

Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Bericht Nr. 17 - 14859.1

**Projekt: Erschließung B-Plan 111,
„Wohngebiet Giselbertstraße“**

**Auftraggeber: HANSESTADT BUXTEHUDE
Bahnhofstraße 7
21614 Buxtehude**

**Auftrag: Ergänzende Untersuchungen:
Ergänzende Baugrunderkundung
und -beurteilung, Hydrogeologische
Beurteilung im Hinblick auf die Erschließung
und die Neubaumaßnahmen,
Gründungsempfehlung Kanal- und Straßenbau**

**erteilt am: 03. Februar 2017
(1. Revision)**

**vom
10. August 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

Vorangegangene Berichte:

16 - 14471.1	22. April 2016	Baugrunduntersuchung, -beurteilung sowie Angabe eines neuen Verkehrsflächenaufbaus
16 - 14471.2	22. April 2016	Bohrkernentnahme, Baugrunduntersuchung und -beurteilung, Beurteilung der chemischen Zusammensetzung des gebundenen und ungebundenen Oberbaus
16 - 14859	06. April 2017	Ergänzende Untersuchungen: Vorabzug (nicht mehr gültig)

I Inhaltsverzeichnis

	Seite
II Anlagenverzeichnis	4
III Anhang	4
IV Abbildungsverzeichnis	4
V Tabellenverzeichnis	4
1 Auftrag und Vorgang	5
2 Bearbeitungsunterlagen	6
3 Örtliche Situation und Bauwerk	9
4 Baugrund	10
4.1 Erkundung	10
4.2 Aufbau	11
4.3 Wasser	13
4.4 Tragfähigkeit	13
4.5 Laborversuche	14
4.5.1 Vorbemerkungen	14
4.5.2 Wasserdurchlässigkeiten nach DIN 18 130	14
5 Homogenbereiche, Bodenklassifikationen und -kennwerte	15
5.1 Vorbemerkungen	15
5.2 Homogenbereiche für Erdarbeiten: DIN 18 300	16
5.3 Homogenbereiche: Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten: DIN 18 304	17
5.4 Homogenbereiche für Nassbaggerarbeiten: DIN 18 311	18
5.5 Charakteristische Bodenkennwerte	19

6	Gründungsempfehlung	20
6.1	Vorbemerkungen	20
6.2	Bodenverbesserungsmaßnahmen im nördlichen Erschließungsgebiet	21
6.2.1	Statische Vorbelastung und Vorbelastung mit Konsolidierungshilfe	21
6.2.2	Konventioneller Bodenaustausch	22
6.3	Bodenverbesserungsvarianten Erschließungsgebiet	23
6.3.1	Vorbemerkungen	23
6.3.2	Variante 1: Teilbodenaustausch und Konsolidierung	23
6.3.3	Variante 2: Komplettbodenaustausch	24
6.3.4	Variante 3: Teilbodenaustausch und Konsolidierung	24
6.3.5	Variantenvergleich	25
6.4	Gründungsempfehlung öffentliche Bereiche	26
6.4.1	Südliches Erschließungsgebiet	26
6.4.2	Nördliches Erschließungsgebiet	26
6.4.3	Entwässerung der Konsolidationsfläche (nördliche Fläche)	28
6.5	Vordimensionierung von öffentlichen Verkehrsflächen	28
6.6	Gründungsempfehlung des Lärmschutzwalls	30
6.7	Allgemeine Gründungsempfehlung öffentliche Grünflächen	30
6.8	Verformungsprognosen - Nördlicher Bereich	31
6.8.1	FEM-Modell, Randbedingungen und Diskretisierung	31
6.8.2	Ergebnisse	32
6.8.3	Zeitsetzungsverhalten und Bauphasen	33
7	Allgemeine Gründungsempfehlung - Nichtöffentliche Flächen	35
7.1	Vorbemerkungen	35
7.2	Südliches Erschließungsgebiet	35
7.3	Nord- bis nordöstliches Erschließungsgebiet	36
8	Sicherungsmaßnahmen an bestehenden Gebäuden	37
8.1	Beweissicherung	37
8.2	Erschütterungsberechnungen	38
9	Chronologie und Hinweise zu den Erschließungsarbeiten	41
10	Umweltgefährdung	42
11	Zusammenfassung	43

