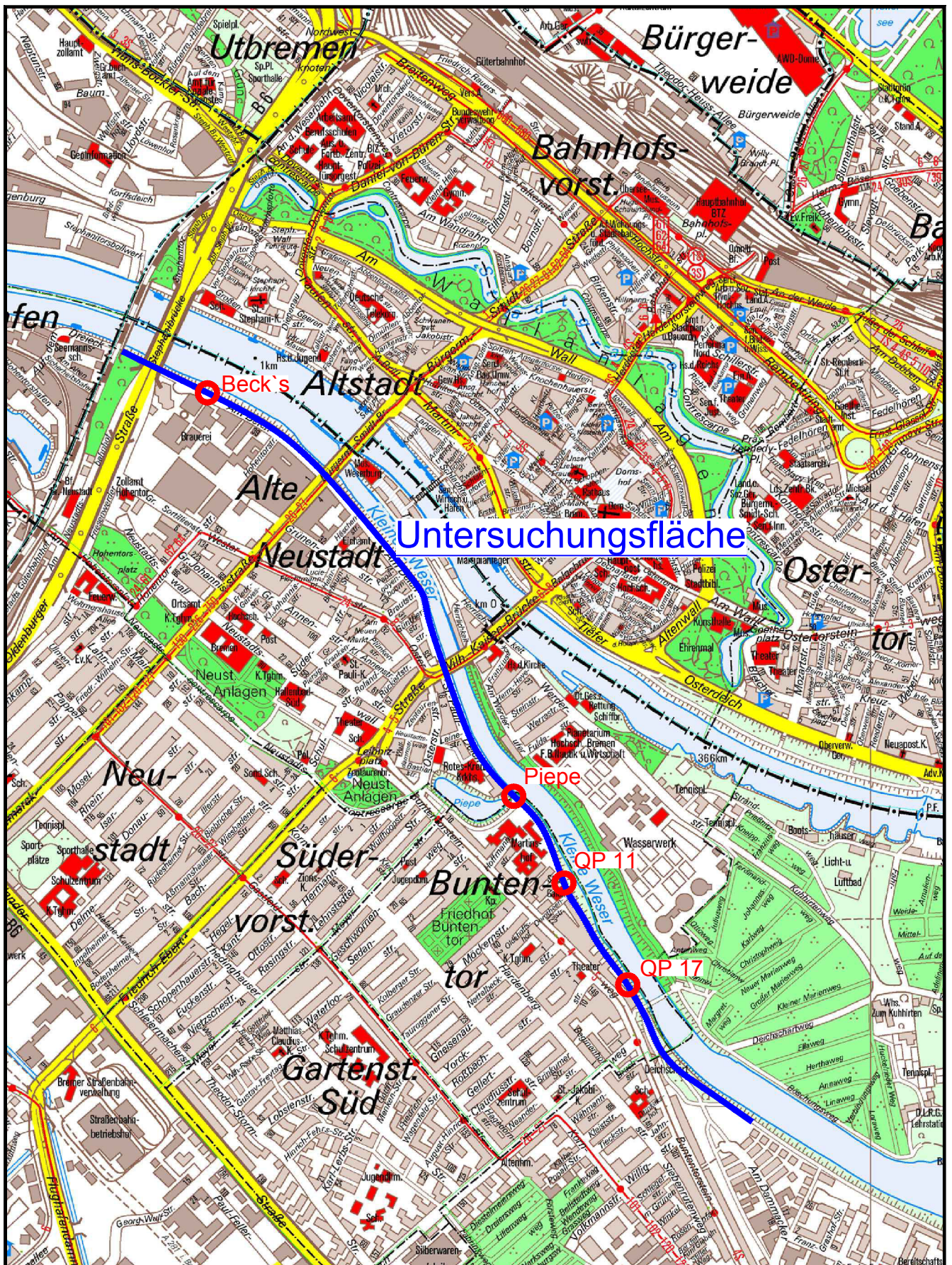
Dr.-Ing. von Bloh  
Geschäftsführer

**Verteiler:**

Bauherr: Bremischer Deichverband am linken Weserufer  
Warturmer Heerstr. 125  
28197 Bremen 4 x

## 7 Anlagenverzeichnis

| I N H A L T                           | Anlage Nr. |       |
|---------------------------------------|------------|-------|
|                                       | von        | bis   |
| <b>1. Lageplan</b>                    |            |       |
| 1.1 Lageplan Maßstab 1 : 15.000       | 1          |       |
| <b>2. Felduntersuchungen</b>          |            |       |
| 2.1 Bodenprofile aus Sondierbohrungen | 2.1.8      | 2.1.9 |
| <b>3. Laboruntersuchungen</b>         |            |       |
| 3.1 Bodenmechanische Kennziffern      | 3.2.5      | 3.2.6 |
| <b>4. Standsicherheit</b>             |            |       |
| 4.1 Querschnitt Piepe                 | 4.4.1      | 4.4.2 |
| 4.2 Querschnitt Becks                 | 4.5.1      | 4.5.4 |
| 4.3 Querschnitt Q11                   | 4.6.1      | 4.6.8 |
| 4.4 Querschnitt Q17                   | 4.7.1      | 4.7.8 |
| 4.5 Potentialfelder                   | 5.3.1      | 5.5.4 |

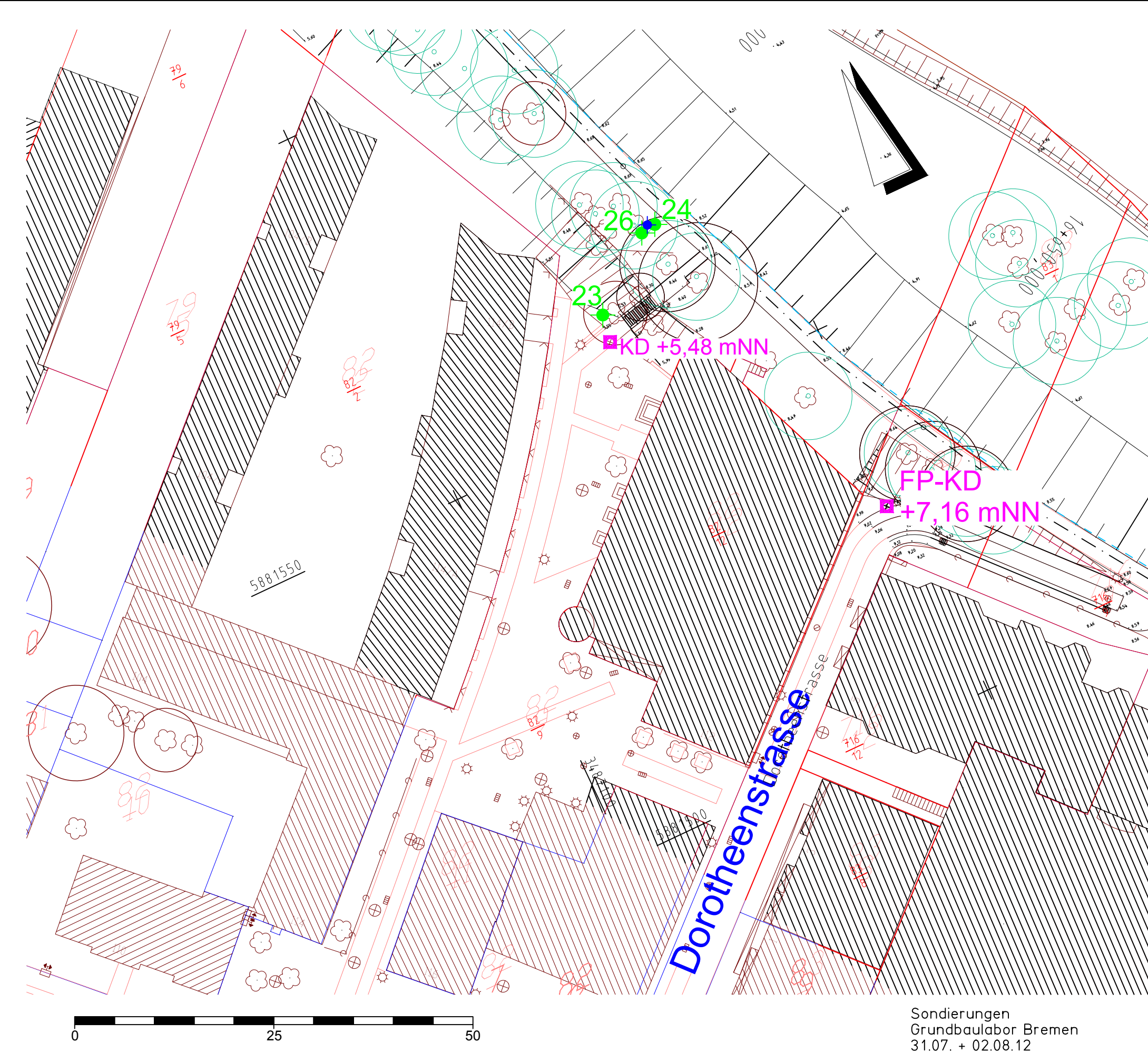
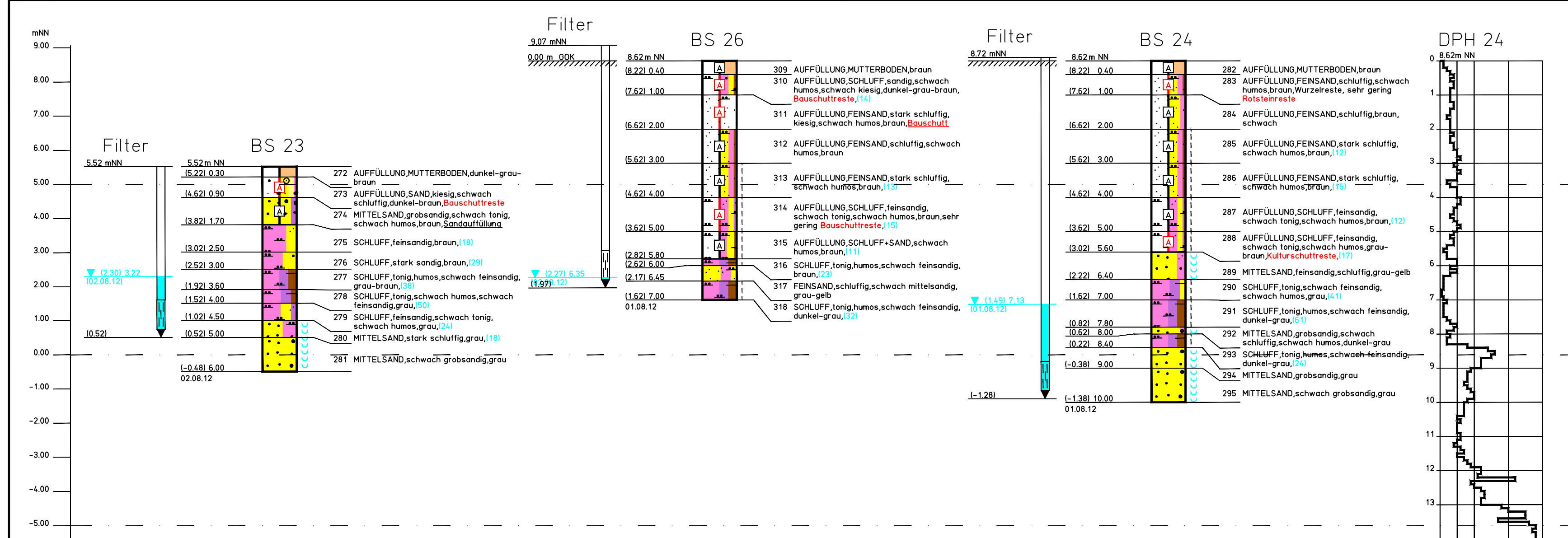


GRUNDBAULABOR BREMEN  
INGENIEURGESELLSCHAFT  
FÜR GEOTECHNIK MBH  
KLEINER ORT 2 - 28357 BREMEN

Bauherr: Bremischer Deichverband am linken Weserufer  
Bauwerk: Deichstandsicherheit Stadtstrecke Kleine Weser  
Ort: HB, Am Deich

Obj.Nr. 11 10089  
M 1:15000  
Gez. Ian  
Anl. 1

## Lageplan



Plangrundlage erhalten vom  
 Bremischen Deichverband  
 am rechten Weserufer  
 am 21.10.2011

**Zeichenerklärung**

**Untersuchungsstellen**

- BS Bohrung
- BS Sondierbohrung
- DPL leichte Rammsondierung
- DPH schwere Rammsondierung
- DS Drucksondierung (CPT-E)
- Sch Schürfe
- PDV Plattendruckversuch
- UP ungestörte Probe
- UP Darstellung auf dieser Anlage
- UP Darstellung auf einer anderen Anlage

**Nebenanteile**  
 schwach (<15%) stark (>30%)

**Beimengungen:**  
 schwach (<15%) mittel (15-30%) stark (>30%) Auffüllung aus natürlichem Boden Auffüllung aus/mit Abfallprodukten

**Konsistenz**  
 || breilig | weich | steif  
 | halbfest || fest ~ naß

**Wassergehalt**  
 Wn = % (15)

**Sonderprobe**  
 P1 (0.42) 4.00 Proben Nr. P1 (2,3,...) aus 4.00m Tiefe = (0.42m NN bzw. FP)

**Grundwasser**

- ▼ (2.62) 1.80 (Datum) Grundwasser in 1.80m unter Gelände (2.62m NN bzw. FP) angebohrt am ....(Datum)
- ▼ (2.65) 1.77 (Datum) Grundwasser nach Beendigung der Bohrung in 1.77m unter Gelände (2.65m NN bzw. FP) am ....(Datum)
- ▼ (2.70) 1.72 (Datum) Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch in 1.72m unter Gelände (2.70m NN bzw. FP) am ....(Datum)
- ▼ (2.70) 1.72 (Zeit) Anstieg des Grundwassers in einem ausgebauten Bohrloch auf 1.72m unter Gelände (2.70m NN bzw. FP) in ....(Zeit) Stunden am ....(Datum)
- ▲ (1.60) 2.82 (Datum) Grundwasser in 2.82m unter Gelände (1.60m NN bzw. FP) angebohrt

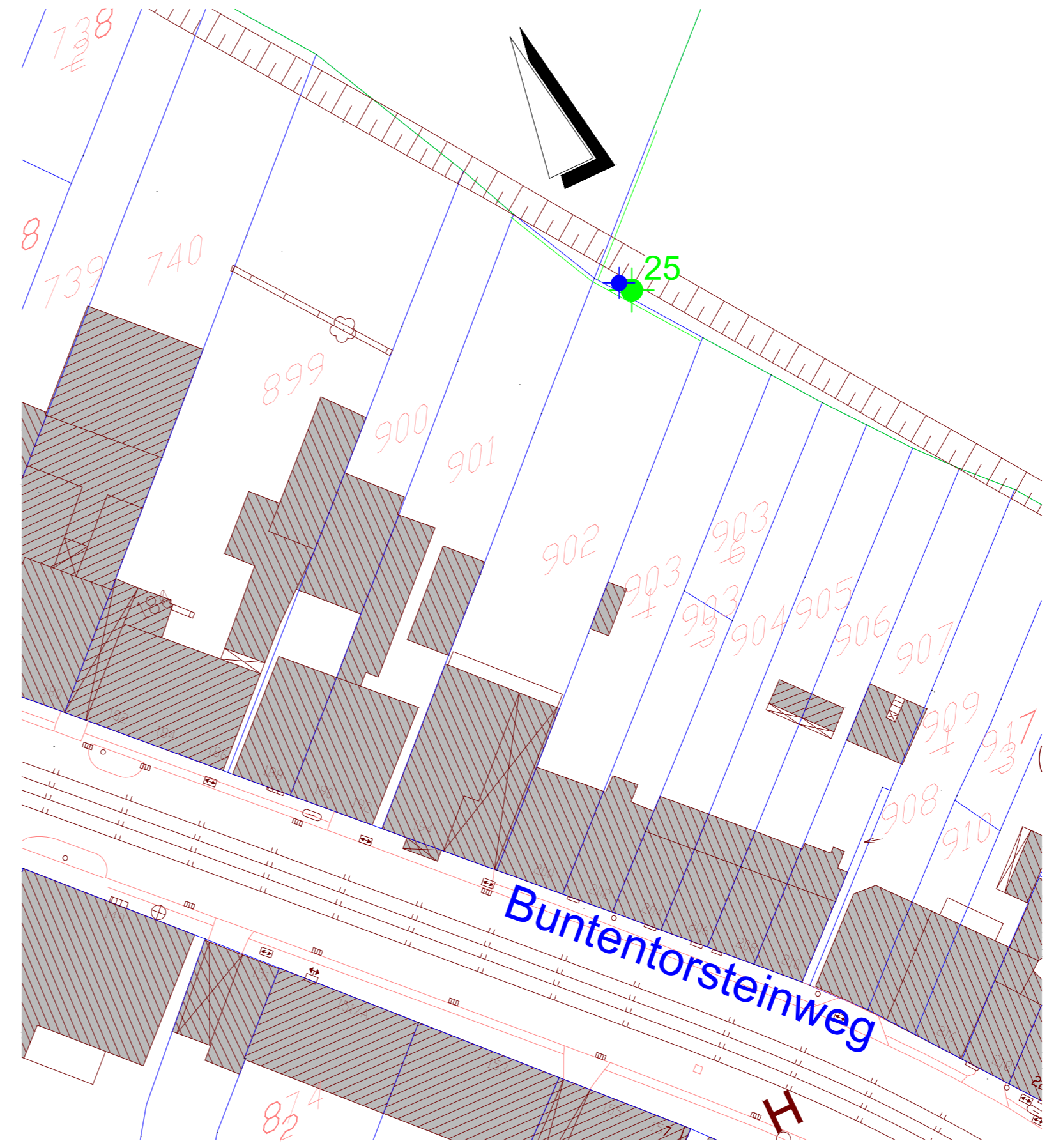
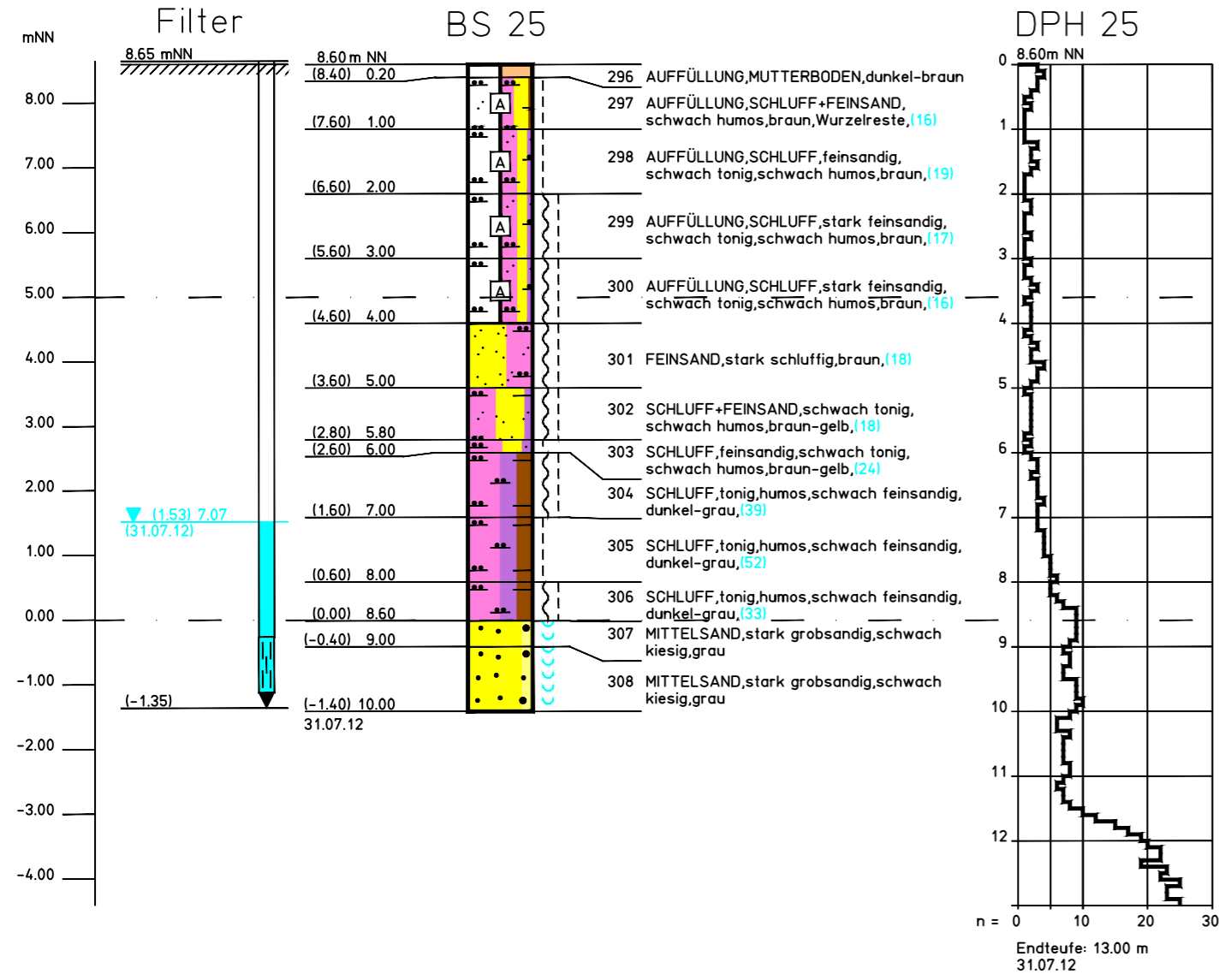
**Gründungssohle** **Aushubsohle**  
 GS AS

|  |                 |
|--|-----------------|
|  |                 |
| Bauherr: Brem. Deichverband am linken Weserufer      | Obj.Nr. 1110089 |
| Bauwerk: Standsicherheitsnachweis Deich Stadtstrecke | M 1 : 100       |
| Ort: 28197 Bremen                                    | Gez. GR         |
| Sondierbohrungen BS 23,24 + 26 Rammsondierung DPH 24 | Anl. 2.1.8      |

