



Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Bericht Nr. 16 - 14695.2

**Projekt: Sanierung der Delme-Dämme von
der Autobahn bis zu den Graften
in Delmenhorst, Ochtumverband**

**Auftraggeber: Ochtumverband
Danziger Str. 3
27243 Harpstedt**

**Auftrag: Baugrunduntersuchung, -beurteilung
und Gründungsberatung
Teil 2: Geotechnische Nachweise**

erteilt am: 16. August 2016

**vom
10. April 2017**

Geotechnik
Baugrund

Erdbaulaboratorium
Baustoffprüfung

Hydrogeologie
Rohstoffgeologie

Deponiewesen
Altlasten

Brandschutz

Industriebau
Gewerbebau

Landschaftsplanung
Umweltplanung

Fachplanung
Bauleitung

- Arnsberg
- Bautzen
- Danzig
- Dortmund
- Hamburg
- Jena
- Oldenburg
- Stade
- Tostedt



I Inhaltsverzeichnis

	Seite
I Inhaltsverzeichnis	2
II Anlagenverzeichnis	3
III Tabellenverzeichnis	3
1 Auftrag und Vorgang	4
2 Bearbeitungsunterlagen	5
3 Örtliche Situation und Bauwerk	8
4 Nachweise der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit	10
4.1 Allgemeines	10
4.2 Verformungs- und Grundwasserströmungsanalysen	11
4.2.1 Lösungsgebiet	13
4.2.2 Randbedingungen	14
4.2.3 Belastungsbedingungen	15
4.2.4 Diskretisierung	16
4.2.5 Schichtgrenzen und Grundwasserspiegel	17
4.2.6 Einwirkungen	17
4.2.7 Stoffkennwerte	17
4.3 Ergebnisse	20
4.3.1 Verformungsanalyse	20
4.3.2 Grundwasserströmungsanalyse	21
4.4 Standsicherheitsnachweise	22
4.5 Schnitt IV - IV' bei Deich km 1 +180 (Bereich der neuen Deichtrasse)	24
4.6 Schnitt V - V' bei Deich km 1 +100 (Bereich der ertüchtigten Deichtrasse)	25
4.7 Hochwasserschutzwand	26
4.8 Weitere Nachweise	28
4.8.1 Nachweis der Auftriebssicherheit	28
4.8.2 Nachweis der Sicherheit gegen Kontakterosion:	29
4.8.3 Nachweis der Sicherheit gegen Suffosion:	30
4.8.4 Nachweis der Sicherheit gegen Erosionsgrundbruch:	30

5	Brückenbauwerke – Baugrund- und Gründungsbeurteilung	31
5.1	Bemessungswert des Sohlwiderstands	31
5.2	Bettungsmodul	34
6	Hinweise zur Bauausführung	36
6.1	Deichkörper	36
6.2	Hochwasserschutzwände	39
6.3	Brückenbauwerke	39
7	Zusammenfassung	42

II Anlagenverzeichnis

1	2 Blatt	Lagepläne, 1 : 1.000 aus Bericht 16 - 14695.1
2	3 Blatt	Schnitte mit Bestandsgeologie und Deichprofil zur Modellerstellung
3	4 Blatt	Schnitte IV - IV' und V - V' – Verformungsanalysen
4	9 Blatt	Schnitte IV - IV', V - V' und VIII - VIII' – Grundwasserströmungsanalysen
5	4 Blatt	Schnitte IV - IV' und V - V' – maßgebende Standsicherheitsberechnungen
6	1 Blatt	Vorbemessung Hochwasserschutzwand
7	1 Blatt	Korngrößenverteilung zum Filterstabilitätsnachweis
8	1 Blatt	Grundbruch- und Setzungsberechnung eines Brückenwiderlagers

III Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 4-1: Informationen über die FE-Netze (geplante Verfüllung)	16
Tabelle 4-2: Parametersatz für die Verformungsanalysen	18
Tabelle 4-3: Parametersatz für die Grundwasserströmungsanalysen	19
Tabelle 4-4: Verwendete Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIN EN 1 997-1 (GEO-3)	23
Tabelle 4-5: Gesamtstandsicherheit des Deichkörpers bei km 1 +180	24
Tabelle 4-6: Gesamtstandsicherheit des Deichkörpers bei km 1 +100	25
Tabelle 4-7: Ansätze und Ergebnisse für die Berechnung der HW-Schutzwand	27
Tabelle 5-1: Ergebnisse der Grundbruch- und Setzungsberechnungen (BS-P)	33
Tabelle 5-2: Errechnete Bettungsmoduli anhand der ungünstigsten Baugrundsichtung	35

1 Auftrag und Vorgang

Der Ochtumverband, Harpstedt, plant die Sanierung der Delme-Dämme von der Autobahn bis zu den Graften auf einer Länge von 1,5 km an der Delme in der Stadt Delmenhorst.

Die bestehende Verwaltung entlang der Flusstrasse bietet gemäß der Bearbeitungsunterlagen d) und e) zum Teil keinen ausreichenden Hochwasserschutz mehr, da die Standsicherheit in Teilbereichen nicht mehr gegeben und global gefährdet ist. Daher sind die Bemessung und der Neubau eines, nach den aktuellen Regelungen und Bemessungsdaten konzipierter, Hochwasserschutzdeich zwingend erforderlich. In Teilbereichen ist zur Sicherung des See-Ufers das Einbringen von Spundwänden erforderlich.

Die Ingenieurgesellschaft Dr. -Ing. Michael Beuße mbH wurde am 16. August 2016 zunächst mündlich durch das planende Büro, der Ingenieur - Dienst - Nord GmbH aus Oyten, vertreten durch Herrn Kahlenberg, mit einer Baugrunduntersuchung, -beurteilung sowie der Erarbeitung eines geotechnischen Gutachtens gemäß der DIN 4 020 und den notwendigen Nachweisen für den Deichkörper unter Zugrundelegung des Merkblatts DWA - M 507 „Deiche an Fließgewässern“ beauftragt. Der schriftlich ausgearbeitete Ingenieurvertrag mit der Vertrags-Nr.: S - 47203 / 04 und dem Aktenzeichen: 47203 / 04 wurde vom Ochtumverband aus Harpstedt am 09. September 2016 und von dem aufstellenden Büro am 20. September 2016 unterzeichnet. Der darin festgehaltene Zeitplan wurde im Zuge der Projektbearbeitung auf Grund von nicht vorliegenden, notwendigen Berechnungsergebnissen der hydrologischen Berechnung durch die IDN GmbH sowie heterogener Geologie, welche eine Nacherkundung erforderlich machten, nach gemeinsamer Absprache verschoben.

Für die Planung der Bauwerke sind gemäß des Merkblatts DWA - M 507 die geforderten Untersuchungen im vollen Umfang auszuführen, da der Deich laut der DIN 4 020 in die geotechnische Kategorie 3 (GK 3) fällt und der Rasterabstand der Aufschlüsse maximal 100,00 m bis 200,00 m betragen darf, so dass die Ansatzpunkte der Baugrunduntersuchungen ausgehend von dieser Vorgabe festgelegt wurden.

In dem vorangegangenen Bericht 16 - 14695.1 vom 03. März 2017 wurden die durchgeführten Feld- und Laboruntersuchungen beschrieben und bewertet.

Die, für die Bemessung des Deichkörpers notwendigen, geotechnischen Nachweise werden nachfolgenden in diesem Bericht vorgestellt und bewertet.

2 Bearbeitungsunterlagen

Zur Bearbeitung standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- a) Lagepläne der Planungsstrecke km 1+540 bis km 0+650, Maßstab 1 : 1.000, Arbeitsstand: 19. August 2016, Unterlagen der IDN GmbH aus Oyten, bereitgestellt in digitaler Form
- b) Topografische Bestandshöhen des Untersuchungsgebiets, als DWG-Datei, Unterlagen der IDN GmbH aus Oyten, bereitgestellt in digitaler Form
- c) Lagepläne mit geplanter Deichtrasse, Gewässerlängsschnitt sowie Querprofile des Bestands und der Planung, Arbeitsstand: 19. Dezember 2016, Unterlagen der IDN GmbH aus Oyten, bereitgestellt in digitaler Form durch Herrn Meyer
- d) Gefährdungsabschätzung des Hochwasserschutzes im Bereich der Wiekhornwiesen an der Delme, 27755 Delmenhorst, am 20. September 2012 erstellt durch das Grundbaulabor Bremen aus Bremen, bereitgestellt in digitaler Form durch den IDN GmbH aus Oyten
- e) Hochwasserrückhaltebecken (HRB), „Delmenhorst / A 28“, Einschätzung der Standsicherheit der Verwaltung/Deiche der Delme zwischen der A 28 und den Graftwiesen, am 30. Juni 2003 erstellt durch die GTU Ingenieurgesellschaft mbH aus Hannover, bereitgestellt in digitaler Form durch den IDN GmbH aus Oyten
- f) Regeldarstellung Deich, Bauweise Deich mit wasserseitiger Oberflächenabdichtung aus Lehm, Stand: 11. Oktober 2016, Maßstab 1 : 50, Unterlagen der IDN GmbH aus Oyten, bereitgestellt in digitaler Form
- g) Regeldarstellung Deich, Bauweise Deich mit dem Deichverteidigungsweg am binnenseitigen Böschungsfuß, Stand: 11. Oktober 2016, Maßstab 1 : 50, Unterlagen der IDN GmbH aus Oyten, bereitgestellt in digitaler Form
- h) Merkblatt DWA-M 507-1 – Deiche an Fließgewässern Teil 1: Planung, Bau und Betrieb, Auflage Dezember 2011, Hrsg. DWA e.V., DGGT e.V., DTK e.V.
- i) Merkblatt DWA-M 512-1 – Dichtungssystem im Erdbau Teil 1: Erdbauwerke, Auflage Februar 2012, Hrsg. DWA e.V., DGGT e.V., HTG e.V.
- j) Geologische Übersichtskarte, Maßstab 1 : 500.000, eingesehen am 26. August 2014 auf dem Kartenserver des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover (Permalink: <http://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=1nvePyQN>)

- k) Hydrogeologische Karte, Hydrogeologische Räume und Teilräume 1, Maßstab 1 : 500.000, eingesehen am 26. August 2014 auf dem Kartenserver des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover (Permalink: <http://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=25RXdJNL>)
- l) Hydrogeologische Karte, Lage der Grundwasseroberfläche, Maßstab 1 : 200.000, eingesehen am 26. August 2014 auf dem Kartenserver des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover (Permalink: <http://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=17vSuEDj>)
- m) Materialprüfberichte aus den Gruben Ippener, Klein Henstedt und Henstedt, erstellt durch die GTU Ingenieurgesellschaft mbH aus Hannover, bereitgestellt in digitaler Form durch den IDN GmbH aus Oyten
- n) Nivellement zum Höhenfestpunkt Nr. 1109 und 1318 sowie Luftbilderauswertung zur Kampfmittelbeseitigung des Landesamts für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, bereitgestellt am 04. Oktober 2016 in digitaler Form durch den IDN GmbH aus Oyten
- o) EAU 2012 - Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen, 11. Auflage 2012, Hrsg. DGGT e. V., HTG e. V.
- p) LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL, 2004: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen. Teil II: Technische Regeln für die Verwertung - 1.2 Bodenmaterial (TR Boden)
- q) Prüfbericht-Nr.: 2016P515517 / 1 vom 26. Oktober 2016, Unterlagen der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH aus Pinneberg (Material: „Lehm / Schluff“)
- r) Prüfbericht-Nr.: 2016P515518 / 1 vom 26. Oktober 2016, Unterlagen der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH aus Pinneberg (Material: „Sand“)
- s) Leitungspläne diverser Versorgungsträger
- t) Ergebnisse der hydrologischen Berechnung für die Delme Stationierungen km 7+690, km 7+900 und km 8+080, bereitgestellt am 31. März 2017 in digitaler Form durch den IDN GmbH aus Oyten
- u) Nichtlineare Finite-Element-Methoden, Professor Dr.-Ing. habil. Peter Wriggers, Universität Hannover, Institut für Baumechanik und Numerische Methoden, verfasst im Juli 2000, veröffentlicht durch den Springer Verlag

- v) Numerische Methoden in der Geotechnik, Skriptum des Jahres 2014 von Herrn Dr.-Ing. Hans Matthäus Hügel, Oberingenieur am Institut für Geotechnik und Baubetrieb der Universität Hamburg
- w) Bericht 16 - 14695.1 vom 03. März 2017, Feld- und Laboruntersuchungen
- x) DIN-Normen
 - DIN 1 054 Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
 - DIN 1 055 Einwirkung auf Tragwerke - Teil 2 Bodenkenngrößen
 - DIN 4 020 Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1 997
 - DIN 4 084 Gelände- und Böschungsbruchberechnungen
 - DIN 4 096 Bestimmung der undrainierten Kohäsion
 - DIN 18 196 Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
 - DIN 18 122-2 Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
 - DIN 18 123-4 bis -6 Bestimmung der Korngrößenverteilung
 - DIN 18 128 Bestimmung des Glühverlusts
 - DIN 18 129 Bestimmung des Kalkgehalts
 - DIN 18 130 Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts
 - DIN 18 132 Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens
 - DIN 18 135 Kompressionsversuch
 - DIN 18 137-3 Bestimmung der Scherfestigkeit
 - DIN 18 300 VOB - Teil C: ATV - Erdarbeiten
 - DIN 18 304 VOB - Teil C: ATV - Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
 - DIN EN 1 997-1 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln
 - DIN EN 1 997-2 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
 - DIN EN ISO 14 688 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung Beschreibung und Klassifizierung von Böden (ersetzt DIN 4 022 und DIN 4 023)
 - DIN EN ISO 22 475 Geotechnische Erkundung und Untersuchung (ersetzt DIN 4 021)
 - DIN EN ISO 22 476 Baugrund, Feldversuche (ersetzt DIN 4 094)
 - DIN EN ISO 27 892 Wassergehaltsbestimmung durch Ofentrocknung (ersetzt DIN 18 121-1)

3 Örtliche Situation und Bauwerk

Das Erkundungsgebiet der geplanten Deichtrasse liegt entlang der Delme ausgehend von der Autobahn A 28 bis zu den Graften in Delmenhorst. Das Planungsgebiet erstreckt sich von Deich km 1+520 bis Deich km 0+030. Entlang der Flusstrasse befindet sich eine bereits bestehende, teils heterogene Verwallung.

Es ist geplant, die alte Verwallung gegen einen geplanten, ausreichend dimensionierten Deich auszutauschen, um einen hinreichenden Hochwasserschutz zu gewährleisten. Im nördlichen Bereich, bei km 0+140 ist eine Umlegung der Delme geplant, wodurch der Verlauf der Delme-Dämme angepasst werden muss. In diesen Bereichen bleibt die Grundstruktur der bestehenden Verwallung erhalten und wird in Teilbereichen für ein mögliches Durchfluten durchstoßen. Der endgültige Regelquerschnitt des Deichkörpers liegt zum Erstellungszeitpunkt des Gutachtens noch nicht vor und soll in gemeinsamer Zusammenarbeit mit dem Ingenieurdienst Nord aus Oyten während der geotechnischen Nachweisführung ermittelt werden. Es ist aber davon auszugehen, dass der Deich nach Festlegung der Freibord- und Kronenhöhe gemäß der Bearbeitungsunterlage c) bereichsweise als mittelgroßer Deich (Höhe zwischen 1,5 m und 3,0 m) einzuordnen ist. Die Freibordhöhe ist entsprechend den vorgegebenen Bemessungshöchstwasserständen mit

$$h_{\text{Freibord}} \geq 0,50 \text{ m}$$

zu berücksichtigen. Nach den aktuellen Regelwerken ist eine Böschung mit einer Neigung von 1 : 3 oder flacher vorzusehen. Gemäß Informationen des Auftraggebers soll zunächst eine Ein-Zonen-Deich-Bauweise untersucht werden. Das dazu erforderliche, bindige Material sei in ausreichenden Mengen verfügbar. Zur Überprüfung der Eignung dieses Materials wurden Ergebnisse bodenmechanischer Laborversuche vorgelegt (vgl. Bearbeitungsunterlage m)).

Weiterhin ist es erforderlich, in dem Bereich, in dem im Osten der Delme eine neue Deichtrasse errichtet wird, auf der West-Seite der Delme eine hangsichernde Spundwand zu errichten. Diese Maßnahme wird auch in weiteren Bereichen, in denen ebenfalls das Errichten von Deichen auf Grund der Morphologie und / oder Platzgegebenheiten nicht möglich ist, durchgeführt.

Gemäß der Bearbeitungsunterlagen a) sind an insgesamt vier verschiedene Abschnitten Spundwände geplant. Die Einbindelängen und das Profil der Spundwände sind zum Zeitpunkt der Gutachten-erstellung nicht bekannt. Die rechnerische Einbindelänge bestimmt sich über den erforderlichen Sickerweg sowie über die Standsicherheitsnachweise. Darüber hinaus muss landseitig ein entsprechendes Drainageprisma sowie eine Ableitungsmöglichkeit mitberücksichtigt werden (auf der vorliegenden Planunterlage nicht ersichtlich).

Die Topografie im Bereich der Deichtrasse weist ein relativ ebenes Gelände auf. Ausgehend von den Bohransatzpunkten ist auf einer Länge von ca. 1.500 m ein maximaler Höhensprung von etwa 2,70 m gemessen worden. Als Höhenfestpunkte wurden zwei, in der Nähe der Deichtrasse gelegene Festpunkte angenommen. Die Festpunkte wurden auf m NN eingemessen und deren Höhenaufmaße dem aufstellenden Büro Zusammen mit der Luftbilderauswertung zur Kampfmittelbeseitigung des Landesamts für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (vgl. Bearbeitungsunterlage n)) zur Verfügung gestellt. Die Lagen der Höhenfestpunkte sind auf den Lageplänen in den **Anlagen 1** dargestellt.

Der bisher ermittelte, maximale HQ_{100} schwankt gemäß der Bearbeitungsunterlage c) je nach Stationierung von Nord nach Süd zwischen 8,20 m NN und 9,24 m NN.

Weiterhin liegen als Bearbeitungsunterlage t) für die relevanten Schnitte IV - IV' (Delmestationierung: km 8+080 bzw. Baustation: km 1+180), Schnitt V - V' (Delmestationierung: km 7+900 bzw. Baustation: km 1+100) und Schnitt VIII - VIII' (Delmestationierung: km 7+690 bzw. Baustation: km 0+790) zeitabhängige, hydrologische Wasserstandsberechnungen vor. Diese sind relevant für die instationären, untergrundhydraulischen Berechnungen.

Die Schnitte IV - IV', V - V' und VIII - VIII' (vgl. Anlagen 3.4, 3.5 und 3.8 des Berichts 16 - 14695.1) wurden als maßgebende Schnitte für die geotechnischen Nachweise ermittelt. Ausgehend von der Bearbeitungsunterlage c) ist für die geotechnische Nachweisführung insbesondere maßgebend, dass bereichsweise einerseits eine Ertüchtigung des Deichquerschnitts in der bestehenden Deichtrasse und andererseits der Deichquerschnitt in ehemaligen Deichvorland neu errichtet wird.

Unter Ansatz des Regelprofils der Bearbeitungsunterlage f) zeigt sich, dass es von unverhältnismäßigem technischen und wirtschaftlichen Aufwand wäre, einen Ein-Zonen-Deich neu mit Anschluss an die natürliche, abdichtende Auenlehmschicht zu errichten. Daher wird unsererseits empfohlen, den Oberboden abzuschleifen, die vorhandenen Auffüllungen zu verdichten und mit einer mindestens einen Meter mächtigen, abdichtenden Schicht und folgender Oberflächenabdeckung zu versehen, um so den geplanten Querschnitt zu profilieren. In den Bereichen mit vorverlegter Deichtrasse sollte das bindige Deichkernmaterial an die natürliche Auenlehmschicht angeschlossen werden.

4 Nachweise der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit

4.1 Allgemeines

Um auf der sicheren Seite liegend die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit für die Deichkörper im Erkundungsgebiet nachweisen zu können, wurden die drei maßgebenden Schnitte IV - IV', V - V' und VIII - VIII' ausgewählt (vgl. Abschnitt 3). Für diese wurde anhand von CAD Zeichnungen der Regelquerschnitt der Bearbeitungsunterlage f) angesetzt, um die vom Auftraggeber präferierte Ein-Zonen-Deich-Bauweise mit Deichverteidigungsweg auf der Deichkrone untersuchen zu können. Unter Ansatz der Bemessungswasserstände, welche dem Gewässerlängsschnitt der Bearbeitungsunterlage c) entnommen und durch die IDN GmbH aus Oyten bestätigt wurden, ist unter Beaufschlagung des Freiboards von 0,50 m die erforderliche Deichkronenhöhe bestimmt worden. Es folgte die Ermittlung eines möglichen geotechnischen Aufbaus für die Deichkörper, deren Zonierung bereits in Abschnitt 3 beschrieben wurde und im Detail den Schnitten der **Anlage 2** zu entnehmen ist.

Für das Deichkörpermaterial des angesetzten Ein-Zonen-Deichs liegen gemäß der Bearbeitungsunterlage m) drei unterschiedliche Materialien vor. Aus Sicht des aufstellenden Büros sind die Materialien der Gruben Klein Henstedt und Henstedt dem Material der Grube Ippener zu bevorzugen, da letzteres einen höheren Sandanteil aufweist. In den nachfolgenden Berechnungen wird, gegenüber dem Material der Grube Henstedt auf der sicheren Seite liegend, das Material der Grube Klein Henstedt angesetzt.

Als Oberflächenabdeckung des Deichkörpermaterials wird Oberbodenmaterial in den Berechnungen berücksichtigt.

Im Weiteren werden zunächst anhand der Schnitte IV - IV' und V - V' die vertikalen Verformungen im Zuge der Deichherstellung untersucht, um zu überprüfen, ob die gewählten Ansätze zu hinnehmbaren Verformungen der vorhandenen Geologie und des Deiches führen oder ob eventuell vorangehende Bodenverbesserungsmaßnahmen erforderlich sind. Der Schnitt IV - IV' stellt bezogen auf die baubedingten Setzungen im Gegensatz zu dem Schnitt VIII - VIII' für den Bereich der, in der neuen Deichtrasse zu errichtenden Deichkörper, den ungünstigeren Fall dar.

Anschließend erfolgt für die Schnitte IV - IV', V - V' und VIII - VIII' die Ermittlung der Porenwasserdruckverteilung und Sickerlinienermittlung unter Ansatz stationärer Bedingungen mit dem maximalen Hochwasserfall HQ₁₀₀ sowie instationären Bedingungen für den zeitabhängigen Hochwasserfall.

Diese Ergebnisse werden dann in die Systeme für den Nachweis der Standsicherheit eingearbeitet. Hier werden die ungünstigste Sickerlinie der instationären Berechnungen im Hochwasserfall sowie die Sickerlinie nach einem Sinken des Wasserstands nach einem Hochwasserereignis untersucht.

Darüber hinaus wird für die mit Spundwänden abgesicherten Bereiche an einem auf der sicheren Seite liegenden Schnitt die Standsicherheit der Spundwand und deren erforderliche Einbindelänge ermittelt.

Schlussendlich wird für eventuelle Brückenbauwerke der Bemessungswert des Sohldruckwiderstands im Zuge einer Grundbruch- und Setzungsberechnung ermittelt.

4.2 Verformungs- und Grundwasserströmungsanalysen

Mit der Auflast durch die im Zuge der Deichherstellung anthropogen aufgebracht Böden kommt es zu vertikalen Verformungen, deren Ausmaß für die Schutzwirkung im Hochwasserfall relevant sein kann und daher zu untersuchen ist.

Da keine Kenntnisse über die Lastgeschichte und weiterführende bodenmechanischen insitu-Messdaten, welche Aufschlüsse über das lastabhängige Verformungs- oder Konsolidierungsverhalten liefern könnten, vorliegen, ist von einer **Setzungsprognose** und keiner Setzungsberechnung zu sprechen.

Die Setzungsprognosen werden an den Schnitten IV - IV' und V - V' durchgeführt (vgl. **Anlagen 3.4 und 3.5** des Berichts 16 - 14695.1). Die einzelnen Systemabmessungen wurden unter Ansatz des Regelquerschnitts der Bearbeitungsunterlage f) den erstellten Schnitten der **Anlagen 3** entnommen (vgl. Abschnitt 4.1).

Mithilfe des Programmsystems GGU-ELASTIK wurde die Verteilung der Setzungen im System bestimmt. Das Programmsystem verfährt nach der Finite-Elemente-Methode (FE-Methode). Für die numerische Behandlung werden die Systeme in endlich kleine Dreieckselemente (finite Elemente) unterteilt. Das Ziel ist es, so die Anzahl der Unbekannten zu reduzieren. Dabei wird der Ansatz der Kontinuumshypothese, nach welcher der Boden nicht aus mehreren, heterogenen Phasen, sondern aus einem homogenisierten Material besteht, verfolgt.

Die Dreieckselemente besitzen jeweils drei Knoten mit je zwei Freiheitsgraden (mögliche Verschiebung in x- und y-Richtung). Den Böden wird mittels des linear elastischen Stoffmodells ein Spannungs-Dehnungs-Verhalten zugeordnet. Ausgangspunkt für dieses Stoffmodell ist das Hooke'schen Gesetz, nach dem der Spannungszustand proportional vom konstanten Elastizitätsmodul E sowie der Verzerrung ϵ abhängt. Bezogen auf bodenmechanische Probleme führt das gemäß Bearbeitungsunterlage v) zu einer Beziehung zwischen dem effektiven Cauchy-Spannungstensor und dem infinitesimalen Verzerrungstensor:

$$\sigma' = \mathbf{E} : \epsilon \quad \text{Gl. 4-1}$$

$$\sigma'_{ij} = E_{ijkl} \epsilon_{kl} \quad \text{Gl. 4-2}$$

Unter Ansatz der Isotropie liegen je Material zwei Stoffparameter vor. Zum einen der Elastizitätsmodul E und zum anderen die Querkontraktions- bzw. Poisson-Zahl ν . Zu beachten ist, dass das von der Software GGU-ELASTIK verwendete Stoffmodell unter anderem plastisches Verhalten sowie die Abhängigkeit des Steifemoduls von der Barotropie, Pyknotropie und die Zunahme mit der Tiefe neben weiteren bodenmechanischen Verhaltensmerkmalen vernachlässigt. Für die Verwendung höherklassiger Stoffmodelle sind neben aufwendigeren FE-Programmen zur Lösung der Differentialgleichungen jedoch auch weitaus mehr Stoffparameter, deren Bestimmung für jede einzelne Bodenart erfolgen muss, erforderlich. Die notwendige Datengrundlage ist hierzu nicht gegeben.