II Anlagenverzeichnis

1	1 Blatt	Lageplan
2	3 Blatt	Geologische Schnitte und Profilschnitt der Grundwassermessstellen
3	2 Blatt	Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts nach DIN 18 130
4	4 Blatt	Verformungsabschätzungen an vertikal ebenen Systemen
5	1 Blatt	Berechnung von zeitabhängigen Konsolidationsvorgängen mit und ohne Vertikaldränagen
6	1 Blatt	Theoretische Erschütterungsberechnungen für Wohngebäude infolge von Verdichtungsarbeiten (Vibrationswalze)

III Anhang

1	1 Blatt	Bohrprofil BS 4 mit Ausbauprofil GWM vom 14. August 2012, Unterlagen der PORADA Geo Consult GmbH & Co. KG, Harsefeld
---	---------	--

IV Abbildungsverzeichnis

Abbildung 6-1: Skizze Austauschprinzip Verkehrsflächen (o. M.)	Seite 27
--	-------------

V Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Vereinfachter Baugrundaufbau	Seite 12
Tabelle 4-2: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert gemäß DIN 18 130	14
Tabelle 5-1: Homogenbereiche Erdarbeiten: DIN 18 300 (> GK 1)	16
Tabelle 5-2: Homogenbereiche Ramm- Rüttel- und Pressarbeiten: DIN 18 304 (> GK 1)	17
Tabelle 5-3: Homogenbereiche Nassbaggerarbeiten: DIN 18 311 (> GK 1)	18
Tabelle 5-4: Bodenkennwerte (charakteristische Werte)	19
Tabelle 6-1: Vorbemessung des frostsicheren Oberbaus in Anlehnung an die RStO 12	29
Tabelle 6-2: Lastzunahme infolge der Herstellung des Vorschüttkörpers	33
Tabelle 8-1: Ergebnisse der theoretischen Erschütterungsberechnungen	39

1 Auftrag und Vorgang

Die Hansestadt Buxtehude beabsichtigt die Erschließung des im Bebauungsplan Nr. 111 ausgewiesenen „Wohngebiets Giselbertstraße“. Hierzu wurde die Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH, Elsterbogen 18 in 21255 Tostedt, am 03. Februar 2017 durch die Hansestadt Buxtehude, Fachgruppe 61: Stadt- und Landschaftsplanung, mit ergänzenden Baugrunduntersuchungen und einer Baugrundbeurteilung sowie hydrogeologische Beurteilungen im Hinblick auf die Erschließung und die geplanten Neubaumaßnahmen beauftragt. Für die im Rahmen der Erschließung durchzuführenden Straßen- und Kanalbaumaßnahmen wird eine Gründungsempfehlung (öffentliche Bereiche) erarbeitet. Für die Hochbauwerke werden allgemeine Gründungsempfehlungen angegeben (nichtöffentliche Bereiche).

Im Jahr 2016 sind im Auftrag der Hansestadt Buxtehude bereits flächendeckende Baugrunduntersuchungen durch das aufstellende Büro im Bereich des geplanten Erschließungsgebiets bis zu Erkundungstiefen von 5,00 m ausgeführt worden. Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden unter der Berichtsnummer 16 - 14471.1 und 16 - 14471.2 am 22. April 2016 dem Auftraggeber übergeben.

Im Zuge der Konkretisierung der übergeordneten Planung sind nun weitere Fragestellungen entstanden, die im Rahmen eines Ortstermins bei der Hansestadt Buxtehude am 09. Januar 2017 erörtert wurden und in diesem Gutachten behandelt werden sollen.