C:\1110089\cad\10089\_2-1-8.dwg, Modell, 20.08.2012 12:30:18, ar, 1:1

C:\1110089\cad\10089\_2-1-8.dwg

Plangrundlage erhalten vom  
Bremischen Deichverband  
am rechten Weserufer  
am 21.10.2011



**Zeichenerklärung**

- Untersuchungsstellen**
- B Bohrung
  - BS Sondierbohrung
  - DPL leichte Rammsondierung
  - DPH schwere Rammsondierung
  - DS Drucksondierung (CPT-E)
  - Sch Schürfe
  - PDV Plattendruckversuch
  - UP ungestörte Probe
  - Darstellung auf dieser Anlage
  - Darstellung auf einer anderen Anlage

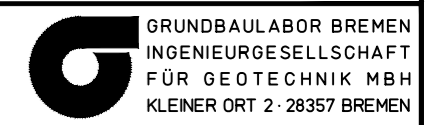
- Nebenanteile**  
schwach (<15%) stark (>30%)
- Beimengungen:**  
schwach (<15%) mittel (15-30%) stark (>30%) Auffüllung aus natürlichem Boden Auffüllung aus/ mit Abfallprodukten

- Konsistenz**  
§§ breiig § weich § steif  
| halbfest || fest ~ naß
- Wassergehalt**  
Wn = % (15)

- Sonderprobe**  
P1■ (0.42) 4.00  
Proben Nr. P1 (2.3...)  
aus 4.00m Tiefe  
= (0.42m NN bzw. FP)

- Grundwasser**
- ▽ (2.62) 1.80 (Datum)  
Grundwasser in 1.80m unter Gelände (2.62m NN bzw. FP) angebohrt am .....(Datum)
  - ▽ (2.65) 1.77 (Datum)  
Grundwasser nach Beendigung der Bohrung in 1.77m unter Gelände (2.65m NN bzw. FP) am .....(Datum)
  - ▽ (2.70) 1.72 (Datum)  
Ruhwasserstand in einem ausgebauten Bohrloch in 1.72m unter Gelände (2.70m NN bzw. FP) am .....(Datum)
  - ▽ (2.70) 1.72 (Zeit)  
Anstieg des Grundwassers in einem ausgebauten Bohrloch auf 1.72m unter Gelände (2.70m NN bzw. FP) in .....(Zeit) Stunden am .....(Datum)
  - ▲ (1.60) 2.82 (Datum)  
Grundwasser in 2.82m unter Gelände (1.60m NN bzw. FP) angebohrt

- Gründungssohle** GS ———  
**Aushubsohle** AS ———




|  |                 |
|--|-----------------|
| Bauherr: Brem. Deichverband am linken Weserufer      | Obj.Nr. 1110089 |
| Bauwerk: Standsicherheitsnachweis Deich Stadtstrecke | M 1 : 100       |
| Ort: 28197 Bremen                                    | Gez. dr         |
| Sondierbohrung BS 25<br>Rammsondierung DPH 25        | Anl. 2.1.9      |

Lageplan M. 1 : 500

Sondierungen  
Grundbaulabor Bremen  
31.07.12

02.08.12 ar

| Probe Nr. | Bohrungs-Nr. | Tiefe   |         | Bodenart  | geol. Zeit | BG  | w <sub>n</sub> [%] |
|-----------|--------------|---------|---------|---|------------|-----|--------------------|
|           |              | von [m] | bis [m] |   |            |     |                    |
| 275       | 23           | 1,70    | 2,50    | Schluff, feinsandig                               | HO         | UM  | 17,9               |
| 276       | 23           | 2,50    | 3,00    | Schluff, stark sandig                             | HO         | UL  | 29,0               |
| 277       | 23           | 3,00    | 3,60    | Schluff, tonig, humos, schwach feinsandig         | HO         | OU  | 37,5               |
| 278       | 23           | 3,60    | 4,00    | Schluff, tonig, schwach humos, schwach feinsandig | HO         | OU  | 50,3               |
| 279       | 23           | 4,00    | 4,50    | Schluff, feinsandig, schwach tonig, schwach humos | HO         | UM  | 24,1               |
| 280       | 23           | 4,50    | 5,00    | Mittelsand, stark schluffig                       | HO         | SU* | 17,5               |
|           |              |         |         |   |            |     |                    |
| 285       | 24           | 2,00    | 3,00    | Feinsand, stark schluffig, schwach humos          | HO         | SU* | 11,5               |
| 286       | 24           | 3,00    | 4,00    | Feinsand, stark schluffig, schwach humos          | HO         | SU* | 14,9               |
| 287       | 24           | 4,00    | 5,00    | Schluff, feinsandig, schwach tonig, schwach humos | HO         | UM  | 12,1               |
| 288       | 24           | 5,00    | 5,60    | Schluff, feinsandig, schwach tonig, schwach humos | HO         | UM  | 16,5               |
| 290       | 24           | 6,40    | 7,00    | Schluff, tonig, schwach feinsandig, schwach humos | HO         | OU  | 41,3               |
| 291       | 24           | 7,00    | 7,80    | Schluff, tonig, humos, schwach feinsandig         | HO         | OU  | 60,7               |
| 293       | 24           | 8,00    | 8,40    | Schluff, tonig, humos, schwach feinsandig         | HO         | OU  | 23,8               |
|           |              |         |         |   |            |     |                    |
| 297       | 25           | 0,20    | 1,00    | Schluff + Feinsand, schwach humos                 | HO         | UL  | 16,4               |
| 298       | 25           | 1,00    | 2,00    | Schluff, feinsandig, schwach tonig, schwach humos | HO         | UM  | 18,7               |
| 299       | 25           | 2,00    | 3,00    | Schluff, st. feinsandig, schw. tonig, schw. humos | HO         | UL  | 17,0               |
| 300       | 25           | 3,00    | 4,00    | Schluff, st. feinsandig, schw. tonig, schw. humos | HO         | UL  | 15,8               |
| 301       | 25           | 4,00    | 5,00    | Feinsand, stark schluffig                         | HO         | SU* | 18,1               |
| 302       | 25           | 5,00    | 5,80    | Schluff + Feinsand, schwach tonig, schwach humos  | HO         | UL  | 18,3               |
| 303       | 25           | 5,80    | 6,00    | Schluff, feinsandig, schwach tonig, schwach humos | HO         | UM  | 23,6               |
| 304       | 25           | 6,00    | 7,00    | Schluff, tonig, humos, schwach feinsandig         | HO         | OU  | 39,1               |
| 305       | 25           | 7,00    | 8,00    | Schluff, tonig, humos, schwach feinsandig         | HO         | OU  | 52,4               |
| 306       | 25           | 8,00    | 8,60    | Schluff, tonig, humos, schwach feinsandig         | HO         | OU  | 32,9               |
|           |              |         |         |   |            |     |                    |
| 310       | 26           | 0,40    | 1,00    | Schluff, sandig, schwach humos, schwach kiesig    | HO         | UM  | 14,0               |
| 313       | 26           | 3,00    | 4,00    | Feinsand, stark schluffig, schwach humos          | HO         | SU* | 12,5               |

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
|  |  | GRUNDBAULABOR BREMEN<br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |  |
| Bauherr: Bremischer Deichverband  |  | Obj.Nr.: 1110089  |  |
| Bauwerk: Deichstandsicherheit Kl. Weser   |  | Dat.: 14.8.12   |  |
| Ort: HB, Am Deich   |  | Gez.: Ve  |  |
| <b>Bodenmechanische Kennziffern</b>   |  | Anl.: 3.2.5   |  |

O:\1110089\bs\10089-bs23-26bmk.xls

| Probe<br>Nr. | Bohr-<br>ungs-<br>Nr. | Tiefe      |            | Bodenart  | geol.<br>Zeit | BG | w <sub>n</sub><br>[%] |
|--------------|-----------------------|------------|------------|---|---------------|----|-----------------------|
|              |                       | von<br>[m] | bis<br>[m] |   |               |    |                       |
| 314          | 26                    | 4,00       | 5,00       | Schluff, feinsandig, schwach tonig, schwach humos | HO            | UM | 15,2                  |
| 315          | 26                    | 5,00       | 5,80       | Schluff + Sand, schwach humos                     | HO            | UL | 10,9                  |
| 316          | 26                    | 5,80       | 6,00       | Schluff, tonig, humos, schwach feinsandig         | HO            | OU | 22,7                  |
| 318          | 26                    | 6,45       | 7,00       | Schluff, tonig, humos, schwach feinsandig         | HO            | OU | 32,4                  |

Wassergehalte:

29

|   |                  |
|---|------------------|
|  GRUNDBAULABOR BREMEN<br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |                  |
| Bauherr: Bremischer Deichverband  | Obj.Nr.: 1110089 |
| Bauwerk: Deichstandsicherheit Kl. Weser   | Dat.: 14.8.12    |
| Ort: HB, Am Deich   | Gez.: Ve         |
| <b>Bodenmechanische Kennziffern</b>   | Anl.: 3.2.6      |

C:\1110089\bs\10089-bs23-26bmk.xls



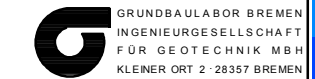
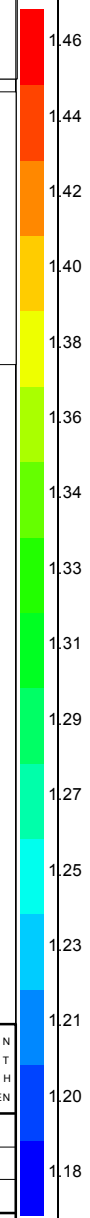
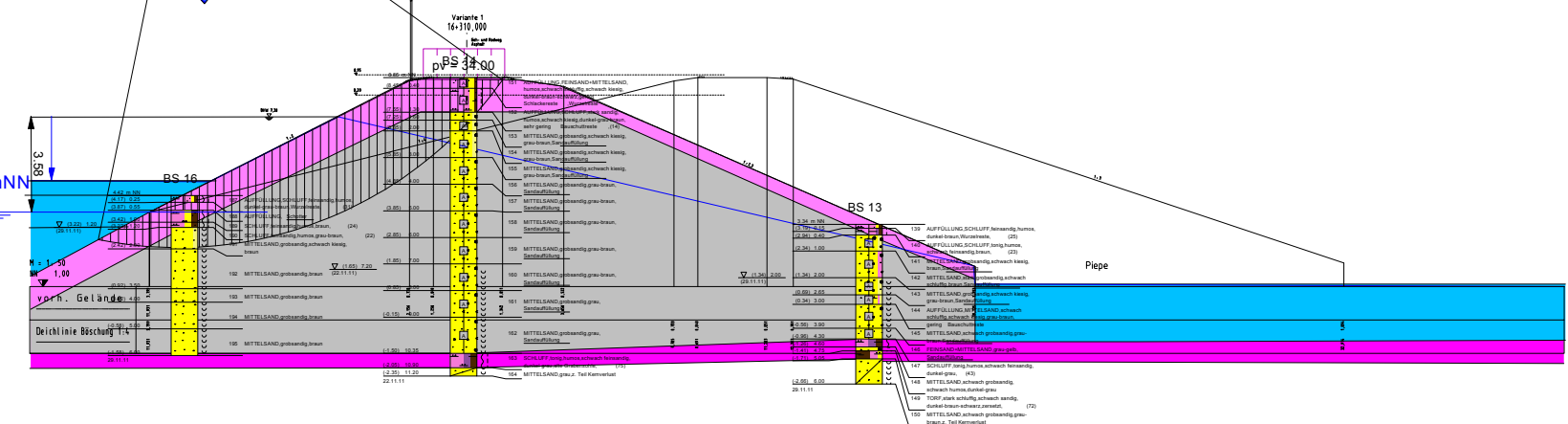
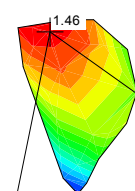
# Schnitt Piepe

| Boden | $\phi_k$ [°] | $C_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Bezeichnung    |
|-------|--------------|----------------------------|---------------------------------|----------------|
|       | 17.50        | 5.00                       | 17.00                           | Deichabdeckung |
|       | 30.00        | 0.00                       | 18.00                           | Sandauffüllung |
|       | 20.00        | 5.00                       | 17.00                           | Schluff        |

GGU-STABILITY / Version 10.32 / 04.05.2012  
 Berechnungsgrundlagen  
 Norm: EC 7  
 $\mu_{max} = 1.46$   
 $X_m = -10.86$  m  
 $Y_m = 17.44$  m  
 $R = 14.97$  m  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi) = 1.25$   
 -  $\gamma(c) = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$   
 Datei: O:\11\10089\boe\_neu\Anlage\_4.4.1\_Q16+610-Piepe\_1st\_WS.boe

25  
20  
15  
10  
5  
0  
-5  
-10  
-15

+ 3,80 mNN



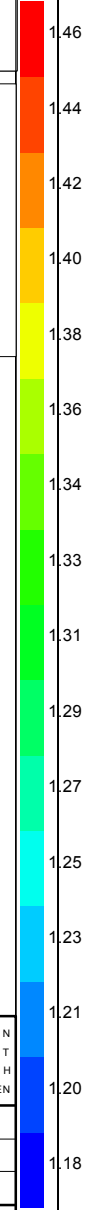
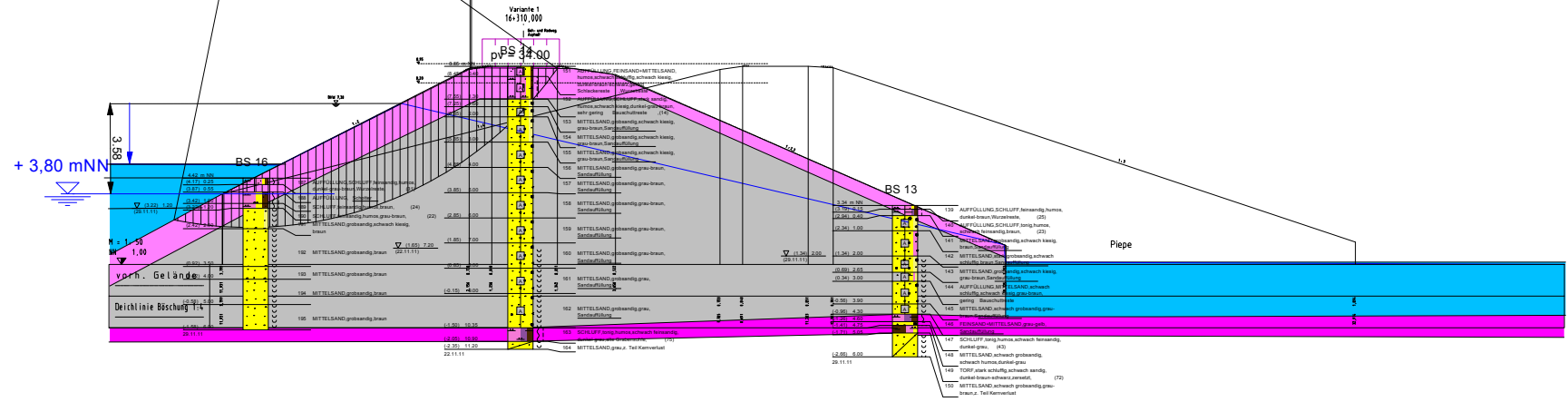
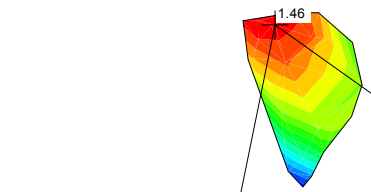
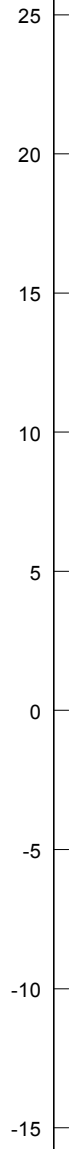
|                        |                                   |          |        |
|------------------------|-----------------------------------|----------|--------|
| Bauherr:               | Brem. Deichverband a.l. Weserufer | Obj.Nr.: | 110089 |
| Bauwerk:               | Stadtstrecke Kleine Weser         | M.:      | ohne   |
| Ort:                   | 28197 Bremen                      | Gez.:    | Gre    |
| Geländebruchsicherheit |                                   | Anl.:    | 4.4.1  |

-20      -10      0      10      20      30      40

# Schnitt Piepe

| Boden | $\phi_k$ [°] | $C_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Bezeichnung    |
|-------|--------------|----------------------------|---------------------------------|----------------|
|       | 17.50        | 5.00                       | 17.00                           | Deichabdeckung |
|       | 30.00        | 0.00                       | 18.00                           | Sandauffüllung |
|       | 20.00        | 5.00                       | 17.00                           | Schluff        |

GGU-STABILITY / Version 10.32 / 04.05.2012  
 Berechnungsgrundlagen  
 Norm: EC 7  
 $\mu_{max} = 1.46$   
 $X_m = -10.86$  m  
 $Y_m = 17.44$  m  
 $R = 14.97$  m  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi) = 1.25$   
 -  $\gamma(c) = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$   
 Datei: O:\11\10089\boe\_neu\Anlage\_4.4.1\_Q16+610-Piepe\_1st\_WS.boe



**GRUNDBAULABOR BREMEN**  
 INGENIEURGESELLSCHAFT  
 FÜR GEOTECHNIK MBH  
 KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN

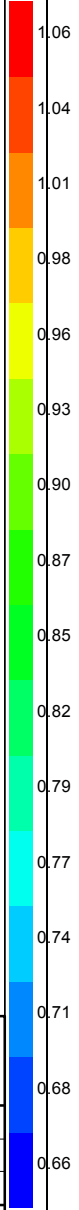
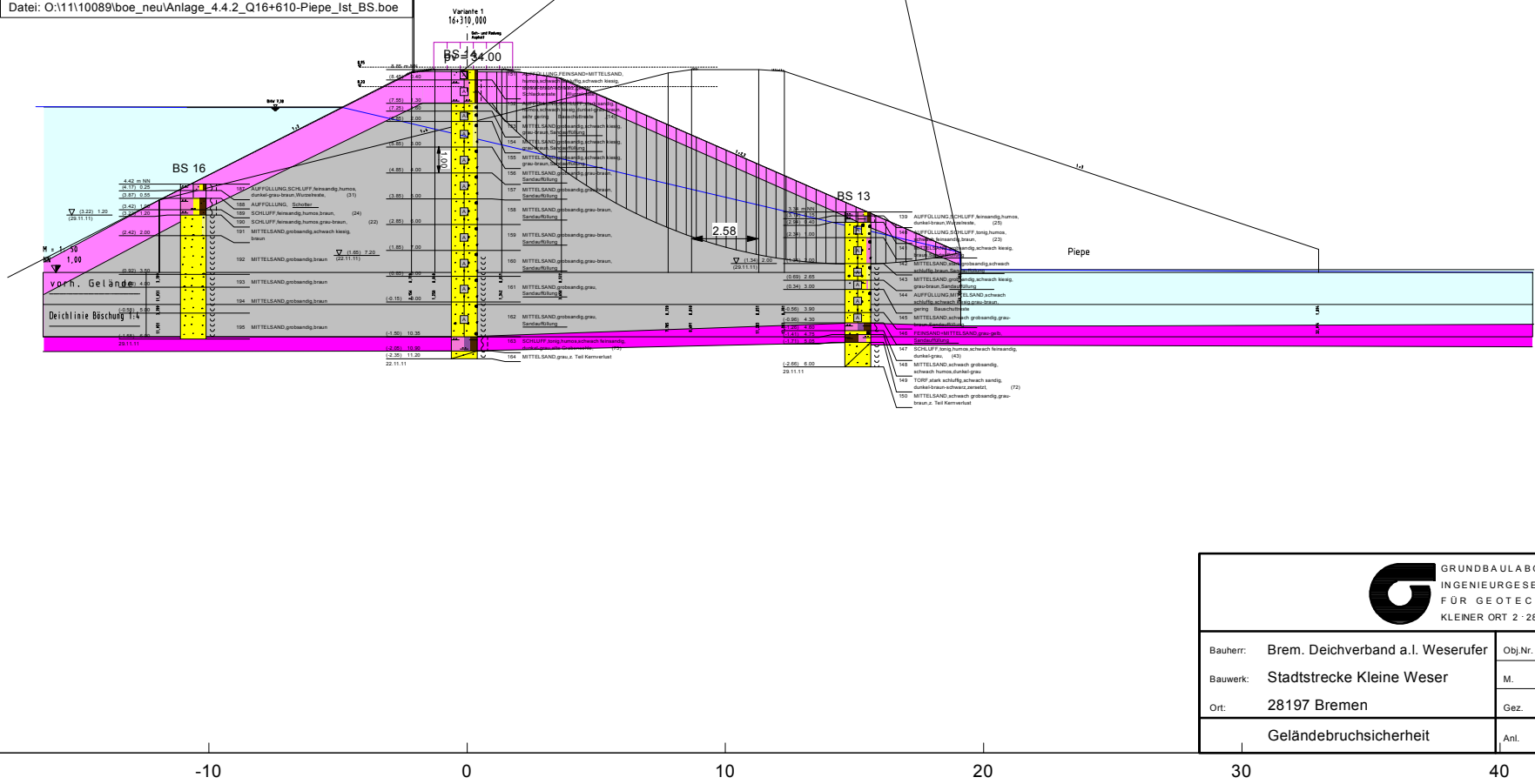
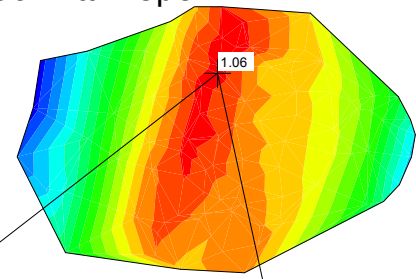
|  |                 |
|--|-----------------|
| Bauherr: Brem. Deichverband a.l. Weserufer | Obj.Nr.: 110089 |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser         | M.: ohne        |
| Ort: 28197 Bremen                          | Gez.: Gre       |
| Geländebruchsicherheit                     |                 |
| Anl. 4.4.1                                 |                 |

25  
20  
15  
10  
5  
0  
-5  
-10  
-15

| Boden | $\phi_k$<br>[°] | $c_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Bezeichnung    |
|-------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------|
|       | 17.50           | 5.00                          | 17.00                              | Deichabdeckung |
|       | 30.00           | 0.00                          | 18.00                              | Sandauffüllung |
|       | 20.00           | 5.00                          | 17.00                              | Schluff        |

GGU-STABILITY / Version 10.32 / 04.05.2012  
 Berechnungsgrundlagen  
 Norm: EC 7  
 $H_{max} = 1.06$   
 $X_m = 15.01$  m  
 $Y_m = 20.57$  m  
 $R = 19.25$  m  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi') = 1.25$   
 -  $\gamma(c') = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$   
 Datei: O:\1110089\boe\_neu\Anlage\_4.4.2\_Q16+610-Piepe\_lst\_BS.boe

### Schnitt Piepe



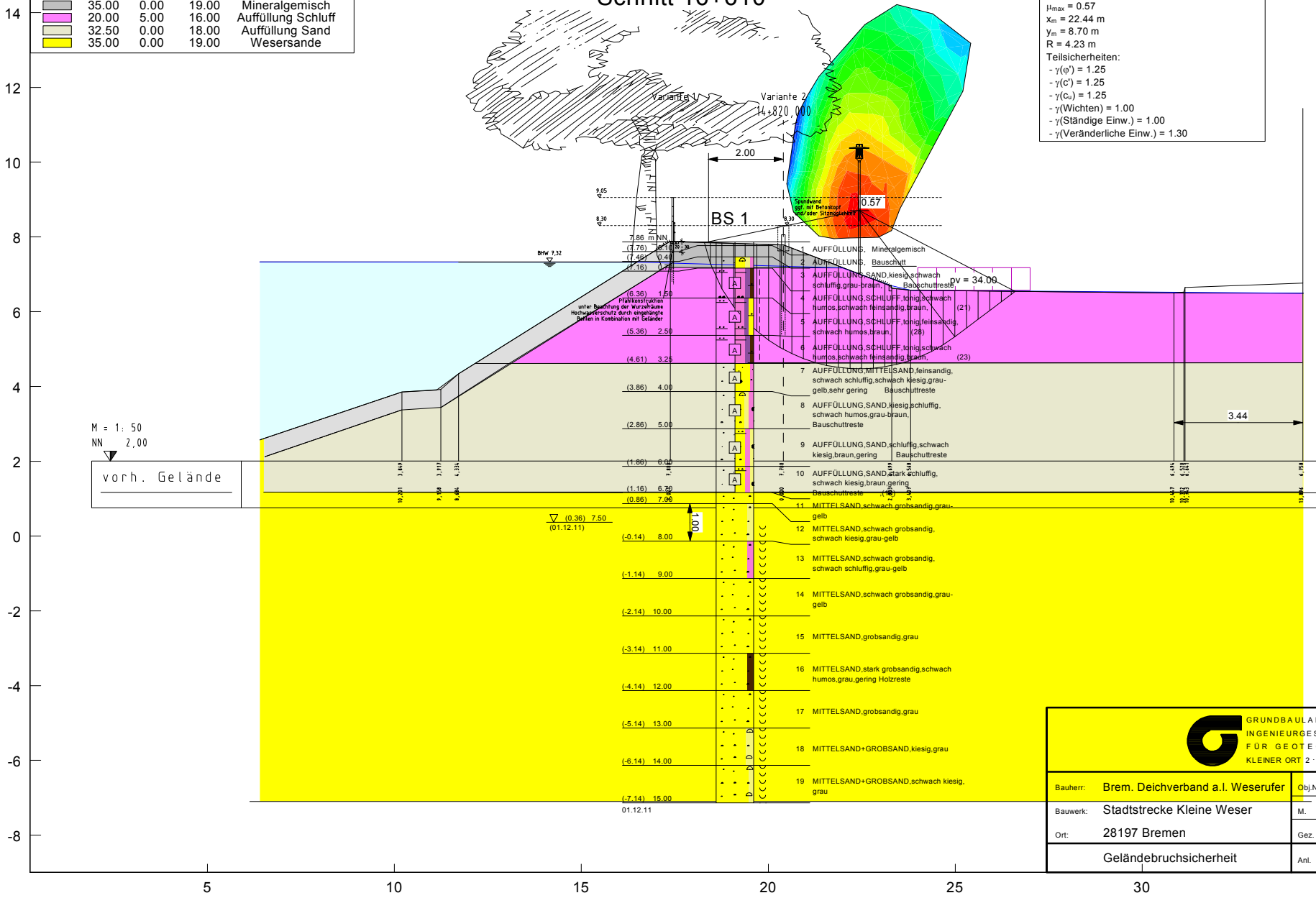
|                                    |          |  |
|------------------------------------|----------|--|
|                                    |          |  |
|                                    |          | Bauherr: Brem. Deichverband a.l. Weserufer |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser | M. ohne  |  |
| Ort: 28197 Bremen                  | Gez. Gre |  |
| Geländebruchsicherheit             |          | Anl. 4.4.2                                 |



| Boden | $\phi_k$<br>[°] | $C_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Bezeichnung        |
|-------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------|
|       | 35.00           | 0.00                          | 19.00                              | Ufersicherung      |
|       | 35.00           | 0.00                          | 19.00                              | Mineralgemisch     |
|       | 20.00           | 5.00                          | 16.00                              | Auffüllung Schluff |
|       | 32.50           | 0.00                          | 18.00                              | Auffüllung Sand    |
|       | 35.00           | 0.00                          | 19.00                              | Wesersande         |

GGU-STABILITY / Version 10.32 / 04.05.2012  
 Berechnungsgrundlagen  
 Norm: EC 7  
 $H_{max} = 0.57$   
 $x_m = 22.44$  m  
 $y_m = 8.70$  m  
 $R = 4.23$  m  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi) = 1.25$   
 -  $\gamma(c') = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

### Schnitt 16+610

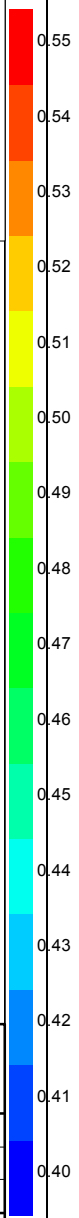


M = 1 : 50  
 NN 2,00  
 vorh. Gelände

|  |          |  |
|--|----------|--|
| <b>GRUNDBAULABOR BREMEN</b><br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |          |  |
|  |          | Bauherr: Brem. Deichverband a.l. Weserufer |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser   | M. ohne  |  |
| Ort: 28197 Bremen  | Gez. Gre |  |
| Geländebruchsicherheit   |          | Anl. 4.5.2                                 |

| Boden | $\phi_{k}$<br>[°] | $C_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Bezeichnung        |
|-------|-------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------|
|       | 35.00             | 0.00                          | 19.00                              | Ufersicherung      |
|       | 35.00             | 0.00                          | 19.00                              | Mineralgemisch     |
|       | 20.00             | 5.00                          | 16.00                              | Auffüllung Schluff |
|       | 32.50             | 0.00                          | 18.00                              | Auffüllung Sand    |
|       | 35.00             | 0.00                          | 19.00                              | Wesersande         |

GGU-STABILITY / Version 10.32 / 04.05.2012  
 Berechnungsgrundlagen  
 Norm: EC 7  
 $h_{max} = 0.55$   
 $x_m = 22.74$  m  
 $y_m = 8.03$  m  
 $R = 3.96$  m  
 Teilsicherheiten:  
 $-\gamma(\phi') = 1.10$   
 $-\gamma(c') = 1.10$   
 $-\gamma(c_u) = 1.10$   
 $-\gamma(Wichten) = 1.00$   
 $-\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 $-\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$   
 Datei: O:\11110089\boe\_neu\Anlage\_4.5.3\_Q14+820-Becks\_1st\_BS\_BV.boe

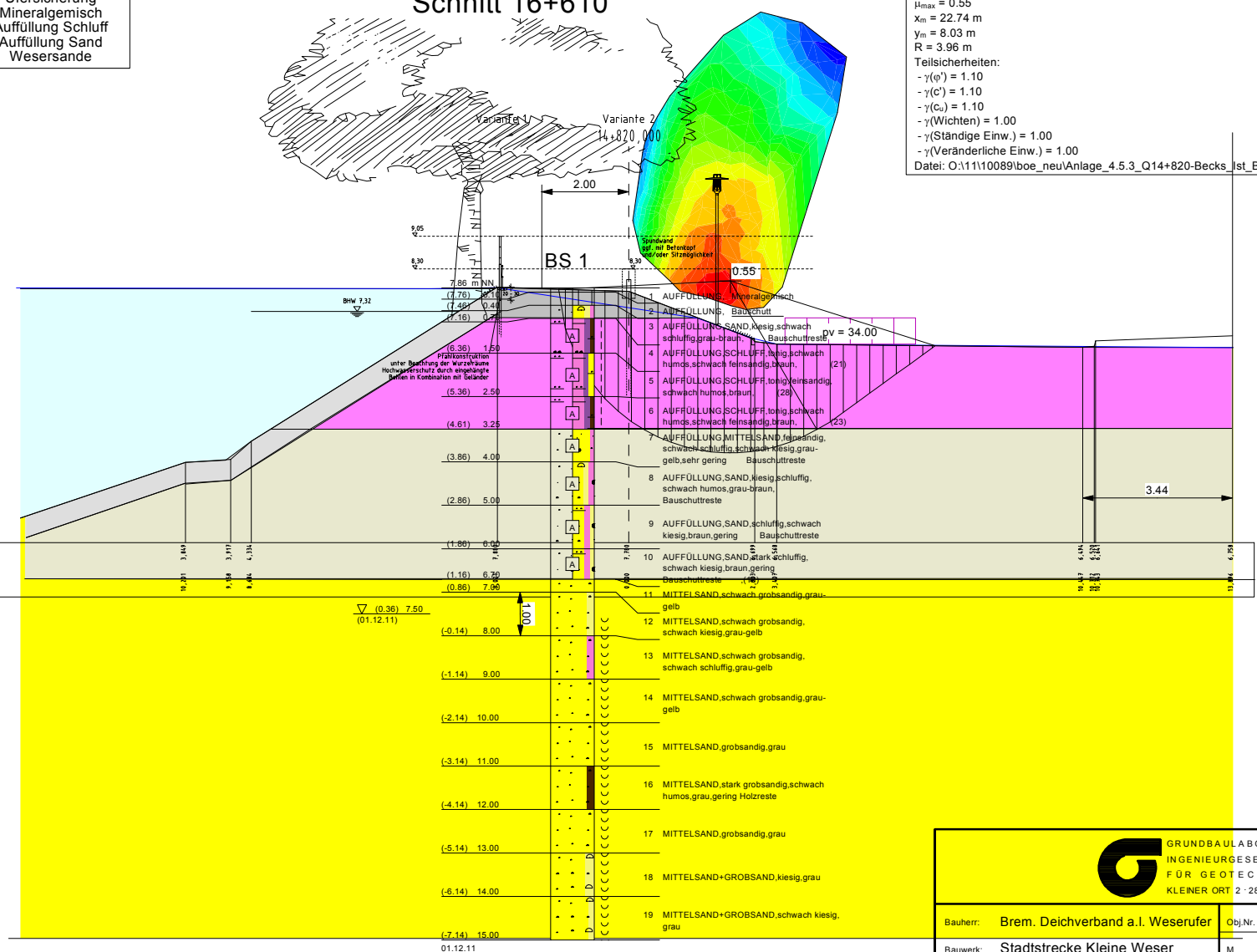


### Schnitt 16+610



M = 1 : 50  
 NN 2,00

vorh. Gelände



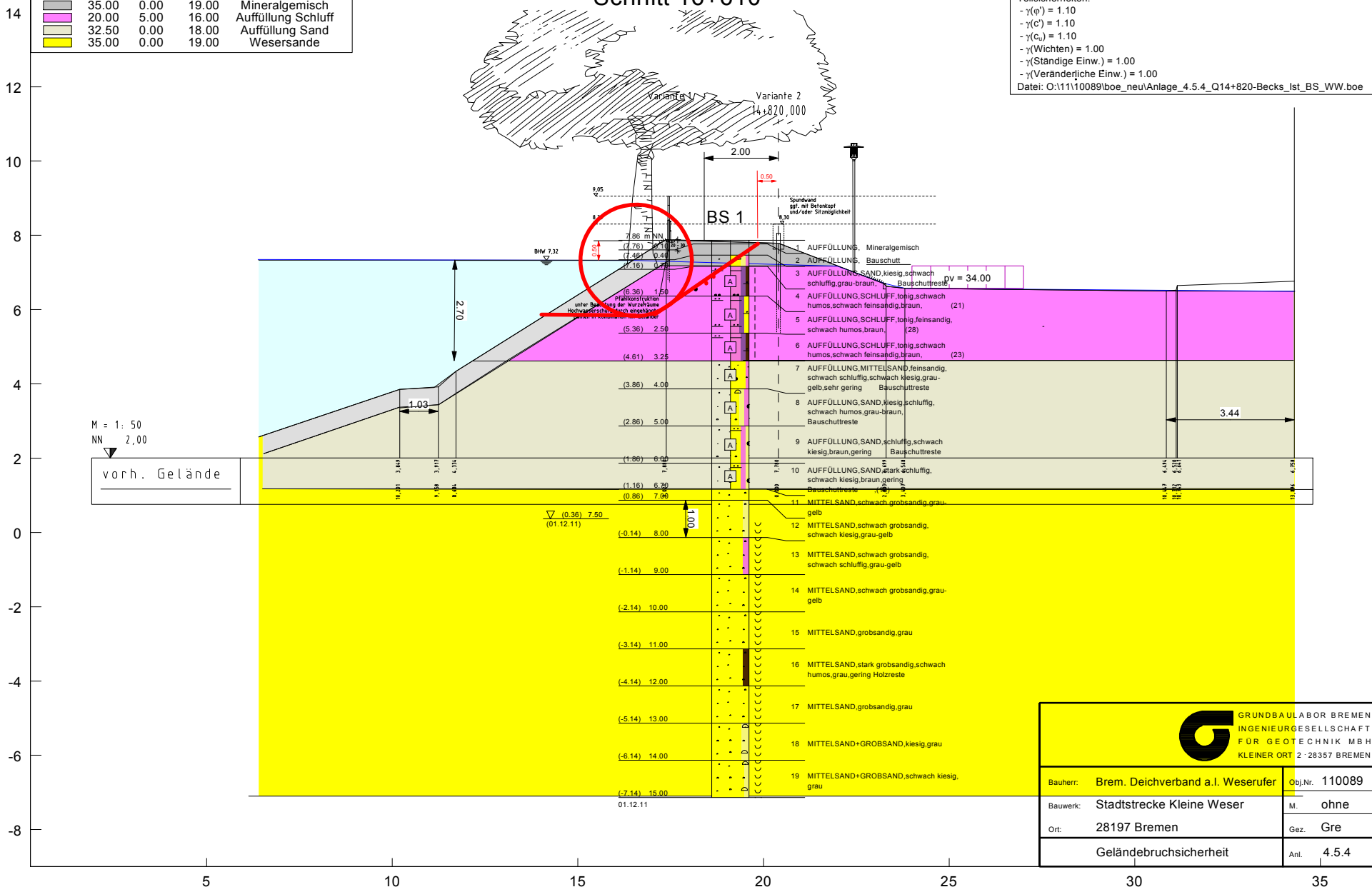
**GRUNDBAULABOR BREMEN**  
 INGENIEURGESELLSCHAFT  
 FÜR GEOTECHNIK MBH  
 KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN

|  |                 |
|--|-----------------|
| Bauherr: Brem. Deichverband a.l. Weserufer | Obj.Nr.: 110089 |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser         | M. ohne         |
| Ort: 28197 Bremen                          | Gez. Gre        |
| Geländebruchsicherheit                     | Anl. 4.5.3      |

| Boden | $\phi_{i,k}$<br>[°] | $C_{i,k}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Bezeichnung        |
|-------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------|
|       | 35.00               | 0.00                              | 19.00                              | Ufersicherung      |
|       | 35.00               | 0.00                              | 19.00                              | Mineralgemisch     |
|       | 20.00               | 5.00                              | 16.00                              | Auffüllung Schluff |
|       | 32.50               | 0.00                              | 18.00                              | Auffüllung Sand    |
|       | 35.00               | 0.00                              | 19.00                              | Wesersande         |

GGU-STABILITY / Version 10.32 / 04.05.2012  
 Berechnungsgrundlagen  
 Norm: EC 7  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi)$  = 1.10  
 -  $\gamma(c)$  = 1.10  
 -  $\gamma(c_u)$  = 1.10  
 -  $\gamma$ (Wichten) = 1.00  
 -  $\gamma$ (Ständige Einw.) = 1.00  
 -  $\gamma$ (Veränderliche Einw.) = 1.00  
 Datei: O:\11\10089\boe\_neu\Anlage\_4.5.4\_Q14+820-Becks\_Ist\_BS\_WW.boe