Zur Lösung des, auf der Kontinuumsmechanik basierenden Problems, bilden die enthaltenen Feldgleichungen zusammen mit Randbedingungen ein Randwertprob-

lem. Die Vorgabe der gesuchten Größe und bzw. oder deren Ortsableitung an den Rändern des Modells ist zur Lösung des Randwertproblems dabei erforderlich, so dass dazu sinnvolle Annahmen zu treffen sind.

Unter Ansatz der oben genannten Beziehung des Cauchy-Spannungs- und des Verzerrungstensors wird durch Zusammenfügen linearer Teillösungen der Spannungs-Verformungszustand des Gesamtsystems ermittelt. Hierzu wird das Gleichungssystem des Randwertproblems mit der Anzahl an Unbekannten der zweifachen Knotenanzahl näherungsweise gelöst und liefert letztendlich Lösungen für die Knotenverschiebungen. Bei der hohen Anzahl an Unbekannten ist eine exakte, analytische Lösung nicht möglich.

In ähnlicher Weise erfolgen die untergrundhydraulischen Berechnungen, in welchen die Potentialhöhenverteilung und der Sickerlinienverlauf ermittelt werden. Diese Berechnungen erfolgen an vertikal ebenen Schnitten mit Hilfe des GGU-Programms GW2, Version 7, für den stationären Fall. Die instationären Berechnungen werden unter Ansatz zeitabhängiger Randbedingungen mit dem GGU-Programm Transient, Version 6 durchgeführt. Die beiden Programme ermitteln die gesuchten Größen ebenso mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode unter Lösung des resultierenden Randwertproblems. Als gesuchte Größe werden hier jedoch Potentialhöhen an den Rändern vorgegeben. Als Grundlage für die Modellerstellung wurden wie auch für die Verformungsanalysen die CAD-Zeichnungen der **Anlage 2** verwendet.

Nachfolgend werden im Zuge der Modellbeschreibung und Parametrisierung die Annahmen beschrieben und die anhand der numerischen Modellierung erzielten Ergebnisse vorgestellt.

4.2.1 Lösungsgebiet

Im Rahmen der Finiten-Elemente-Methode wird das Lösungsgebiet des betrachteten Modellausschnitts mit Ω bezeichnet. Der gesamte Rand des Lösungsgebiets ist als $d\Omega$, die seitlichen sowie der untere Rand ist mit $d\Omega_1$ und der obere Rand mit $d\Omega_2$ definiert.

Verformungsanalyse

Die Setzungen werden für den Endzustand prognostiziert. Es wird vorausgesetzt, dass das Aufbringen der Lasten lagenweise und zeitverzögert erfolgt, so dass sich bildende Porenwasserüberdrücke abbauen können und auf eine Konsolidationsana-

lyse der bindigen Böden verzichtet werden kann. Zur Betrachtung der Verteilung der vertikalen Verformungen im Bereich des Deichkörpers ist das Lösungsgebiet so groß zu wählen, dass die Ränder keine signifikanten Einflüsse auf die ermittelten Ergebnisse haben.

Grundwasserströmungsanalyse

Für die Grundwasserströmungsanalyse wird das System in der Horizontalen weiter ausgedehnt, um auch die untergrundhydraulischen Einwirkungen der Delme und des angetroffenen Grundwasserspiegels berücksichtigen zu können.

4.2.2 Randbedingungen

Verformungsanalyse

Entlang des Randabschnitts $d\Omega_1$ wird angenommen, dass keine Verschiebungen in die x- und y- Raumrichtungen am unteren Rand sowie keine Verschiebungen in x- Richtung an den seitlichen Rändern auftreten können. Dadurch wird simuliert, dass sich der untere Modellrand nicht bewegen kann, jedoch Setzungen in vertikaler Richtung der darüber liegenden Bodenschichten zugelassen werden. Hierzu kommen *DIRICHTLET*-Randbedingungen zum Einsatz.

Die durch den angesetzten, unverschieblichen Rand an der Modellunterseite entstehenden Abweichungen des Modells von der Realität werden auf Grund der anstehenden Geologie als gering eingestuft. Eine Berücksichtigung der daraus entstehenden Unsicherheit erfolgt dennoch durch auf der sicheren Seite liegend angesetzten Erst- und nicht Wiederbelastungskennwerten für die Böden, welche sich im Wirkungsbereich der Aushubentlastung befinden.

Die horizontalen Abmessungen des Modells wurden mittels Spannungsverteilungen kontrolliert, so dass nicht mit signifikanten Einflüssen aus der Begrenzung der seitlichen, horizontalen Verschiebungen zu rechnen ist.

An der Oberseite des Lösungsgebiets und somit entlang des Randabschnitts $d\Omega_2$ sind dem Programm zwar keine direkten Angaben zu machen, jedoch setzt die FE-Methode voraus, dass die Lösung entlang des gesamten Randes bekannt ist. Hierzu kommen *NEUMANN*-Randbedingungen in Frage, welche unter Vorgabe der Ortsableitung der gesuchten Größe einen Spannungszustand definieren. Im vorliegenden Fall wird von einem Spannungsnullzustand entlang des betrachteten Randes ausgegangen.

Grundwasserströmungsanalyse

Zur Ermittlung der Potentialhöhenverteilung werden den Modellen an dem jeweiligen landseitigen Rand konstante Potentialrandbedingungen mit der Größe des anstehenden Grundwasserstands als *DIRICHTLET*-Randbedingung vorgegeben.

Auf der Wasser- bzw. Delme-Seite werden den Systemen am oberen Rand des Lösungsgebiets $d\Omega_2$ für die stationären Berechnungen konstante Potentialhöhen mit der Größenordnung des jeweiligen Bemessungswasserstands (max. HQ_{100}) als *DIRICHTLET*-Randbedingung vorgegeben. Unter instationären Bedingungen sind diese Randbedingungen zeitabhängig und nehmen die Größenordnung des maßgebenden, zeitabhängigen Hochwasserereignisses der Bearbeitungsunterlage t) an.

Darüber hinaus ist für die Untersuchung eines Drainageprismas die Vorgabe eines konstanten Potentials auf Höhe des Drainageprismas erforderlich, um die wasserabführende Wirkung zu modellieren. Auf der sicheren Seite liegend wird das Potential nicht auf Drainagehöhe sondern auf etwa 10 cm über der jeweiligen Geländehöhe der Drainageprisma - Oberkante gesetzt.

4.2.3 Belastungsbedingungen

Die numerische Simulation der Lastgeschichte ist mit dem verwendeten Programmcode nicht möglich, so dass die Belastungen wie folgt definiert werden:

- Es herrschen keine zusätzlichen Spannungen entlang des oberen Randes, so dass eine Belastung durch Verkehrslasten, aufgrund der nicht vorhandenen dauerhaften Belastung, nicht berücksichtigt werden,
- die Belastung erfolgt allein durch die Wichte der aufgebrachten Böden,
- die Wichte der anstehenden Böden wird vernachlässigt, um die Verformungsanalyse derart durchführen zu können, dass aus dem Eigengewicht des anstehenden Bodens entstandene Setzungen bereits abgeklungen sind.

4.2.4 Diskretisierung

Die Diskretisierung des Lösungsgebietes Ω erfolgt, wie zuvor beschrieben, mit einer endlichen Anzahl finiter Dreiecks-Elemente, die an Knoten zusammenhängen und sich gemäß dem Lagrange-Ansatz mit dem Boden verformen. Dadurch werden gemäß der Bearbeitungsunterlage u) die Verschiebungsfelder mit Hilfe von Interpolationsfunktionen durch Knotenverschiebungen ersetzt, welche die primären Unbekannten (also Freiheitsgrade) des Problems sind.

Die Dreiecke sind möglichst so auszubilden, dass ein gleichmäßiges Dreieckmuster entsteht. Ein ausreichender Diskretisierungsgrad, also eine ausreichende Anzahl an verwendeten Elementen, ist zu erzielen, um eine netzbedingte Steifigkeitserhöhung des Systems zu verhindern.

Insbesondere in den Bereichen der modellierten, bindigen Böden sowie im gesamten Deichquerschnittbereich wurde das Raster verfeinert, da hier mit den höchsten Setzungen zu rechnen ist und dadurch die Ergebnisgenauigkeit verbessert werden kann. Mit zunehmender Tiefe wurde der Diskretisierungsgrad verringert.

Der Diskretisierungsgrad wurde anhand von Vergleichsrechnungen untersucht und als hinreichend genau befunden.

Die nachfolgende Tabelle 4-1 führt die Anzahl der Dreieckselemente und Knoten für die jeweiligen Schnitte auf.

Schnitt	Anzahl der Dreieckselemente	
	Verformungsanalyse	Grundwasserströmungsanalyse
Schnitt IV - IV'	1.118	7.251
Schnitt V - V'	2.002	7.071
Schnitt VIII - VIII'	[-]	4.487

Tabelle 4-1: Informationen über die FE-Netze (geplante Verfüllung)

4.2.5 Schichtgrenzen und Grundwasserspiegel

Die Schichtgrenzen der betrachteten Bodenschichten werden unter Zugrundelegung dem Schnitt naheliegender Baugrundaufschlüsse ermittelt. Hierbei ist der ungünstigste Fall, also die Schichtung mit den ungünstigsten Tragfähigkeitseigenschaften, relevant. Zwischen den Ansatzpunkten der Aufschlüsse erfolgt mittels ingenieurgeologischer Interpolation die Erstellung eines Schichtverlaufs, welche ebenfalls auf der sicheren Seite liegen soll und auf Grund der Genese von der angenommenen Schichtführung abweichen kann.

Verformungsanalyse

Da der Grundwasserstand im Rahmen der Finiten-Elementen-Analyse mit dem Programm GGU-ELASTIK in dem linearelastischen Stoffmodell nicht implementiert ist, wird dieser in dem Modell auch vernachlässigt. Nichts desto trotz ist zu beachten, dass es gerade bei bindigen Böden zu Porenwasserüber- und unterdrücken im Rahmen des vertikalen Zusammendrückens kommen kann.

Grundwasserströmungsanalyse

Im Zuge der Grundwasserströmungsberechnungen mit den Programmen GGU-GW2 und GGU-Transient wurden die Grundwasserspiegel, wie in Abschnitt 4.2.2 beschrieben, berücksichtigt.

4.2.6 Einwirkungen

Die betrachteten Einwirkungen entsprechen dem Gewicht des eingebauten Deichkörpermaterials.

4.2.7 Stoffkennwerte

Verformungsanalyse

Die Steifigkeiten E werden für die betrachteten Schnitte in Anlehnung an die Bodenkennwerte den Tabellen 4-8 und 4-9 des Berichts 16 - 14695.1 (vgl. Bearbeitungsunterlage w) ermittelt. Hierzu werden die angegebenen Sekanten-Steifemoduli E_s , welche von einer ödometrischen Belastung ausgehen, verwendet.

Die Querkontraktions- bzw. Poisson-Zahl ν kann unter Voraussetzung sehr kleiner Dehnungen aus den Stoffgleichungen für die eindimensionale Kompression bestimmt

werden. Hierzu folgt mit $K_0 = \sigma_3' / \sigma_1'$ der Zusammenhang zwischen v und dem Seitendruckbeiwert K_0 :

$$v = K_0 / (1 + K_0). \quad \text{Gl. 4-3}$$

Unter Ansatz des erstbelasteten Bodens liefern gemäß der Bearbeitungsunterlage v) übliche K_0 -Werte einen Wertebereich für v zwischen 0,333 und 0,500.

In den durchzuführenden Berechnungen wird an der Stelle des Elastizitätsmoduls E jeweils der Steifemodul E_s für das dazugehörige Material eingesetzt. Durch Setzen der Querkontraktionszahl zu $v = 0$ wird diese Eingabe berücksichtigt, so dass eine stoffmodell-interne Umrechnung der Steifigkeiten anhand der Querkontraktionszahlen nicht erforderlich ist. Neben den angesetzten Steifigkeiten erfolgt für die zusätzlich aufgebrauchten Böden der Ansatz der Wichte gemäß den Tabellen 4-8 und 4-9 des Berichts 16 - 14695.1 oder geeigneter Annahmen.

Der verwendete Parametersatz unter Zugrundelegung einer, zu jedem Material berücksichtigter Querkontraktionszahl von $v = 0$, ist der Tabelle 4-2 zu entnehmen.

Bodenschicht Bodenart	E_s [MN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	v [-]
Sande, mitteldicht	60,0	0,0	0,0
Sande, dicht	80,0	0,0	0,0
Auenlehm, breiig bis weich	0,2	0,0	0,0
Auenlehm, weich bis steif	3,0	0,0	0,0
Ober- / Mutterboden, locker	5,0	0,0	0,0
Auffüllungen, mitteldicht	30,0	0,0	0,0
Deichkörpermaterial			
Deichkörpermaterial, steif	3,5	20,0	0,0
Oberflächenabdeckung, mitteldicht bzw. steif	3,5	20,0	0,0
Straßenaufbau	100,0	30,0	0,0

Tabelle 4-2: Parametersatz für die Verformungsanalysen

Grundwasserströmungsanalyse

Für die Grundwasserströmungsanalyse sind neben dem horizontalen Durchlässigkeitsbeiwert k_x und dem vertikalen Durchlässigkeitsbeiwert k_y auch der effektive Porenraum n_{eff} . Weiterhin ist auch der Anteil des Wasservolumens n_w am Gesamtvolumen, der gemäß der Abbildung 1 des Benutzerhandbuchs des Programms GGU-Transient, Version 6 in funktionaler Abhängigkeit vom Porenwasserdruck u steht, von Bedeutung. Für die instationären Grundwasserströmungsanalyse wird darüber hinaus die stoffabhängige, spezifische Kapazität S benötigt. Anisotropes Durchlässigkeitsverhalten wird hierbei nicht berücksichtigt, so dass $k_x = k_y$ angesetzt wird.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte der anstehenden Böden wurden gemäß der Tabelle 4-2 des Berichts 16 - 14695.1 angesetzt. Für das Deichkörpermaterial der Grube Klein Henstedt liegt der Durchlässigkeitsbeiwert gemäß der Bearbeitungsunterlage m) vor. Die weiteren Funktions- bzw. Stoffkennwerte wurden gemäß Erfahrungs- und Literaturangaben vergleichbarer Böden herangezogen.

Der verwendete Parametersatz ist in der nachfolgenden Tabelle 4-3 zusammengefasst.

Bodenschicht (Bodenart)	$k_x = k_y$ [m/s]	n_{eff} [-]	S [1/s]
Sande, mitteldicht	$4,7 \cdot 10^{-5}$	0,20	$2,0 \cdot 10^{-4}$
Sande, dicht	$2,0 \cdot 10^{-5}$	0,25	$2,0 \cdot 10^{-4}$
Auenlehm, breiig bis weich	$1,3 \cdot 10^{-8}$	0,05	$2,0 \cdot 10^{-2}$
Auenlehm, weich bis steif	$1,3 \cdot 10^{-8}$	0,05	$2,0 \cdot 10^{-2}$
Ober- / Mutterboden, locker	$6,2 \cdot 10^{-6}$	0,10	$1,0 \cdot 10^{-3}$
Auffüllungen, mitteldicht	$6,2 \cdot 10^{-6}$	0,15	$1,0 \cdot 10^{-3}$
Deichkörpermaterial			
Deichkörpermaterial, steif	$4,12 \cdot 10^{-8}$	0,05	$2,6 \cdot 10^{-3}$
Oberflächenabdeckung, mitteldicht bzw. steif	$1,0 \cdot 10^{-5}$	0,10	$9,2 \cdot 10^{-4}$
Straßenaufbau	$5,0 \cdot 10^{-3}$	0,25	$4,9 \cdot 10^{-6}$
Kies-Drainage	$1,0 \cdot 10^{-4}$	0,20	$4,9 \cdot 10^{-6}$

Tabelle 4-3: Parametersatz für die Grundwasserströmungsanalysen

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Verformungsanalyse

Das verwendete System mit erstelltem Finite-Elementen-Netz und die Berechnungsergebnisse als Darstellung der Verformungsverteilung in den Schnitten VI - VI' und V - V' sind den **Anlagen 3.1 bis 3.4** im Detail zu entnehmen.

Hierbei zeigt im Bereich der zu errichtenden Deichtrasse eine gemäß der Auflastverteilung zu erwartende, muldenförmige Verformungsverteilung, welche von der Deichkrone beginnend nach außen Untergrund abnimmt. Es ist im Bereich der Deichkrone in Schnitt IV - IV' mit maximal 41,0 cm rechnen.

Im Bereich der bestehenden Deichtrasse kann es im Zuge der Ertüchtigung der Bestandsdeiche zu Setzungsdifferenzen der Deichabdeckung kommen, welche aus dem asymmetrisch, aufzubringenden Mächtigkeiten und teils vorbelasteten Bereichen herrühren. Diese sind jedoch durch eine hinreichende Verdichtung der anstehenden Auffüllungen zu vermindern. Es kommt im Schnitt V - V' im Gegensatz zum Schnitt IV - IV' allerdings lediglich zu max. 4,0 cm Setzungen.

Bei den durchgeführten Verformungsanalysen konnte das Konsolidierungs- und Kriechverhalten der bindigen Böden, welches auch vom Vorbelastungsgrad abhängt, nicht berücksichtigt werden. Daher ist mitunter mit langzeitigen Setzungen zu rechnen, welche überschlagsweise mit zusätzlichen 1,0 cm bis 1,5 cm berücksichtigt werden sollten.

Das ermittelte, maximale Setzungsmaß von 42,5 cm im Schnitt IV - IV' wird in den bereits vorbelasteten Bereichen und in Bereichen, in welchen die aktuelle Geländehöhe bereits der Größenordnung der erforderlichen Deichkrone entspricht und lediglich eine Profilierung durchgeführt wird, nicht erreicht. In Bereichen der neuen Deichtrasse ist dieses Setzungsmaß dennoch zu berücksichtigen. In dem zu ertüchtigenen Bereich sind maximale Setzungen von 5,5 cm anzusetzen.

4.3.2 Grundwasserströmungsanalyse

Die Systeme mit dem erstellten Finite-Elemente-Netz, der ermittelten Potentialhöhenverteilung für den stationären Hochwasserfall sowie für den maßgebenden Zeitpunkt unter instationären Bedingungen sind für die Schnitte IV - IV' und V - V' und VIII - VIII' in den **Anlagen 4.1 bis 4.9** dargestellt.

Im Zuge der Durchführung der Grundwasserströmungsanalysen zeigte sich, dass ohne ein Drainageprisma am Deichfuß trotz der zumeist durchgehenden, geologischen Dichtung durch den Auenlehm und das bindige Deichkörpermaterial mit einem Austritt des Sickerwassers im Hochwasserfall auf der binnenseitigen Böschung zu rechnen ist. Daher wurde gemäß des in Abschnitt 4.2.3 beschriebenen Randbedingungsansatzes ein geotextil-ummantelter, kiesiger Drainagekörper (Drainageprisma) untersucht, welcher zu einem Herabsetzen der Sickerlinie führen soll. Baubedingt wird das darin anfallende Sickerwasser entweder abzuführen sein oder sich im Deichhinterland im Hochwasserfalls sammeln und natürlich, langsam versickern. Dazu ist es jedoch erforderlich ein Abfließen im Hinterland zu ermöglichen und eine Muldenbildung und resultierende Wassersammlung am Deichfuß zu verhindern. Denkbar wäre auch die Ausbildung eines mit hinreichend dränierbaren Material ausgebildeten, streifenförmigen Bereichs, um den oberflächlichen Aufstau im Hinterland zu minimieren. Planungsbedingt ist von einer Grabenherstellung abzusehen.

Nichts desto trotz ist aufgrund der hydrogeologischen und geologischen Bedingungen dennoch mit der Bildung von Qualmwasser im Hinterland zu rechnen.

Es zeigt sich, dass die resultierende Sickerlinie unter instationären Bedingungen geringfügig höher liegt als im stationären Fall, so dass diese als resultierende Porenwasserdrucknetze in die Modelle der Standsicherheitsberechnungen im Abschnitt 4.4 mit einfließen.

4.4 Standsicherheitsnachweise

Anschließend an die Verformungs- und Grundwasserströmungsanalysen wurden mit den errechneten Porenwasserdrucknetzen Standsicherheitsberechnungen mit den Verfahren der Kreisgleitflächen nach **Bishop**, den polygonalen Gleitflächen nach **Janbu**, der **Blockgleitmethode** sowie der Methode der **Starrkörperbruchmechanismen** durchgeführt. Die Standsicherheitsberechnungen erfolgten an den drei Schnitten mit dem Programm GGU-Stability, Version 11. Das Programm erfüllt die Anforderungen gemäß dem Eurocode 7.

Entsprechend dem Merkblatt DWA-M 507-1 (vgl. Bearbeitungsunterlage h)) sind die folgenden, zeitlich und örtlich veränderlichen, Einwirkungen als Versagensfälle berücksichtigt worden:

- Beanspruchungen aus dem Bemessungshochwasser (BHW),
- Beanspruchungen infolge eines schnell fallenden Wasserspiegels (SFWS).

Der Versagensfall „SFWS“ entwickelt sich gemäß dem Merkblatt DWA-M 507-1 vereinfacht über den Ansatz $W/3$. Allerdings wurde für die Berechnungen hier der ungünstigere Fall „Abfall des Wasserspiegels auf Mittelwasserniveau“ angesetzt.

Zusätzlich wurden entsprechend den Hinweisen der Bearbeitungsunterlage f) bei allen Nachweisen zur Standsicherheit auf der Deichkrone, auf welcher gemäß der Bearbeitungsunterlage der Deichverteidigungsweg realisiert werden soll, folgende Verkehrslasten berücksichtigt:

- Deichkrone / Deichverteidigungsweg = 33,30 kN/m².

Gemäß der DIN 4 084 ist die Standsicherheit für die Versagensfälle „Bemessungshochwasser“ sowie für den Versagensfall „Schnell fallender Wasserspiegel“ erfüllt, wenn der errechnete Ausnutzungsgrad $\mu \leq 1,0$ eingehalten wird.

Die betrachteten Versagensfälle sind entsprechend der Bearbeitungsunterlage f) für die ständige Bemessungssituation BS-P zu führen. Hierzu sind entsprechend der DIN EN 1 997-1 (GEO-3) die Teilsicherheitsbeiwerte gemäß der nachfolgenden Tabelle 4-4 anzusetzen.

Versagensfall	Bemessungssituation	$\gamma(\varphi')$	$\gamma(c')$	$\gamma(c_u)$	γ (Wichten)	$\gamma(G)$	$\gamma(Q)$
Maximaleinstau (BHW)	BS-P	1,25	1,25	1,25	1,00	1,00	1,30
Schnell fallender Wasserspiegel	BS-P	1,25	1,25	1,25	1,00	1,00	1,30

Tabelle 4-4: Verwendete Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIN EN 1 997-1 (GEO-3)

Die Standsicherheitsnachweise wurden jeweils an den Schnitten IV - IV' und V - V' mit den vier genannten Bruchverfahren gemäß DIN 4 084 für jeden Versagensfall iterativ durchgeführt. Der Schnitt IV - IV' ist gemäß der resultierenden Porenwasserdruckverteilung (vgl. Abschnitt 4.3.2) gegenüber dem Schnitt VIII - VIII' als kritischer bzgl. der Standsicherheit zu bewerten, so dass der Schnitt VIII - VIII' nicht weiter untersucht wird.

Dabei sind - ohne angesetztes Drainageprisma - die höchsten Ausnutzungsgrade insbesondere im Versagensfall „BHW“ im Bereich des Ausbrechens der errechneten Sickerlinie und somit zu einem Versagen der deichseitigen Böschung des Deichfußes kommt ($\mu > 1,00$). Unter Ansatz des ohnehin zur verbesserten Sickerwasserabführung erforderlichen Drainageprismas (vgl. Abschnitt 4.3.2) ist die Standsicherheit auch in diesem Bereich hinreichend gegeben.

Nachweise, bei denen der Ausnutzungsgrad lokal innerhalb des Oberbodens $\mu > 1,00$ betrug, wurden vernachlässigt, da die lokale Standsicherheit des Oberbodens erst nach einem Anwachsen der Einsaat gewährleistet werden kann. Darüber hinaus ist die Gesamtstandsicherheit des Deichkörpers infolge eines Erodierens des Oberbodens nicht gefährdet.

Insgesamt zeigt sich, dass der Versagensfall „BHW“ gegenüber dem Versagensfall „SFWS“ zu größeren Ausnutzungsgraden führt und dass aufgrund der im Schnitt V - V' vorhandenen Auffüllungen, welche zwingend auf eine mindestens mitteldichte Lagerung nachzuverdichten sind, die größten Ausnutzungsgrade erreicht werden.

4.5 Schnitt IV - IV' bei Deich km 1 +180 (Bereich der neuen Deichtrasse)

Der Aufbau des Systemschnitts erfolgte, wie bei den numerischen Simulationen, unter Berücksichtigung der Bearbeitungsunterlagen c) und f) sowie dem Baugrundschnitt Profil IV - IV' aus der Anlage 3.4 des Berichts 16 - 14695.1 (vgl. Bearbeitungsunterlage w).

Der Bereich stellt den Beginn der neu zu errichtenden Deichtrasse dar, so dass teils noch vom Bestandsdeich vorhandene Auffüllungen zu entfernen sind. Es stehen ausweislich der durchgeführten Erkundungsarbeiten unterhalb eventueller Auffüllungen bis etwa 5,26 m NN Auenlehm mit variierender Konsistenzen von breiig bis steif und mitteldicht gelagerten Sanden im Liegenden an.

Die berechneten Ausnutzungsgrade im Schnitt IV - IV' bei Deich km 1+180 sind in der Tabelle 4-5 zusammengefasst.

Ausnutzungsgrade μ der Standsicherheitsnachweise:

Versagensfall	Kreisgleitflächen nach Bishop	Blockgleitmethode	polygonale Gleitflächen nach Janbu	Starrkörperbruchmechanismen
Maximaleinstau (BHW)	0,65	0,53	0,56	0,65
Schnell fallender Wasserspiegel	0,78	0,59	0,64	0,59

Tabelle 4-5: Gesamtstandsicherheit des Deichkörpers bei km 1 +180

Die Ergebnisse der höchsten Ausnutzungsgrade für beide Versagensfälle sind den Ergebnisausdrücken in den **Anlagen 5.1** und **5.2** zu entnehmen.