Ein erster Gutachtenentwurf mit dem Datum vom 06. April 2017 wurde unter der Berichtsnummer 17 - 14859 im Rahmen eines Projektgespräches am 10. April 2017 bei der Stadt Buxtehude vorgestellt. Dabei ist durch das aufstellende Büro eine Gründungsempfehlung der nördlichen Erschließungsflächen über eine Vorbelastierung dargestellt worden (vgl. Abschnitt 6). Im Zuge der Besprechung sollte im Rahmen der finalen Gutachtenerstellung ferner noch die Variante mit einem Komplettbodenaustausch der nördlichen Erschließungsflächen aufgegriffen werden. Diese Maßnahme und weitere Hinweise werden in Abstimmung mit dem Auftraggeber in diesem Gutachten angegeben. Der Vorabzug 17 - 14859 vom 06. April 2017 verliert mit der Bereitstellung dieses Berichts seine Gültigkeit.

Im nachfolgenden Bericht werden die ausgeführten Untersuchungen beschrieben und im Hinblick auf das geplante Bauvorhaben bewertet.

2 Bearbeitungsunterlagen

Zur Bearbeitung standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- a) Berichte Nr. 16 - 14471.1 und 16 - 14471.2 vom 22. April 2016, Unterlagen des aufstellenden Büros
- b) Städtebaulicher Entwurf „Giselbertstraße“, Stand: Oktober 2016, Maßstab 1 : 1.000, erstellt durch die BPW Baumgart + Partner aus Bremen, bereitgestellt durch den Auftraggeber in Papierform am 09. Januar 2017 und in digitaler Form per Mail am 11. Januar 2017 durch Frau Latendorf, Hansestadt Buxtehude
- c) „BP 111“ - Höhenbereiche (Höhenplan), ohne Datum, Maßstab 1 : 1.000, bereitgestellt per Mail am 12. Januar 2017 durch Frau Brüggemann, Hansestadt Buxtehude
- d) Lageplan LSW, Stand: Mai 2016, Maßstab 1 : 1.000, bereitgestellt per Mail am 09. Januar 2017 durch Frau Latendorf, Hansestadt Buxtehude
- e) Baugrunderkundung Erschließung BG „Giselbertstraße“ vom 17. August 2012, Unterlagen der PORADA Geo Consult GmbH & Co. KG, Harsefeld, bereitgestellt per Mail am 01. Februar 2017 durch Herrn Dr. Stechmann, Stadtentwässerung Buxtehude
- f) Geologische Übersichtskarte, Maßstab 1 : 500.000, eingesehen auf dem Kartenserver des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) am 27. März 2017 (URL: <http://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=1YqZh1cl>)
- g) Hydrogeologische Übersichtskarte, Maßstab 1 : 200.000, eingesehen auf dem Kartenserver des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) am 27. März 2017 (URL: <http://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=2P6qfmTP>)
- h) Schichtenverzeichnisse und Laborprotokolle, Unterlagen des aufstellenden Büros
- i) RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, FGSV, Fassung 2012
- j) Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen, EAU 2012, Hrsg. Arbeitsausschuss „Ufereinfassungen“ / DGGT e. V.
- k) Empfehlungen des Arbeitskreises Numerik in der Geotechnik - EANG, Ausgabe 2014, Hrsg. DGGT e.V.