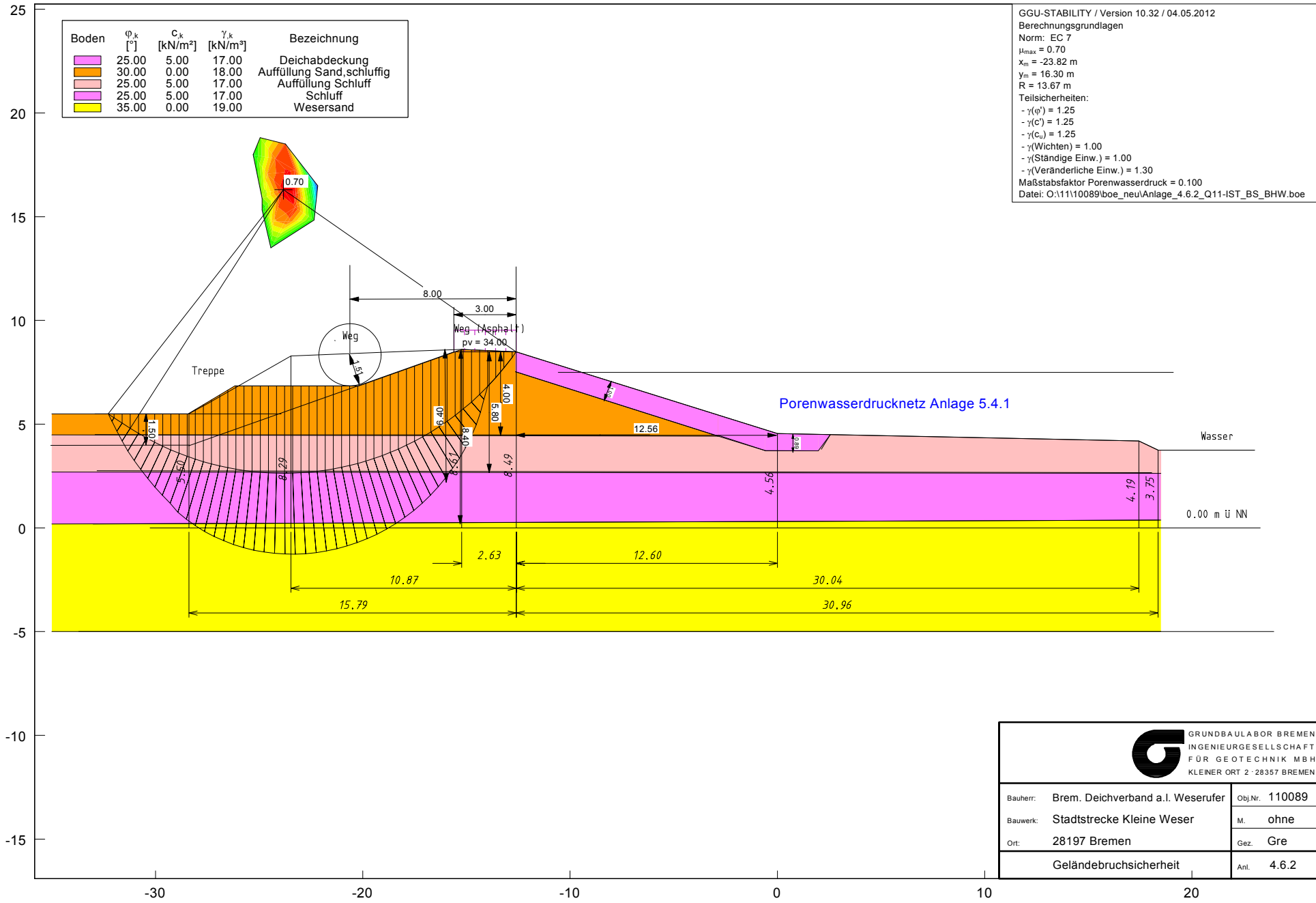
### Schnitt 16+610



|                        |                                   |   |
|------------------------|-----------------------------------|---|
|                        |                                   | GRUNDBAULABOR BREMEN<br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |
| Bauherr:               | Brem. Deichverband a.l. Weserufer | Obj.Nr. 110089  |
| Bauwerk:               | Stadtstrecke Kleine Weser         | M. ohne   |
| Ort:                   | 28197 Bremen                      | Gez. Gre  |
| Geländebruchsicherheit |                                   | Anl. 4.5.4  |












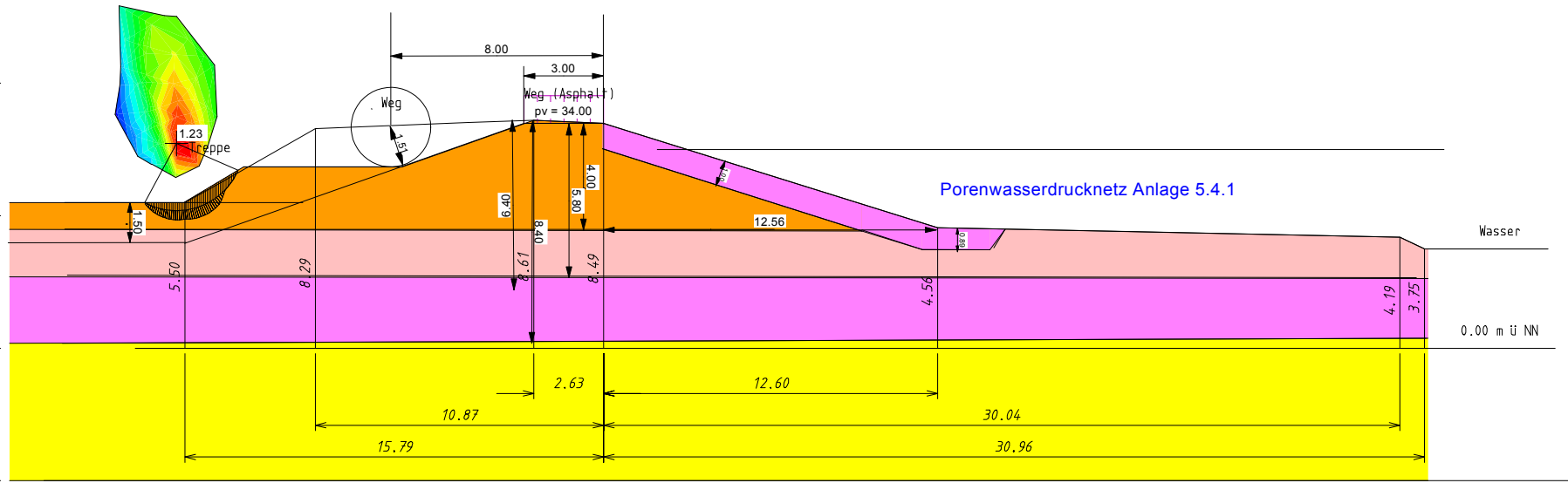
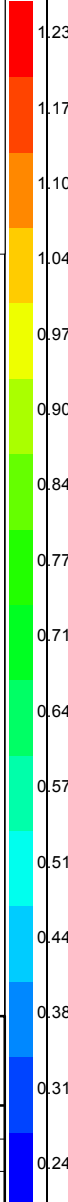
**GRUNDBAULABOR BREMEN**  
 INGENIEURGESELLSCHAFT  
 FÜR GEOTECHNIK MBH  
 KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN

|  |                |
|--|----------------|
| Bauherr: Brem. Deichverband a.l. Weserufer | Obj.Nr. 110089 |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser         | M. ohne        |
| Ort: 28197 Bremen                          | Gez. Gre       |
| Geländebruchsicherheit                     | Anl. 4.6.2     |

25  
20  
15  
10  
5  
0  
-5  
-10  
-15

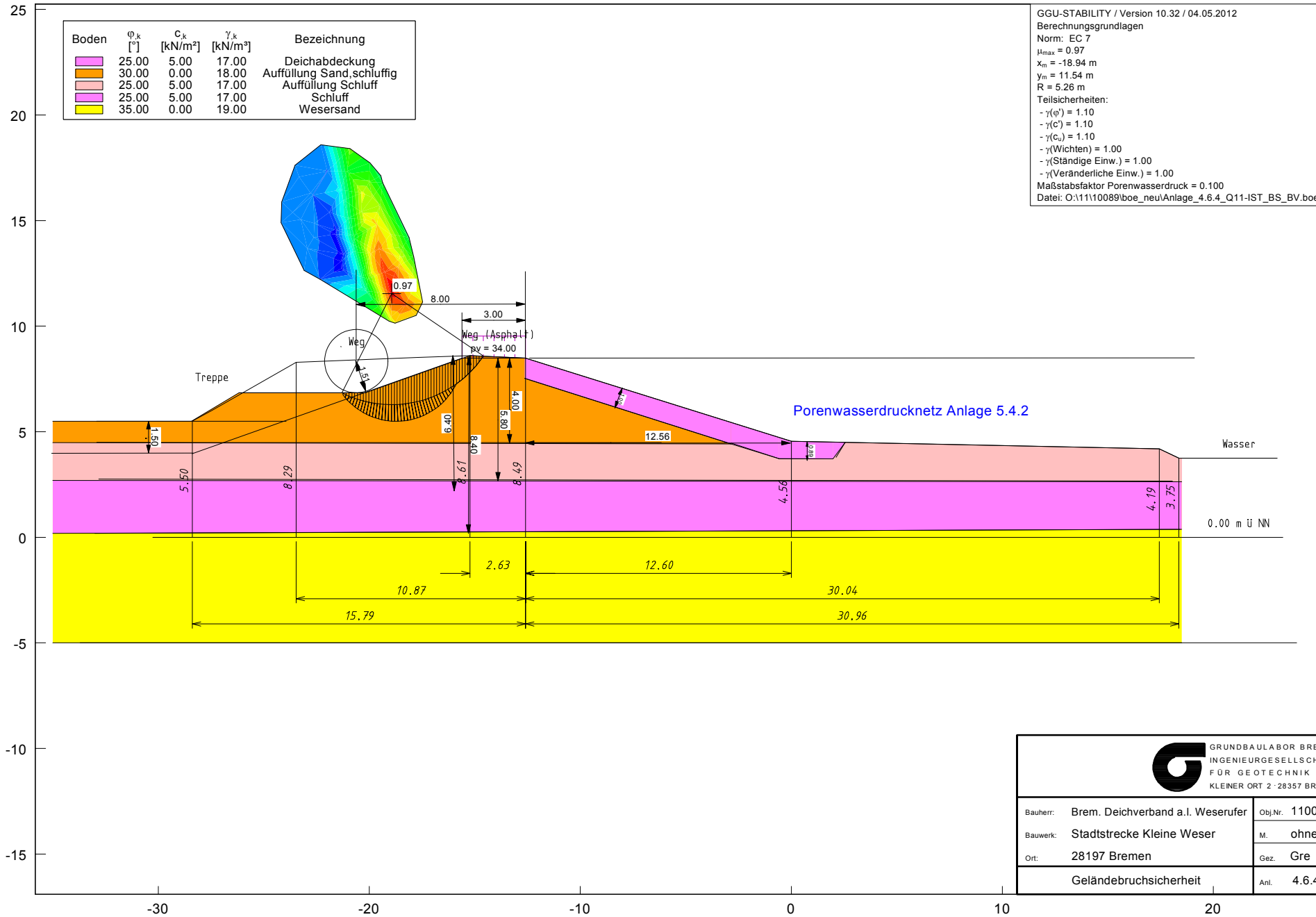
| Boden   | $\phi_k$<br>[°] | $c_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Bezeichnung                |
|---|-----------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Deichabdeckung             |
|  | 30.00           | 0.00                          | 18.00                              | Auffüllung Sand, schluffig |
|  | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Auffüllung Schluff         |
|  | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Schluff                    |
|  | 35.00           | 0.00                          | 19.00                              | Wesersand                  |

GGU-STABILITY / Version 10.32 / 04.05.2012  
 Berechnungsgrundlagen  
 Norm: EC 7  
 $H_{max} = 1.23$   
 $X_m = -28.70$  m  
 $Y_m = 7.73$  m  
 $R = 2.53$  m  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi') = 1.25$   
 -  $\gamma(c') = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$   
 Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100  
 Datei: O:\11110089\boe\_neuAnlage\_4.6.3\_Q11-IST\_BS\_BHW\_lokal.boe



|  |          |  |
|--|----------|--|
|  <b>GRUNDBAULABOR BREMEN</b><br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |          |  |
|  |          | Bauherr: Brem. Deichverband a.l. Weserufer |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser   | M. ohne  |  |
| Ort: 28197 Bremen  | Gez. Gre |  |
| Geländebruchsicherheit   |          | Anl. 4.6.3                                 |

-30 -20 -10 0 10 20








**GRUNDBAULABOR BREMEN**  
 INGENIEURGESELLSCHAFT  
 FÜR GEOTECHNIK MBH  
 KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN

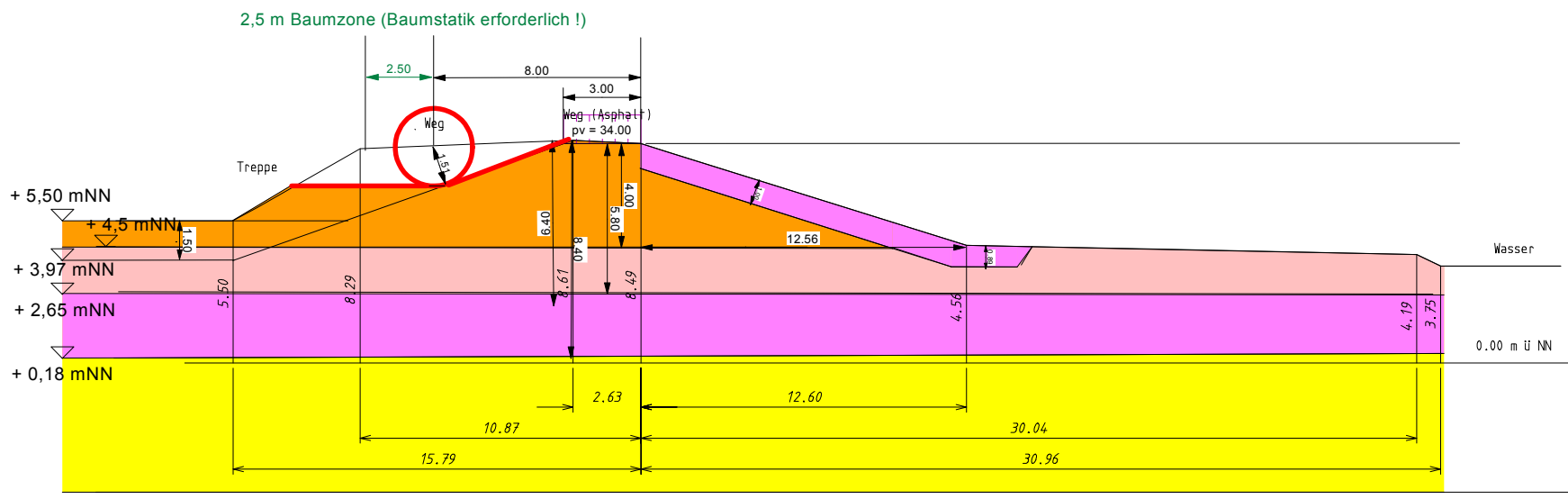
|                        |                                   |          |        |
|------------------------|-----------------------------------|----------|--------|
| Bauherr:               | Brem. Deichverband a.l. Weserufer | Obj.Nr.: | 110089 |
| Bauwerk:               | Stadtstrecke Kleine Weser         | M.:      | ohne   |
| Ort:                   | 28197 Bremen                      | Gez.:    | Gre    |
| Geländebruchsicherheit |                                   | Anl.:    | 4.6.4  |



25  
20  
15  
10  
5  
0  
-5  
-10  
-15




| Boden   | $\phi_k$<br>[°] | $c_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Bezeichnung                |
|---|-----------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Deichabdeckung             |
|  | 30.00           | 0.00                          | 18.00                              | Auffüllung Sand, schluffig |
|  | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Auffüllung Schluff         |
|  | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Schluff                    |
|  | 35.00           | 0.00                          | 19.00                              | Wesersand                  |

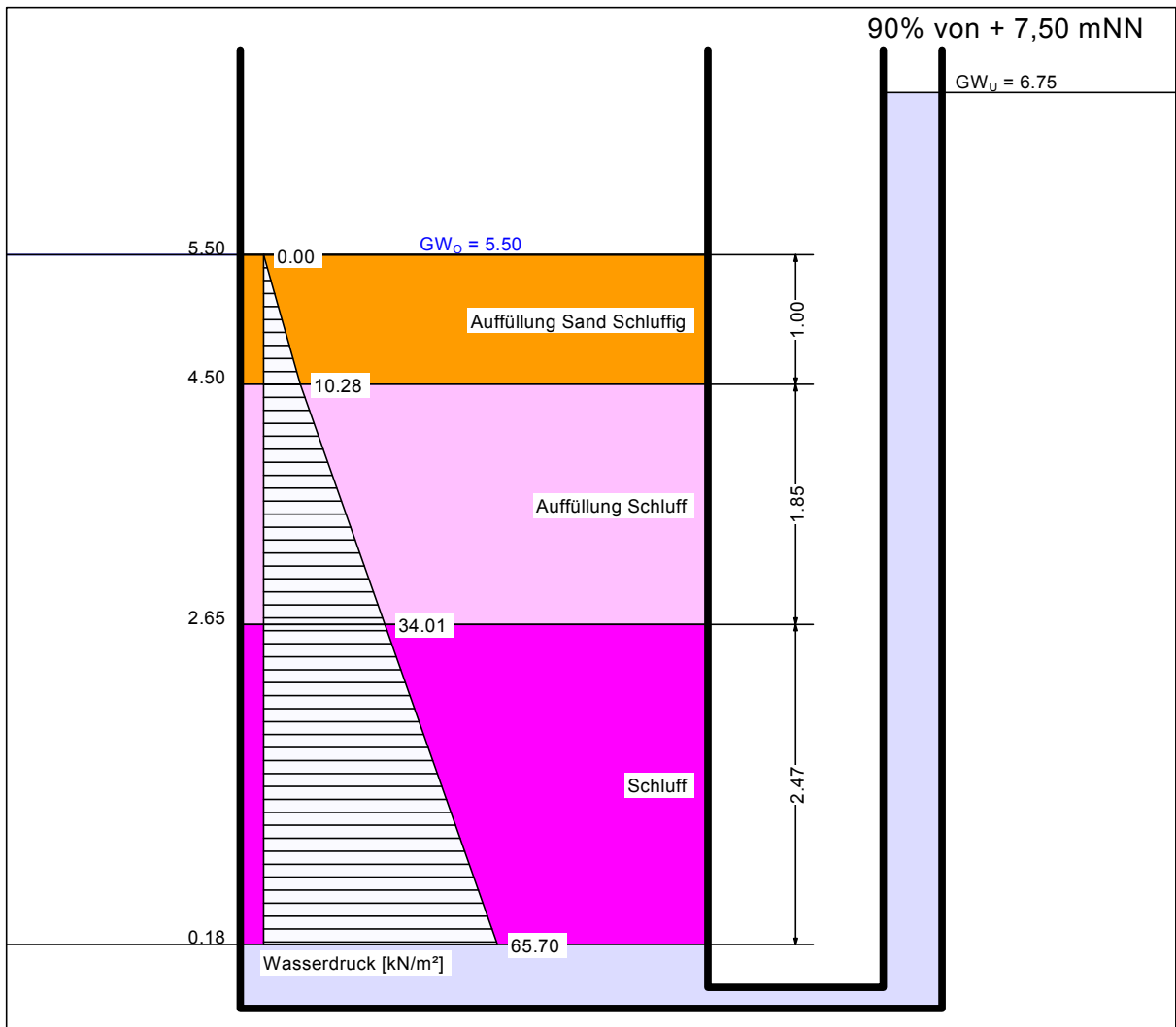
GGU-STABILITY / Version 10.32 / 04.05.2012  
 Berechnungsgrundlagen  
 Norm: EC 7  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi)$  = 1.10  
 -  $\gamma(c)$  = 1.10  
 -  $\gamma(c_u)$  = 1.10  
 -  $\gamma(\text{Wichten})$  = 1.00  
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.})$  = 1.00  
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.})$  = 1.00  
 Datei: O:\1110089\boe\_neu\Anlage\_4.6.6\_Q11-IST\_BS\_WWI.boe



-30 -20 -10 0 10 20

|  |                |
|--|----------------|
|  <b>GRUNDBAULABOR BREMEN</b><br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |                |
| Bauherr: Brem. Deichverband a.l. Weserufer   | Obj.Nr. 110089 |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser   | M. ohne        |
| Ort: 28197 Bremen  | Gez. Gre       |
| Geländebruchsicherheit   |                |
|  | Anl. 4.6.6     |

| Boden   | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma'$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | k<br>[m/s]          | Bezeichnung               |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------------|
|  | 17.00                            | 9.00                              | $1.0 \cdot 10^{-5}$ | Auffüllung Sand Schluffig |
|  | 17.00                            | 7.00                              | $1.0 \cdot 10^{-6}$ | Auffüllung Schluff        |
|  | 17.00                            | 7.00                              | $1.0 \cdot 10^{-6}$ | Schluff                   |