Die Gesamtstandsicherheit bei dem Versagensfall „BHW“ ist gewährleistet.

Die Gesamtstandsicherheit der landseitigen Böschung im Versagensfall „BHW“ und der wasserseitigen Böschung im Versagensfall „SFWS“ unterschreitet den Ausnutzungsgrad von damit 1,00 erheblich.

Die Setzungen in diesem Bereich können gemäß Abschnitt 4.3.1 mit $s_{max} \leq 41,5$ cm berücksichtigt werden.

4.6 Schnitt V - V' bei Deich km 1 +100 (Bereich der ertüchtigten Deichtrasse)

Der Aufbau des Systemschnitts erfolgte, wie bei den numerischen Simulationen, unter Berücksichtigung der Bearbeitungsunterlagen c) und f) sowie dem Baugrundschnitt Profil V - V' aus der Anlage 3.5 des Berichts 16 - 14695.1 (vgl. Bearbeitungsunterlage w).

Der Bereich stellt den Beginn der zu ertüchtigenden Deichtrasse dar, so dass der Oberboden abzutragen und die vom Bestandsdeich vorhandene Auffüllungen zu profilieren und verdichten sind. Es stehen ausweislich der durchgeführten Erkundungsarbeiten unterhalb der Auffüllungen bis etwa 7,23 m NN Auenlehm mit variierender Konsistenzen von breiig bis steif und mitteldicht gelagerten Sanden im Liegenden an. Die Mächtigkeiten des Auenlehms ist hier geringer als im Schnitt IV - IV', dafür führt die Ausbildung eines Zwei-Zonen-Deichs mit den vorhandenen, nachverdichteten Auffüllungen im Kern und einer mindestens einen Meter mächtigen Dichtung zu größeren Ausnutzungsgraden.

Die berechneten Ausnutzungsgrade im Schnitt V - V' bei Deich km 1+100 sind in der Tabelle 4-6 zusammengefasst.

Ausnutzungsgrade μ der Standsicherheitsnachweise:

Versagensfall	Kreisgleitflächen nach Bishop	Blockgleitmethode	polygonale Gleitflächen nach Janbu	Starrkörperbruchmechanismen
Maximaleinstau (BHW)	0,78	0,69	0,78	0,78
Schnell fallender Wasserspiegel	0,75	0,64	0,70	0,85

Tabelle 4-6: Gesamtstandsicherheit des Deichkörpers bei km 1 +100

Die Ergebnisse der höchsten Ausnutzungsgrade für beide Versagensfälle sind den Ergebnisausdrücken in den Anlagen 5.1 und 5.2 zu entnehmen.

Die Gesamtstandsicherheit bei dem Versagensfall „BHW“ ist gewährleistet.

Die Gesamtstandsicherheit der landseitigen Böschung im Versagensfall „BHW“ und der wasserseitigen Böschung im Versagensfall „SFWS“ unterschreitet den Ausnutzungsgrad von damit 1,00 erheblich.

Die Setzungen in diesem Bereich können gemäß Abschnitt 4.3.1 mit $s_{\max} \leq 5,5$ cm berücksichtigt werden.

4.7 Hochwasserschutzwand

Gemäß der Bearbeitungsunterlagen a) und c) ist es vorgesehen in insgesamt vier Bereiche Hochwasserschutzwände als hinterfüllte Spundwände zu errichten. Die geologischen Aufschlüsse in diesen Bereichen liegen gemäß der Anlagen 3.19 bis 3.20 des Berichts 16 - 14695.1 vor.

Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung liegen keine weiteren Angaben hinsichtlich des Profils und der Stahlgüte der Spundwand vor, dass die Annahme eines Spundwandprofils **LARSEN 603** mit der Stahlgüte S 355 GP getroffen wird. Als maßgebende Belastung ist hier jeweils der Bemessungshochwasserstand HQ_{100} , woraus sich mit 0,50 m Freibord gemäß der Bearbeitungsunterlagen c) die Spundwandhöhe ergibt, anzusetzen. Diese Vorgaben sind bei den Berechnungen berücksichtigt worden.

Die Berechnung und der Aufbau des Geländesystems erfolgten EDV-gestützt mit dem Programm GGU-Retain, Version 7.34, 2012 (Hrsg. Prof. Buß).

Als maßgebende Baugrundsichtung ist hier die Bohrung BS 64 (vgl. Anlage 3.64 bzw. Schnitt XX - XX' in Anlage 4.20 des Berichts 16-14695.1, Bearbeitungsunterlage w)) angesetzt worden, die im Bereich der Hochwasserschutzwand bei Deich km 0 +170 liegt. Hier ist gemäß Bearbeitungsunterlagen c) ein Bemessungswasserstand $HQ_{100} = 8,70$ m NN

Die rechte Systemoberkante sowie der Wasserstand wurden entsprechend auf 9,20 m NN festgelegt. Die Geländeoberkante landseitig ist gemäß des Querprofils bei Station 0+140 der Bearbeitungsunterlage c) mit einer Hinterfüllung (Bodengruppe [SE]) auf ebenfalls 9,20 m NN geplant. Zur Berücksichtigung eines möglichen Überspülens im Hochwasserfall $> HQ_{100}$ und einer resultierenden Erosion des Hinterfüllmaterials wird das Geländeniveau landseitig mit 7,30 m NN berücksichtigt. Wasserseitig erfolgt ebenfalls die Annahme einer, bis zur Gewässersohle bei 7,30 m NN (vgl. Bearbeitungsunterlage c) freistehenden, nicht hinterfüllten Spundwand.

Die Berechnung erfolgte unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte für die ständige Bemessungssituation BS-P. Bei einer hydrostatischen Druckhöhe von ca. 1,40 m sowie der angesetzten Baugrundsichtung stellen sich die Berechnungsergebnisse wie folgt dar:

Ansatz / Nachweis	Wert
Profil	Larssen 603
Bemessungswasserstand	8,70 m NN
Grundwasserstand, landseitig	7,30 m NN
Erforderliche Einbindetiefe	4,32 m
Erforderliche Profillänge	6,22 m
Nachweis Einzelbohle Larssen 603	$\mu \leq 0,140$
Nachweis hydraulischer Grundbruch	$\mu < 0,00$
Nachweis Auftrieb	$\mu \leq 0,72$
Nachweis Summe V	$\mu < 0,75$
Kopfauslenkung zur Landseite	0,6 cm

Tabelle 4-7: Ansätze und Ergebnisse für die Berechnung der HW-Schutzwand

Die Ergebnisse der Berechnung liegen diesem Gutachten als Grafikausdruck in der **Anlage 6** bei.

Die errechnete Kopfauslenkung ist als gering zu bewerten und muss nicht durch konstruktive Maßnahmen (Gurtung, Stahlgüte etc.) verringert werden.

Für die weitere Planung der Hochwasserschutzwand empfehlen wir die Einbindelänge mit $\geq 4,50$ m zu berücksichtigen

4.8 Weitere Nachweise

4.8.1 Nachweis der Auftriebssicherheit

In dem Erkundungsgebiet wurden im Bereich der geplanten Deichtrasse oberflächennah zumeist durchgehende, bindige Deckschichten (Auenlehm), gefolgt von stark durchlässigen Bodenschichtungen (Sand) erkundet. Es ist daher möglich, dass sich ein artesischer Druck einstellt, so dass der Nachweis der Auftriebssicherheit gemäß dem Merkblatt DWA-M 507 landseitig unter Ansatz der landseitigen Druckhöhe und dem Gewicht des vorhandenen Bodens zu führen ist.

Der Nachweis erfolgt für den Schnitt V - V' bei Deich km 1+100, bei welchen gemäß den Erkundungsarbeiten die bindige Deckschicht im Bereich der bestehenden Delme nicht durchgängig zu sein scheint und damit an Anschluss des Delme-Wassers an die durchlässigen Sande besteht. Gemäß der Bohrung BS 18 (Anlage 2.18 des Berichts 16 - 14695.1) ist die oberflächennahe Auffüllung mit einer Mächtigkeit von 0,40 m, gefolgt von der 0,50 m mächtigen Auenlehmschicht anzusetzen.

Der Nachweis erfolgt dabei gemäß der nachfolgenden Gleichung 4-4

$$\gamma_w \cdot (h_2 + s) \cdot \gamma_{G,dst} \leq (s \cdot \gamma_1 + a_{erf} \cdot \gamma_2) \cdot \gamma_{G,stb} \quad \text{Gl. 4-4}$$

mit folgender Parametrisierung:

γ_w	= 10,0 kN /m ³	Wichte des Wassers,
γ_1	= 16,0 kN /m ³	Feuchtwichte der Deckschicht,
γ_2	= 18,0 kN /m ³	Feuchtwichte der Auffüllung,
s	= 0,90 m	Mächtigkeit der Deckschicht inkl. Überlagerung
a_{erf}		Mächtigkeit der eventuellen Auffüllung,
h_2	= 0,20 m	Hydraulische Druckhöhe binnenseitig,
$\gamma_{G,dst}$	= 1,05	Teilsicherheitsbeiwert für ungünstige ständige Lasten (DIN 1 054 BS-P),
$\gamma_{G,stb}$	= 0,95	Teilsicherheitsbeiwert für günstige ständige Lasten (DIN 1 054 BS-P).

Gemäß dem Merkblatt DWA-M 507 wird anhand der Gleichung 4-4 die erforderliche Mächtigkeit einer eventuell erforderlichen, zusätzlichen Aufschüttung ermittelt. Auch ohne Ansatz einer zusätzlichen Aufschüttung ($a_{erf} = 0,0$ m) ist mit $16,06 \text{ kN/m}^2$ auf der stabilisierenden Seite gegenüber $11,55 \text{ kN/m}^2$ auf der destabilisierenden Seite der Nachweis gegen Auftriebssicherheit erbracht, so dass keine zusätzliche Aufschüttung erforderlich ist.

4.8.2 Nachweis der Sicherheit gegen Kontakterosion:

Gemäß dem Merkblatt DWA-M 507 kann bei bindigen Böden der Nachweis gegen Kontakterosion in der Regel entfallen, so dass bei einem Anschluss des bindigen Deichmaterials an den Auenlehm im Bereich der neuen Deichtrasse keine Gefahr von senkrecht zur Schichtgrenze auftretender Kontakterosion ausgehen sollte.

Im Bereich der zu ertüchtigenden Deichtrasse ist hinsichtlich senkrechter Kontakterosion bzw. mechanischer Filterwirksamkeit im Übergang des Deichkörpermaterials und dem Deichkern- bzw. Bestandsauffüllungsmaterial zu untersuchen. Unter Nachbildung der Korngrößenverteilung des Materials aus der Grube Klein Henstedt (vgl. Bearbeitungsunterlage m)) und Gegenüberstellung mit der Probe 051 (BS 19) der Baugrunderkundung (vgl. Anlage 6.1 des Berichts 16 - 14695.1) zeigt sich gemäß der **Anlage 7**, dass für die untersuchten Bodenkombination die Körnungslinie der Auffüllung (SE) im Bereich der Filtergrenzen nach Terzaghi des Materials aus der Grube Klein Henstedt (ST*) liegt und die Filterstabilität für den betrachteten Fall somit gewährleistet ist.

Es ist jedoch zwingend erforderlich, nach der Auswahl des Deichkörpermaterials die Filterstabilität für die betreffenden Bereiche zu gewährleisten und gegebenenfalls bei zu grobkörnigen Auffüllungen mit Hilfe von geotextilen Trennstoffen mögliche senkrechte Kontakterosionen zu verhindern.

Bei den angetroffenen Boden- und Grundwasserverhältnissen ist eine parallele Kontakterosion der Auenlehmschicht gegenüber dem anstehenden Sand bei horizontaler Grundwasserströmung zwar in kiesigen Bereichen möglich, wird nach jetzigem Kenntnisstand keinen maßgebenden Versagensmechanismus hervorrufen.

4.8.3 Nachweis der Sicherheit gegen Suffosion:

Unter Zugrundelegung der Ergebnisse aus den Korngrößenverteilungen (vgl. Anlagen 6 des Berichts 16 - 14695.1) der anstehenden Auffüllungen im Bereich des Bestandsdeichs sowie den Korngrößenverteilungen des Materials der Grube Klein Henstedt (vgl. Bearbeitungsunterlage m)) besteht die Gefahr der Suffosion bei den vorhandenen Untergrundverhältnissen nicht. Das Material der Grube Klein Henstedt hält gemäß Bearbeitungsunterlage m) die Anforderungen an die Ungleichförmigkeit ein.

Wird allerdings ein entsprechend abgestuftes Material eingebaut wird, muss ein Nachweis geführt werden, wobei auch gemäß dem Merkblatt DWA-M 507 eine zweckmäßige Trennung der Kornverteilungen zur Verhinderung der Suffusion möglich ist.

4.8.4 Nachweis der Sicherheit gegen Erosionsgrundbruch:

Um ein Austritt des Sickerwassers im Bereich des Hinterlandes zu verhindern, wurden bei der im Zuge der hydrogeologischen Berechnungen bereits ein Dränkörper am Deichfuß berücksichtigt. Damit wird erreicht, dass die Sickerlinie im Deichkörper verbleibt und im Deichhinterland nicht bzw. nur geringfügig über die Geländeoberkante steigt. Bei dieser konstruktiven Lösung muss jedoch zwingend gewährleistet werden, dass der Dränkörper entsprechend dimensioniert und filterstabil eingebaut wird sowie entsprechende Abfluss Möglichkeiten im Hinterland gegeben sind.

5 Brückenbauwerke – Baugrund- und Gründungsbeurteilung

5.1 Bemessungswert des Sohlwiderstands

Eventuell kommt es im Zuge der Deichtrassenverlegung zu einer neuen Gründung von Brückenbauwerken. Gemäß der Bearbeitungsunterlage c) ist das eventuell bei Deich km 0+590 der Fall, so dass nachfolgend auf eine mögliche Gründung eingegangen wird.

Da jedoch zum Zeitpunkt der Berichterstellung keine weiteren Angaben bzgl. der vorhandenen und der geplanten Gründung vorgelegt wurden, basieren die nachfolgenden Angaben auf Annahmen und müssen ggf. im Zuge einer Ausführung angepasst werden.

Die dem Brückenbauwerk am nächsten gelegene Bohrung der Baugrunderkundung ist die BS 45 (vgl. Anlage 2.45 des Berichts 16-15695.1), so dass der dabei erkundete Baugrund für die nachfolgenden Berechnungen und Hinweise angesetzt wird. Angetroffen wurden unterhalb des Oberbodens bis zu einer Tiefe von 1,80 m anthropogene Auffüllungen in lockerer Lagerung und teils schwach humosen Beimengungen. Danach folgt bis zu einer Tiefe von 3,60 m unterhalb der Geländeoberkante Auenlehm in weicher bis steifer Konsistenz. Im Liegenden wurden Sand in zunächst lockerer und mit zunehmender Tiefe mitteldichter Lagerung erkundet.

Eine Flachgründung der Brückenwiderlager ist grundsätzlich möglich, sofern die freigegebenen Sohlwiderstände eingehalten, die im Abschnitt 6.2 beschriebenen Hinweise berücksichtigt und die hier zu Grunde gelegten Annahmen abgeglichen und bestätigt werden. Aufgrund des anstehenden Auenlehms und der Nähe zum Gewässer ist unter Umständen auch eine Tiefgründung erforderlich.

Da im Bereich des nordwestlichen Brückenwiderlagers keine Bohrung vorliegt, findet vorerst die Betrachtung des südöstlichen Brückenwiderlagers statt.

Die Geländeoberkante in diesem Bereich liegt bei etwa 9,00 m NN und wird als Widerlageroberkante angesetzt.

Für die Ermittlung der Gründungskote gehen wir von einer Gesamteinbindetiefe der Widerlager von 1,50 m aus, so dass die hier berücksichtigte Gründungskote auf einer Höhe von 7,50 m NN liegt.

Rechnerisch betrachtet wird ein idealisiertes Streifenfundament in einer Breite von 1,20 m, welches die Fundamentbereiche unterhalb der Widerlagerwände berücksichtigt.

Die Lage des Fundaments an der Uferböschung ist durch die Eingabe von Bermen berücksichtigt worden. Dabei gehen wir davon aus, dass der Abstand zwischen der Fundamentoberkante bis zur Böschungsaußenkante 1,00 m beträgt. Die Böschungsneigung wurde mit 1 : 2 angenommen. Diese Annahmen sind bauseits zu prüfen.

Für den Aufbau des Baugrundmodells und für die Berechnung wurde das Programm GGU-FOOTING, Version 7.19 (Hrsg. Prof. Buß) verwendet. Das Programm ermöglicht den Nachweis von Fundamenten entsprechend der aktuellen DIN 4 017 und DIN 4 019, unter Berücksichtigung des Teilsicherheitskonzeptes nach DIN 1 054: 2010 bzw. dem EC 7.

Die Grundbruch- und Setzungsberechnungen erfolgten anhand der Baugrundschnitten aus der Bohrung BS 45 (s.o.) unter dem Ansatz der Teilsicherheitsbeiwerte für die Ständige Bemessungssituation BS-P. Dabei ist der Grundbruchwiderstand mit $V_d / R_d \leq 1,0$ gewährleistet, sofern die angesetzten Abmessungen und frei gegebenen Sohlwiderstände eingehalten werden (vgl. **Anlagen 8**).

Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ muss im Rahmen der Tragwerksplanungen mit dem Bemessungswert der Sohlruckbeanspruchung $\sigma_{E,d}$ verglichen werden, der sich aus den teilsicherheitsbehafteten Bemessungslasten (ständig, veränderlich) des Bauwerkes ergibt.

Für die Berechnungen wird ferner angenommen, dass die Fundamente auf einer mindestens 30 cm mächtigen Bettung aus einem güteüberwachten Baustoff (RC-Schotter oder Naturstein) gegründet werden. Die Schottertragschicht wird dabei mit den nachfolgenden Bodenkennwerten der Berechnung zu Grunde gelegt:

- Wichte $\gamma_k = 19,0 \text{ kN/m}^3$,
- Wichte unter Auftrieb $\gamma'_k = 11,0 \text{ kN/m}^3$,
- Reibungswinkel $\varphi'_k = 37,5^\circ$,
- Steifemodul $E_{s,k} = 100,0 \text{ MN/m}^2$.

Um die Setzungen zu begrenzen und um die Grundbruchgefahr zu minimieren, wurde der Bemessungswert des Sohlwiderstands entsprechend begrenzt (siehe Tabelle 5-1).

Die Berechnungsergebnisse anhand der maßgebenden Bohrungen können der nachfolgenden Tabelle in zusammengefasster Form entnommen werden. Die detaillierten Berechnungsergebnisse sind den **Anlagen 6** zu entnehmen.

Wdl.	Bohrung	Fundamentform	Fundamentabmessungen a · b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	Setzungen s _{max} [cm]
Süd-Ost	BS 41	ideal. Streifenfundament	10,0 · 1,2	124,3	≤ 2,5

Tabelle 5-1: Ergebnisse der Grundbruch- und Setzungsberechnungen (BS-P)

Die errechneten Setzungsbeträge stellen sich nur ein, sofern die angegebenen Sohlwiderstände vollständig ausgenutzt werden. Die freigegebenen Sohlwiderstände beziehen sich auf die angesetzten Fundamentabmessungen. Sofern andere Abmessungen gewählt werden oder der Sohlwiderstand überschritten wird, kann die Grundbruchsicherheit nicht mehr gewährleistet werden.

Aufgrund der vorhandenen Berme und des anstehenden Auenlehms kann der auf 200,0 kN/m² begrenzte Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ nicht voll ausgenutzt werden, so dass unter den angesetzten Fundamentabmessungen und Bermeigenschaften lediglich 124,3 kN/m² ermittelt werden konnten. Wenn zur Realisierung eines Brückenbauwerks größere Sohlwiderstände erforderlich sind, so muss eine Tiefgründung oder eine Bodenverbesserungsmaßnahme in Betracht gezogen werden.

Aufgrund der nicht vorhandenen Bauwerksangaben und unzureichenden Baugrundaufschlüssen im Bereich der Widerlager, ist es dringend ratsam, vor Durchführung von Brückenbaumaßnahmen bei bekannter Planung genauerer Aufschlüsse vorzulegen und unter deren Berücksichtigung auch die Winkelverdrehung und darin eingehenden Setzungsdifferenzen zu überprüfen.

5.2 Bettungsmodul

Die nachfolgende Angabe des Bettungsmoduls berücksichtigt eine EDV-gestützte Berechnung anhand der ungünstigsten Baugrundsichtung in Anlehnung an die DIN 4 018 nach dem Bettungsmodulverfahren. Dabei wird berücksichtigt, dass der Sohldruck (hier: zul. σ) verhältnismäßig zu der dazugehörigen Einsenkung des Fundaments ist. Ferner wird bei der Berechnung des Bettungsmoduls angenommen, dass die erkundeten Baugrundsichten unterhalb der angesetzten Fundamentplatte nahezu waagrecht verlaufen.

Bei der Berechnung und der Angabe des Bettungsmoduls handelt es sich um Näherungswerte, die auf der sicheren Seite liegend berechnet und angegeben wurden. Für die Berechnung muss neben den Abmessungen der zu betrachtenden Fundamentierung die Einwirkung (hier: zul. σ bzw. $\sigma_{R,d}$) unter dem Ansatz der Baugrundsichtung vorgegeben werden. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung liegen diese Angaben aus der Tragwerksplanung sowie das hier verwendete Berechnungsverfahren nicht vor, sodass die nachfolgenden Angaben auf Annahmen des Unterzeichners beruhen. Sofern keine nachträgliche Berechnung unter Berücksichtigung der genauen Fundamentierung und der Lasten erfolgen soll ist der in der nachfolgenden Tabelle angegebene, niedrigste Wert des Bettungsmoduls zu berücksichtigen.

Die von uns gewählten Berechnungsansätze werden nachfolgend erläutert.

Es wird ein großflächiges Einzelfundament betrachtet. Hierbei wurde die einwirkende Last entsprechend minimiert, um die Setzungen zu begrenzen. Die dabei errechneten Setzungen sind als Absolutsetzungen unter dem gesamten Gründungskörper zu verstehen, die theoretisch gleichmäßig auftreten. Es ist weiter darauf hinzuweisen, dass bei dem hier angewendeten Verfahren der Sohldruck verhältnismäßig zu der dazugehörigen Einsenkung des Fundaments ist. Bei einer Erhöhung der Einwirkung erhöhen sich somit auch die Setzungen, sodass es zu keiner Erhöhung (oder Verringerung) des Bettungsmoduls kommt.

Die Berechnung erfolgt hier anhand der Baugrundsichtung der BS 41.

Die Ergebnisse sind der nachfolgenden Tabelle 5-2 zu entnehmen.

Bohrung	Fundamentform	Fundamentabmessungen a · b [m]	Einwirkung	K_s [MN/m ³]
BS 41	ideal. Streifenfundament	10,0 · 1,2	$\sigma_{R,d} = 124,3 \text{ kN/m}^2$	3,7

*) Unter Zugrundelegung einer 30 cm mächtigen Bettungsschicht unterhalb des Fundaments

Tabelle 5-2: Errechnete Bettungsmoduli anhand der ungünstigsten Baugrundsichtung

Da die Bettung aufgrund des anstehenden, bindigen Bodens sehr gering ist, kann es erforderlich sein die Sohlplattenmächtigkeit zu erhöhen, um die erforderliche Bewehrung aufzunehmen.

Hinweis:

Bei dem errechneten Sohlwiderstand, den darunter auftretenden Setzungen sowie den Bettungsmoduln handelt es sich um eine Vorbemessung, die auf den Angaben der vorliegenden Bearbeitungsunterlagen sowie den getroffenen Annahmen des Unterzeichners beruhen. Bei einer Veränderung der Gebäudeabmessungen bzw. der Gebäudelage oder sonstigen, gründungsrelevanten Änderungen sind gegebenenfalls erneute Untersuchungen oder Berechnungen durchzuführen, um repräsentative Ergebnisse zu erhalten.