- l) EA-Pfähle: Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, 2. Auflage 2012, Hrsg. DGGT e. V.
- m) Grundbau-Taschenbuch Teil 1: Geotechnische Grundlagen, 7. Auflage 2008, Hrsg. Karl Josef Witt
- n) Grundbau-Taschenbuch Teil 2: Geotechnische Verfahren, 7. Ausgabe 2009, Hrsg. Karl Josef Witt
- o) Grundbau-Taschenbuch Teil 3: Gründungen und Geotechnische Bauwerke, 7. Ausgabe 2009, Hrsg. Karl Josef Witt
- p) ZTV SoB-StB Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, FGSV, aktuellste Fassung
- q) TL SoB-StB Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, FGSV, aktuellste Fassung
- r) TL Gestein-StB Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, FGSV, aktuellste Fassung
- s) TL BuB E-StB Technische Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaus, FGSV, aktuellste Fassung
- t) ZTV E-StB 09 Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, FGSV, aktuellste Fassung
- u) ZTV A-StB 12 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen im Straßenbau, FGSV, aktuellste Fassung
- v) Floss, R.: Handbuch ZTV E-StB - Kommentar und Leitlinien mit Kompendium Erd- und Felsbau
- w) Bauwerkserschütterungen durch Tiefbauarbeiten - Heft 61: Achmus, M., Kaiser, J., tom Wörden, F.; erschienen am Institut für Geotechnik der Leibniz Universität Hannover (2005)

x) DIN-Normen

DIN 1 054	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
DIN 1 055	Einwirkung auf Tragwerke - Teil 2 Bodenkenngößen
DIN 4 017	Baugrund - Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flächengründungen
DIN 4 018	Baugrund - Berechnung der Sohldruckverteilung unter Flächengründungen
DIN 4 019	Baugrund - Setzungsberechnungen bei lotrecht, mittlerer Belastung
DIN 4 020	Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1 997
DIN 4 124	Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
DIN 18 130	Baugrund - Untersuchung von Bodenproben
DIN 18 196	- Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes
DIN 18 300	Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
DIN 18 304	VOB - Teil C: ATV - Erdarbeiten
DIN 18 311	VOB - Teil C: Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
DIN EN 1 997-1	VOB - Teil C: Nassbaggerarbeiten
DIN EN 1 997-2	Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
DIN EN 12 699	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
DIN EN 12 794	Ausführung spezieller geotechnischer Arbeiten (Spezialtiefbau) - Verdrängungspfähle
DIN EN 15 237	Betonfertigteile - Gründungspfähle
	Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) - Vertikaldräns

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 22 477	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Prüfung von geotechnischen Bauwerken und Bauwerksteilen

3 Örtliche Situation und Bauwerk

Das Untersuchungsgebiet befindet sich ausweislich der Bearbeitungsunterlage a) nördlich bis nordöstlich von der „Giselbertstraße“ in der Hansestadt Buxtehude. Auf der Ostseite wird die Erkundungsfläche durch die Straße „Königsdamm“ sowie auf der Westseite durch einen Feldweg begrenzt. Die Untersuchungsfläche erstreckt sich, ausgehend von der „Giselbertstraße“ etwa um 300 m in nord-, nordöstliche Richtung.

Ausgehend von den durchgeführten Felduntersuchungen konnten Höhendifferenzen von $\geq 2,00$ m gemessen werden. Dabei fällt das Gelände leicht in nordöstliche Richtung ab. Die eingemessenen Höhenpunkte korrespondieren mit den Angaben der Bearbeitungsunterlage c).

Das Untersuchungsgebiet ist als landwirtschaftlich genutzte Fläche zu beschreiben. Im nördlichsten Punkt der Untersuchungsfläche befindet sich eine Vorflut bzw. ein Entwässerungsgraben.

Ausweislich der Bearbeitungsunterlage a) ist im Rahmen des B-Plans 111 die Erschließung eines Wohnbaugebiets angedacht. Geplant ist dabei die Errichtung von Mehrparteienhäusern, die sowohl mit und ohne Unterkellerung errichtet werden sollen. Angrenzend zum „Königsdamm“ sind im Nordostgebiet ferner Bauplätze für Einfamilienhäuser angedacht.

Im Zuge des B-Plans sollen neben den infrastrukturellen Bauwerken auch Freiraumanlagen mit verschiedenen Nutzungshintergründen errichtet werden. Das geplante Wohngebiet erhält auf der Südseite parallel zur „Giselbertstraße“ einen Erdwall zur Lärminderung. Gemäß der Bearbeitungsunterlage c) ist der Erdkörper in einer Gesamthöhe von 5,00 m und einer Dammaufstandsfläche von 15,00 m geplant (vgl. Variante 1).