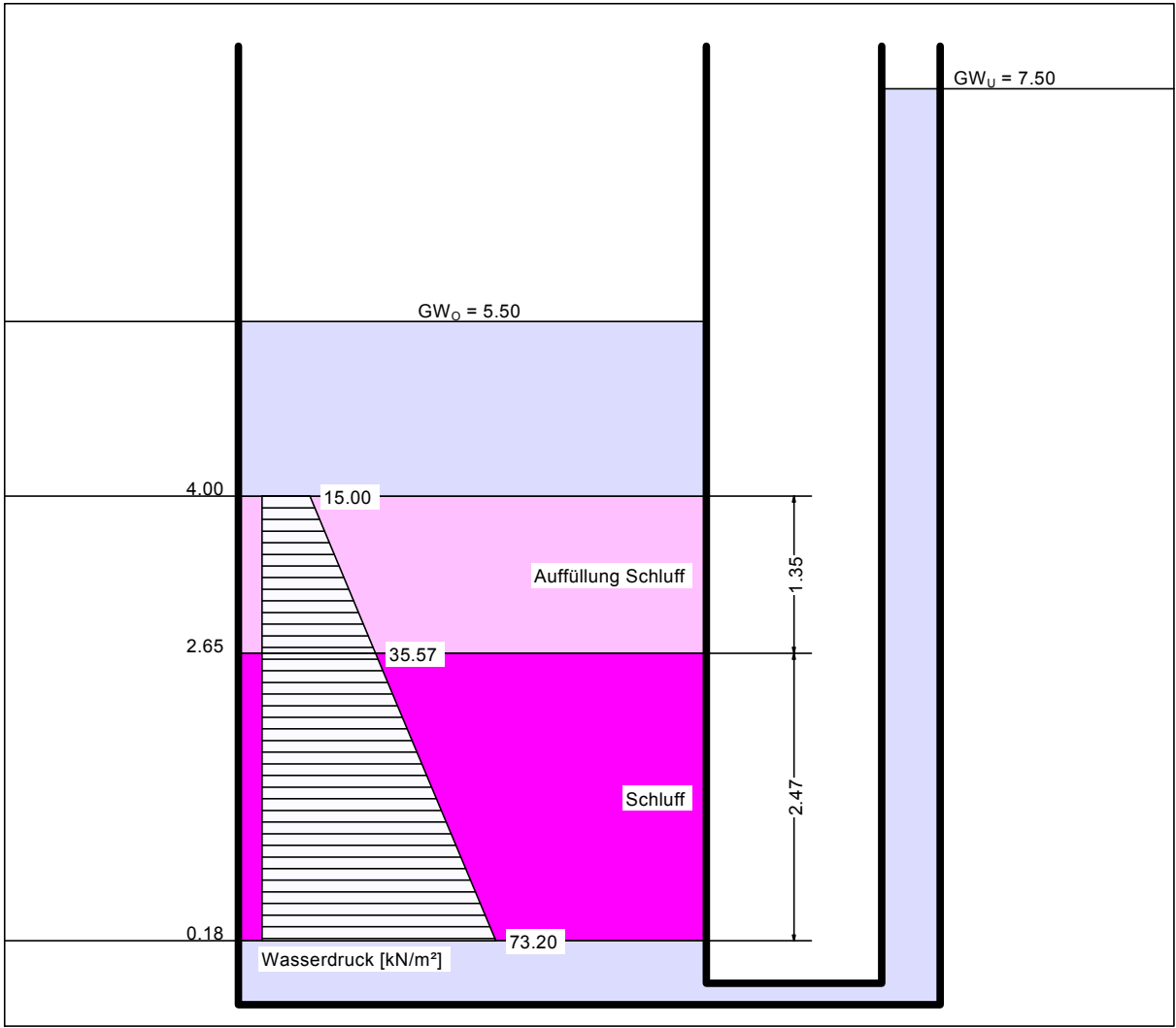
Norm: EC 7  
 Teilsicherheiten:  
 $\gamma_{G,dst} = 1.050$   
 $\gamma_{G,stab} = 0.950$   
 $\gamma_H = 1.350$   
 Datei: O:\11\10089\Uplift\_neu\Anlage 4.6.7\_P-1.aft

Hydraulische Grundbruchsicherheit  
 Ausnutzungsgrad  $\mu = 0.45$   
 bei = 0.180 m  
 Gewicht = 39.240 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{G,stab} = \gamma$  (Gewicht) = 0.950  
 Strömungskraft = 12.500 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_H = \gamma$  (Strömungskraft) = 1.350  
 $\mu = 1.350 \cdot 12.500 / (0.950 \cdot 39.240)$

Auftriebssicherheit  
 Ausnutzungsgrad  $\mu = 0.79$   
 bei = 0.180 m  
 Gewicht = 92.440 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{G,stab} = \gamma$  (Gewicht) = 0.950  
 PW-Druck = 65.700 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$  (PW-Druck) = 1.050  
 $\mu = 1.050 \cdot 65.700 / (0.950 \cdot 92.440)$

|  |                |
|--|----------------|
|  <b>GRUNDBAULABOR BREMEN</b><br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |                |
| Bauherr: Brem. Deichverband a.l. Weserufer   | Obj.Nr. 110089 |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser   | M. ohne        |
| Ort: 28197 Bremen  | Gez. Gre       |
| Aufschwimmen   | Anl. 4.6.7     |

| Boden | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma'$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | k<br>[m/s]          | Bezeichnung        |
|-------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------|
|       | 17.00                            | 7.00                              | $1.0 \cdot 10^{-6}$ | Auffüllung Schluff |
|       | 17.00                            | 7.00                              | $1.0 \cdot 10^{-6}$ | Schluff            |



GGU-UPLIFT / Version 5.00 / 20.02.2012  
 Norm: EC 7  
 Teilsicherheiten:  
 $\gamma_{G,dst} = 1.000$   
 $\gamma_{G,stab} = 0.950$   
 $\gamma_H = 1.200$   
 Datei: O:\111\10089\Uplift\_neu\Anlage 4.6.8\_A-1.aft

Hydraulische Grundbruchsicherheit  
 Ausnutzungsgrad  $\mu = 0.94$   
 bei = 2.650 m  
 Gewicht = 9.450 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{G,stab} = \gamma$  (Gewicht) = 0.950  
 Strömungskraft = 7.068 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_H = \gamma$  (Strömungskraft) = 1.200  
 $\mu = 1.200 \cdot 7.068 / (0.950 \cdot 9.450)$

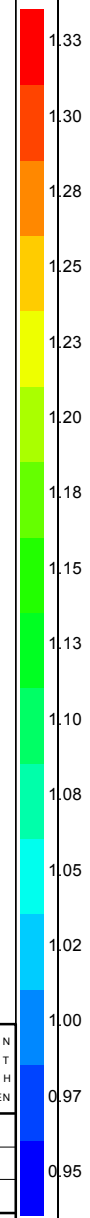
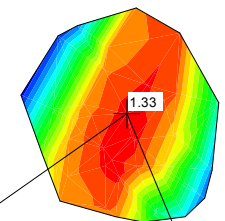
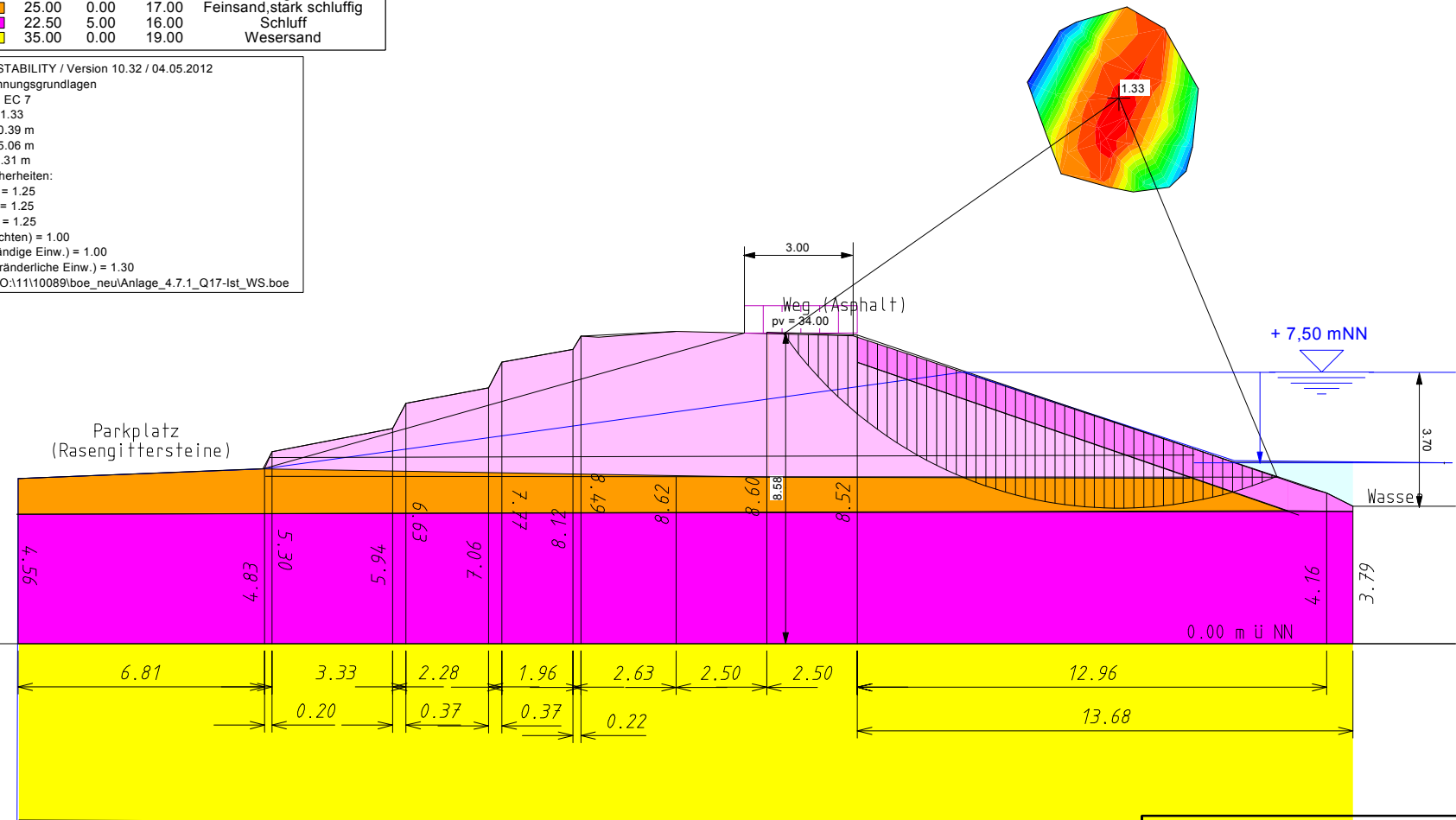
Auftriebssicherheit  
 Ausnutzungsgrad  $\mu = 0.99$   
 bei = 2.650 m  
 Gewicht = 37.950 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{G,stab} = \gamma$  (Gewicht) = 0.950  
 PW-Druck = 35.568 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$  (PW-Druck) = 1.000  
 $\mu = 1.000 \cdot 35.568 / (0.950 \cdot 37.950)$

|  |                                   |         |        |
|--|-----------------------------------|---------|--------|
| <br>GRUNDBAULABOR BREMEN<br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |                                   |         |        |
| Bauherr:   | Brem. Deichverband a.l. Weserufer | Obj.Nr. | 110089 |
| Bauwerk:   | Stadtstrecke Kleine Weser         | M.      | ohne   |
| Ort:   | 28197 Bremen                      | Gez.    | Gre    |
| Aufschwimmen   |                                   | Anl.    | 4.6.8  |

20  
15  
10  
5  
0  
-5  
-10

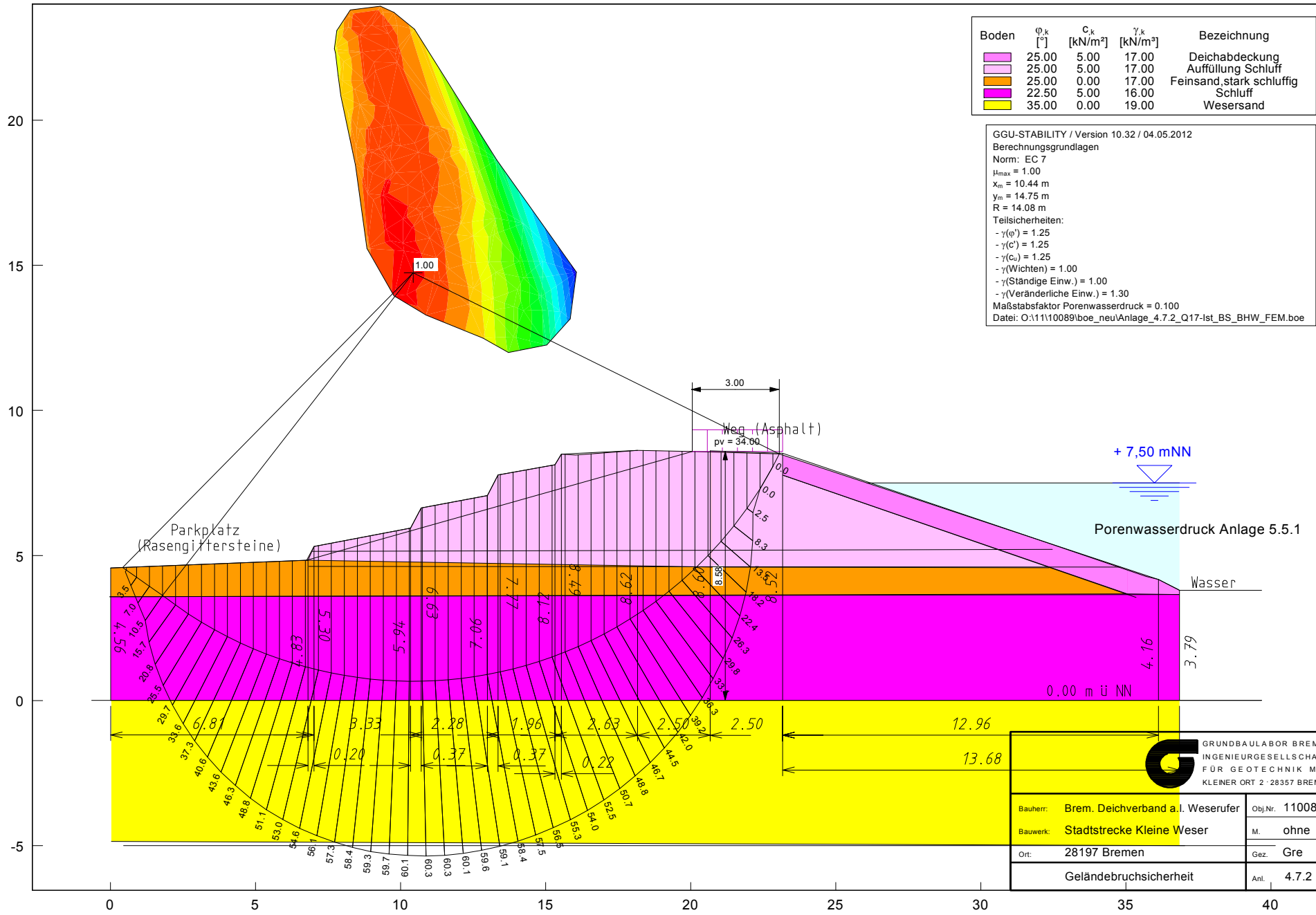
| Boden | $\phi_k$<br>[°] | $c_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Bezeichnung               |
|-------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
|       | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Deichabdeckung            |
|       | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Auffüllung Schluff        |
|       | 25.00           | 0.00                          | 17.00                              | Feinsand, stark schluffig |
|       | 22.50           | 5.00                          | 16.00                              | Schluff                   |
|       | 35.00           | 0.00                          | 19.00                              | Wesersand                 |

GGU-STABILITY / Version 10.32 / 04.05.2012  
 Berechnungsgrundlagen  
 Norm: EC 7  
 $\mu_{max} = 1.33$   
 $x_m = 30.39$  m  
 $y_m = 15.06$  m  
 $R = 11.31$  m  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi) = 1.25$   
 -  $\gamma(c) = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$   
 Datei: O:\111\10089\boe\_neu\Anlage\_4.7.1\_Q17-1st\_WS.boe



|   |             |
|---|-------------|
| GRUNDBAULABOR BREMEN<br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |             |
|   |             |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser  | M.: ohne    |
| Ort: 28197 Bremen   | Gez.: Gre   |
| Geländebruchsicherheit  | Anl.: 4.7.1 |



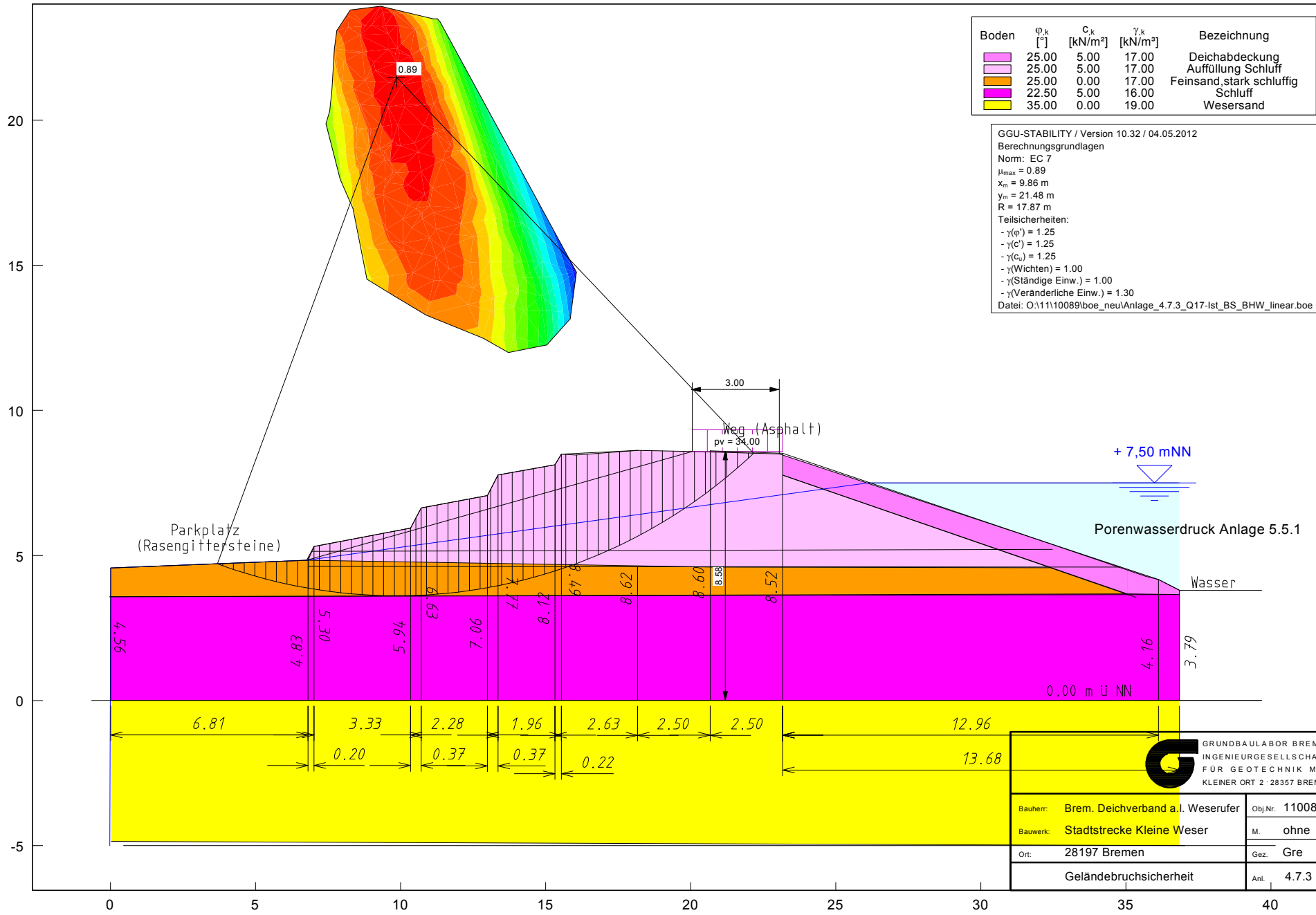


| Boden        | $\phi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Bezeichnung              |
|--------------|--------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| [Pink]       | 25.00        | 5.00                       | 17.00                           | Deichabdeckung           |
| [Light Pink] | 25.00        | 5.00                       | 17.00                           | Auffüllung Schluff       |
| [Orange]     | 25.00        | 0.00                       | 17.00                           | Feinsand stark schluffig |
| [Purple]     | 22.50        | 5.00                       | 16.00                           | Schluff                  |
| [Yellow]     | 35.00        | 0.00                       | 19.00                           | Wesersand                |