6 Hinweise zur Bauausführung

6.1 Deichkörper

Für die Herstellung der Deichaufstandsfläche und des Deichkörpers ergeben sich folgende Maßnahmen:

- Der im Bereich der Deichtrasse anstehende Oberboden sowie die oberflächennah anstehenden, organogenen Böden und die erkundeten, humosen Auffüllungen sind zu Beginn der Baumaßnahme vollständig unter Berücksichtigung einer Lastausbreitung von 45° auszukoffern,
- die Deichaufstandsfläche ist eben herzustellen. Steine sowie Wurzelreste sind vollständig zu entfernen,
- die Sande / Auffüllungen im Bereich des Deichauflagers in der bestehenden Deichtrasse sind mindestens auf eine mitteldichte Lagerung nachzuverdichten. Eine mitteldichte Lagerung gilt bei einer Proctordichte von $D_{Pr} \geq 100\%$ als nachgewiesen,
- die Sande / Auffüllungen im Bereich der neuen Deichtrasse sind bis zur Auenlehmschicht zu entfernen, um einen Anschluss des Deichkörpermaterials gegenüber der natürlichen Auenlehm-Dichtung zu gewährleisten,
- oberflächennah anstehende, nicht tragfähige Böden im Bereich der Deichaufstandsfläche sind auszukoffern und durch ein tragfähiges, grobkörniges Material mit einem Feinkornanteil von $\leq 5,0\%$ auszutauschen, gleiches gilt für Fehlstellen,
- zur Überprüfung des Verdichtungsgrades empfiehlt sich die Bestimmung der Proctordichte D_{Pr} mittels Zylinderentnahme oder dem Bodenersatzverfahren (Densitometer) nach DIN 18 125,
- für die Herstellung des Deichkörpers bzw. der mineralischen Dichtung im Bereich des Ein-Zonen-Deichs sowie des Bereichs mit Sandkern, eignen sich die Materialien der Gruben aus Henstedt (vgl. Bearbeitungsunterlage m),
- bei dem Einbau einer mineralischen Dichtung ist es zwingend erforderlich, das einzubauende Material vorab und während des Einbaus einer entsprechenden Qualitätskontrolle nach den gültigen Regelwerken durchzuführen um eine entsprechende Dichtigkeit zu gewährleisten,

- sollten die für den Deichbau benötigten Erdmassen aus einer entsprechenden Abbaustätte gewonnen werden, sind laufende Eignungsprüfungen erforderlich,
- der Aufbau des Stützkörpers hat in Schichtstärken von $\leq 0,25$ m mit lagenweiser Verdichtung mittels geeignetem Gerät (vgl. DWA Merkblatt 507-1 und ZTV E-StB 09) zu erfolgen,
- ggf. sind auflastbedingte Porenwasserüberdruckbildungen durch angemessene Konsolidierungszeiträume im lagenweisen Einbau zu berücksichtigen,
- Art, Anzahl und Umfang der Prüfungen hat in Anlehnung an hierfür gültigen Regelwerke (z.B. ZTV E-StB 09) zu erfolgen,
- als Überdeckung empfiehlt sich ein Aufbau aus einer mindestens 0,20 m mächtigen Andeckung aus Mutterboden. Hierzu kann das oberflächlich abgeschobene Material verwendet werden,
- der Einbau der schluffigen Sande sollte lagenweise im Vorkopfeinbau erfolgen und entsprechend verdichtet werden,
- als Andeckung eignen sich die vor Ort erkundeten Mutterböden und humosen Auffüllungen,
- im Bereich des Deichfußes ist ein Dränkörper / Dränageprisma aus stark durchlässigem Material in einer Stärke von mindestens 0,80 m herzustellen,
- als Dränmaterial eignen sich hier natürliche Baustoffe der Bodengruppen GI und GW oder künstliche Recycling Baustoffe gemäß den Vorgaben der TL BUB E-StB 09,
- das Dränmaterial sollte mindestens einen Wasserdurchlässigkeitswert von $k_f \geq 5,0 \cdot 10^{-3}$ aufweisen,
- das Dränmaterial ist lagenweise und unter Berücksichtigung eines Lastausbreitungswinkels von 45° einzubauen,
- um die Sickerlinie im Deichkörper und unterhalb des Deichverteidigungsweges zu halten, ist entweder der Einbau einer Dränageleitung im Dränkörper erforderlich oder das Hinterland muss abfallend profiliert werden, um ein Abfließen des Wassers im Hochwasserfall zu gewährleisten. In jedem Fall ist mit einer Qualmwasserbildung und Vernässung des Hinterlands zu rechnen,

- das Drainageprisma muss filterstabil eingebaut werden und es sollte gewährleistet sein, dass es nicht durch das Einspülen von Feinanteilen versandet. Daher ist eine geotextile Ummantelung erforderlich,
- das Material für den Deichverteidigungsweg im Bereich der Deichkrone kann beispielsweise aus einem Schotterrasensubstrat mit einer Körnung 0/32 bis 0/64 bestehen,
- für die Verdichtungsprüfung des Drainagekörpers sowie des Schotterrasens eignen sich Densitometerversuche nach DIN 18 125,
- alternativ kann auch hier ein statischer Lastplattendruckversuch nach DIN 18 134 zur Bestimmung des Verformungsmoduls E_{V2} durchgeführt werden,
- generell gilt, dass für alle Erdarbeiten die notwendigen, bodenmechanischen Kennwerte (z. B. Verdichtungsgrad) stichprobenartig gemäß den gültigen Regelwerken zu prüfen sind,
- herzustellende Baugruben sind unter 45° abzuböschern,
- sofern das anstehende Grundwasser bei Aushubarbeiten oberhalb der Aushubsohle ansteht, kann anfallendes Tagewasser mit einer offenen Wasserhaltung gesammelt und abgeleitet werden,
- bei einer Absenkung des anstehenden Grundwassers sind gesondert Nachweise über die Menge und den Einflussradius der Absenkung zu führen, damit an der teilweise angrenzenden Bebauung Schäden vermieden werden,
- die Einleitung von gesammeltem Wasser in das öffentliche Kanalnetz ist genehmigungspflichtig,
- die Aushubsohlen sowie die Deichaufstandsflächen sind gemäß DIN 4 020 durch den aufstellenden Gutachter abzunehmen.

6.2 Hochwasserschutzwände

Für die Herstellung der Hochwasserschutzwände ergeben sich folgende Maßnahmen:

- Die Spundwände können nach jetzigem Kenntnisstand mittels Ramm- oder Vibrationsverfahren eingebracht werden,
- die Einbindetiefe in ausreichend mächtigen, tragfähigen Baugrund ist sicherzustellen,
- bei den vorhandenen bindigen Böden ist mit einer adhäsiven Verschleppung in die tieferliegenden Sande zu rechnen,
- Schloßsprengungen sind zu vermeiden. Das kann ggf. gemäß der EAU (8.1.13 – E 105) mit Signalgebern präventiv unterstützt werden,
- die Hinterfüllung der Spundwände hat mit einem geeigneten Material, bspw. einem Boden der Bodengruppe SE, unter Beachtung eines langenweisen Einbaus (Mächtigkeiten $\leq 0,30$ m) zu erfolgen. Dabei ist sicherzustellen, dass es nicht zu einem „Aufhängen“ des Bodens an der Spundwand kommt.

6.3 Brückenbauwerke

Für die Durchführung der Erd- und Gründungsarbeiten der Brückenbauwerke ergeben sich bei einer Flachgründung folgende Maßnahmen:

- Die Baugrube ist mindestens unter 45° abgeböscht herzustellen. Sofern eine Abböschung unter dem angegebenen Maß oder flacher aus Platzgründen nicht ausführbar ist, muss ein Verbau (Trägerbohlwandverbau oder Spundwand) hergestellt werden,
- der Verbau ist statisch nachzuweisen. Diese Leistungen waren nicht im Umfang unseres Auftrages enthalten, können allerdings nachgereicht werden,
- die Gründungssohlen sind eben herzustellen. Unterschiedlich tiefe Gründungsebenen sind unter 45° zueinander abzuböschten,
- stark aufgeweichte Böden in der Aushubebene sind durch ein geeignetes Bodenersatzmaterial mindestens bis auf annähernd mitteldichten Boden auszutauschen,

- als Austausch- und Auffüllungsmaterial eignen sich hier grundsätzlich grobkörnige und steinfreie sowie verdichtungsfähige Böden mit einem Schluffanteil von < 5% (Lieferkörnung),
- Bodenersatz- oder Austauschmaterial ist in Lagen von $\leq 0,30$ m einzubauen und lagenweise auf eine mindestens mitteldichte Lagerung ($D_{Pr} \geq 98$ % bis 100 %) zu verdichten,
- unterhalb der Fundamente muss eine lastverteilende Schicht aus einem geeigneten Baustoff (z. B. güteüberwachter Schotter der Bodengruppen GE, GI) in einer Stärke von mindestens 30 cm eingebaut und auf eine mindestens mitteldichte Lagerung verdichtet werden ($D_{Pr} \geq 103$ %),
- **die Gründungssituation ist nach DIN 4 020 durch den aufstellenden Gutachter abzunehmen,**
- unterhalb der Gründungselemente empfehlen wir die Herstellung einer Sauberkeitsschicht aus Magerbeton in einer Stärke von $d \geq 5$ cm einzubauen, um die Betondeckung zu erhöhen und um Zwangsspannungen abzubauen (z. B. infolge von Hydrationswärme),
- bei der Verwendung von Noppenbahnen oder dem Betonieren direkt gegen das Erdreich muss die Betondeckung mindestens um das Unebenheitsmaß erhöht werden,
- für die Verdichtungsprüfung der eingebauten Ersatzböden empfiehlt sich die Entnahme von ungestörten Zylinderproben oder mittels dem Ballonverfahren (Densitometer) nach DIN 18 125 zur Überprüfung der labormäßig ermittelten Proctordichte nach DIN 18 127,
- bei den angesetzten Gründungskoten ist bei dem jetzigen Kenntnisstand mit einem Andrang von Grundwasser und Stauwasser aus der Delme zu rechnen, so dass eine trockene Baugrube sichergestellt werden muss,
- sofern hier keine genaueren Abstimmungen erfolgen, sind mindestens Bauteile zur Installation einer geschlossenen Wasserhaltung vorzuhalten,
- nach jetzigem Kenntnisstand ist jedoch planerisch eine Wasserhaltung vorzusehen und nachzuweisen,

- das Einleiten von Wasser in das öffentliche Kanalnetz ist genehmigungspflichtig und bei der unteren Wasserbehörde des Landkreises Rotenburg (Wümme) rechtzeitig vor dem Beginn der Baumaßnahme anzuzeigen,
- um den Einfluss von Unterspülungen der herzustellenden Fundamente zu minimieren, empfehlen wir die Ausführung eines Kolkschutzes (Spundwand, wasserbauliche Maßnahmen usw.),
- reichen die unter Abschnitt 5 angegebenen Kennwerte aus, so ist eine Tiefgründung oder eine vorschreitende Bodenverbesserungsmaßnahme in Betracht zu ziehen und gesondert zu überprüfen.

7 Zusammenfassung

Für die Umplanung der Hochwasserschutzmaßnahmen an der Delme, ausgehend von der Autobahn A 28 bis zu den Graften in Delmenhorst, sollte der Untergrund erkundet und gemäß des Merkblatts DWA-M 507 sowie unter Berücksichtigung des Eurocodes bewertet und angepasst werden. Hierfür erhielt die Ingenieurgesellschaft Dr. -Ing. Michael Beuße mbH aus Tostedt am 16. August 2016 durch den Ochtumverband aus Harpstedt, vertreten durch das planende Büro, die IDN GmbH aus Oyten, den Auftrag.

Die Feldversuche wurden von Ende September 2016 bis Mitte Januar 2017 ausgeführt. Insgesamt sind 82 Kleinbohrungen nach DIN EN ISO 22 475 (NW 80 mm) sowie neun schwere Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22 476 durchgeführt bis zu einer Tiefe von maximal 12,00 m niedergebracht worden.

Der geologische Untergrund besteht überwiegend aus oberflächennahen, locker gelagerten Auffüllungen im Bereich der bestehenden Verwaltung gefolgt von bindigen Böden des Niedermoores (Auenlehm und Mudde), welche zum Teil auf Grund ihrer Beschaffenheit und Konsistenz als nicht hinreichend tragfähig zu bewerten sind. Im Liegenden folgen einheitlich weichselzeitliche Sande in zu meist mitteldichter Lagerung. Ein Grundwasserstand wurde in nahezu allen Bohrlöchern gemessen.

Zur genauen Einstufung und Klassifizierung der vorhandenen Böden sowie zur Ermittlung von spezifischen, bodenmechanischen Parametern wurden an ausgewählten Proben Laborversuche durchgeführt.

In Teilbereichen ist davon auszugehen, dass die Weichschichten keine ausreichende Tragfähigkeit für einen neuen Deichkörper liefern und das Errichten von Spundwänden erforderlich ist – insbesondere im Bereich der Brücke in Richtung des Wehrs Milli (vgl. Lageplan in Anlage 1 bzw. Schnitt III-III' in Anlage 3).

Die Ergebnisse der Baugrunderkundung wurden bereits im Bericht 16 - 14695.1 vom 03. März 2017 vorgestellt.

Im Zuge dieses Berichts wurden zunächst drei für das Erkundungsgebiet repräsentative und maßgebende Schnitte ausgewählt wurden. Im Bereich dieser Schnitte wurde anhand der vorliegenden Planungsunterlagen der Regelquerschnitt des Ein-Zonen-Deichs mit in die geologischen Schnitte eingearbeitet, um mögliche konstruktive Deichbaulösungen zu erarbeiten. Hieraus hat sich ergeben, dass in den Bereichen

der neuen Deichtrassen der Ein-Zonen-Deich direkt an die bestehende und meist durchgehende, geologische Dichtung (Auenlehm-Schicht) angeschlossen werden sollte. In den Bereichen der zu ertüchtigenden Bestandstrasse, sollte der Oberboden abgefahren, die Auffüllungen profiliert und verdichtet und eine mindestens einen Meter mächtige Dichtungsschicht aufgebracht werden. Daraus ergibt sich eine Zwei-Zonen-Deichprofil.

Unter Ansatz dieser Erkenntnisse wurden numerische Simulationen zur Ermittlung der Verformungen durchgeführt. Im Bereich der neuen Deichtrasse ist aufgrund der unvorbelasteten, bindigen Böden mit insgesamt 42,5 cm Setzungen zu rechnen. Voraussichtlich werden diese geringer ausfallen, sollten aber auf der sicheren Seite liegend als solche berücksichtigt werden. Im Bereich der bereits vorhandenen Deichquerschnitte in der Bestandstrasse werden sich je nach Umprofilierung und Neubau etwa 5,5 cm Setzungen ergeben.

Die Grundwasserströmungsanalyse unter stationären und instationären Bedingungen haben ergeben, dass es zu einem Sickerlinienaustritt in der binnenseitigen Böschung kommen kann, so dass hier konstruktiv ein geotextil-ummanteltes Drainageprisma anzuordnen ist.

Die Standsicherheitsanalysen zeigten, dass ausreichende Sicherheiten im Hochwasserfall und Falle eines schnellen Absinkens gegeben sind.

Eine Vorbemessung eines Spundwandtyps für den kritischen Baugrundfall sowie eventuelle Brückenbauwerke wurden durchgeführt und müssen ggf. im Zuge einer genaueren Planung umfangreicher untersucht werden.

Hinweise zur Bauausführung wurden angegeben.

Entsprechend den vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Baugrund und Bauwerk ist das Gutachten nur in seiner Gesamtheit verbindlich. Änderungen in den Bearbeitungsunterlagen und vom Gutachten abweichende Bauausführungen bedürfen deshalb stets der Überprüfung und der Zustimmung des Gutachters.

Baugrundaufschlüsse basieren auch bei Einhaltung der nach den gültigen Vorschriften vorgegebenen Rasterabstände zwangsläufig auf punktuellen Aufschlüssen, so dass eine exakte Aussage über den Baugrund nur für den jeweiligen Untersuchungspunkt möglich ist. Da Abweichungen von den vorstehend beschriebenen Verhältnissen zwischen den Ansatzpunkten nicht völlig ausgeschlossen werden können, basieren hier getroffene Bewertungen zwangsläufig auf Wahrscheinlichkeitsaussa-

gen. Die Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH behält sich daher eine Überprüfung der Gründungssituation im Zuge einer förmlichen Abnahme der Aushub- und Gründungssohlen (nach DIN 4 020 gefordert), gegebenenfalls auch ergänzende Ausführungshinweise vor.

Wird im Zuge der Auskofferungsarbeiten ein anderer als im Gutachten dargestellter Aufbau des Untergrunds angetroffen, ist unser Büro unverzüglich zu benachrichtigen und durch den Gutachter eine Bestandsaufnahme vor Ort durchzuführen.

Das Baugrundgutachten gilt für das in Abschnitt 3 angegebene Objekt im Zusammenhang mit den Projektdaten. Eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf andere Projekte ist ohne Zustimmung des Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH nicht zulässig.

Für Rückfragen im Zusammenhang mit unseren Untersuchungen und der Erstellung dieses Gutachten stehen wir jederzeit zur Verfügung.

Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH



Dr.-Ing. Michael Beuße



Jannik Beuße, B. Sc.

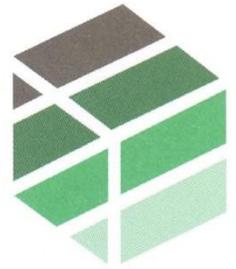
Verteiler:

Ochtumverband, Harpstedt

IDN GmbH, Oyten

1 - fach (in Berichtsform)
1 - fach (digital im pdf-Format)
1 - fach (in Berichtsform)
1 - fach (digital im pdf-Format)

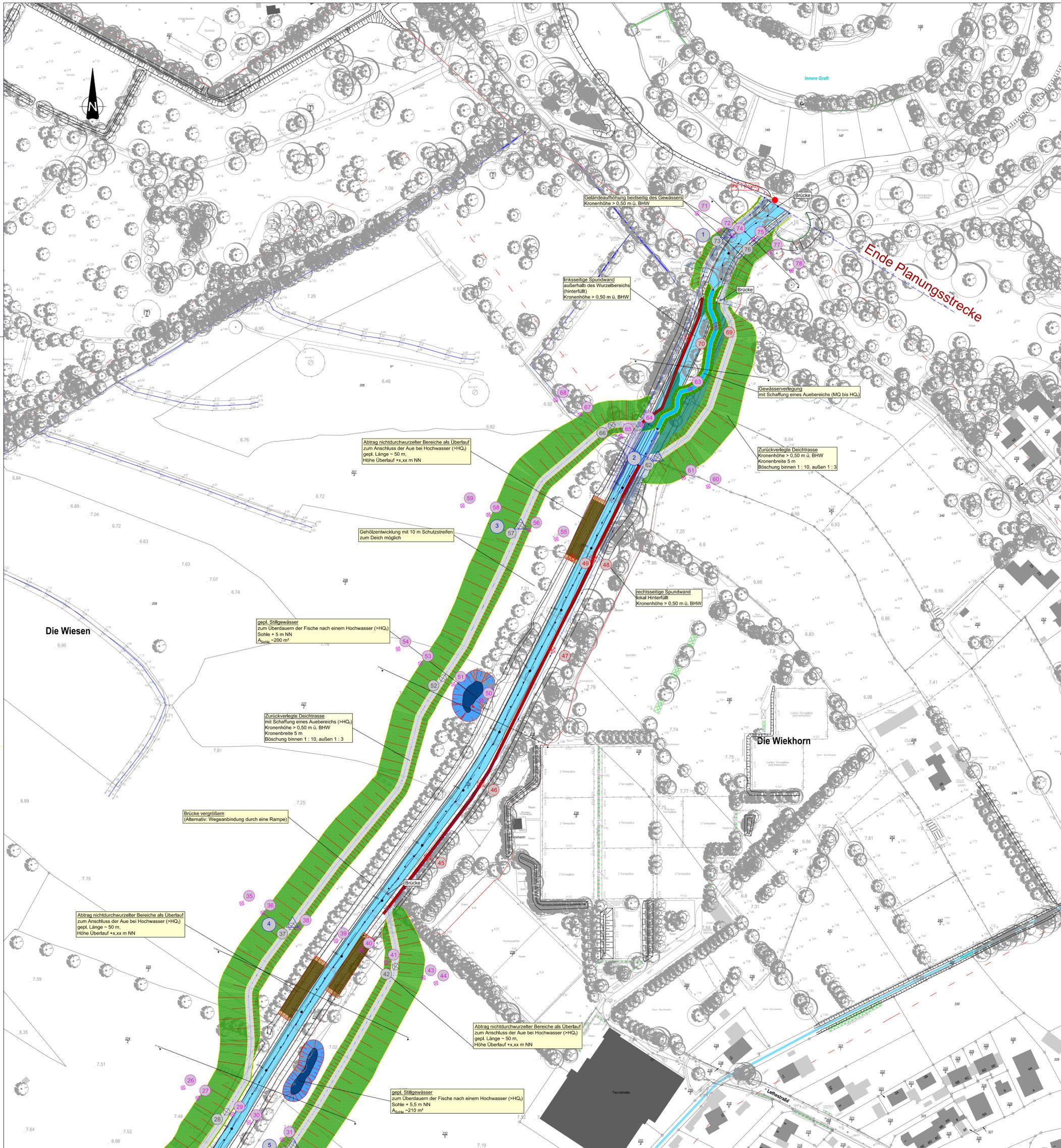
Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH
Beratende Ingenieure



INGENIEURGRUPPE PTM

Anlage 1 zu Bericht Nr. 16 - 14695.2

Lagepläne aus Bericht 16 -14695.1



Legende - Grundlagenplan

- Gewässerachse, mit Stationierung für den Planungsabschnitt
- vorh. Gewässer
- vorh. Gehölze, aus topografischem Aufmaß/Luftbilddigitalisierung
- öffentliche Flurstücksflächen, Eigentum der Stadt Delmenhorst
- gepl. Deich, Kronenhöhe > 0,50 m ü. BHW
- gepl. Spundwand
- gepl. Überlaufbereich, Höhe > HW
- gepl. Stillgewässer

Datengrundlagen:
- Vermessung Wiekhomer Wiesen (Stadt Delmenhorst, Stand 2012/2014)

Legende - Baugrunderkundung

- 1 Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 (max. Tiefe 8,00 m)
- 1 Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 (max. Tiefe 7,00 m)
- 1 Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 (max. Tiefe 2,00 - 4,00 m)
- 1 Rammsondierung DPL nach DIN EN ISO 22 476 (max. Tiefe 7,00 m)

Hinweis:
Angaben der Koordinaten im System ETRS 1989 UTM Zone 32N

Übersicht über die geplanten Erkundungstiefen der Kleinbohrungen	
Ansatzpunkt	Endtiefe ab GOK
Spundwände	8,00 m
Deichkrone	7,00 m
Dammvor- und Hinterland	2,00 m

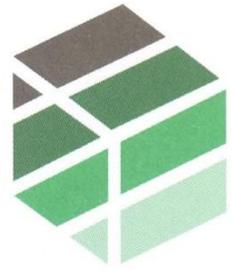
Sanierung der Delme-Dämme von der Autobahn bis zu den Grafen in Delmenhorst

Projekt: Ochtumverband
Danziger Str. 3
27243 Harpstedt

Lageplan
Baugrunderkundung

 Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH	Datum: 29.08.2016	
	Bearbeiter: Dr. Beuße gezeichnet: Jannik Beuße	
Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 www.dr-beuße.de	21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287725	Maßstab: 1 : 1000 Anlagen-Nr.: 1.2
		1 : 1000 Date: Lageplan Delme - Baugrunderkundung.dwg

Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH
Beratende Ingenieure

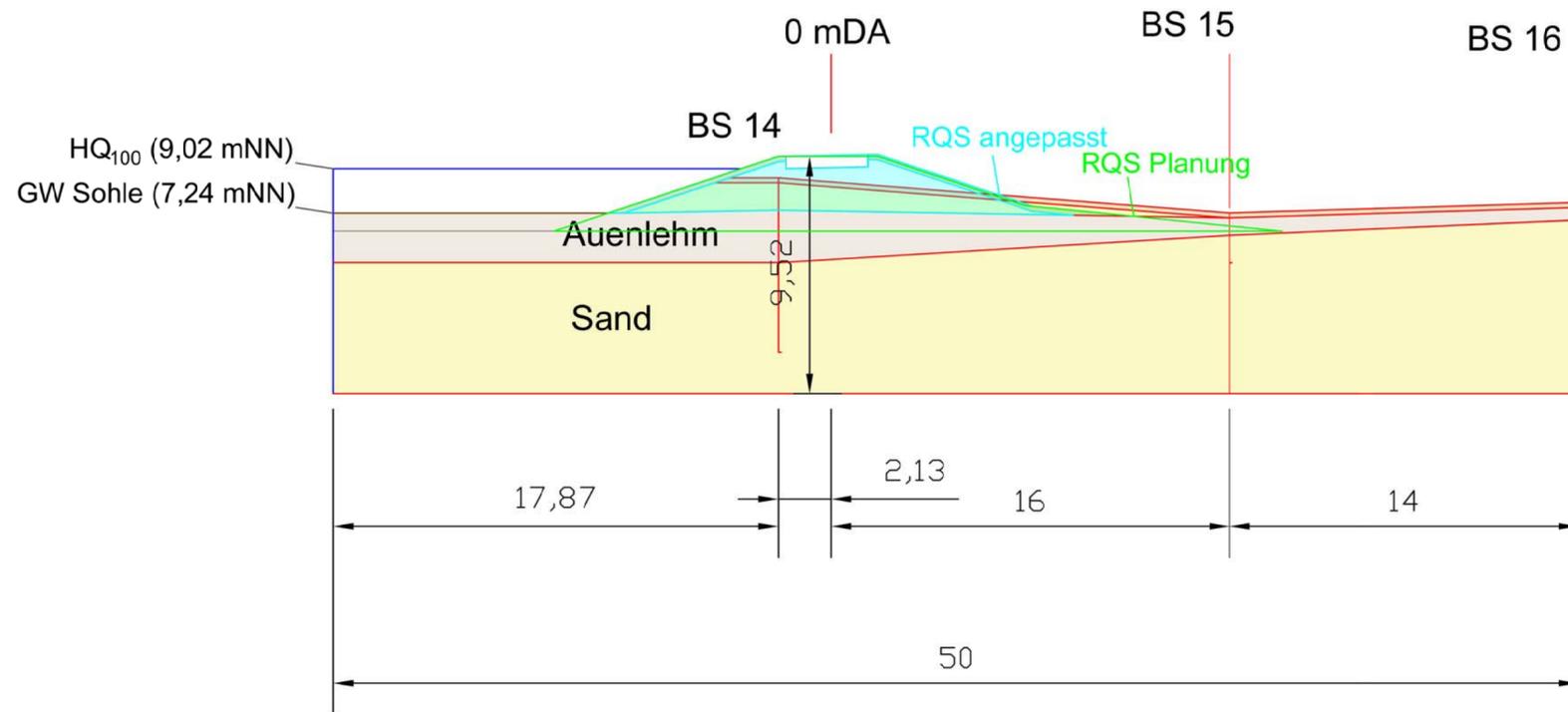


INGENIEURGRUPPE PTM

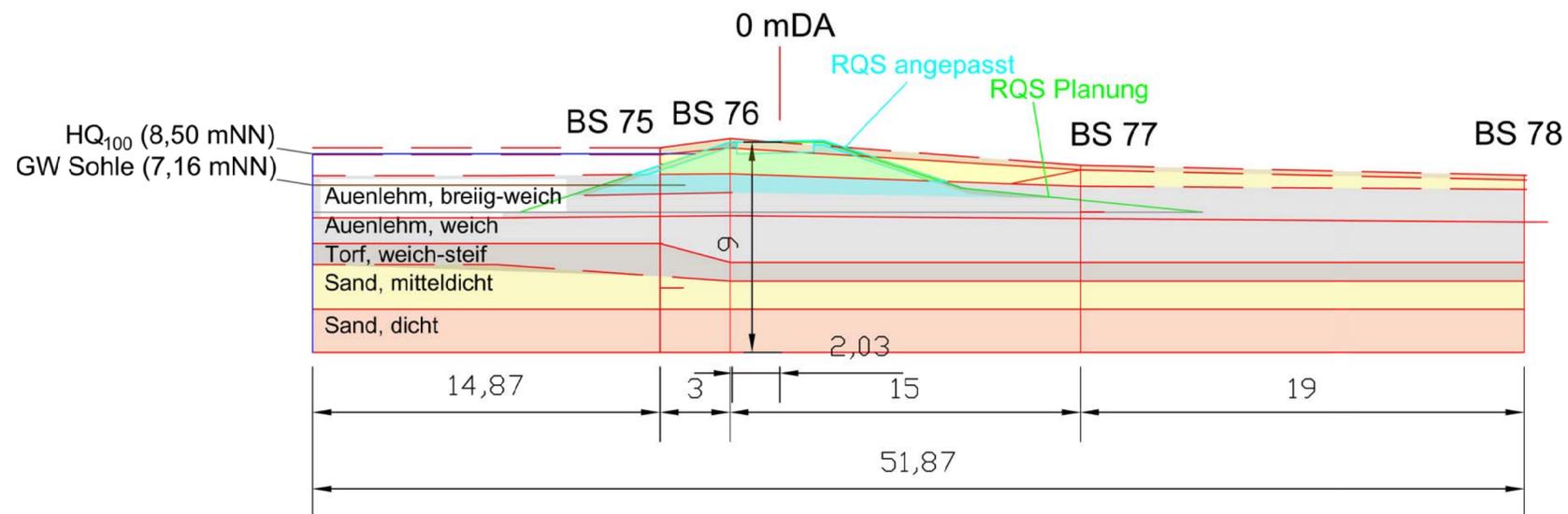
Anlage 2 zu Bericht Nr. 16 - 14695.2

Systemschnitte mit Deichprofil der Schnitte IV - IV', V - V' und VIII - VIII'