Für Entwässerungszwecke soll angrenzend zum Erschließungsgebiet ein Regenrückhaltebecken im Nordwesten errichtet werden (vgl. Bearbeitungsunterlage b)).

4 Baugrund

4.1 Erkundung

Die zusätzlichen Feldarbeiten wurden durch das aufstellende Büro am 08. Februar 2017 durchgeführt. Insgesamt sind im Bereich des Erschließungsgebiets acht Kleinbohrungen (BS) nach DIN EN ISO 22 475 (NW 80 mm) bis zu einer Erkundungstiefe von maximal 10,00 m niedergebracht worden.

Die geplante Endteufe von 10,00 m wurde nur an drei Ansatzpunkten erreicht. An allen weiteren Aufschlüssen musste der Bohrvorgang auf Tiefen $\leq 9,50$ m aufgrund einer zu hohen Lagerungsdichte der sandigen Böden abgebrochen werden.

Um die hydrogeologischen Verhältnisse angrenzend zum bestehenden Wohngebiet „Königsdamm“ auch für spätere Untersuchungen überprüfbar zu machen, sind zusätzlich drei Grundwassermessstellen nach DIN EN ISO 22 475 am 17. Februar 2017 durch das aufstellende Büro ausgebaut worden.

Im Zuge einer, im Jahre 2012 durchgeführten Erkundungskampagne, ausgeführt durch die Porada Geo Consult GmbH & Co. KG aus Harsefeld, wurde ebenfalls ein Grundwassermesspegel ausgebaut, der im Zuge unserer Untersuchungsarbeiten höhenmäßig mit eingemessen werden sollte. Das Bohrprofil mit dem aufgenommenen Höhenmaß liegt diesem Bericht als **Anhang 1** bei.

Die Ansatzpunkte der Kleinbohrungen (BS) und der Grundwassermessstellen (GWM) sind auf dem Lageplan in der **Anlage 1** dargestellt.

Zum höhenmäßigen Einmessen der Bohransatzpunkte wurde die Oberkante eines Grenzsteines angrenzend zum Wohngebiet „Königsdamm“ als Höhenfestpunkt verwendet. Die Höhenlage des Grenzsteins ist gemäß der Bearbeitungsunterlage c) mit 2,00 m NN angenommen worden. Die Lage des Höhenfestpunkts ist auf dem Lageplan in der **Anlage 1** gekennzeichnet.

4.2 Aufbau

Das in den Bohrungen gewonnene Bohrgut wurde vor Ort durch den betreuenden Ingenieurgeologen angesprochen und beschrieben. Die entsprechenden Bodenschichten sind in Form von geologischen Schnitten aufgetragen und dem Gutachten als **Anlage 2** beigelegt.

Gemäß der Bearbeitungsunterlage f) liegt das Untersuchungsgebiet im Übergangsbereich von Schmelzwasserablagerungen aus dem Drenthe-Stadium (Sand) und holozänen Niedermoorböden (Torf). Dementsprechende Bodenverhältnisse wurden erkundet.

Der **Oberboden** wurde in Mächtigkeiten zwischen 0,30 m bis 0,50 m in lockerer Lagerungsdichte bzw. weicher Konsistenz erbohrt. Die erkundeten Oberböden sind als Sande mit schwach schluffigen bis schluffigen und humosen Anteilen bzw. als Schluffe mit sandigen, humosen und torfigen Beimengungen anzusprechen.