GGU-STABILITY / Version 10.32 / 04.05.2012  
 Berechnungsgrundlagen  
 Norm: EC 7  
 $H_{max} = 1.00$   
 $X_m = 10.44$  m  
 $Y_m = 14.75$  m  
 $R = 14.08$  m  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi') = 1.25$   
 -  $\gamma(c') = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$   
 Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100  
 Datei: Q:\11\110089\boe\_neu\Anlage\_4.7.2\_Q17-Ist\_BS\_BHW\_FEM.boe

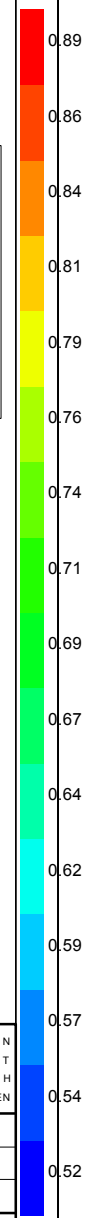
**G** GRUNDBAULABOR BREMEN  
 INGENIEURGESELLSCHAFT  
 FÜR GEOTECHNIK MBH  
 KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN

|                        |                                   |          |        |
|------------------------|-----------------------------------|----------|--------|
| Bauherr:               | Brem. Deichverband a.l. Weserufer | Obj.Nr.: | 110089 |
| Bauwerk:               | Stadtstrecke Kleine Weser         | M.:      | ohne   |
| Ort:                   | 28197 Bremen                      | Gez.:    | Gre    |
| Geländebruchsicherheit |                                   | Anl.:    | 4.7.2  |

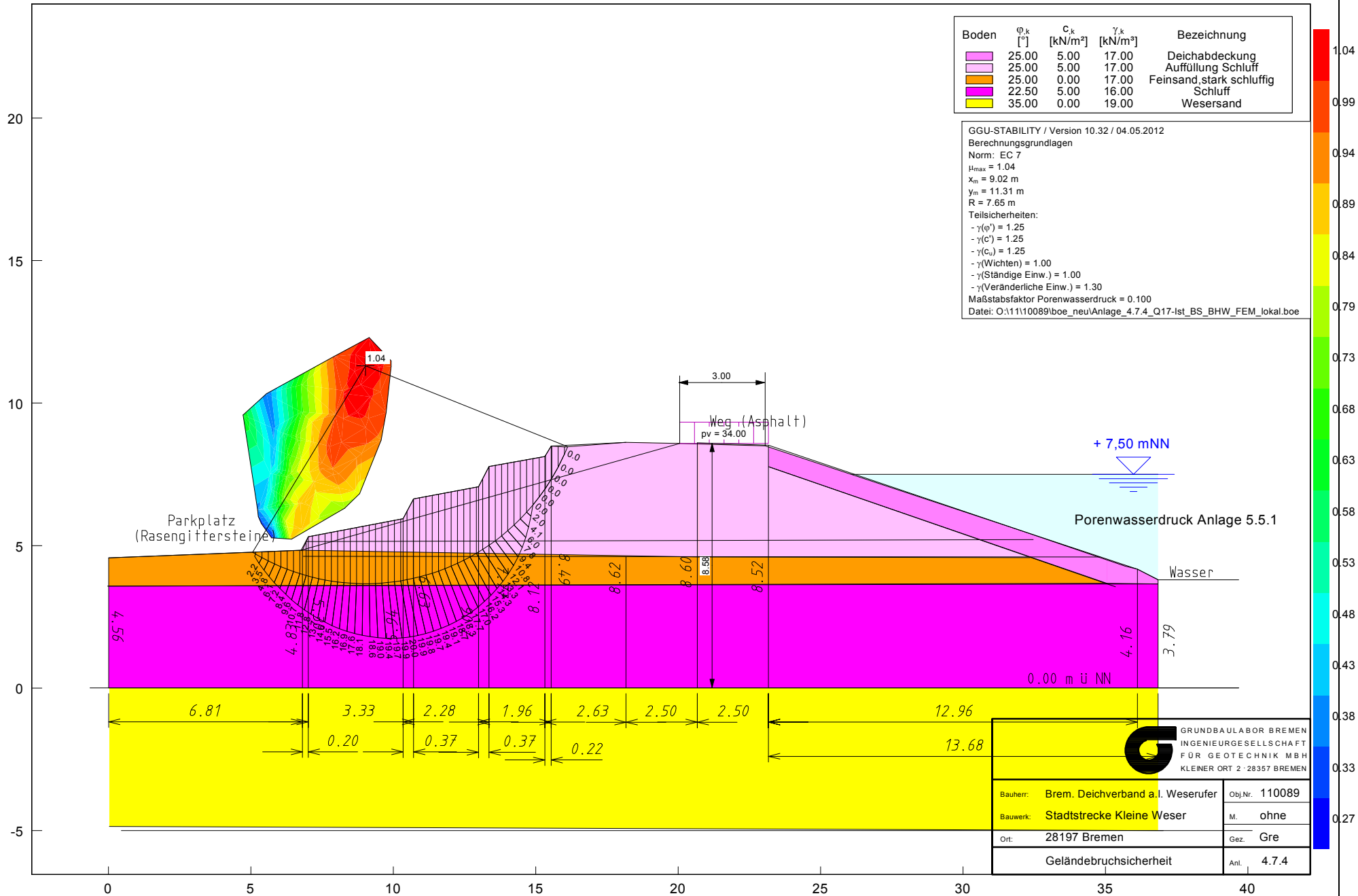


| Boden        | $\phi_k$<br>[°] | $c_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Bezeichnung               |
|--------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| [Pink]       | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Deichabdeckung            |
| [Light Pink] | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Auffüllung Schluff        |
| [Orange]     | 25.00           | 0.00                          | 17.00                              | Feinsand, stark schluffig |
| [Purple]     | 22.50           | 5.00                          | 16.00                              | Schluff                   |
| [Yellow]     | 35.00           | 0.00                          | 19.00                              | Wesersand                 |

GGU-STABILITY / Version 10.32 / 04.05.2012  
 Berechnungsgrundlagen  
 Norm: EC 7  
 $\mu_{max} = 0.89$   
 $x_m = 9.86$  m  
 $y_m = 21.48$  m  
 $R = 17.87$  m  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi^*) = 1.25$   
 -  $\gamma(c^*) = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$   
 Date: O:\11110089\boe\_neu\Anlage\_4.7.3\_Q17-1st\_BS\_BHW\_linear.boe



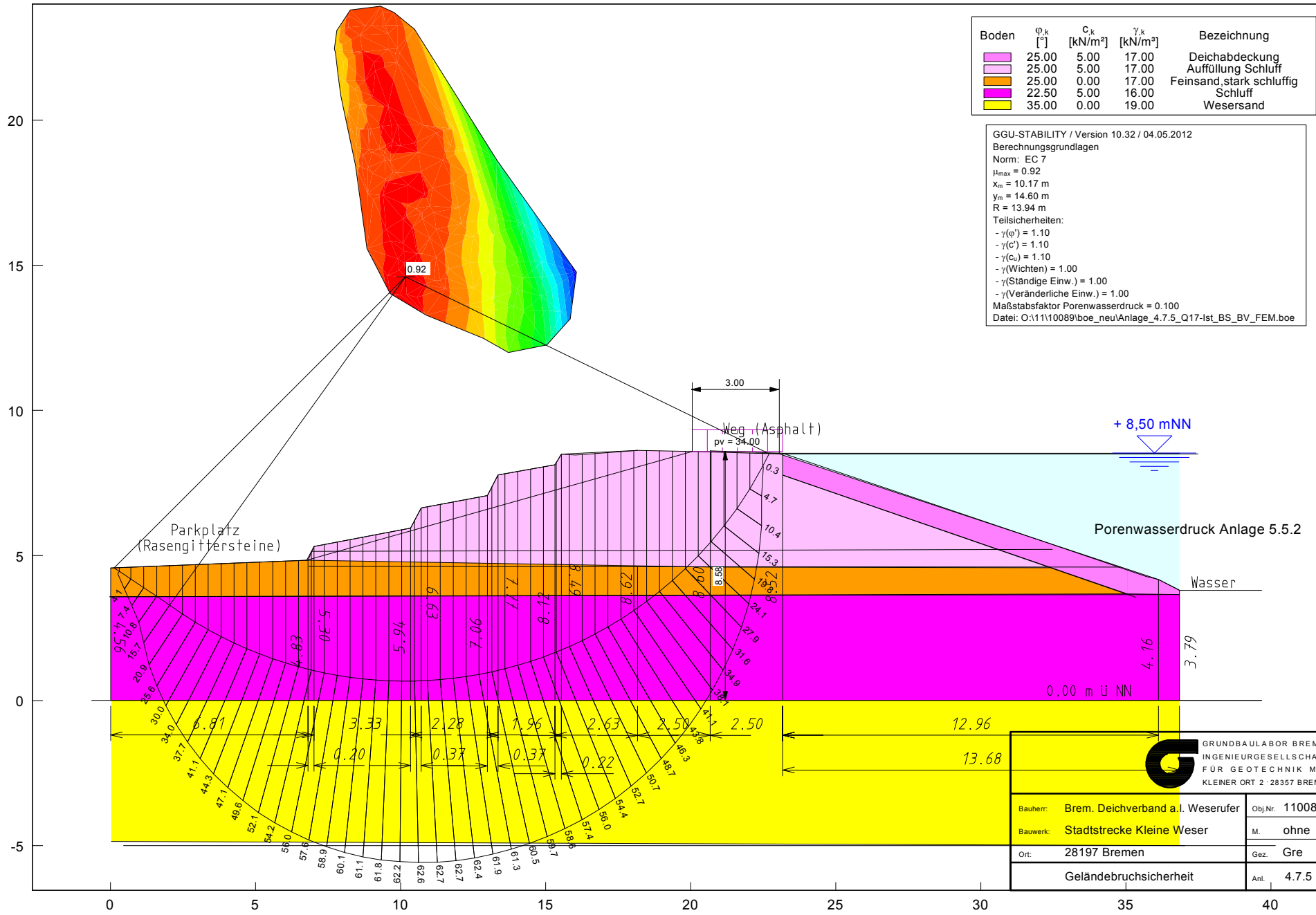
|   |            |
|---|------------|
| GRUNDBAULABOR BREMEN<br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |            |
|   |            |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser  | M. ohne    |
| Ort: 28197 Bremen   | Gez. Gre   |
| Geländebruchsicherheit  | Anl. 4.7.3 |



| Boden        | $\phi_k$<br>[°] | $c_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Bezeichnung               |
|--------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| [Pink]       | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Deichabdeckung            |
| [Light Pink] | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Auffüllung Schluff        |
| [Orange]     | 25.00           | 0.00                          | 17.00                              | Feinsand, stark schluffig |
| [Purple]     | 22.50           | 5.00                          | 16.00                              | Schluff                   |
| [Yellow]     | 35.00           | 0.00                          | 19.00                              | Wesersand                 |

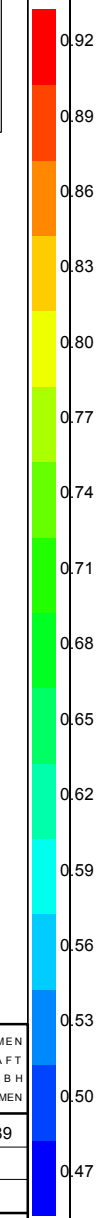
GGU-STABILITY / Version 10.32 / 04.05.2012  
 Berechnungsgrundlagen  
 Norm: EC 7  
 $\mu_{max} = 1.04$   
 $x_m = 9.02$  m  
 $y_m = 11.31$  m  
 $R = 7.65$  m  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi) = 1.25$   
 -  $\gamma(c) = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$   
 Maßstabfaktor Porenwasserdruck = 0.100  
 Datei: O:\1110089\boe\_neu\Anlage\_4.7.4\_Q17-Ist\_BS\_BHW\_FEM\_lokal.boe

|   |             |
|---|-------------|
| GRUNDBAULABOR BREMEN<br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |             |
|   |             |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser  | M.: ohne    |
| Ort: 28197 Bremen   | Gez.: Gre   |
| Geländebruchsicherheit  | Anl.: 4.7.4 |

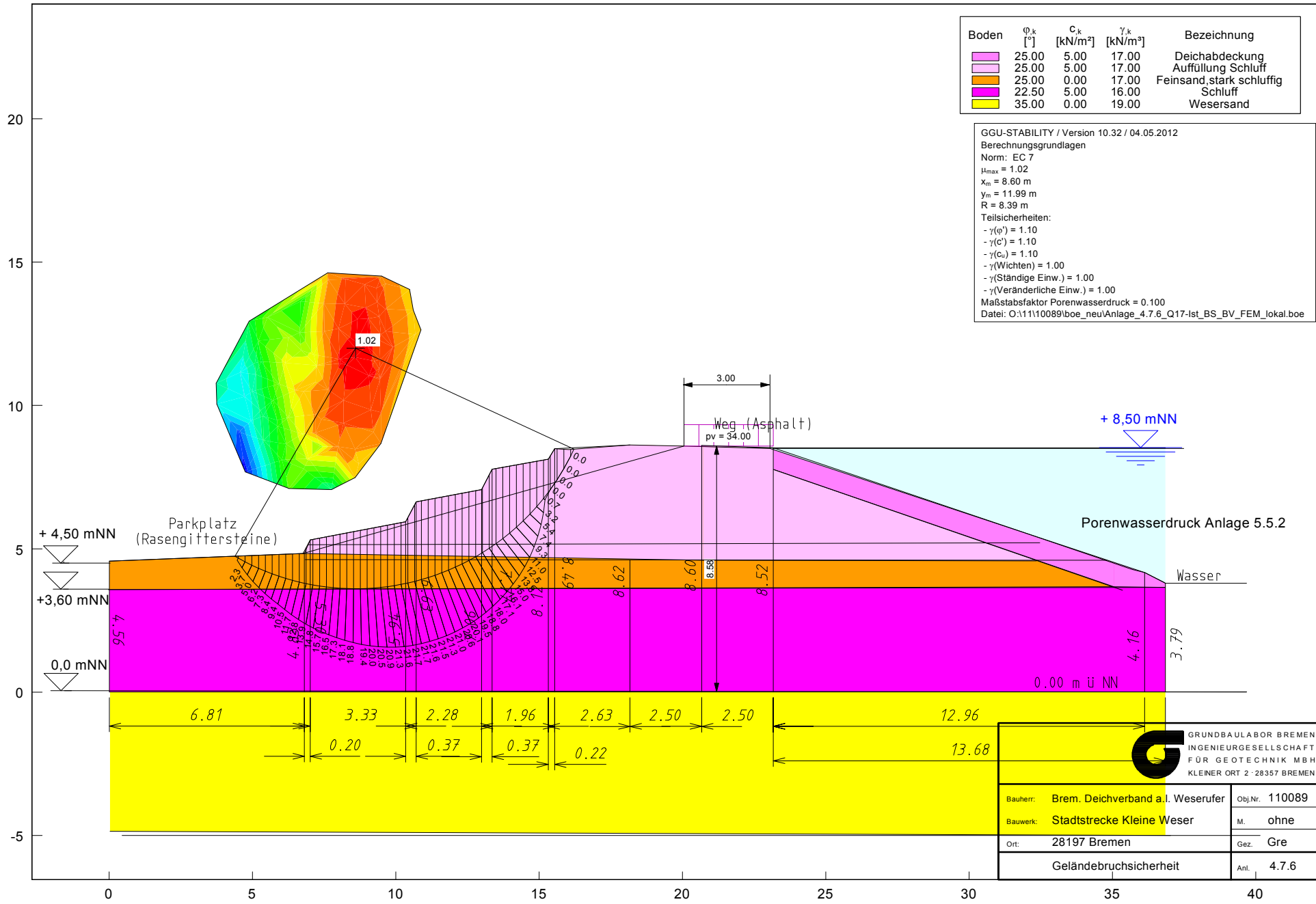


| Boden        | $\phi_k$<br>[°] | $c_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Bezeichnung               |
|--------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| [Pink]       | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Deichabdeckung            |
| [Light Pink] | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Auffüllung Schluff        |
| [Orange]     | 25.00           | 0.00                          | 17.00                              | Feinsand, stark schluffig |
| [Purple]     | 22.50           | 5.00                          | 16.00                              | Schluff                   |
| [Yellow]     | 35.00           | 0.00                          | 19.00                              | Wesersand                 |

GGU-STABILITY / Version 10.32 / 04.05.2012  
 Berechnungsgrundlagen  
 Norm: EC 7  
 $H_{max} = 0.92$   
 $X_m = 10.17$  m  
 $Y_m = 14.60$  m  
 $R = 13.94$  m  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi') = 1.10$   
 -  $\gamma(c') = 1.10$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.10$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$   
 Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100  
 Datei: Q:\11\110089\boe\_neu\Anlage\_4.7.5\_Q17-Ist\_BS\_BV\_FEM.boe

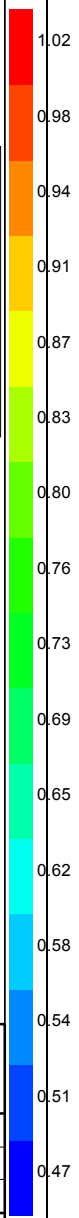


|  |                 |
|--|-----------------|
| <b>GRUNDBAULABOR BREMEN</b><br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |                 |
| Bauherr: Brem. Deichverband a.l. Weserufer   | Obj.Nr.: 110089 |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser   | M.: ohne        |
| Ort: 28197 Bremen  | Gez.: Gre       |
| Geländebruchsicherheit   | Anl.: 4.7.5     |



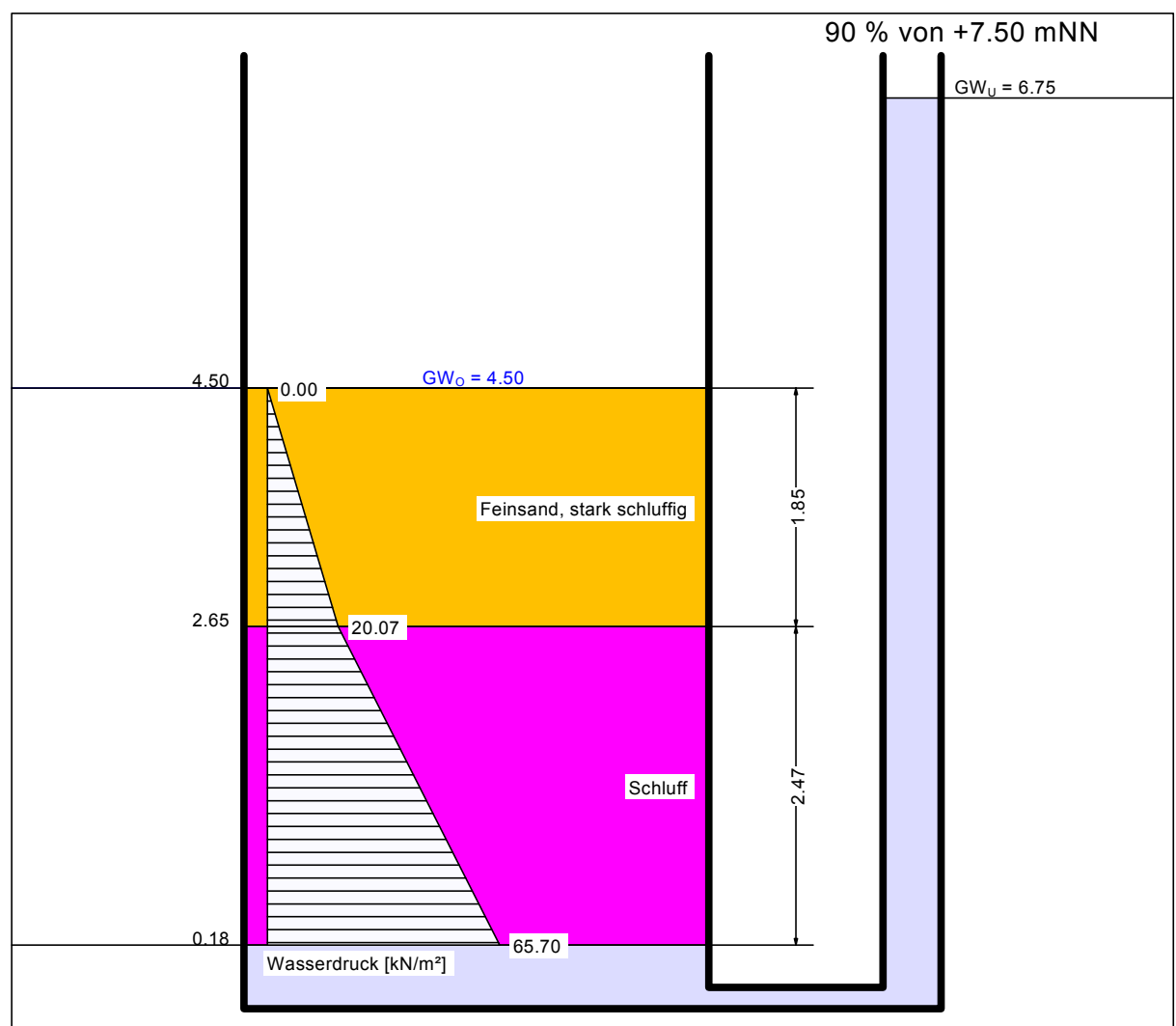
| Boden        | $\phi_k$<br>[°] | $c_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Bezeichnung               |
|--------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| [Pink]       | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Deichabdeckung            |
| [Light Pink] | 25.00           | 5.00                          | 17.00                              | Auffüllung Schluff        |
| [Orange]     | 25.00           | 0.00                          | 17.00                              | Feinsand, stark schluffig |
| [Purple]     | 22.50           | 5.00                          | 16.00                              | Schluff                   |
| [Yellow]     | 35.00           | 0.00                          | 19.00                              | Wesersand                 |