Schnitt IV-IV' (km 1+180)



Schnitt XVI-XVI' (km 0+035)



Sanierung der Delme-Dämme von der Autobahn bis zu den Graften in Delmenhorst

Projekt:

Ochtumverband
Danziger Str. 3
27243 Harpstedt

Auftraggeber:

Darstellung:

Querschnitte
Baugrunduntersuchung



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Datum: 08.03.2017

Bearbeiter: Dr. Beuße

gezeichnet: Jannik Beuße

Maßstab: 1 : 250

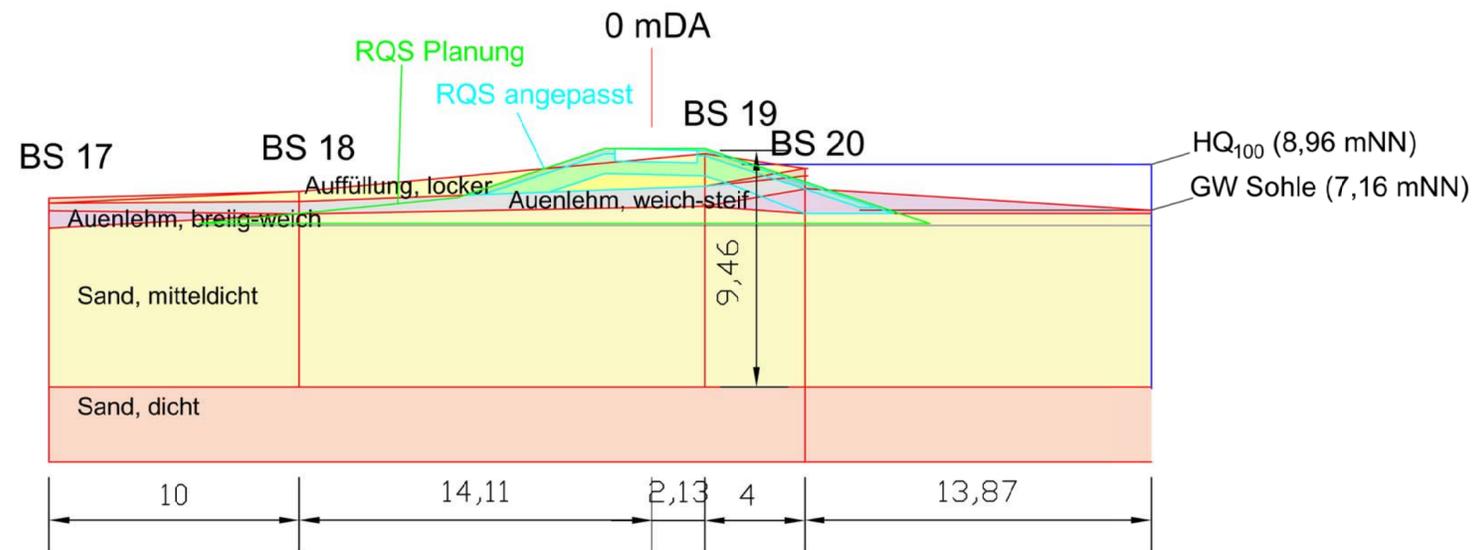
1 : 250

Elsterbogen 18 21255 Tostedt
Tel.: 04182 - 28770 Fax.: 04182 - 287728
www.dr-beusse.de

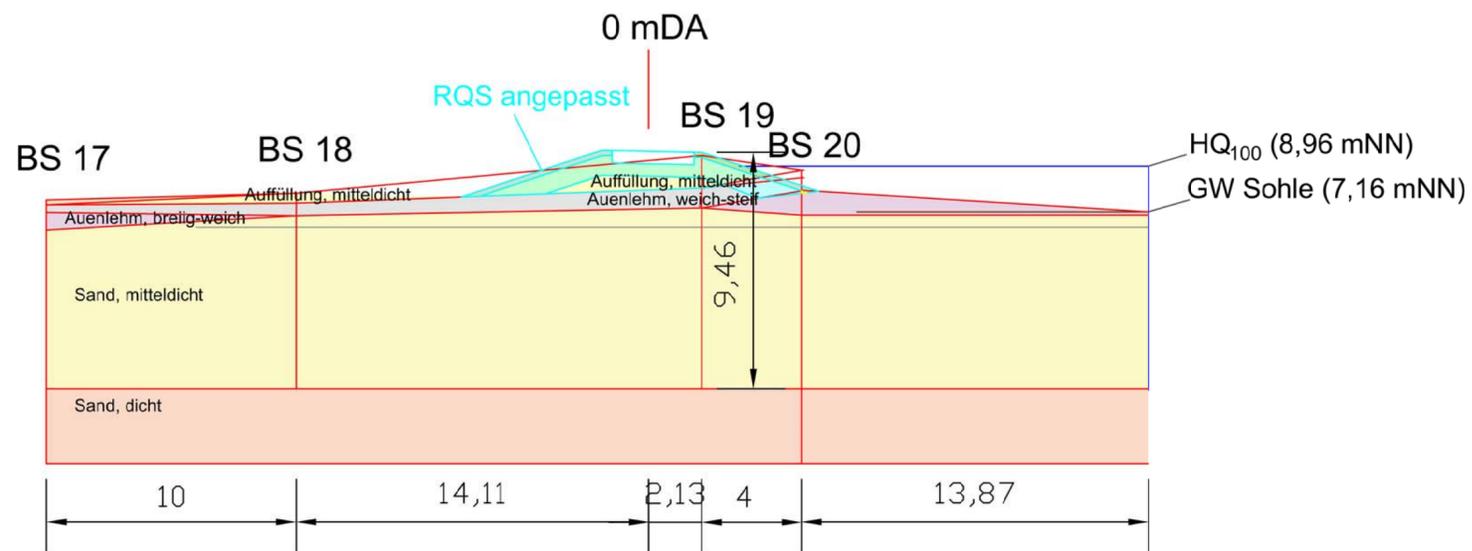
Anlagen-Nr.: 2.1

Datei: 16-14695 BVH Delme-Dämme Schnitte für Berechnungen.dwg

Schnitt V-V' (km 1+100) mit Bestand



Schnitt V-V' (km 1+100) Planungsidee



Sanierung der Delme-Dämme von der Autobahn bis zu den Graften in Delmenhorst

Projekt:

Ochtumverband
Danziger Str. 3
27243 Harpstedt

Auftraggeber:

Darstellung:

Querschnitte
Baugrunduntersuchung



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Datum: 08.03.2017

Bearbeiter: Dr. Beuße

gezeichnet: Jannik Beuße

Maßstab: 1 : 250

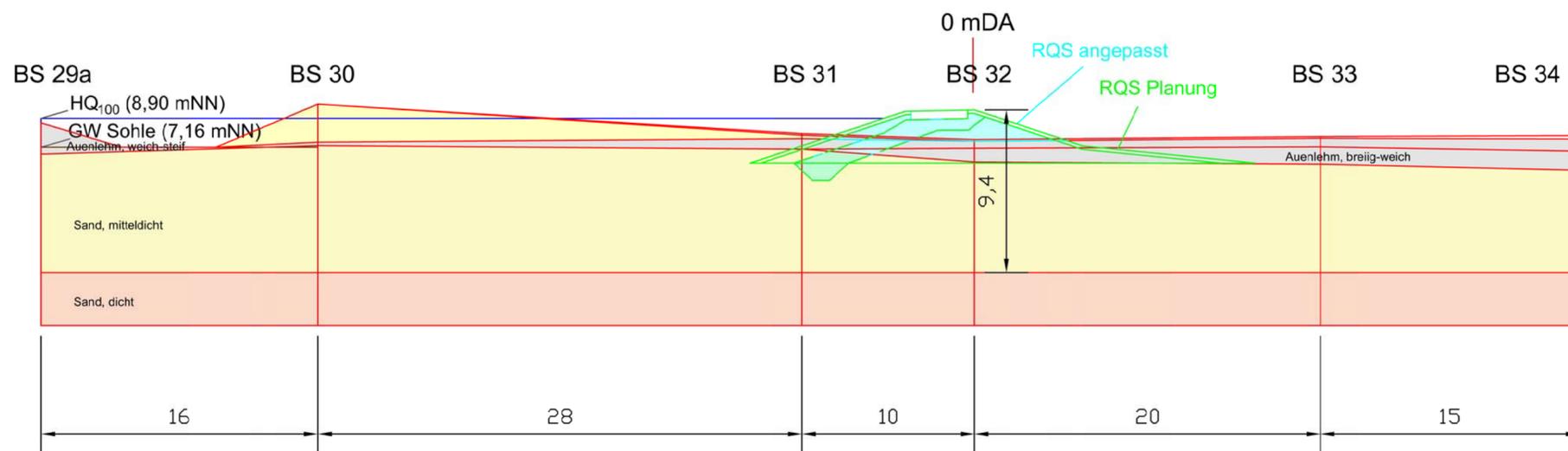
1 : 250

Elsterbogen 18 21255 Tostedt
Tel.: 04182 - 28770 Fax.: 04182 - 287728
www.dr-beusse.de

Anlagen-Nr.: 2.2

Datei: 16-14695 BVH Delme-Dämme Schnitte für Berechnungen.dwg

Schnitt VIII-VIII' mit Bestand



Sanierung der Delme-Dämme von der Autobahn bis zu den Graften in Delmenhorst

Projekt:

Ochtumverband
Danziger Str. 3
27243 Harpstedt

Auftraggeber:

Querschnitte Baugrunduntersuchung

Darstellung:



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Datum: 08.03.2017

Bearbeiter: Dr. Beuße

gezeichnet: Jannik Beuße

Maßstab: 1 : 200

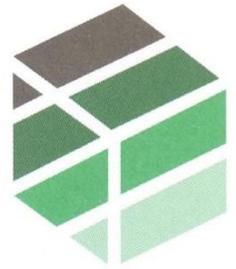
1 : 200

Elsterbogen 18 21255 Tostedt
Tel.: 04182 - 28770 Fax.: 04182 - 287728
www.dr-beusse.de

Anlagen-Nr.: 2.3

Datei: 16-14695 BVH Delme-Dämme Schnitte für Berechnungen.dwg

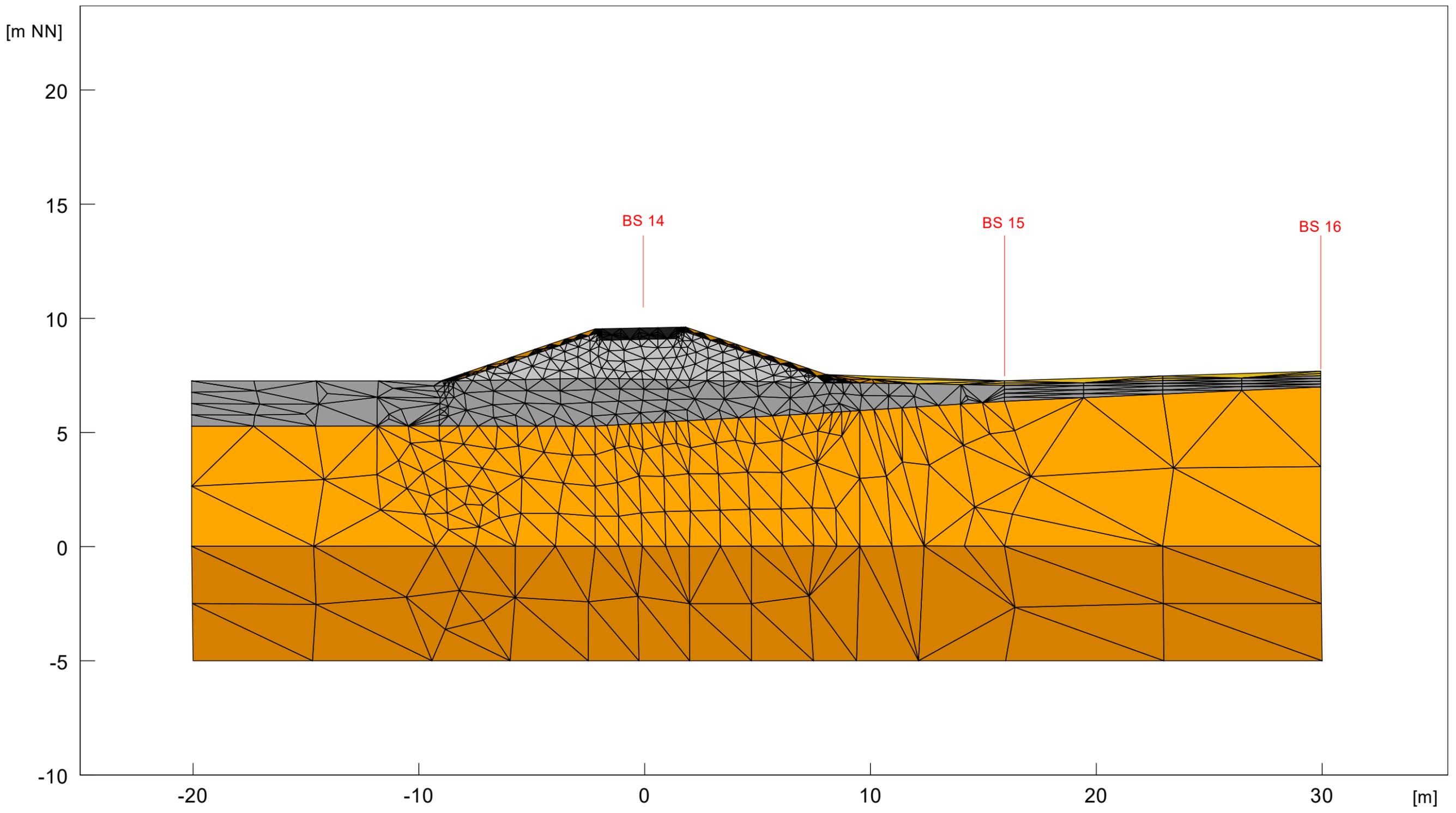
Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH
Beratende Ingenieure



INGENIEURGRUPPE PTM

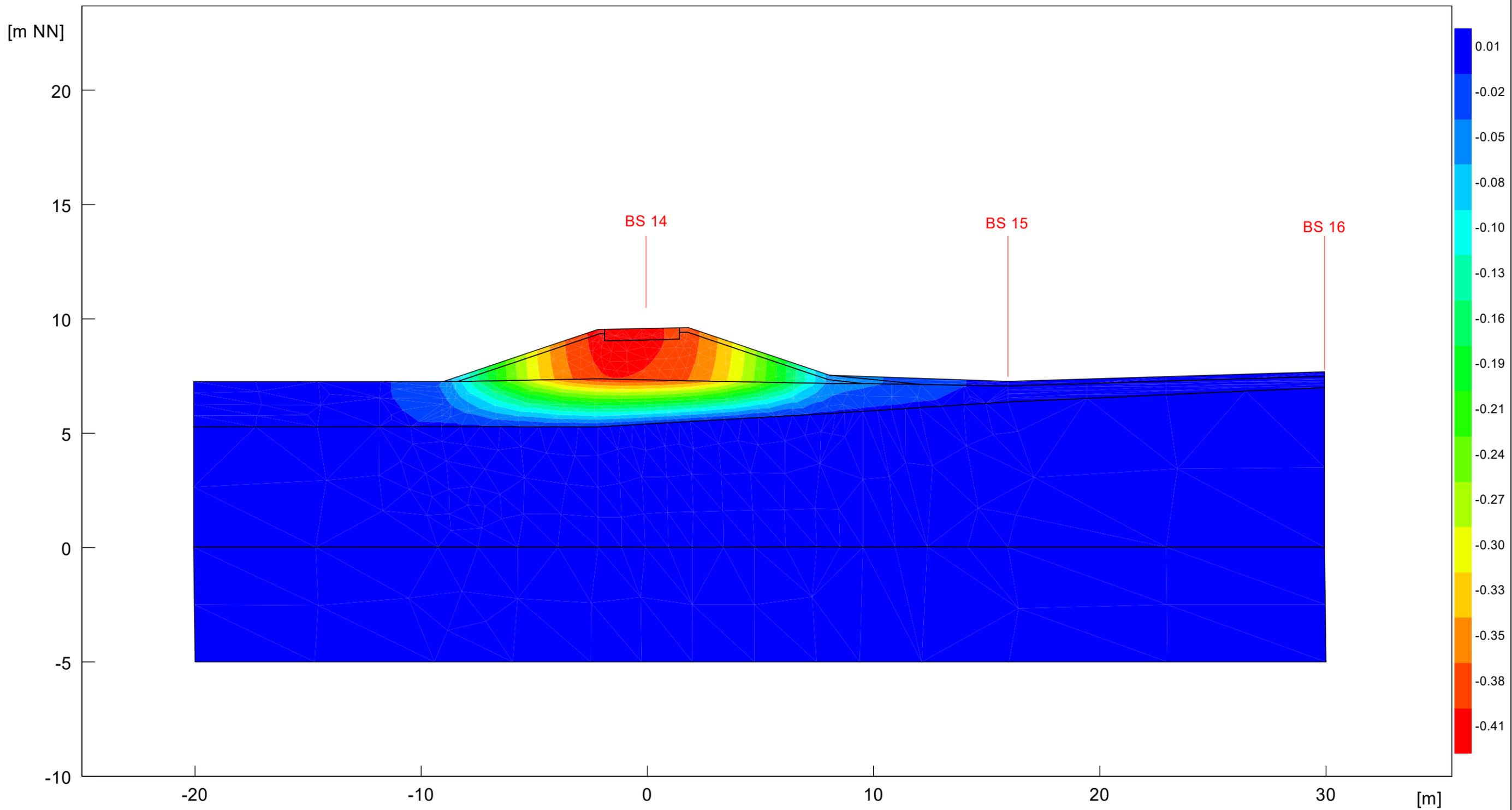
Anlage 3 zu Bericht Nr. 16 - 14695.2

**Systemschnitte mit Finite- Elemente-Netz und Verformungsverteilung
der Schnitte IV - IV' und V - V'**



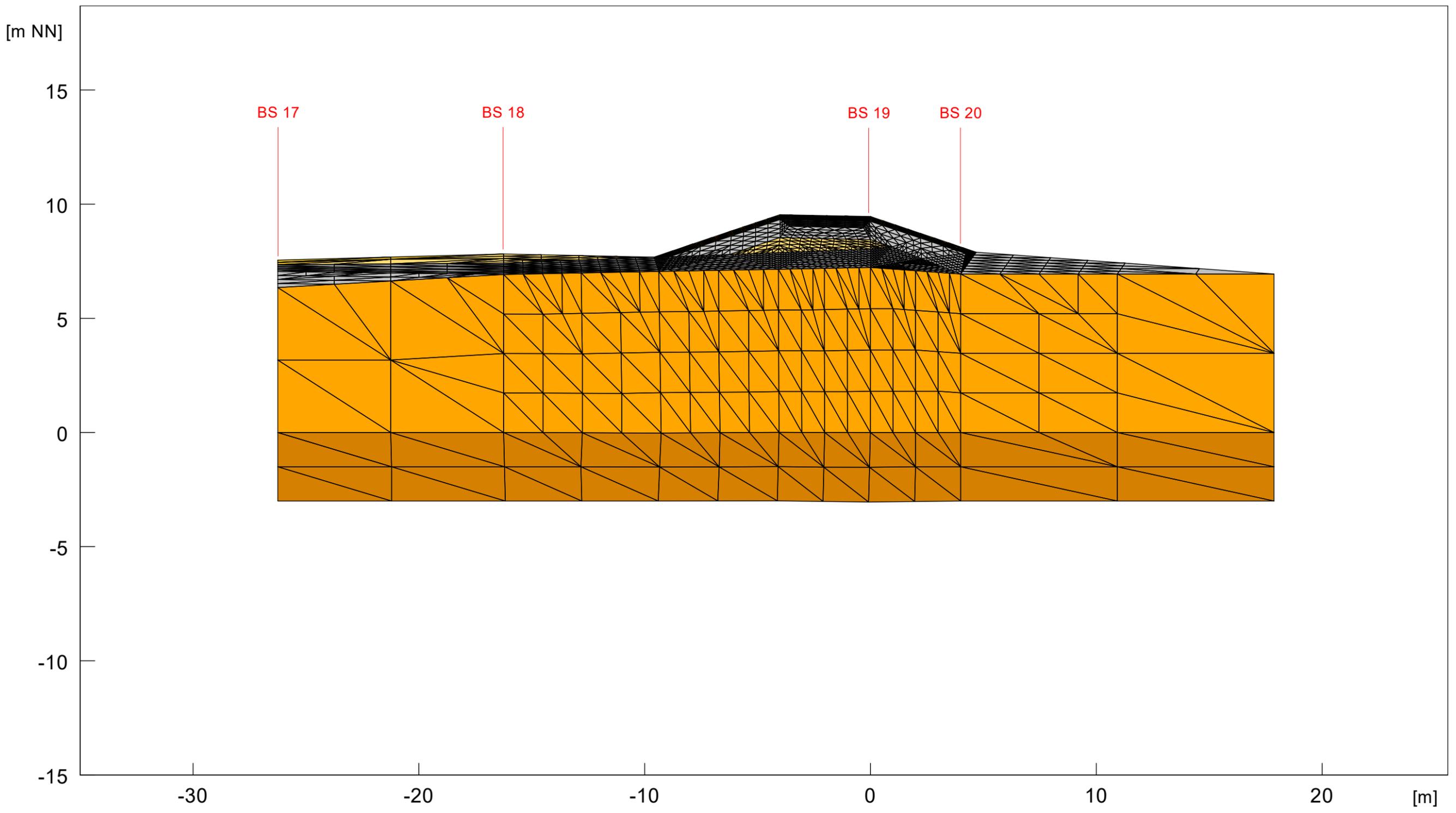
Material	E [F/L ²]	γ [F/L ³]	ν [-]	Bezeichnung
	60000.0	0.000	0.000	Sande, mitteldicht
	200.0	0.000	0.000	Auenlehm, breiig-weich
	5000.0	0.000	0.000	Mutterboden, locker
	3500.0	20.000	0.000	Deichkörpermaterial, steif
	3500.0	20.000	0.000	Oberflächenabdeckung, steif
	100000.0	30.000	0.000	Straßenaufbau
	80000.0	0.000	0.000	Sande, dicht

 Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728 www.dr-beusse.de	Bauvorhaben : BVH Delme-Dämme Delmenhorst	Anlage : 3.1
	Auftraggeber : OCHTUMVERBAND	Bericht : 16 - 14695.2
System für Setzungsberechnung - Schnitt IV - IV' (km 1+180)		Maßstab (L/H) : 1 : 175 / 1 : 175
		Datum : 08.03.2017



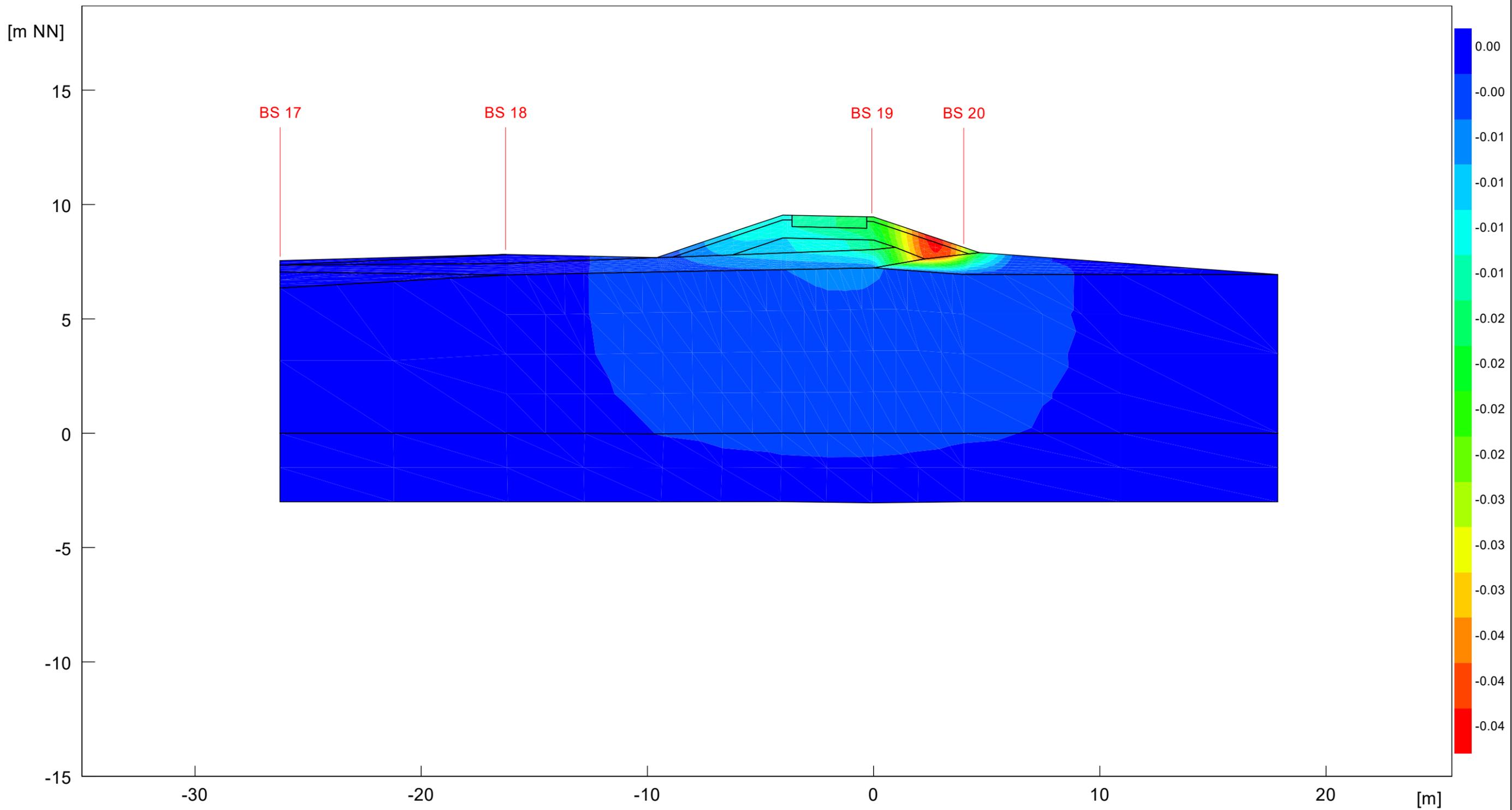
Material	E [F/L ²]	γ [F/L ³]	ν [-]	Bezeichnung
	60000.0	0.000	0.000	Sande, mitteldicht
	200.0	0.000	0.000	Auenlehm, breiig-weich
	5000.0	0.000	0.000	Mutterboden, locker
	3500.0	20.000	0.000	Deichkörpermaterial, steif
	3500.0	20.000	0.000	Oberflächenabdeckung, steif
	100000.0	30.000	0.000	Straßenaufbau
	80000.0	0.000	0.000	Sande, dicht

 Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728 www.dr-beusse.de	Bauvorhaben : BVH Delme-Dämme Delmenhorst	Anlage : 3.2
	Auftraggeber : OCHTUMVERBAND	Bericht : 16 - 14695.2
		Maßstab (L/H) : 1 : 175 / 1 : 175
		Datum : 20.03.2017
Verteilung vertikaler Verformungen - Schnitt IV - IV' (km 1+180)		



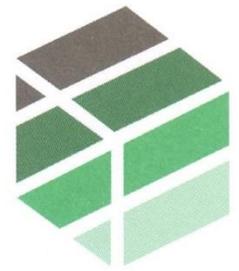
Material	E [F/L ²]	γ [F/L ³]	ν [-]	Bezeichnung
	60000.0	0.000	0.000	Sand, mitteldicht
	3000.0	0.000	0.000	Auenlehm, weich-steif
	200.0	0.000	0.000	Auenlehm breiig-weich
	30000.0	0.000	0.000	Auffüllungen, mitteldicht
	3500.0	20.000	0.000	Deickkörpermaterial, steif
	100000.0	30.000	0.000	Straßenaufbau
	3500.0	20.000	0.000	Oberflächenabdeckung, steif
	5000.0	0.000	0.000	Mutterboden, locker
	80000.0	20.000	0.000	Sande, dicht

 Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728 www.dr-beusse.de	Bauvorhaben : BVH Delme-Dämme Delmenhorst	Anlage : 3.3
	Auftraggeber : OCHTUMVERBAND	Bericht : 16 - 14695.2
		Maßstab (L/H) : 1 : 175/ 1 : 175
		Datum : 20.03.2017
System für Setzungsberechnung - Schnitt V - V' (km 1+100)		



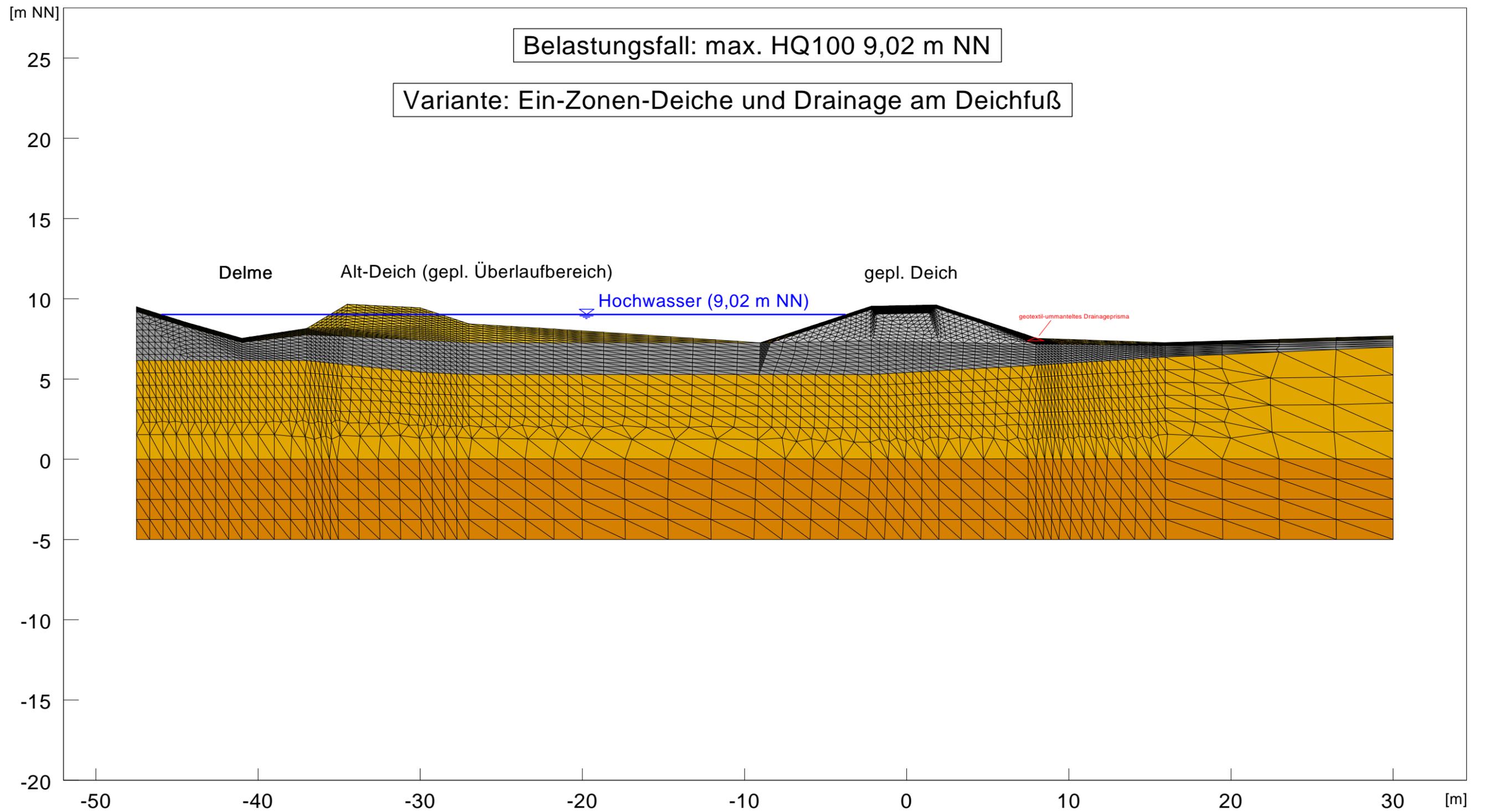
Material	E [F/L ²]	γ [F/L ³]	ν [-]	Bezeichnung
	60000.0	0.000	0.000	Sand, mitteldicht
	3000.0	0.000	0.000	Auenlehm, weich-steif
	200.0	0.000	0.000	Auenlehm breig-weich
	30000.0	0.000	0.000	Auffüllungen, mitteldicht
	3500.0	20.000	0.000	Deickkörpermaterial, steif
	100000.0	30.000	0.000	Straßenaufbau
	3500.0	20.000	0.000	Oberflächenabdeckung, steif
	5000.0	0.000	0.000	Mutterboden, locker
	80000.0	20.000	0.000	Sande, dicht

 Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728 www.dr-beusse.de	Bauvorhaben : BVH Delme-Dämme Delmenhorst	Anlage : 3.4
	Auftraggeber : OCHTUMVERBAND	Bericht : 16 - 14695.2
		Maßstab (L/H) : 1 : 175/ 1 : 175
		Datum : 20.03.2017
Verteilung vertikaler Verformungen - Schnitt V - V' (km 1+100)		



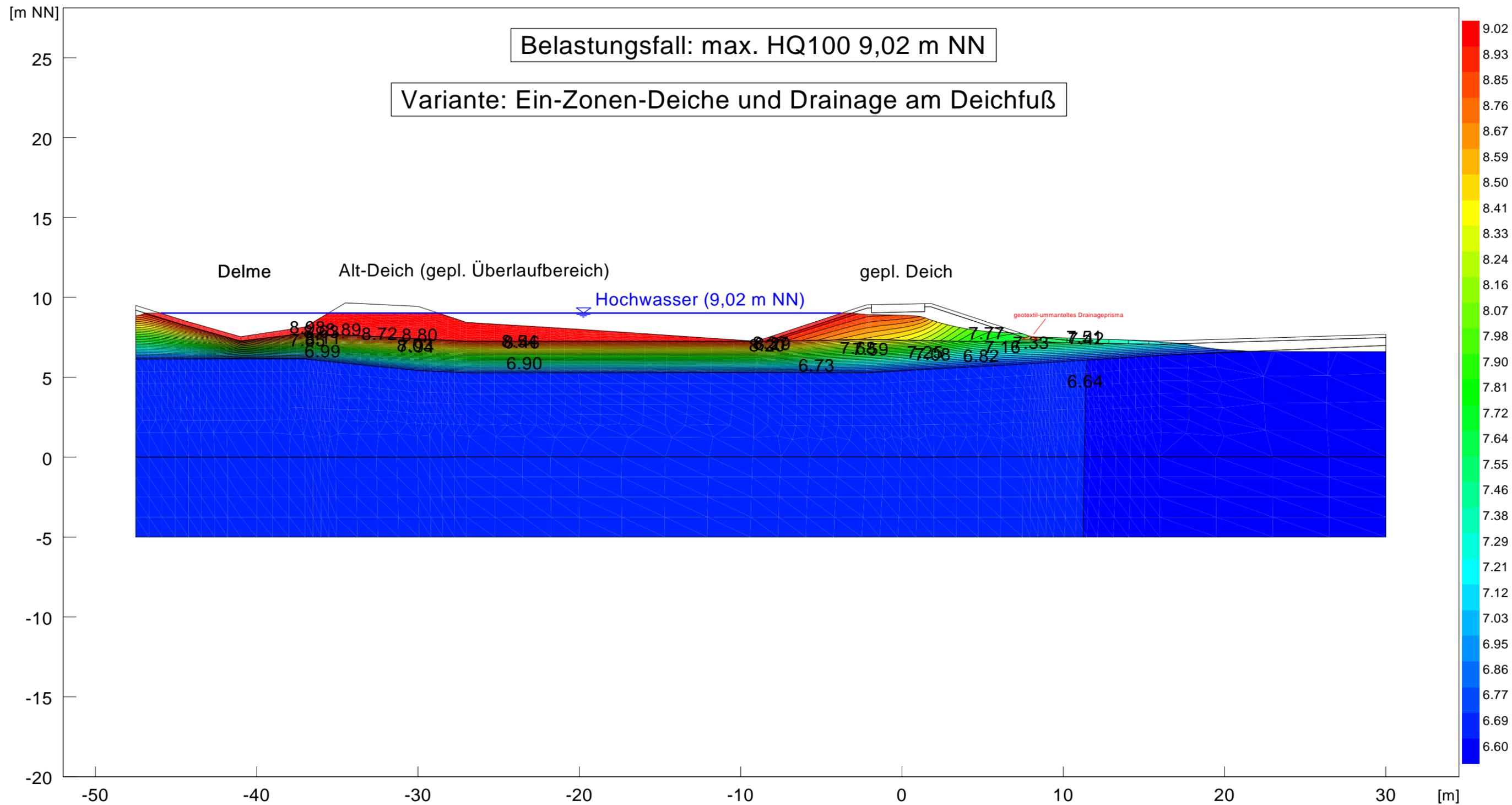
Anlage 4 zu Bericht Nr. 16 - 14695.2

**Systemschnitte mit Finite- Elemente-Netz und Potentialhöhenverteilung
mit Sickerlinie der Schnitte IV - IV', V - V' und VIII - VIII' unter stationären
und instationären Bedingungen**



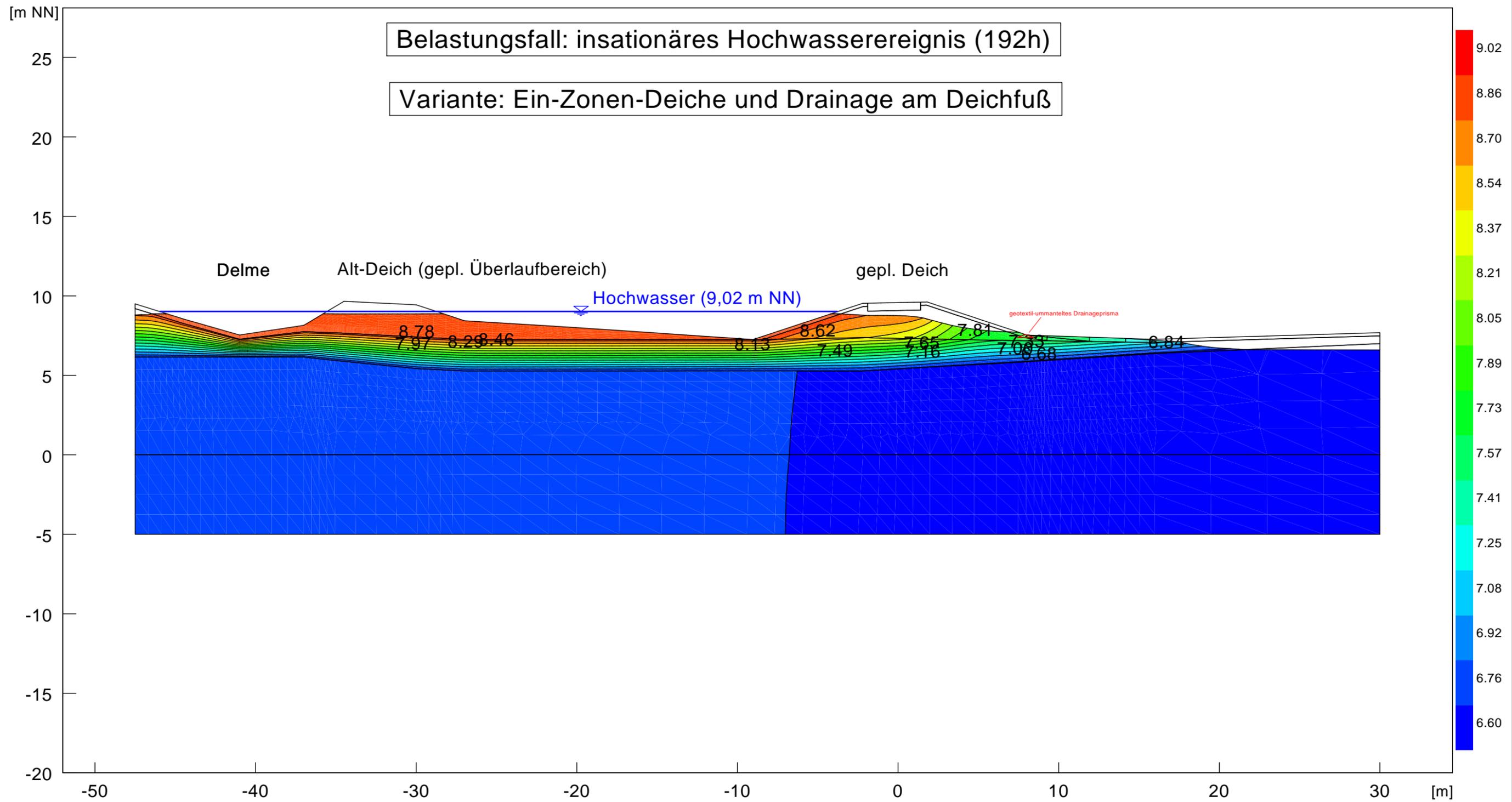
Boden	k_x [L/T]	k_y [L/T]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$4.700 \cdot 10^{-5}$	$4.700 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sande, mitteldicht
	$1.300 \cdot 10^{-8}$	$1.300 \cdot 10^{-8}$	0.05	Auenlehm, breiig - weich
	$6.200 \cdot 10^{-6}$	$6.200 \cdot 10^{-6}$	0.10	Mutterboden/Auffüllung, locke
	$4.120 \cdot 10^{-8}$	$4.120 \cdot 10^{-8}$	0.05	Deichkörpermaterial, steif
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.10	Oberflächenabdeckung, steif
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$5.000 \cdot 10^{-3}$	0.25	Straßenaufbau
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$2.000 \cdot 10^{-5}$	0.25	Sand, dicht
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	Kies-Drainage

 Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728 www.dr-beusse.de	Bauvorhaben : BVH Delme-Dämme Delmenhorst	Anlage : 4.1
	Auftraggeber : OCHTUMVERBAND	Bericht : 16 - 14695.2
System Potentialhöhenberechnung - Schnitt IV - IV' (km 1+180)		Maßstab (L/H) : 1 : 250 / 1 : 250
		Datum : 27.03.2017



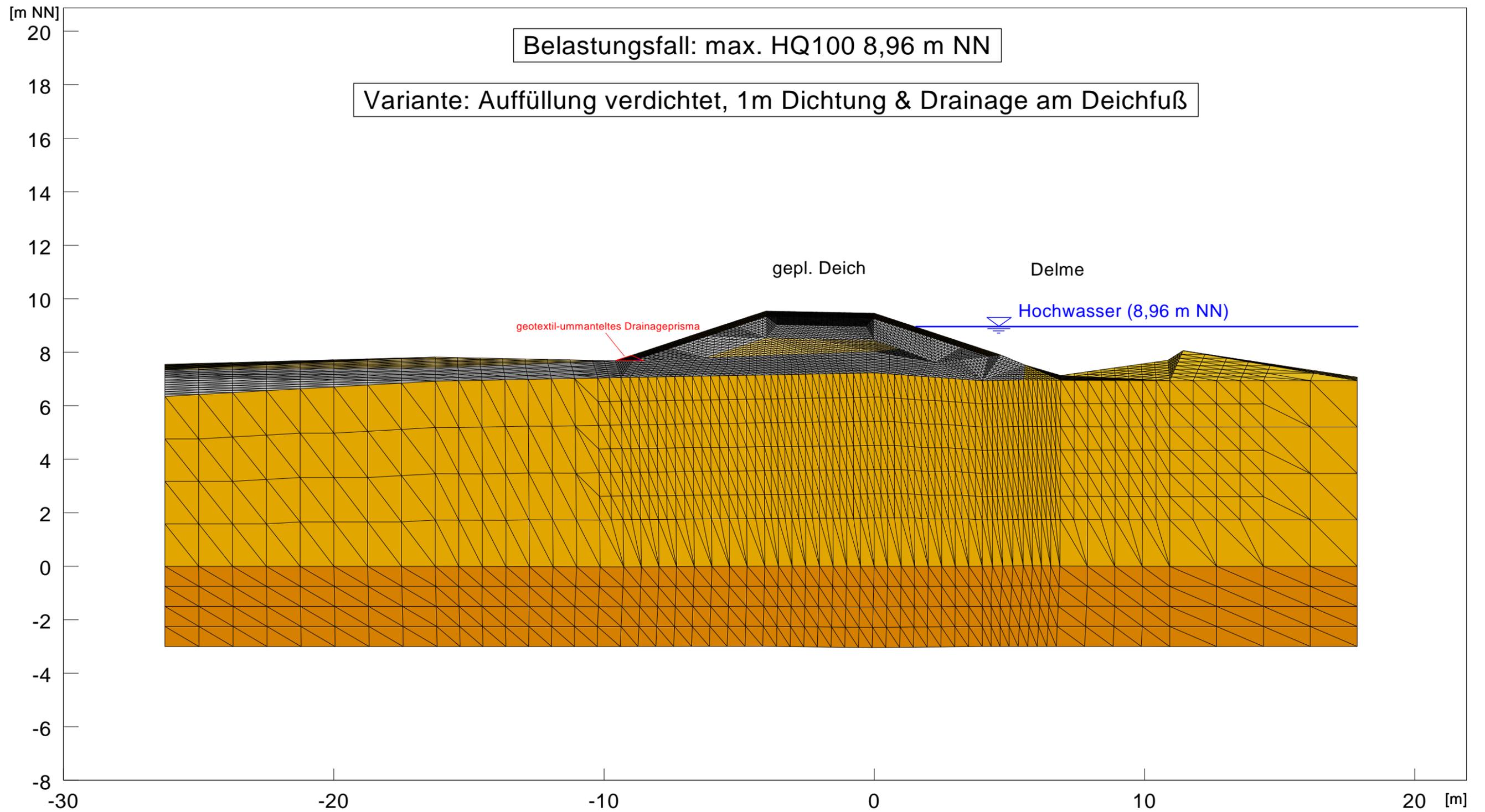
Boden	k_x [L/T]	k_y [L/T]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$4.700 \cdot 10^{-5}$	$4.700 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sande, mitteldicht
	$1.300 \cdot 10^{-8}$	$1.300 \cdot 10^{-8}$	0.05	Auenlehm, breiig - weich
	$6.200 \cdot 10^{-6}$	$6.200 \cdot 10^{-6}$	0.10	Mutterboden/Auffüllung, locke
	$4.120 \cdot 10^{-8}$	$4.120 \cdot 10^{-8}$	0.05	Deichkörpermaterial, steif
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.10	Oberflächenabdeckung, steif
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$5.000 \cdot 10^{-3}$	0.25	Straßenaufbau
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$2.000 \cdot 10^{-5}$	0.25	Sand, dicht
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	Kies-Drainage

 Ingenieuresellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH	Bauvorhaben : BVH Delme-Dämme Delmenhorst	Anlage : 4.2
	Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728 www.dr-beusse.de	Auftraggeber : OCHTUMVERBAND
Potentialhöhen - Schnitt IV - IV' (km 1+180)		Maßstab (L/H) : 1 : 250 / 1 : 250
		Datum : 27.03.2017



Boden	k_x [L/T]	k_y [L/T]	n_{eff} [-]	S [1/L]	Bezeichnung
	$4.700 \cdot 10^{-5}$	$4.700 \cdot 10^{-5}$	0.20	$2.000 \cdot 10^{-4}$	Sande, mitteldicht
	$1.300 \cdot 10^{-8}$	$1.300 \cdot 10^{-8}$	0.05	$2.000 \cdot 10^{-2}$	Auenlehm, breiig - weich
	$6.200 \cdot 10^{-6}$	$6.200 \cdot 10^{-6}$	0.10	$1.000 \cdot 10^{-3}$	Mutterboden/Auffüllung, locke
	$4.120 \cdot 10^{-8}$	$4.120 \cdot 10^{-8}$	0.05	$2.600 \cdot 10^{-3}$	Deichkörpermaterial, steif
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.10	$9.200 \cdot 10^{-4}$	Oberflächenabdeckung, steif
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$5.000 \cdot 10^{-3}$	0.25	$4.900 \cdot 10^{-5}$	Straßenaufbau
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$2.000 \cdot 10^{-5}$	0.25	$2.000 \cdot 10^{-4}$	Sand, dicht
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	$4.900 \cdot 10^{-5}$	Kies-Drainage

 Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728 www.dr-beusse.de	Bauvorhaben :	Anlage :
	BVH Delme-Dämme Delmenhorst	4.3
	Auftraggeber :	Bericht :
	OCHTUMVERBAND	16 - 14695.2
	Maßstab (L/H) :	Datum :
	1 : 250 / 1 : 250	27.03.2017
Potentialhöhen - Schnitt IV - IV' (km 1+180)		