In der nördlichen Hälfte der Erkundungsfläche wurde unterhalb des Oberbodens bzw. ab der Geländeoberkante **Torf** bis zu Tiefen von 3,00 m erkundet. Die Torfe stehen in mäßigen bis starken Zersetzungsgraden an. Der Torf weist lokal im Nebengemenge eine sehr heterogene Zusammensetzung mit pflanzlichen Resten und Anteilen von Schluff auf. Mit zunehmenden mineralischen Anteilen ist der Torf auch als **Mudde** einzustufen. Der Torf steht in Konsistenzbereichen zwischen breiig bis weich an.

Unterhalb des humosen Oberbodens bzw. der torfigen Schichtungen wurden bis zur Endteufe von maximal 10,00 m **Sande** in unterschiedlichen Korngrößenabstufungen erbohrt. Die Sande stehen lokal in lockerer Lagerung, überwiegend in mitteldichter Lagerung sowie im Bereich der Endteufe in dichter Lagerung an.

Der erkundete Baugrundaufbau korrespondiert mit den Untersuchungsergebnissen aus der Erkundungskampagne 2016 (vgl. Bearbeitungsunterlage a)).

In der nachfolgenden Tabelle werden die Erkundungsergebnisse als vereinfachter Baugrundaufbau dargestellt, der die erkundeten Schichten im Hinblick auf die Lage und die Tiefe zusammenfasst. Der vereinfachte Baugrundaufbau ist nicht als allgemeingültige Schichtung über das ganze Erkundungsgebiet zu verstehen.

Schichtunterkante [m NN]	Erkundet in Bohrung	Bezeichnung	Lagerungsdichte / Konsistenz
2,61 bis 1,22	BS 1, BS 2, BS 7, BS 8	Oberboden	locker
1,24 bis 0,80	BS 3, BS 4, BS 5, BS 8	Oberboden / Torf (Übergangsbereich)	weich
-0,16 bis -2,19	BS 3, BS 4, BS 5, BS 8	Torf (Mudde)	breiig bis weich
-6,93 bis -8,90	BS 1 bis BS 8	Sande	(lokal locker), mitteldicht, dicht

Tabelle 4-1: Vereinfachter Baugrundaufbau

Hinweis: Baugrundaufschlüsse basieren auch bei Einhaltung der nach den gültigen Vorschriften vorgegebenen Rasterabständen zwangsläufig auf punktuellen Aufschlüssen, sodass Abweichungen von den vorstehend beschriebenen Verhältnissen zwischen den Ansatzpunkten nicht völlig ausgeschlossen werden können.

4.3 Wasser

Gemäß der Bearbeitungsunterlage g) liegt die Wasserspiegellage des oberen Grundwasserstockwerks, abhängig von der Durchlässigkeit der anstehenden Böden sowie der Fließrichtung, auf Tiefen zwischen etwa 3,00 m NN bis 0,00 m NN unterhalb der Geländeoberkante (großräumige Betrachtung).

Nach den Bohrarbeiten wurden die Bohrlöcher kurzfristig mit Peilrohren versehen. Im Zuge der aktuellen Erkundungskampagne konnten in den Bohrlöchern Grundwasserstände auf Tiefen zwischen 0,40 m bis 2,00 m unterhalb der Geländeoberkante gemessen werden. Dieses entspricht Höhenkoten zwischen 1,56 m NN bis 0,30 m NN.

Bei den gemessenen Wasserständen handelt es sich um noch nicht beruhigte Wasserstände, die jahreszeitlich und witterungsbedingt auch höher ausfallen können.

In den ausgebauten Messpegeln angrenzend zum „Königsdamm“ wurden die Wasserstände in Anschluss an eine angemessene Wartezeit am Ausbautag aufgenommen. Dabei sind die Pegelstände auf Tiefen zwischen 1,14 m bis 0,90 m unterhalb der Geländeoberkante gemessen worden. Die Wasserspiegellage in den Messpegeln befindet sich demnach auf Höhenkoten zwischen 1,76 m NN bis -0,21 m NN.

4.4 Tragfähigkeit

Der Oberboden ist aufgrund seiner Korngrößenverteilung und der enthaltenen humosen Anteile als nicht tragfähig zu beschreiben.