GGU-STABILITY / Version 10.32 / 04.05.2012  
 Berechnungsgrundlagen  
 Norm: EC 7  
 $H_{max} = 1.02$   
 $x_m = 8.60$  m  
 $y_m = 11.99$  m  
 $R = 8.39$  m  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi') = 1.10$   
 -  $\gamma(c') = 1.10$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.10$   
 -  $\gamma(Wichten) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$   
 Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100  
 Datei: Q:\11\110089\boe\_neu\Anlage\_4.7.6\_Q17-Ist\_BS\_BV\_FEM\_lokal.boe



|   |             |
|---|-------------|
| GRUNDBAULABOR BREMEN<br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |             |
|   |             |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser  | M.: ohne    |
| Ort: 28197 Bremen   | Gez.: Gre   |
| Geländebruchsicherheit  | Anl.: 4.7.6 |

| Boden  | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma'$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | k<br>[m/s]          | Bezeichnung               |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------------|
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:yellow;"></span>  | 17.00                            | 7.00                              | $1.0 \cdot 10^{-5}$ | Feinsand, stark schluffig |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:magenta;"></span> | 17.00                            | 7.00                              | $1.0 \cdot 10^{-6}$ | Schluff                   |



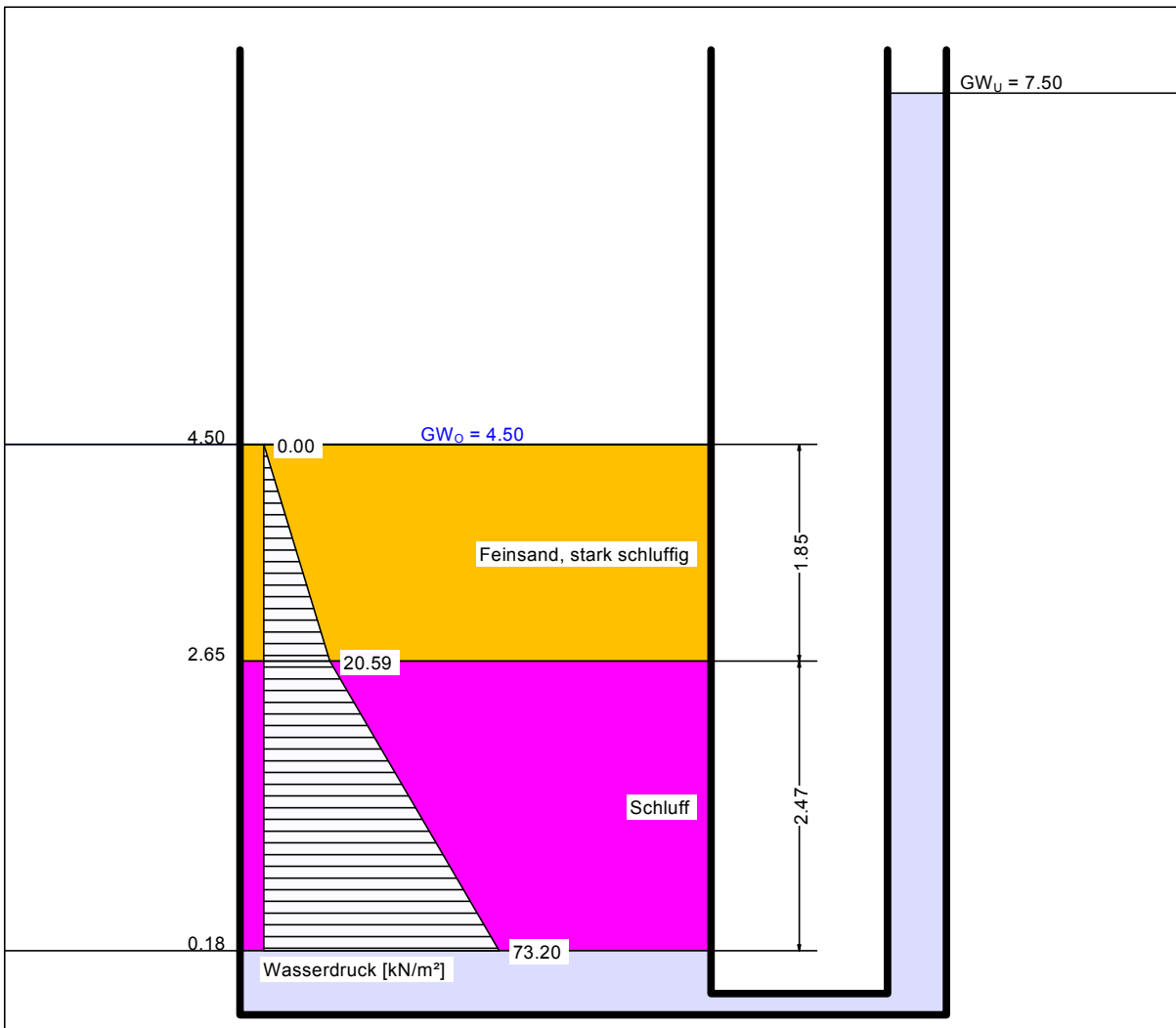
GGU-UPLIFT / Version 5.00 / 20.02.2012  
 Norm: EC 7  
 Teilsicherheiten:  
 $\gamma_{G,dst} = 1.050$   
 $\gamma_{G,stb} = 0.950$   
 $\gamma_H = 1.350$   
 Datei: O:\11\10089\Uplift\_neu\Anlage 4.7.7\_P-1.aft

Hydraulische Grundbruchsicherheit  
 Ausnutzungsgrad  $\mu = 1.06$   
 bei = 0.180 m  
 Gewicht = 30.240 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$  (Gewicht) = 0.950  
 Strömungskraft = 22.500 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_H = \gamma$  (Strömungskraft) = 1.350  
 $\mu = 1.350 \cdot 22.500 / (0.950 \cdot 30.240)$

Auftriebssicherheit  
 Ausnutzungsgrad  $\mu = 0.99$   
 bei = 0.180 m  
 Gewicht = 73.440 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$  (Gewicht) = 0.950  
 PW-Druck = 65.700 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$  (PW-Druck) = 1.050  
 $\mu = 1.050 \cdot 65.700 / (0.950 \cdot 73.440)$

|  |                                   |         |        |
|--|-----------------------------------|---------|--------|
|  <b>GRUNDBAULABOR BREMEN</b><br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |                                   |         |        |
| Bauherr:   | Brem. Deichverband a.l. Weserufer | Obj.Nr. | 110089 |
| Bauwerk:   | Stadtstrecke Kleine Weser         | M.      | ohne   |
| Ort:   | 28197 Bremen                      | Gez.    | Gre    |
| Aufschwimmen   |                                   | Anl.    | 4.7.7  |


| Boden  | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma'$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | k<br>[m/s]          | Bezeichnung               |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------------|
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:yellow;"></span>  | 17.00                            | 7.00                              | $1.0 \cdot 10^{-5}$ | Feinsand, stark schluffig |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:magenta;"></span> | 17.00                            | 7.00                              | $1.0 \cdot 10^{-6}$ | Schluff                   |

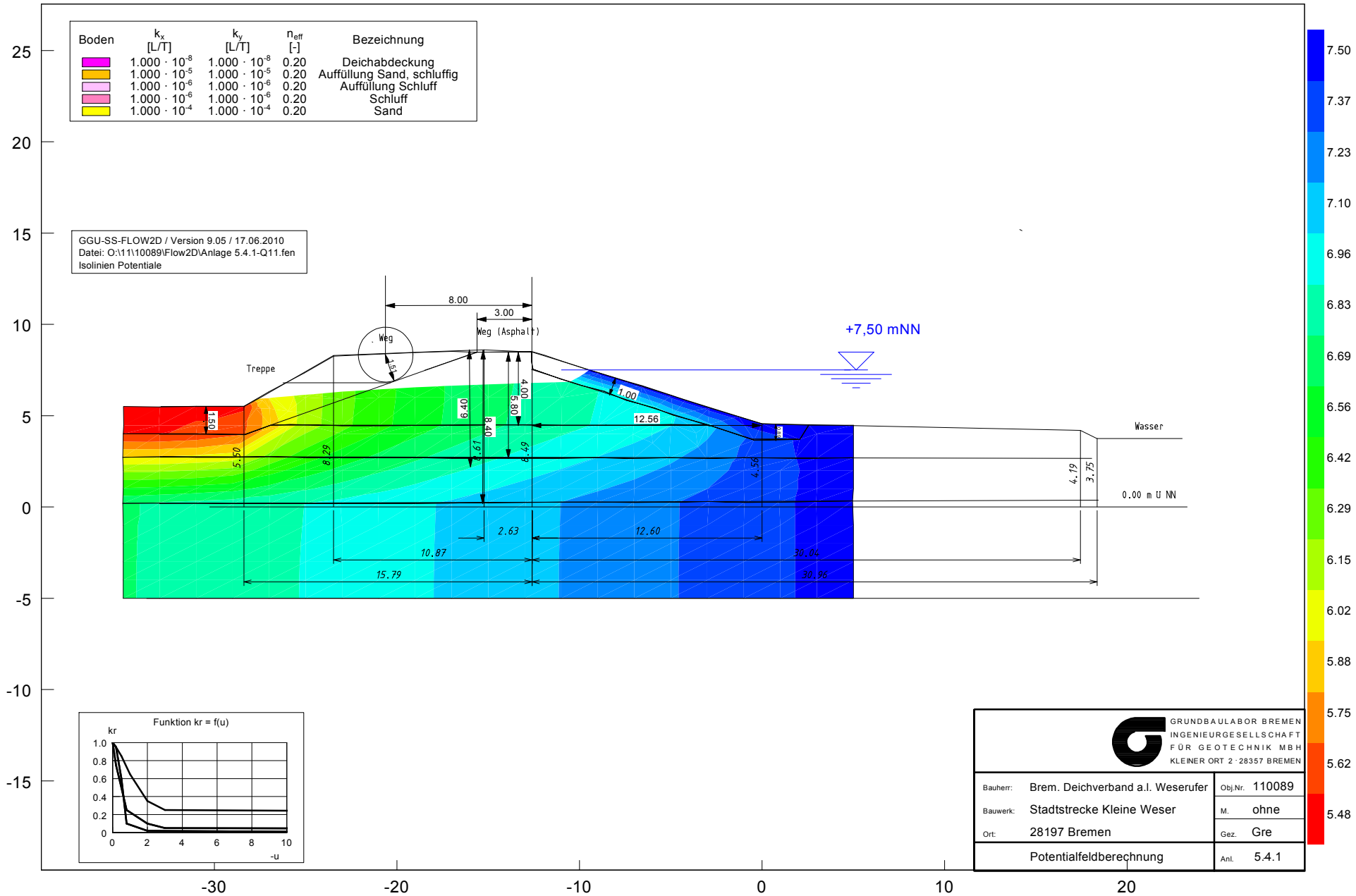


GGU-UPLIFT / Version 5.00 / 20.02.2012  
 Norm: EC 7  
 Teilsicherheiten:  
 $\gamma_{G,dst} = 1.000$   
 $\gamma_{G,stab} = 0.950$   
 $\gamma_H = 1.200$   
 Datei: O:\11\10089\Uplift\_neu\Anlage 4.7.8\_A-1.aft

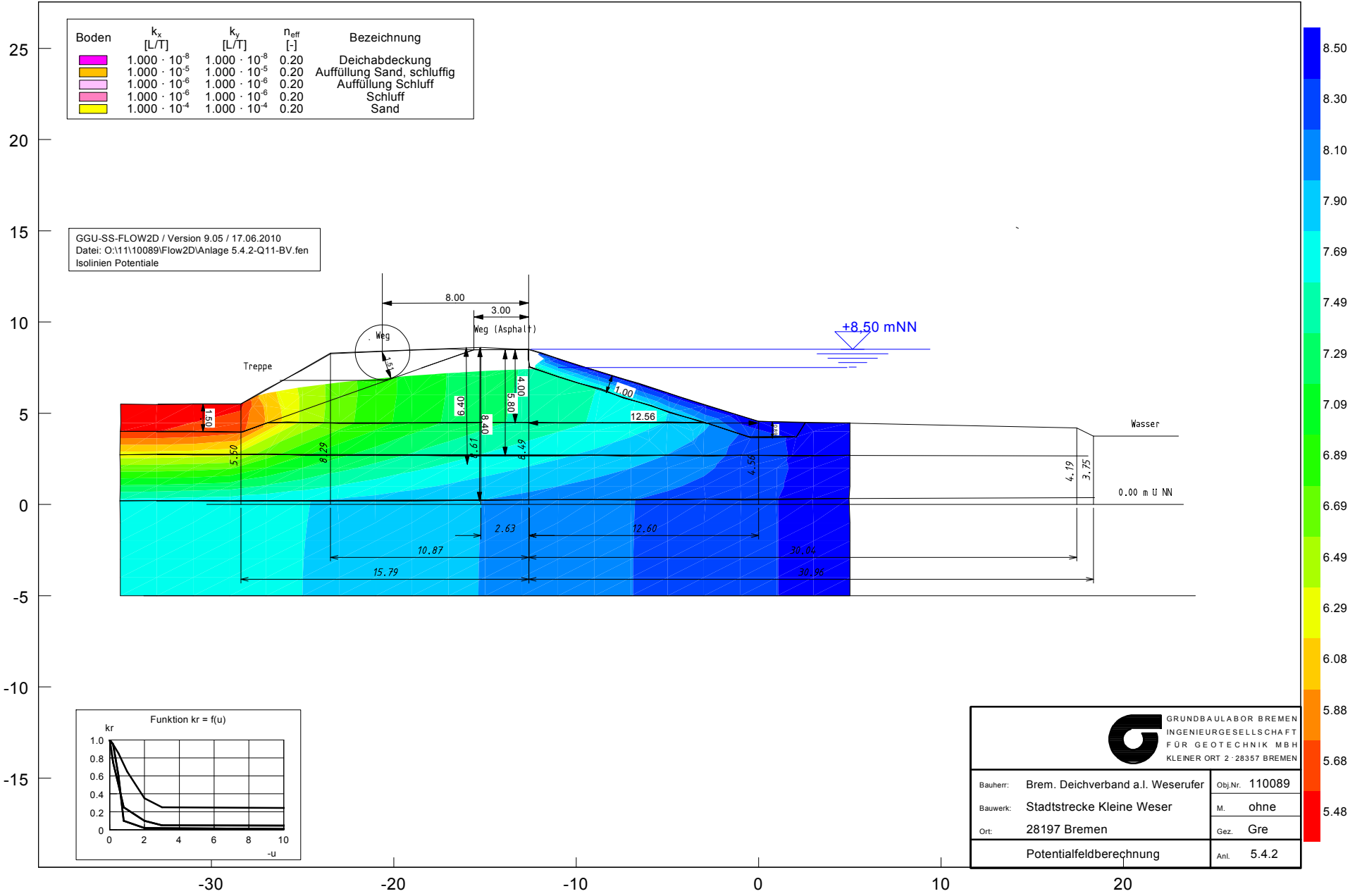
Hydraulische Grundbruchsicherheit  
 Ausnutzungsgrad  $\mu = 1.25$   
 bei = 0.180 m  
 Gewicht = 30.240 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{G,stab} = \gamma$  (Gewicht) = 0.950  
 Strömungskraft = 30.000 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_H = \gamma$  (Strömungskraft) = 1.200  
 $\mu = 1.200 \cdot 30.000 / (0.950 \cdot 30.240)$

Auftriebssicherheit  
 Ausnutzungsgrad  $\mu = 1.05$   
 bei = 0.180 m  
 Gewicht = 73.440 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{G,stab} = \gamma$  (Gewicht) = 0.950  
 PW-Druck = 73.200 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$  (PW-Druck) = 1.000  
 $\mu = 1.000 \cdot 73.200 / (0.950 \cdot 73.440)$

|  |                                   |         |        |
|--|-----------------------------------|---------|--------|
|  <b>GRUNDBAULABOR BREMEN</b><br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |                                   |         |        |
| Bauherr:   | Brem. Deichverband a.l. Weserufer | Obj.Nr. | 110089 |
| Bauwerk:   | Stadtstrecke Kleine Weser         | M.      | ohne   |
| Ort:   | 28197 Bremen                      | Gez.    | Gre    |
| Aufschwimmen   |                                   | Anl.    | 4.7.8  |

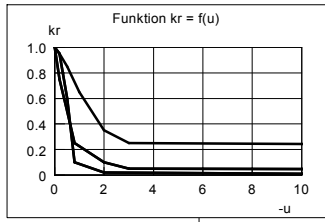











| Boden  | $k_x$<br>[L/T]        | $k_y$<br>[L/T]        | $n_{eff}$<br>[-] | Bezeichnung                |
|--|-----------------------|-----------------------|------------------|----------------------------|
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:yellow;"></span>      | $1.000 \cdot 10^{-8}$ | $1.000 \cdot 10^{-8}$ | 0.20             | Deichabdeckung             |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:orange;"></span>      | $1.000 \cdot 10^{-5}$ | $1.000 \cdot 10^{-5}$ | 0.20             | Auffüllung Sand, schluffig |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:lightblue;"></span>   | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | 0.20             | Auffüllung Schluff         |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:lightgreen;"></span>  | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | 0.20             | Schluff                    |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:lightyellow;"></span> | $1.000 \cdot 10^{-4}$ | $1.000 \cdot 10^{-4}$ | 0.20             | Sand                       |