Belastungsfall: max. HQ100 8,96 m NN

Variante: Auffüllung verdichtet, 1m Dichtung & Drainage am Deichfuß

gepl. Deich

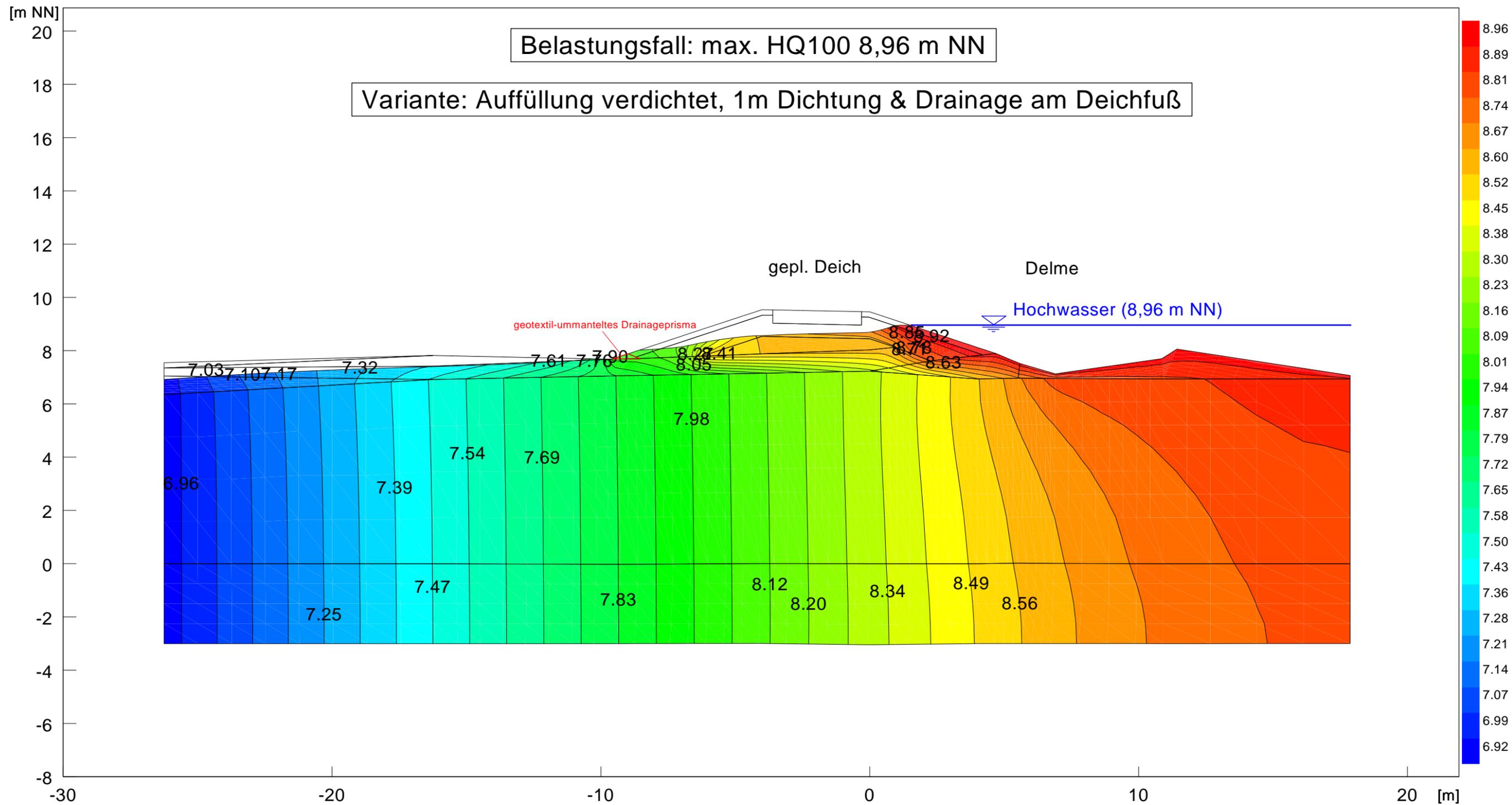
Delme

Hochwasser (8,96 m NN)

geotextil-ummanteltes Drainageprisma

Boden	k_x [L/T]	k_y [L/T]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$4.700 \cdot 10^{-5}$	$4.700 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sand, mitteldicht
	$1.300 \cdot 10^{-8}$	$1.300 \cdot 10^{-8}$	0.05	Auenlehm, weich - steif
	$1.300 \cdot 10^{-8}$	$1.300 \cdot 10^{-8}$	0.05	Auenlehm, breiig-weich
	$6.200 \cdot 10^{-6}$	$6.200 \cdot 10^{-6}$	0.15	Auffüllungen, mitteldicht
	$4.120 \cdot 10^{-8}$	$4.120 \cdot 10^{-8}$	0.05	Deichkörpermaterial, steif
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$5.000 \cdot 10^{-3}$	0.25	Straßenaufbau
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.10	Oberflächenabdeckung, steif
	$6.200 \cdot 10^{-6}$	$6.200 \cdot 10^{-6}$	0.10	Mutterboden, locker
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$2.000 \cdot 10^{-5}$	0.25	Sande, dicht
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	Kies-Drainage

 Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728 www.dr-beusse.de	Bauvorhaben : BVH Delme-Dämme Delmenhorst	Anlage : 4.4
	Auftraggeber : OCHTUMVERBAND	Bericht : 16 - 14695.2
Potentialhöhen - Schnitt V - V' (km 1+110)		Maßstab (L/H) : 1 : 150 / 1 : 150
		Datum : 27.03.2017



Boden	k_x [L/T]	k_y [L/T]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$4.700 \cdot 10^{-5}$	$4.700 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sand, mitteldicht
	$1.300 \cdot 10^{-8}$	$1.300 \cdot 10^{-8}$	0.05	Auenlehm, weich - steif
	$1.300 \cdot 10^{-8}$	$1.300 \cdot 10^{-8}$	0.05	Auenlehm, breiig-weich
	$6.200 \cdot 10^{-6}$	$6.200 \cdot 10^{-6}$	0.15	Auffüllungen, mitteldicht
	$4.120 \cdot 10^{-8}$	$4.120 \cdot 10^{-8}$	0.05	Deichkörpermaterial, steif
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$5.000 \cdot 10^{-3}$	0.25	Straßenaufbau
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.10	Oberflächenabdeckung, steif
	$6.200 \cdot 10^{-6}$	$6.200 \cdot 10^{-6}$	0.10	Mutterboden, locker
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$2.000 \cdot 10^{-5}$	0.25	Sande, dicht
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	Kies-Drainage



**Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH**

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728
www.dr-beusse.de

Bauvorhaben :
**BVH Delme-Dämme
Delmenhorst**

Auftraggeber :
OCHTUMVERBAND

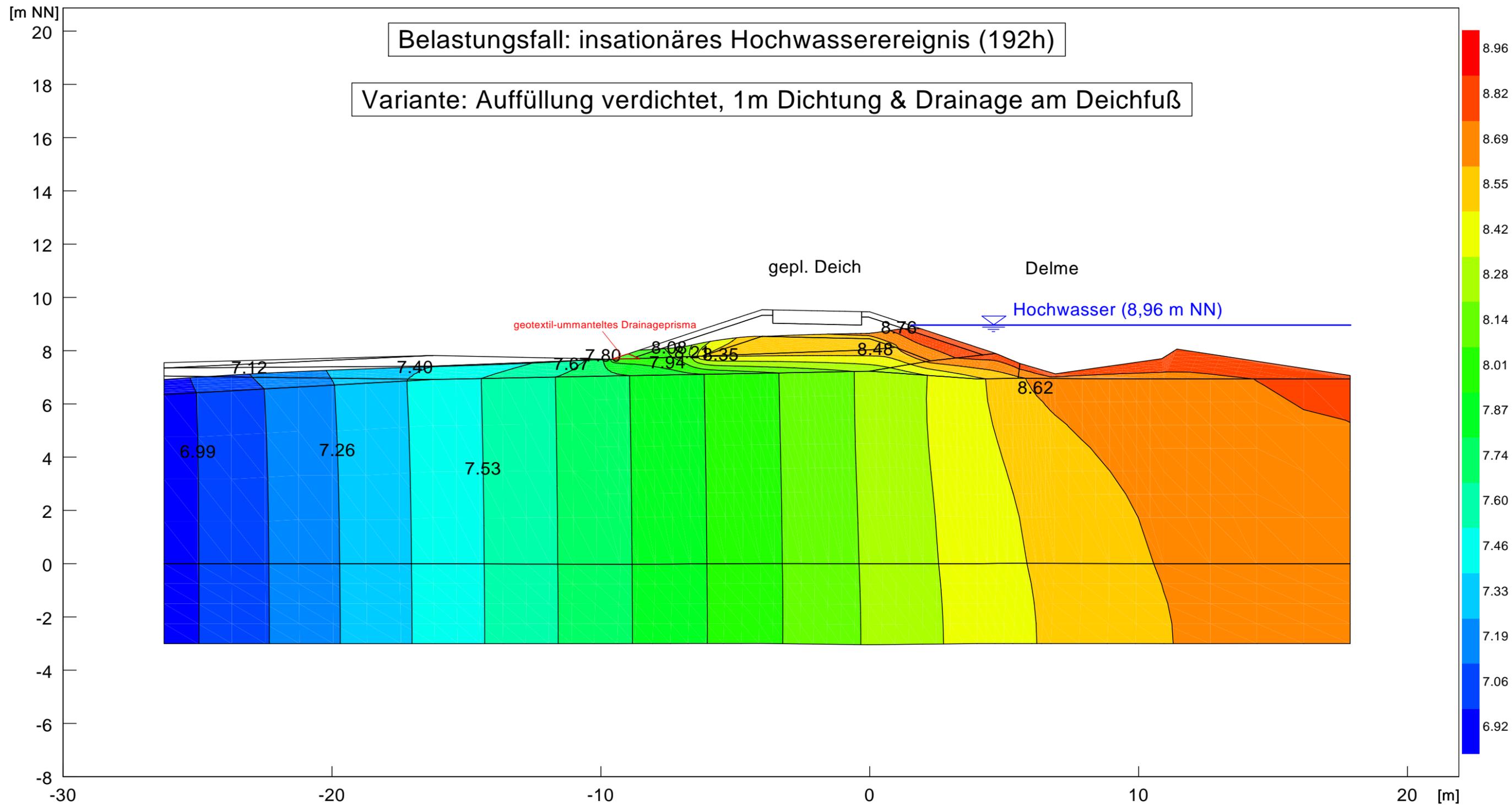
Anlage :
4.5

Bericht :
16 - 14695.2

Maßstab (L/H) :
1 : 150 / 1 : 150

Datum :
27.03.2017

Potentialhöhen - Schnitt V - V' (km 1+110)



Boden	k_x [L/T]	k_y [L/T]	n_{eff} [-]	S [1/L]	Bezeichnung
	$4.700 \cdot 10^{-5}$	$4.700 \cdot 10^{-5}$	0.20	$2.000 \cdot 10^{-4}$	Sand, mitteldicht
	$1.300 \cdot 10^{-8}$	$1.300 \cdot 10^{-8}$	0.05	$2.000 \cdot 10^{-2}$	Auenlehm, weich - steif
	$1.300 \cdot 10^{-8}$	$1.300 \cdot 10^{-8}$	0.05	$2.000 \cdot 10^{-2}$	Auenlehm, breiig-weich
	$6.200 \cdot 10^{-6}$	$6.200 \cdot 10^{-6}$	0.15	$1.000 \cdot 10^{-3}$	Auffüllungen, mitteldicht
	$4.120 \cdot 10^{-8}$	$4.120 \cdot 10^{-8}$	0.05	$2.600 \cdot 10^{-3}$	Deichkörpermaterial, steif
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$5.000 \cdot 10^{-3}$	0.25	$4.900 \cdot 10^{-6}$	Straßenaufbau
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.10	$9.200 \cdot 10^{-4}$	Oberflächenabdeckung, steif
	$6.200 \cdot 10^{-6}$	$6.200 \cdot 10^{-6}$	0.10	$1.000 \cdot 10^{-3}$	Mutterboden, locker
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$2.000 \cdot 10^{-5}$	0.25	$2.000 \cdot 10^{-4}$	Sande, dicht
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	$4.900 \cdot 10^{-5}$	Kies-Drainage



**Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH**

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728
www.dr-beusse.de

Bauvorhaben :
**BVH Delme-Dämme
Delmenhorst**

Auftraggeber :
OCHTUMVERBAND

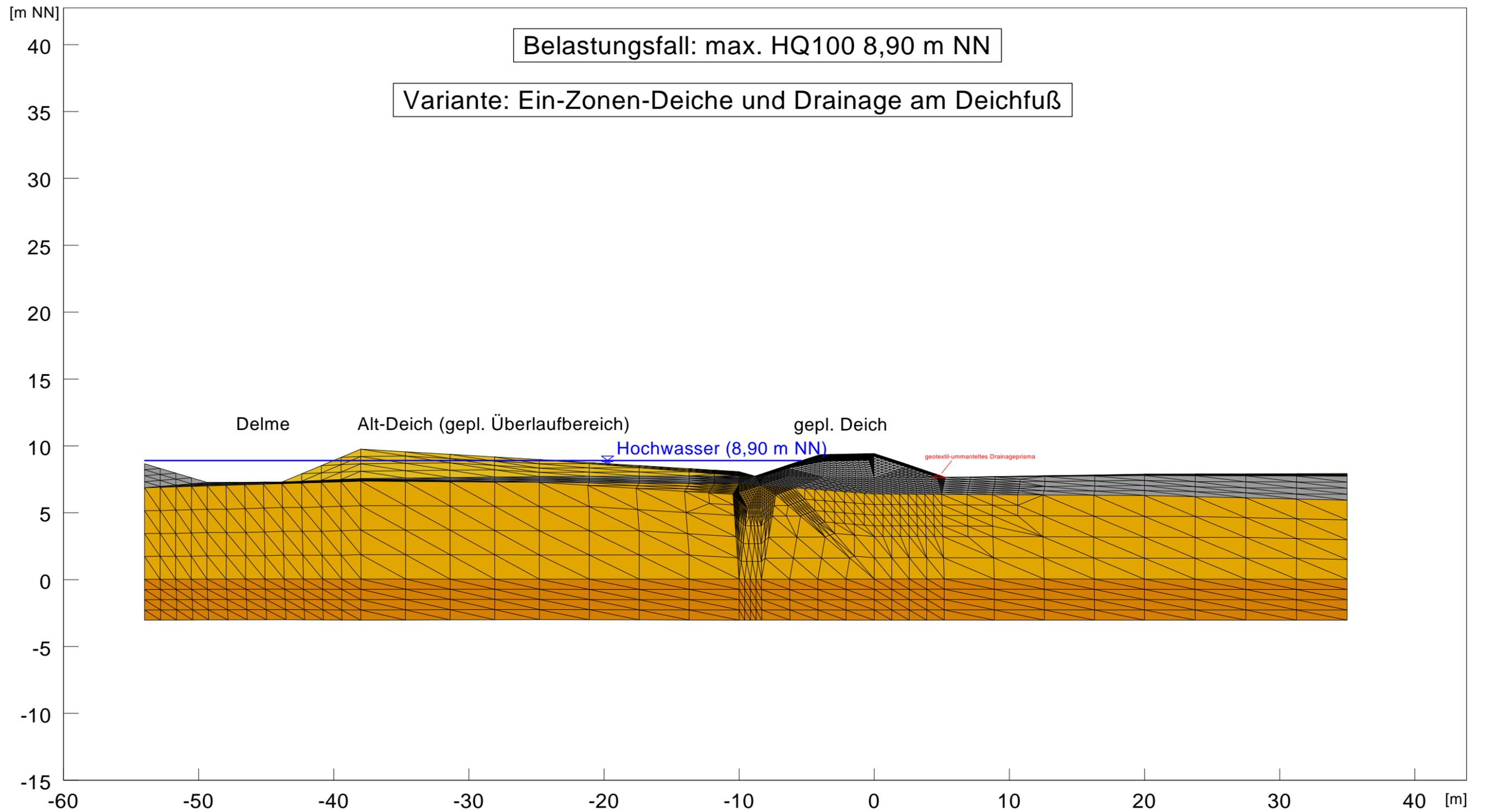
Anlage :
4.6

Bericht :
16 - 14695.2

Maßstab (L/H) :
1 : 150 / 1 : 150

Datum :
27.03.2017

Potentialhöhen - Schnitt V - V' (km 1+110)



Belastungsfall: max. HQ100 8,90 m NN

Variante: Ein-Zonen-Deiche und Drainage am Deichfuß

Delme

Alt-Deich (gepl. Überlaufbereich)

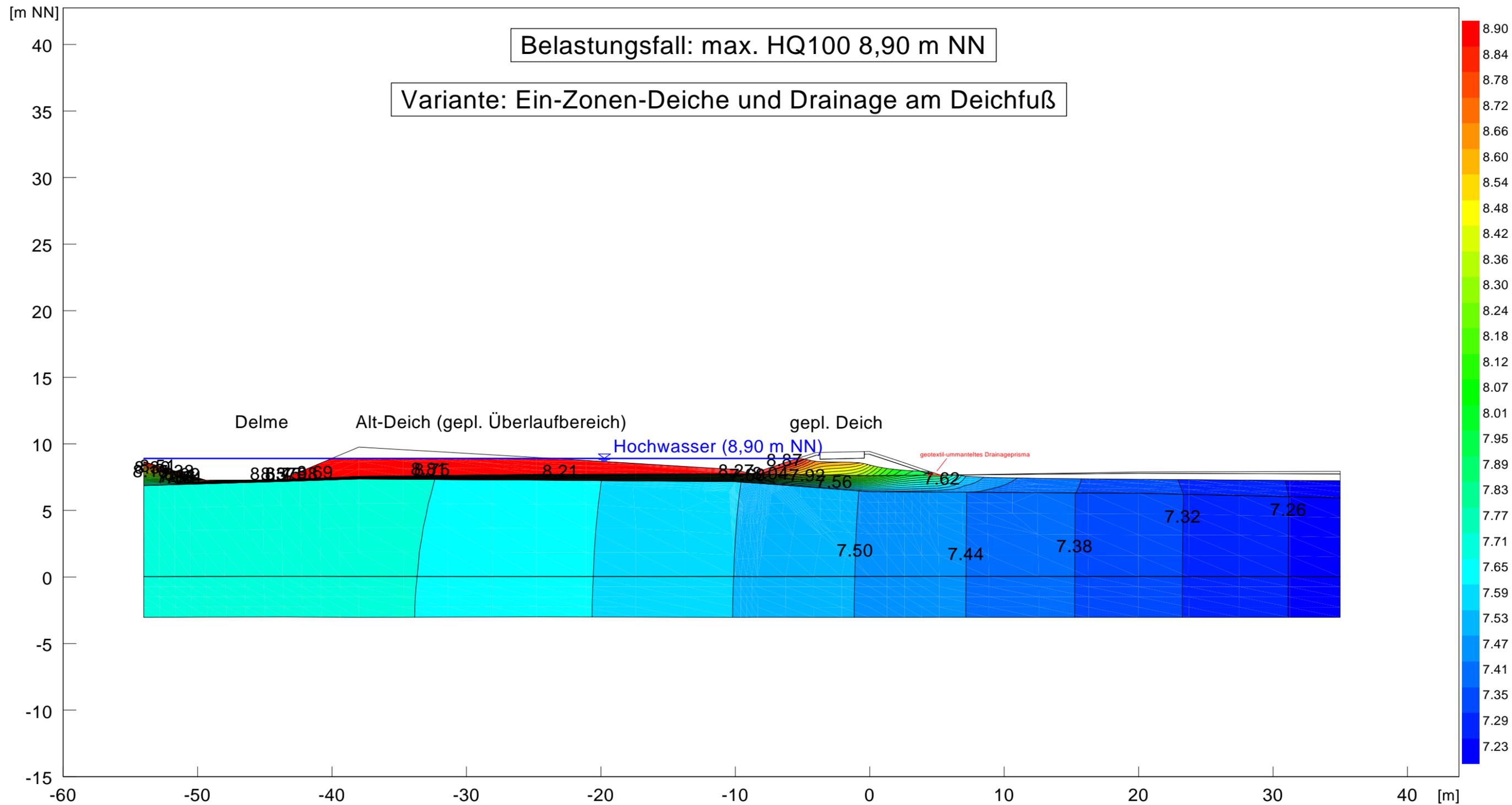
gepl. Deich

Hochwasser (8,90 m NN)

geotextil-ummanteltes Drainageprisma

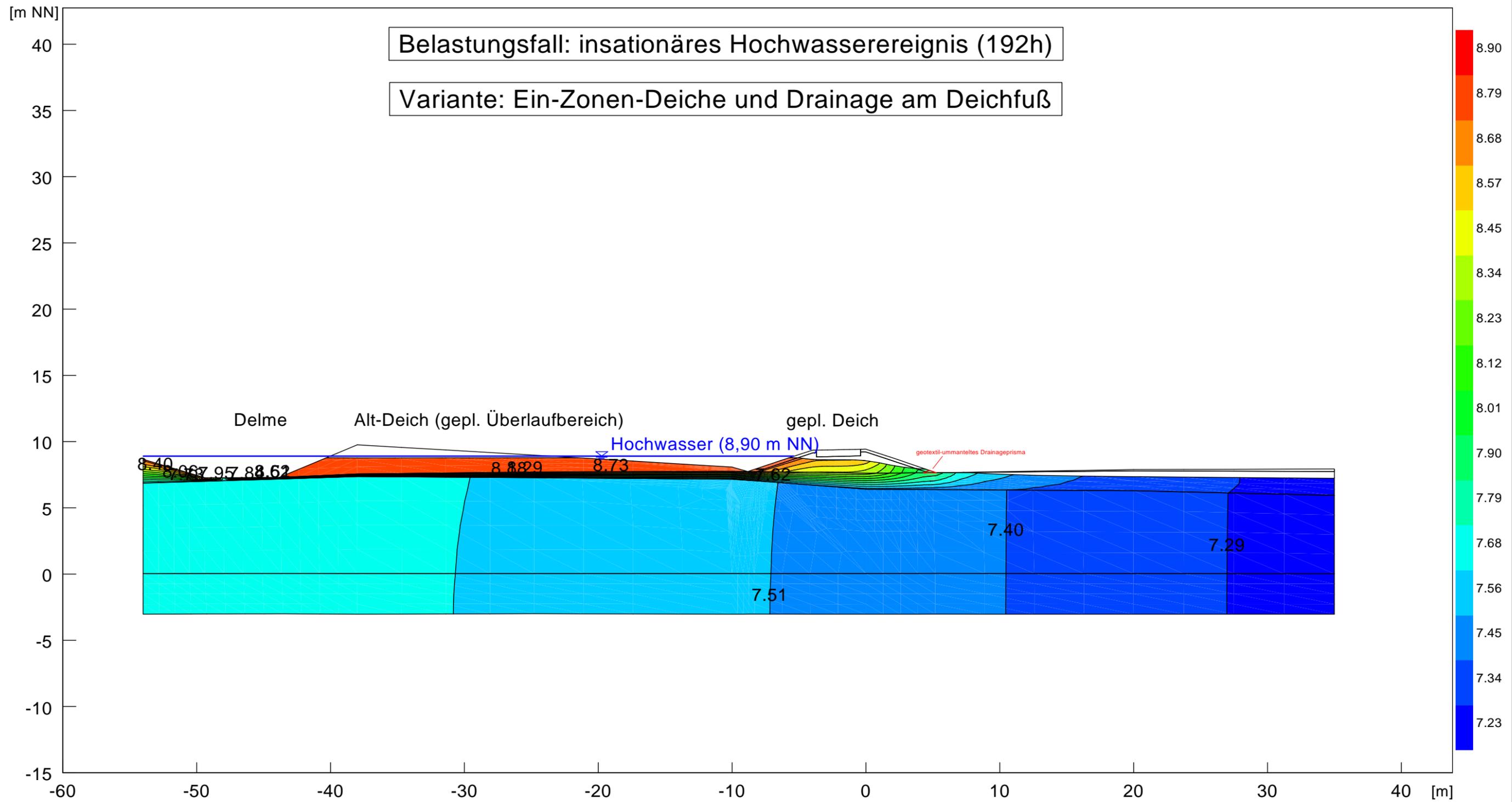
Boden	k_x [L/T]	k_y [L/T]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$4.700 \cdot 10^{-5}$	$4.700 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sande, mitteldicht
	$1.300 \cdot 10^{-8}$	$1.300 \cdot 10^{-8}$	0.05	Auenlehm, breiig - weich
	$6.200 \cdot 10^{-6}$	$6.200 \cdot 10^{-6}$	0.10	Mutterboden/Auffüllung, locke
	$4.120 \cdot 10^{-8}$	$4.120 \cdot 10^{-8}$	0.05	Deichkörpermaterial, steif
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.10	Oberflächenabdeckung, steif
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$5.000 \cdot 10^{-3}$	0.25	Straßenaufbau
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$2.000 \cdot 10^{-5}$	0.25	Sande, dicht
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	Kies-Drainage

 Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728 www.dr-beusse.de	Bauvorhaben :	Anlage :
	BVH Delme-Dämme Delmenhorst	4.7
	Auftraggeber :	Bericht : 16 - 14695.2
	OCHTUMVERBAND	Maßstab (L/H) : 1 : 300 / 1 : 300
		Datum : 27.03.2017
System Potentialhöhenberechnung - Schnitt VIII - VIII' (km 0+790)		



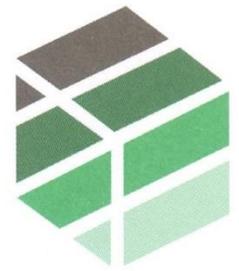
Boden	k_x [L/T]	k_y [L/T]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$4.700 \cdot 10^{-5}$	$4.700 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sande, mitteldicht
	$1.300 \cdot 10^{-8}$	$1.300 \cdot 10^{-8}$	0.05	Auenlehm, breiig - weich
	$6.200 \cdot 10^{-6}$	$6.200 \cdot 10^{-6}$	0.10	Mutterboden/Auffüllung, locke
	$4.120 \cdot 10^{-8}$	$4.120 \cdot 10^{-8}$	0.05	Deichkörpermaterial, steif
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.10	Oberflächenabdeckung, steif
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$5.000 \cdot 10^{-3}$	0.25	Straßenaufbau
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$2.000 \cdot 10^{-5}$	0.25	Sande, dicht
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	Kies-Drainage

 Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH	Bauvorhaben : BVH Delme-Dämme Delmenhorst	Anlage : 4.8
	Auftraggeber : OCHTUMVERBAND	Bericht : 16 - 14695.2
Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728 www.dr-beusse.de	Maßstab (L/H) : 1 : 300 / 1 : 300	
Potentialhöhen - Schnitt VIII - VIII' (km 0+790)		
Datum : 27.03.2017		



Boden	k_x [L/T]	k_y [L/T]	n_{eff} [-]	S [1/L]	Bezeichnung
	$4.700 \cdot 10^{-5}$	$4.700 \cdot 10^{-5}$	0.20	$2.000 \cdot 10^{-4}$	Sande, mitteldicht
	$1.300 \cdot 10^{-8}$	$1.300 \cdot 10^{-8}$	0.05	$2.000 \cdot 10^{-2}$	Auenlehm, breiig - weich
	$6.200 \cdot 10^{-6}$	$6.200 \cdot 10^{-6}$	0.10	$1.000 \cdot 10^{-3}$	Mutterboden/Auffüllung, locke
	$4.120 \cdot 10^{-8}$	$4.120 \cdot 10^{-8}$	0.05	$2.600 \cdot 10^{-3}$	Deichkörpermaterial, steif
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.10	$9.200 \cdot 10^{-4}$	Oberflächenabdeckung, steif
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$5.000 \cdot 10^{-3}$	0.25	$4.900 \cdot 10^{-5}$	Straßenaufbau
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$2.000 \cdot 10^{-5}$	0.25	$2.000 \cdot 10^{-4}$	Sande, dicht
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	$4.900 \cdot 10^{-5}$	Kies-Drainage

 Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728 www.dr-beusse.de	Bauvorhaben : BVH Delme-Dämme Delmenhorst	Anlage : 4.9
	Auftraggeber : OCHTUMVERBAND	Bericht : 16 - 14695.2
	Maßstab (L/H) : 1 : 300 / 1 : 300	
Datum : 27.03.2017		
Potentialhöhen - Schnitt VIII - VIII' (km 0+790)		



Anlage 5 zu Bericht Nr. 16 - 14695.2

**Stand sicherheitsberechnungen der maßgebenden Lastfälle
und Versagensmechanismen der Schnitte IV - IV' und V - V'**

Standortsicherheitsberechnung der Böschung des RRB
 Berechnungsgrundlagen
 900 Mittelpunkte definiert.
 483 Gleitkreise untersucht.
 Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.65$
 $x_m = 4.73 \text{ m}$ $y_m = 13.88 \text{ m}$
 $R = 7.25 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	27.50	0.00	18.00	Oberboden / Auffüllung [OH, SU]
	35.00	0.00	24.00	Straßenaufbau
	27.50	10.00	20.00	Oberflächenabdichtung [ST*]
	27.50	10.00	20.00	Deichkörpermaterial [ST*]
	26.00	5.00	19.00	Auenlehm [TL, SU*]
	32.50	0.00	18.00	Sande [SE, SU]
	35.00	0.00	18.00	Drainageprisma [GE]

Schnitt IV-IV' (km 1+180)

Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 21255 Tostedt
 Tel.: 04182 - 28 77 0
 Fax.: 04182 - 28 77 28



Projekt :
**BVH Delme-Dämme,
 Delmenhorst**

Auftraggeber :
OCHTUMVERBAND

Anlage :
 5.1

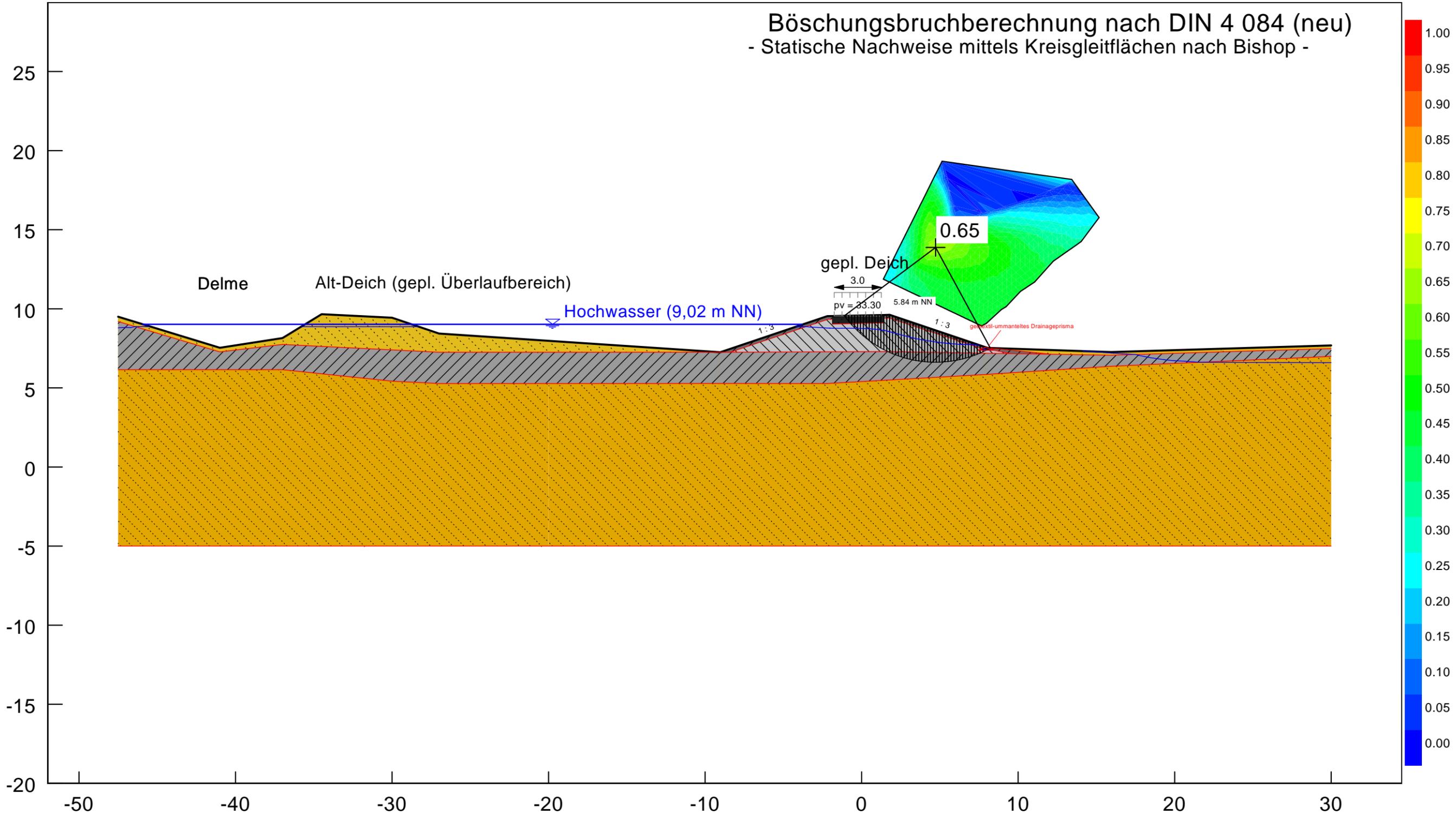
Bericht :
 17 - 14841

Maßstab (L/H) :
 1 : 250 / 1 : 250

Datum :
 27.03.2017

Standortsicherheitsnachweis des Deichkörpers
 ("Wasserspiegel Max." | Bemessungssituation BS-P)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084 (neu)
 - Statische Nachweise mittels Kreisgleitflächen nach Bishop -



Standsicherheitsberechnung der Böschung des RRB
 Berechnungsgrundlagen
 86 Mittelpunkte definiert.
 86 Gleitkreise untersucht.
 Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.78$
 $x_m = -5.11 \text{ m}$ $y_m = 11.89 \text{ m}$
 $R = 6.34 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi) = 1.25$
 - $\gamma(c) = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	27.50	0.00	18.00	Oberboden / Auffüllung [OH, SU]
	35.00	0.00	24.00	Straßenaufbau
	27.50	10.00	20.00	Oberflächenabdichtung [ST*]
	27.50	10.00	20.00	Deichkörpermaterial [ST*]
	26.00	5.00	19.00	Auenlehm [TL, SU*]
	32.50	0.00	18.00	Sande [SE, SU]
	35.00	0.00	18.00	Drainageprisma [GE]

Schnitt IV-IV' (km 1+180)



Ingenieurgesellschaft
 Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
 BVH Delme-Dämme,
 Delmenhorst

Anlage :
 5.2

Bericht :
 16 -14695.2

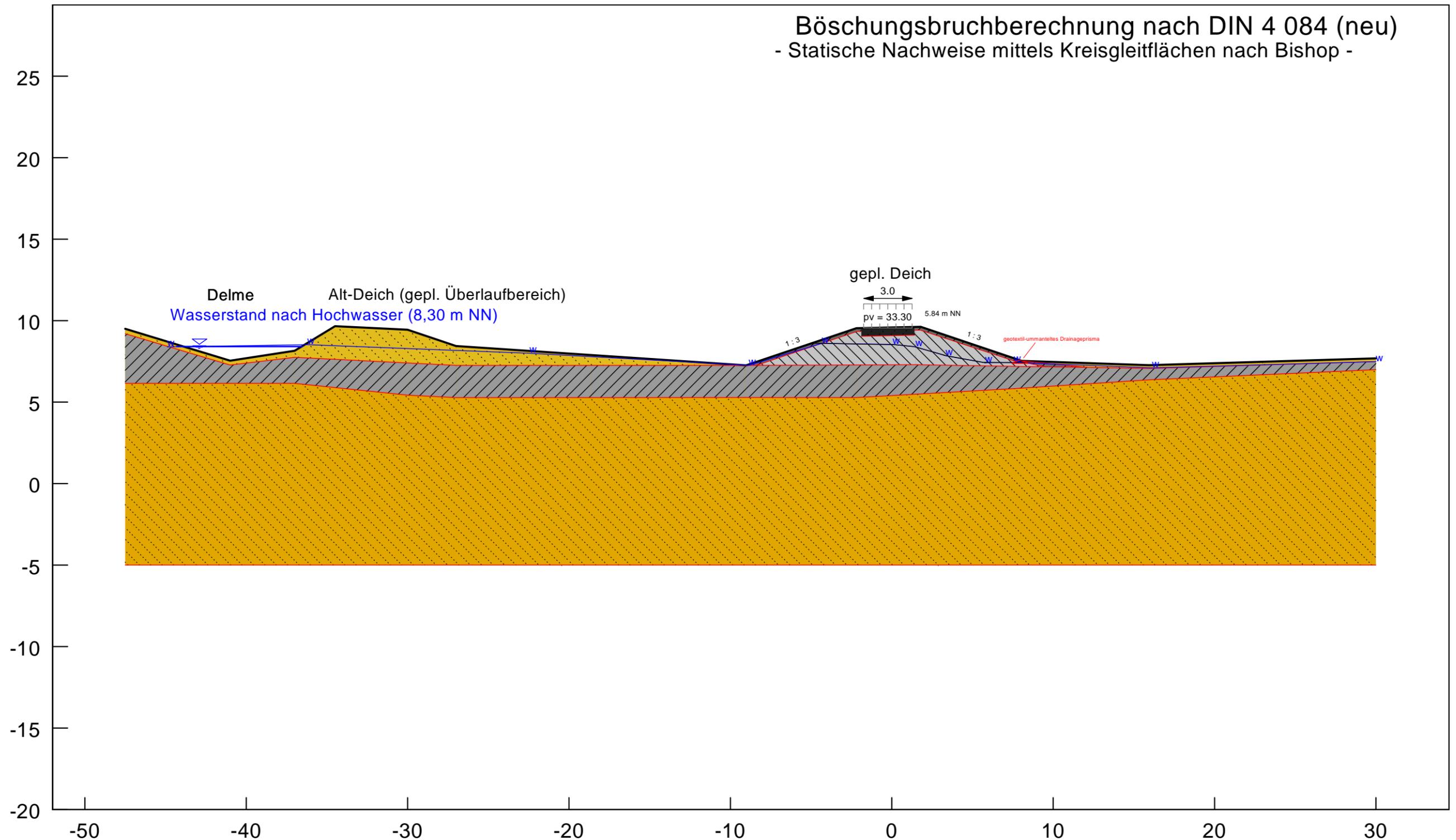
Auftraggeber :
OCHTUMVERBAND

Maßstab (L/H) :
 1 : 250 / 1 : 250

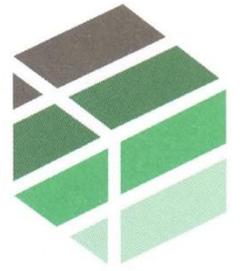
Datum :
 27.03.2017

Standsicherheitsnachweis des Deichkörpers
 ("Wasserspiegel nach Sunk" | Bemessungssituation BS-P)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084 (neu)
 - Statische Nachweise mittels Kreisgleitflächen nach Bishop -



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH
Beratende Ingenieure

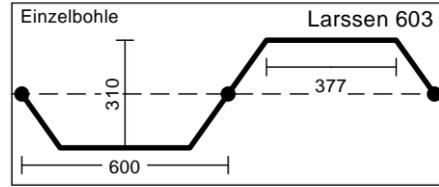


INGENIEURGRUPPE PTM

Anlage 6 zu Bericht Nr. 16 - 14695.2

Vorbemessung einer Spundwand

Boden	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	ϕ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m ²]	$c(p)_k$ [kN/m ²]	δ/ϕ aktiv	δ/ϕ passiv	Bezeichnung
	10.0	10.0	1.0	0.0	0.0	0.000	0.000	Wasser
	17.0	9.0	27.5	0.0	0.0	0.667	-0.500	Auffüllung, lo [SU]
	17.0	7.0	25.0	5.0	5.0	0.667	-0.500	Auenlehm-Mudde, w-st [F, ST*]
	14.0	4.0	18.5	0.0	0.0	0.667	-0.500	Auenlehm-Mudde, br-we [F, ST*]
	19.0	11.0	32.5	0.0	0.0	0.667	-0.500	Sand, md [SE]





Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728
www.dr-beusse.de

Projekt :
BVH Delme-Dämme,
Delmenhorst

Auftraggeber :
OCHTUMBERBAND

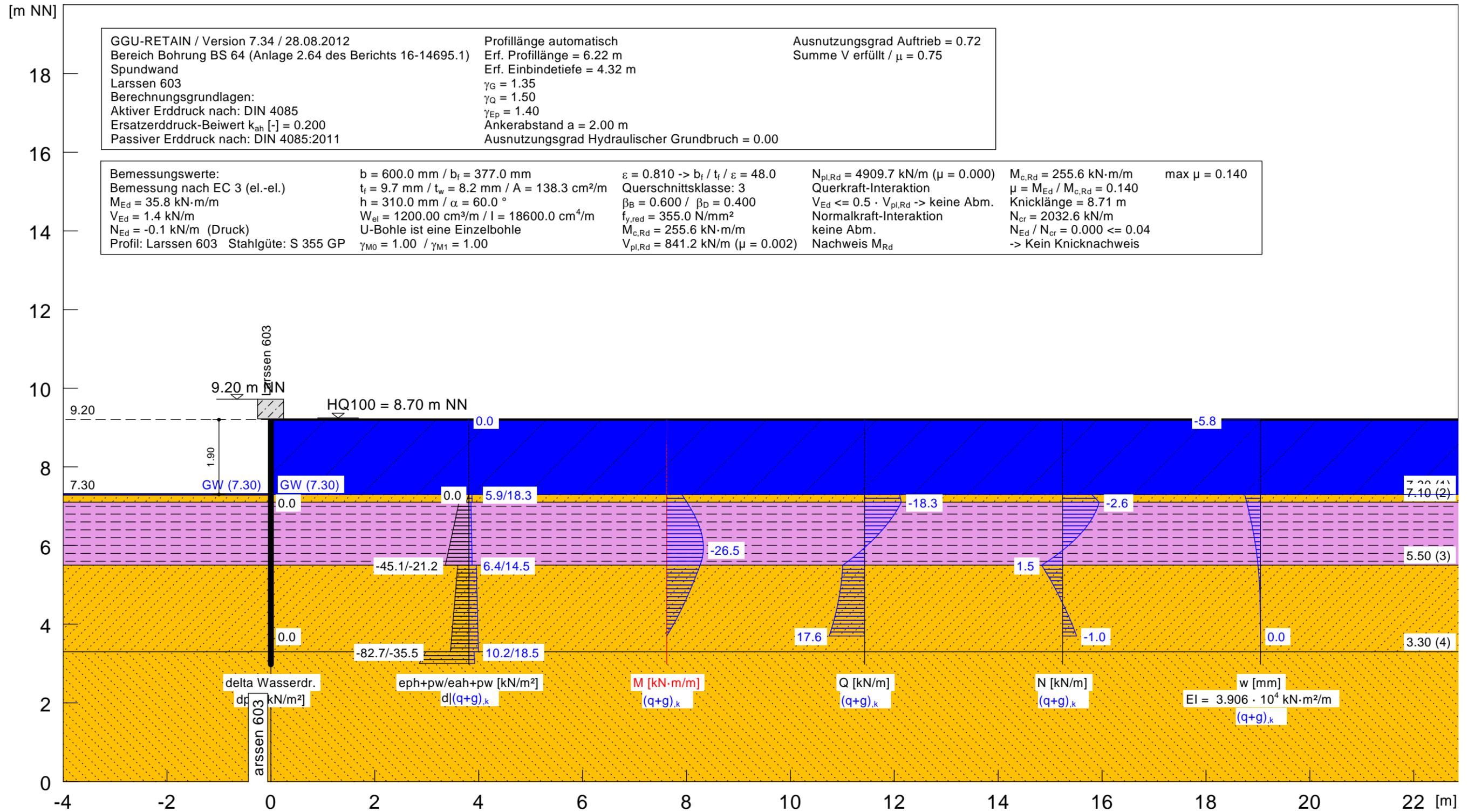
Anlage :
6

Bericht :
16 - 14695.2

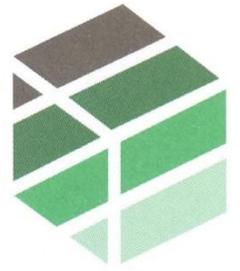
Maßstab (L/H) :
1 : 75 / 1 : 100

Datum :
03.04.2017

Hochwasserschutzwand bei Deichkilometer 0 +170



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH
Beratende Ingenieure



INGENIEURGRUPPE PTM

Anlage 7 zu Bericht Nr. 16 - 14695.2

Korngrößenverteilung zur Filterstabilitätsuntersuchung



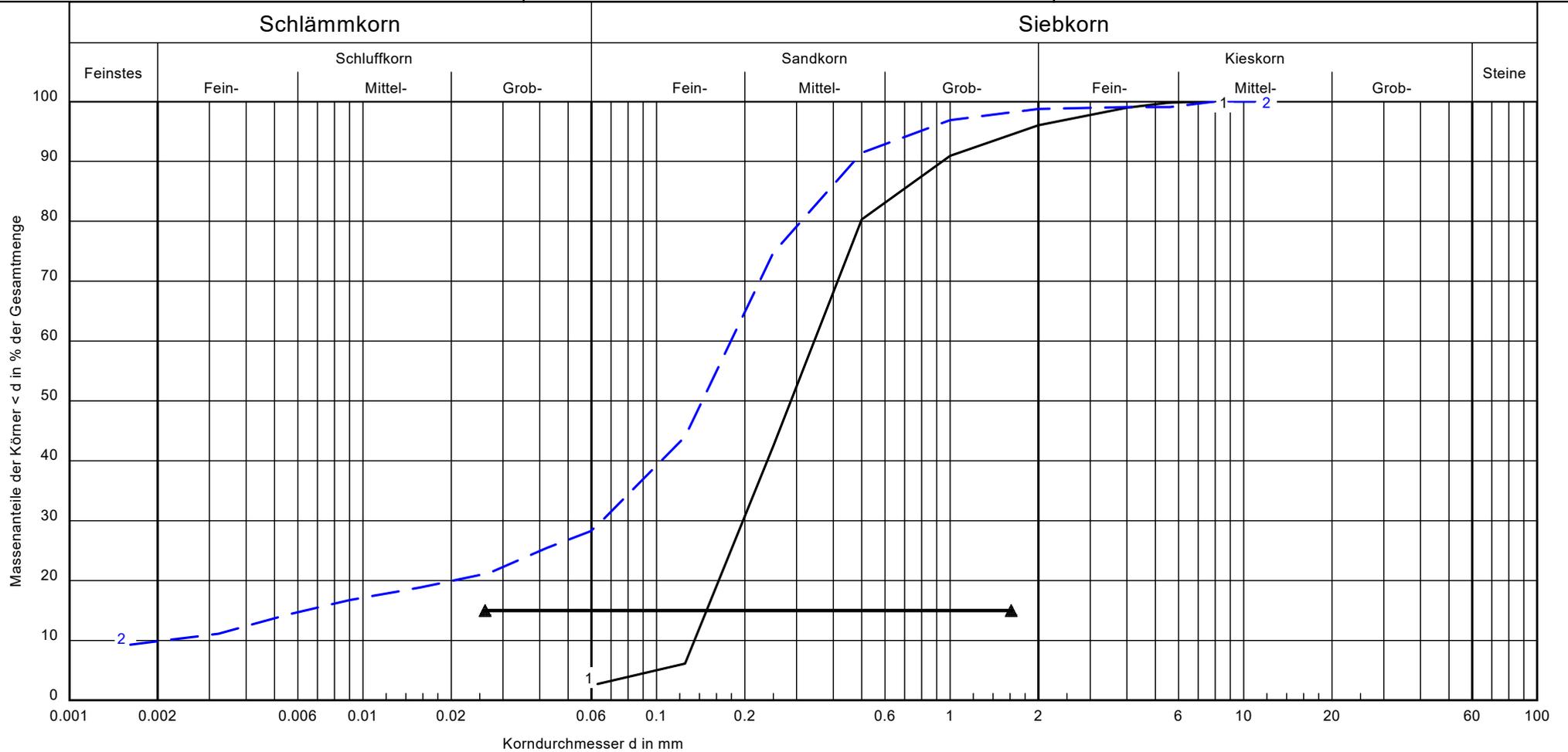
Körnungslinie

OCHTUMVERBAND

BVH Delme-Dämme, Delmenhorst

Prüfungsnummer: 16 - 14695.2 Anlage 7

Arbeitsweise: Korngrößenverteilung nach DIN 18123

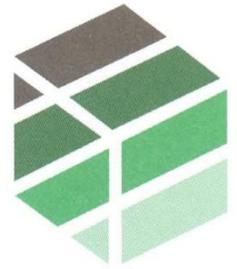


Entnahmestelle / Probe:	BS 19 / 051	GTU 155
Entnahmetiefe:	0.0 - 1.0 [m u. GOK]	MP
Bodenart:	mS, fs, gs'	S, u, t'
T/U/S/G [%]:	- /2.7/93.3/4.0	9.7/19.5/69.5/1.3
U/Cc:	2.6/0.8	84.9/10.3
Bodengruppe:	SE	ST*
Frostklasse:	F1	F3
k-Wert nach BEYER:	$1.9 \cdot 10^{-4}$	-
Linie	—————	-----

Bemerkungen:
Filterregel nach Terzaghi

Bericht:
16 - 14695.2
Anlage:
7

Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH
Beratende Ingenieure



INGENIEURGRUPPE PTM

Anlage 8 zu Bericht Nr. 16 - 14695.2

**Vorbemessung zur Grundbruch- und Setzungsberechnung
eines Brückenwiderlagers als Flachgründung**

Berechnungsgrundlagen:
 Berechnung für Streifenfundamente
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\sigma_{R,d}$ auf 100.00 kN/m² begrenzt
 OK Gelände = 9.00 m
 Gründungssohle = 7.50 m
 Grundwasser = 7.59 m
 Grenztiefe mit festem Wert von 8.00 m u. GS
 — Sohlruck
 — Setzungen

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	Bezeichnung
	19.0	11.0	37.5	0.0	100.0	Bodenersatzmaterial, md [SW, SE, GE, GW]
	17.0	7.0	25.0	5.0	3.0	Auenlehm, we - st [ST*]
	19.0	11.0	32.5	0.0	40.0	Mittelsand, lo [SE]
	19.0	11.0	32.5	0.0	70.0	Fein- bis Mittelsand, md [SE]



Ingenieurgesellschaft
 Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770
 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728
 www.dr-beusse.de

Projekt:
 BVH Delme-Dämme,
 Dekmenhorst

Auftraggeber :
 AMBIENTE GRUNDSTÜCKS-
 VERWALTUNGSGESELLSCHAFT mbH

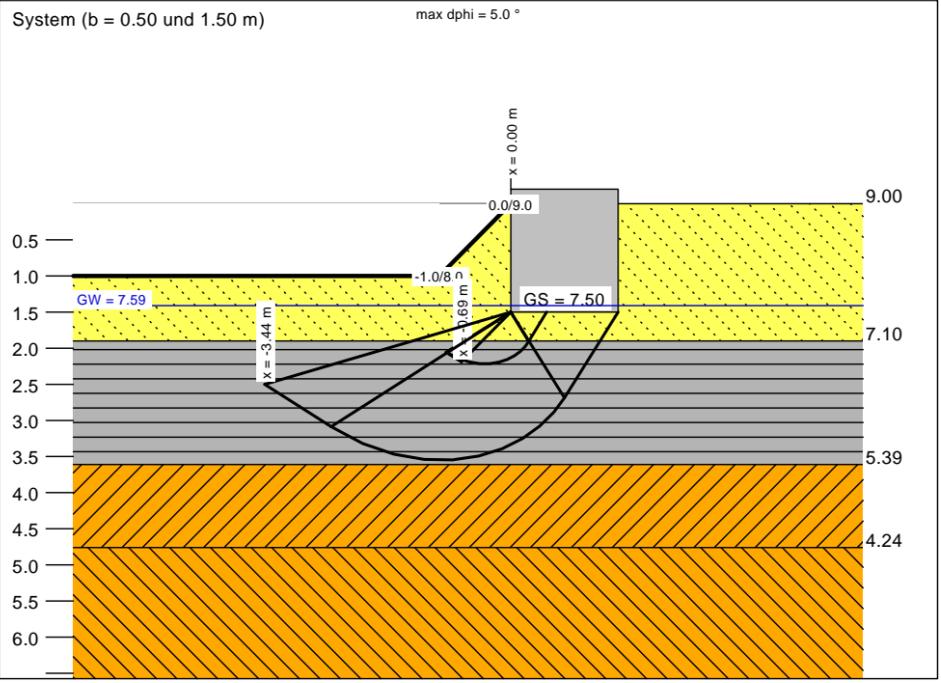
Anlage :
 8

Bericht :
 16 - 14695.2

Maßstab (L/H) :
 - / -

Datum :
 03.04.2017

Grundbruch- und Setzungsberechnung für ein Brückenwiderlager
 (Einzelfundamente/ Bereich BS 41 / BS-P)



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_{θ} [kN/m ²]	t_{θ} [m]	UK LS [m]	β [°]
10.00	0.50	71.2	356.2	50.0	0.77	26.9 *	3.68	9.06	22.14	9.50	2.21	31.5
10.00	0.60	69.0	413.8	48.4	0.85	26.5 *	3.88	8.67	21.12	9.50	2.35	31.7
10.00	0.70	67.7	474.2	47.5	0.93	26.3 *	4.03	8.40	20.38	9.50	2.48	31.9
10.00	0.80	67.2	537.9	47.2	1.01	26.1 *	4.14	8.20	19.89	9.50	2.61	32.0
10.00	0.90	67.2	604.8	47.2	1.09	25.9 *	4.23	8.05	19.58	9.50	2.75	32.0
10.00	1.00	81.2	812.2	57.0	1.40	25.8 *	4.33	7.92	18.78	9.50	2.88	28.7
10.00	1.10	97.9	1076.8	68.7	1.78	25.7 *	4.42	7.81	17.99	9.50	3.01	25.0
10.00	1.20	100.0	1200.0	70.2	1.90	25.6 *	4.48	7.73	17.41	9.50	3.14	22.1
10.00	1.30	100.0	1300.0	70.2	1.98	25.5 *	4.54	7.66	16.96	9.50	3.28	19.7
10.00	1.40	100.0	1400.0	70.2	2.05	25.5 *	4.58	7.60	16.61	9.50	3.41	17.8
10.00	1.50	100.0	1500.0	70.2	2.12	25.4 *	4.61	7.55	16.33	9.50	3.55	16.2

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{01,k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{01,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{01,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