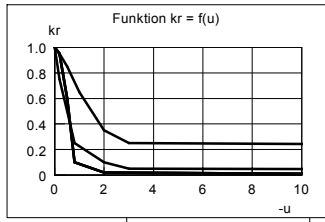
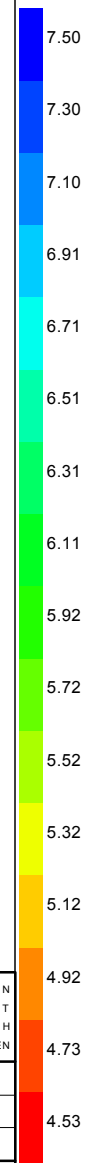
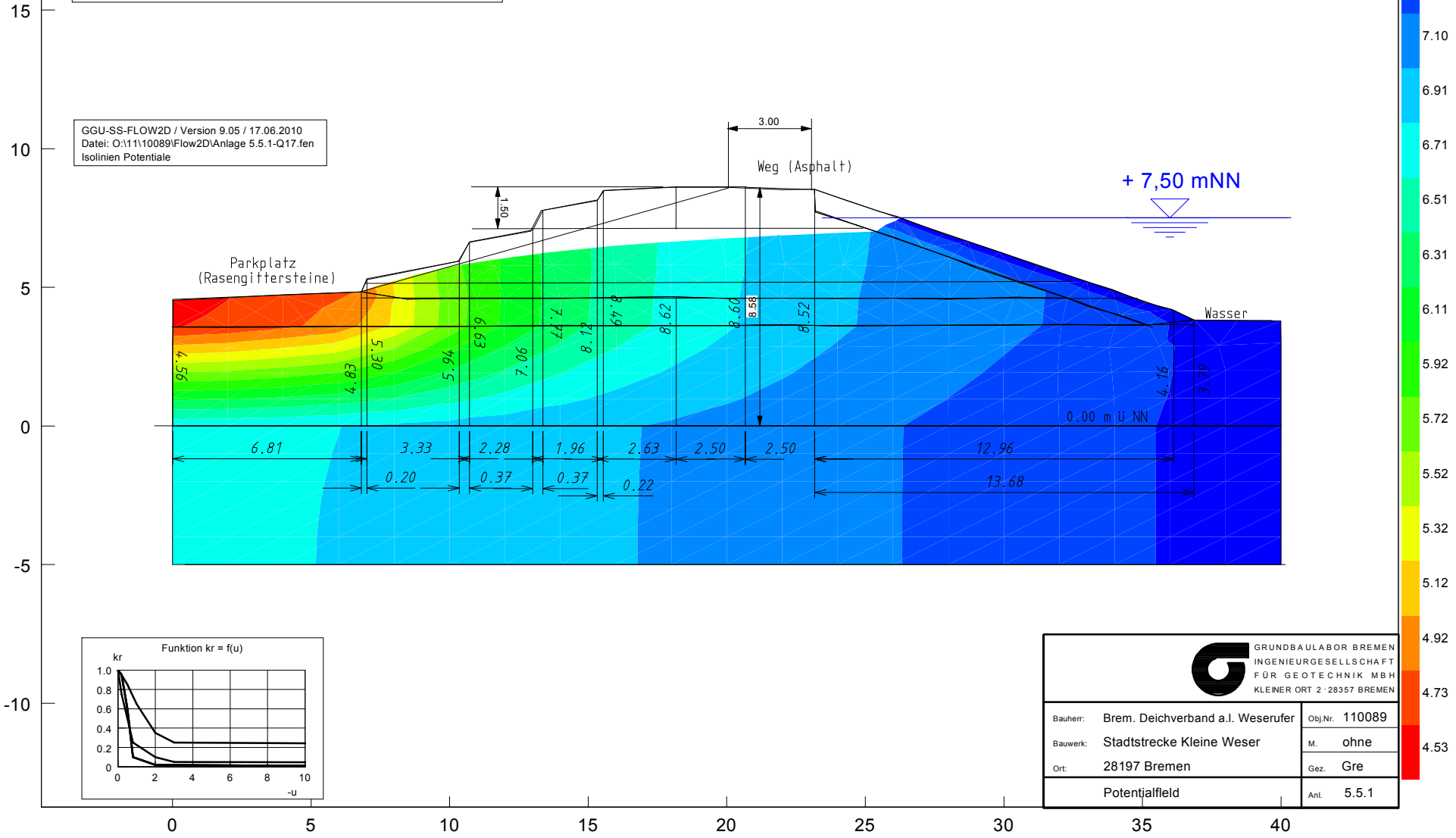
GGU-SS-FLOW2D / Version 9.05 / 17.06.2010  
 Datei: O:\11\110089\Flow2D\Anlage 5.4.2-Q11-BV.fen  
 Isolinen Potentiale








|  |                                   |         |        |
|--|-----------------------------------|---------|--------|
|  <b>GRUNDBAULABOR BREMEN</b><br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |                                   |         |        |
| Bauherr:   | Brem. Deichverband a.l. Weserufer | Obj.Nr. | 110089 |
| Bauwerk:   | Stadtstrecke Kleine Weser         | M.      | ohne   |
| Ort:   | 28197 Bremen                      | Gez.    | Gre    |
| Potentialfeldberechnung  |                                   | Anl.    | 5.4.2  |

| Boden   | $k_x$<br>[L/T]        | $k_y$<br>[L/T]        | $n_{eff}$<br>[-] | Bezeichnung               |
|---|-----------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|
|  | $1.000 \cdot 10^{-8}$ | $1.000 \cdot 10^{-8}$ | 0.20             | Deichdichtung             |
|  | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | 0.20             | Schluffauffüllung         |
|  | $1.000 \cdot 10^{-5}$ | $1.000 \cdot 10^{-5}$ | 0.20             | Feinsand, stark schluffig |
|  | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | 0.20             | Schluff                   |
|  | $1.000 \cdot 10^{-4}$ | $1.000 \cdot 10^{-4}$ | 0.20             | Wesersande                |

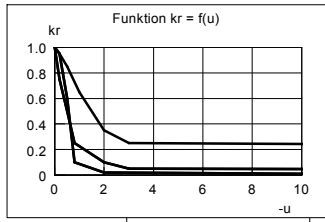
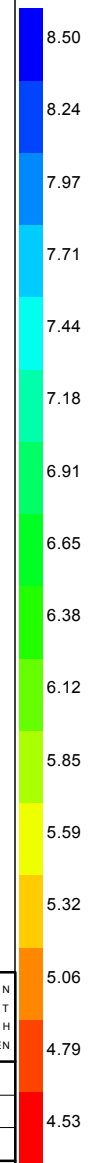
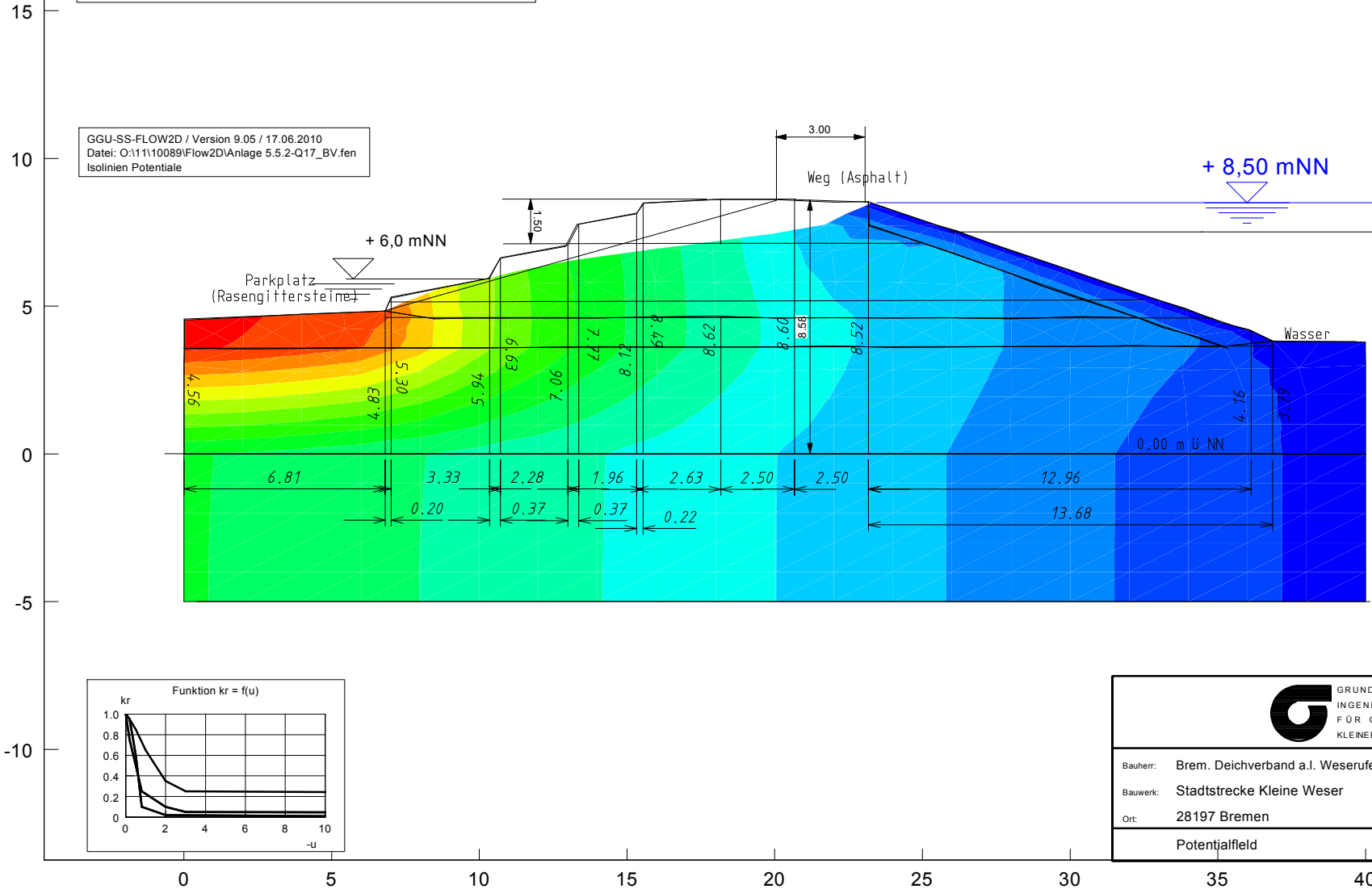
GGU-SS-FLOW2D / Version 9.05 / 17.06.2010  
 Datei: O:\11\10089\Flow2D\Anlage 5.5.1-Q17.fen  
 Isolinelinien Potentiale








|  |            |
|--|------------|
|  <b>GRUNDBAULABOR BREMEN</b><br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |            |
|  |            |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser   | M. ohne    |
| Ort: 28197 Bremen  | Gez. Gre   |
| Potentialfeld  | Anl. 5.5.1 |

| Boden   | $k_x$<br>[L/T]        | $k_y$<br>[L/T]        | $n_{eff}$<br>[-] | Bezeichnung               |
|---|-----------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|
|  | $1.000 \cdot 10^{-8}$ | $1.000 \cdot 10^{-8}$ | 0.20             | Deichdichtung             |
|  | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | 0.20             | Schluffauffüllung         |
|  | $1.000 \cdot 10^{-5}$ | $1.000 \cdot 10^{-5}$ | 0.20             | Feinsand, stark schluffig |
|  | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | 0.20             | Schluff                   |
|  | $1.000 \cdot 10^{-4}$ | $1.000 \cdot 10^{-4}$ | 0.20             | Wesersande                |

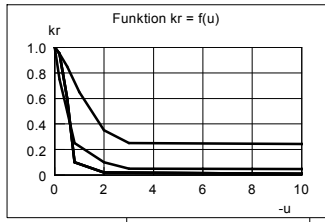
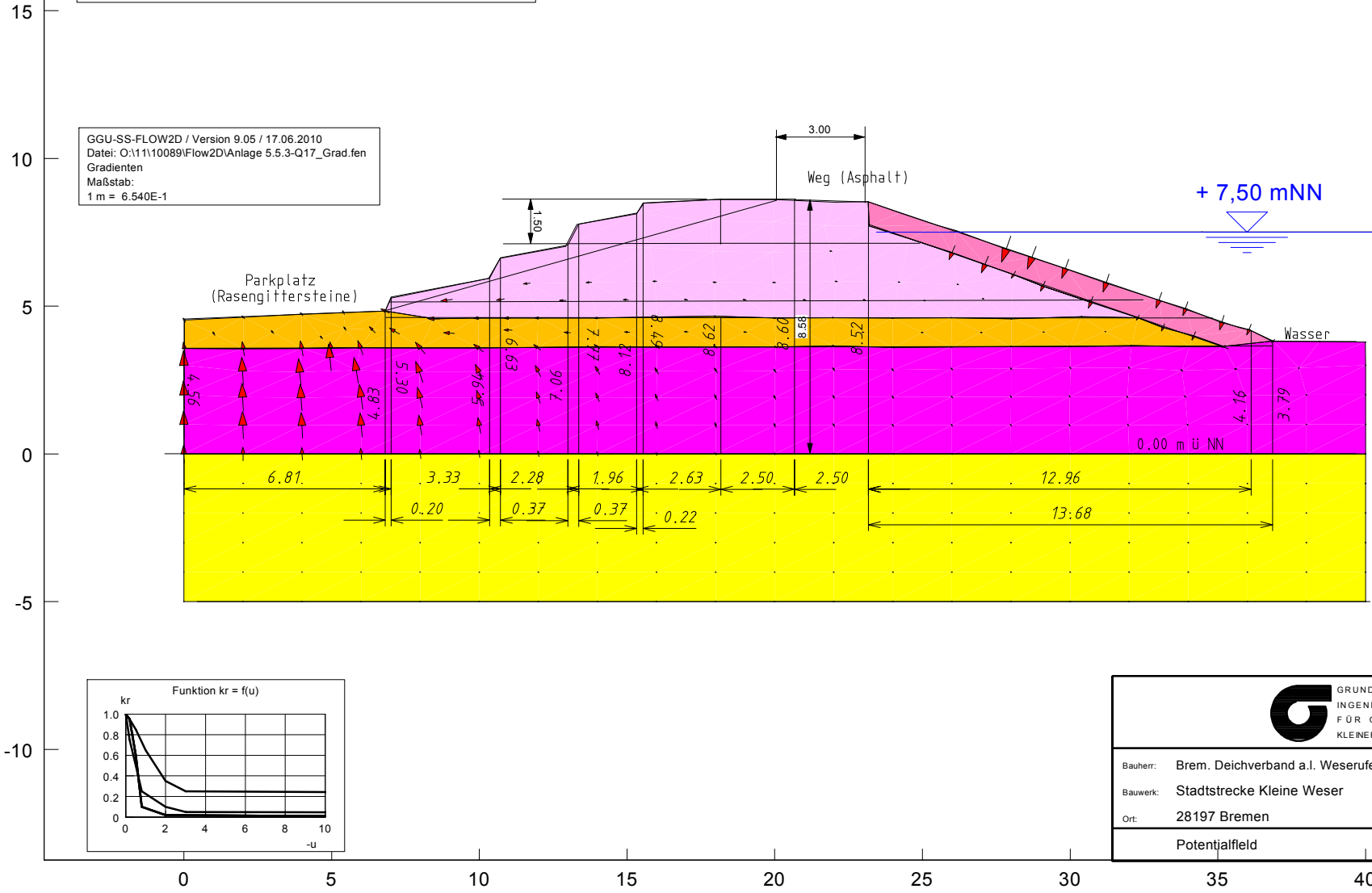
GGU-SS-FLOW2D / Version 9.05 / 17.06.2010  
 Datei: O:\11\10089\Flow2D\Anlage 5.5.2-Q17\_BV.fen  
 Isolinen Potentiale








|  |            |
|--|------------|
|  <b>GRUNDBAULABOR BREMEN</b><br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |            |
|  |            |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser   | M. ohne    |
| Ort: 28197 Bremen  | Gez. Gre   |
| Potentialfeld  | Anl. 5.5.2 |

| Boden   | $k_x$<br>[L/T]        | $k_y$<br>[L/T]        | $n_{eff}$<br>[-] | Bezeichnung               |
|---|-----------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|
|  | $1.000 \cdot 10^{-8}$ | $1.000 \cdot 10^{-8}$ | 0.20             | Deichdichtung             |
|  | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | 0.20             | Schluffauffüllung         |
|  | $1.000 \cdot 10^{-5}$ | $1.000 \cdot 10^{-5}$ | 0.20             | Feinsand, stark schluffig |
|  | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | 0.20             | Schluff                   |
|  | $1.000 \cdot 10^{-4}$ | $1.000 \cdot 10^{-4}$ | 0.20             | Wesersande                |

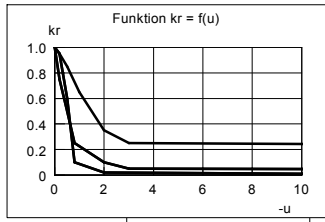
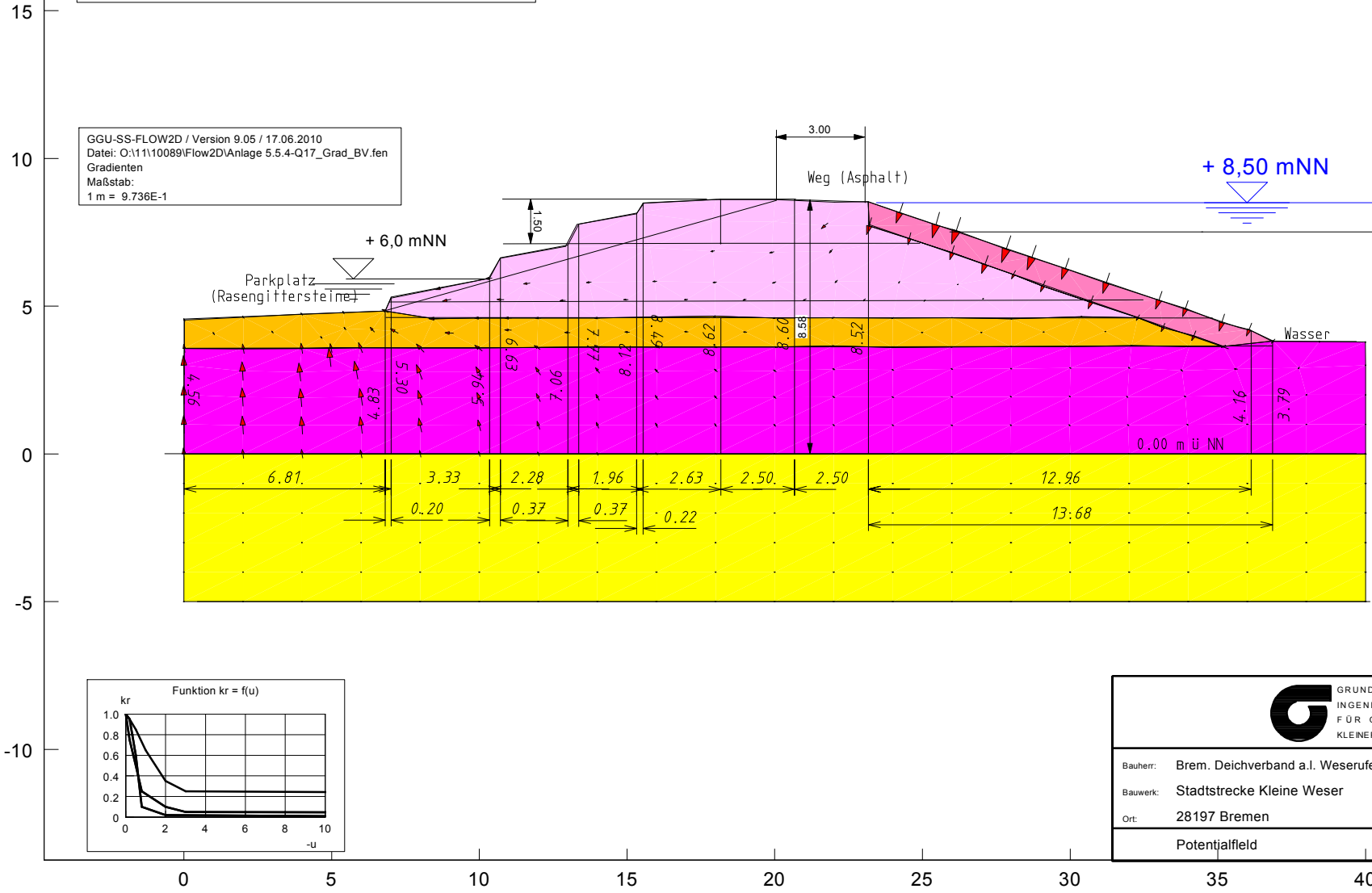
GGU-SS-FLOW2D / Version 9.05 / 17.06.2010  
 Datei: O:\11\10089\Flow2D\Anlage 5.5.3-Q17\_Grad.fen  
 Gradienten  
 Maßstab:  
 1 m = 6.540E-1



|  |              |          |                                   |         |        |
|--|--------------|----------|-----------------------------------|---------|--------|
|  <b>GRUNDBAULABOR BREMEN</b><br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |              | Bauherr: | Brem. Deichverband a.l. Weserufer | Obj.Nr. | 110089 |
|  |              | Bauwerk: | Stadtstrecke Kleine Weser         | M.      | ohne   |
| Ort:   | 28197 Bremen | Gez.     | Gre                               |         |        |
| Potentialfeld  |              | Anl.     | 5.5.3                             |         |        |

| Boden   | $k_x$<br>[L/T]        | $k_y$<br>[L/T]        | $n_{eff}$<br>[-] | Bezeichnung               |
|---|-----------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|
|  | $1.000 \cdot 10^{-8}$ | $1.000 \cdot 10^{-8}$ | 0.20             | Deichdichtung             |
|  | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | 0.20             | Schluffauffüllung         |
|  | $1.000 \cdot 10^{-5}$ | $1.000 \cdot 10^{-5}$ | 0.20             | Feinsand, stark schluffig |
|  | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | $1.000 \cdot 10^{-6}$ | 0.20             | Schluff                   |
|  | $1.000 \cdot 10^{-4}$ | $1.000 \cdot 10^{-4}$ | 0.20             | Wesersande                |

GGU-SS-FLOW2D / Version 9.05 / 17.06.2010  
 Datei: O:\1110089\Flow2D\Anlage 5.5.4-Q17\_Grad\_BV.fen  
 Gradienten  
 Maßstab:  
 1 m = 9.736E-1



|  |                   |                |
|--|-------------------|----------------|
|  <b>GRUNDBAULABOR BREMEN</b><br>INGENIEURGESELLSCHAFT<br>FÜR GEOTECHNIK MBH<br>KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN |                   | Obj.Nr. 110089 |
|  |                   | M. ohne        |
| Bauherr: Brem. Deichverband a.l. Weserufer   | Ort: 28197 Bremen | Gez. Gre       |
| Bauwerk: Stadtstrecke Kleine Weser   | Potentialfeld     | Anl. 5.5.4     |