Der Torf wurde in breiiger bis weicher Konsistenz erbohrt. Dabei sind vor Ort an ausgewählten Punkten die undränierten Scherfestigkeiten in Anlehnung an die DIN 4 094 mit $c_u = 1,5 \text{ kN/m}^2$ bis $7,0 \text{ kN/m}^2$ gemessen worden. Aufgrund der angesprochenen Konsistenzen und gemessenen, undränierten Scherfestigkeiten neigen die organogenen Böden unter Lasteinwirkung zu einem ungleichmäßigen Verformungsverhalten. Die organogenen Böden sind für einen Abtrag von Bauwerkslasten ungeeignet.

Die überwiegend mitteldicht und dicht gelagerten Sande sind als gut und sehr gut tragfähig zu bewerten.

4.5 Laborversuche

4.5.1 Vorbemerkungen

Im Zuge der Erstellung des vorangegangenen Berichts 16 - 14471.1 wurden bereits umfangreiche Laborversuche an den erkundeten Böden durchgeführt. Die Ergebnisse aus der Bearbeitungsunterlage a) werden für die weiteren Berechnungen und Empfehlungen im Zuge dieses Berichts verwendet.

4.5.2 Wasserdurchlässigkeiten nach DIN 18 130

Zur Ermittlung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts (k_f) des anstehenden Torfes wurden insgesamt zwei zylindrische Materialproben oberflächennah entnommen. Dabei ist eine Probe in vertikaler und eine Probe in horizontaler Richtung gewonnen worden. Die Bestimmung erfolgte anschließend in der Triaxialzelle unter konstantem, hydraulischem Druck.

Die gemessenen, mittleren Durchlässigkeiten sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Bodenart	Mittlerer k_f -Wert [m/s]
P 007 (Vertikal)	Westlich von GWM 2	Torf	$9,5 \cdot 10^{-8}$
P 008 (Horizontal)	Westlich von GWM 2	Torf	$5,7 \cdot 10^{-8}$

Tabelle 4-2: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert gemäß DIN 18 130

Die Ergebnisprotokolle der Versuchsdurchführung sind diesem Gutachten in der **Anlage 3** beigelegt.

Hinweis: Für die Berechnungen im Abschnitt 6.2.3 ist ein Mittelwert aus den gemessenen k_f -Werten angesetzt worden.

5 Homogenbereiche, Bodenklassifikationen und -kennwerte

5.1 Vorbemerkungen

Mit der Überarbeitung der Tiefbaunormen aus den „Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen“ (ATV), VOB Teil C, erfolgt eine Umstellung der Bodenklassen in Homogenbereiche. Die Homogenbereiche sollen dabei alle Kennwerte enthalten, die für das „Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten“ (sowie im Hinblick auf die Entsorgung) relevant sind. Die jeweils zu berücksichtigende ATV macht dabei Vorgaben, welche Eigenschaften und Kennwerte dabei festgestellt und angegeben werden müssen. Hierzu ist ferner das geplante Bauvorhaben, der erforderliche Maschineneinsatz sowie eine angedachte Wiederverwendung des Bodens für die Angabe der Homogenbereiche i. d. R. vorab erforderlich.

Die Eigenschaften und Kennwerte müssen dabei in Bandbreiten angegeben werden, die sich aus den Ergebnissen der Laborversuche sowie den Erfahrungswerten des beratenden Ingenieurs / des aufstellenden Büros ergeben. Allerdings können genaue Angaben nur für beauftragte Versuche gemacht werden. Angaben, die ausschließlich auf Erfahrungswerten beruhen, oder fehlende Kennwerte, können nur für vorplanerische Zwecke herangezogen werden. Sofern genauere Angaben gefordert werden, muss eine Abstimmung mit dem Unterzeichner sowie ggf. Nachuntersuchungen und weitere Laborversuche erfolgen.

Gemäß der DIN 18 300 erfolgt keine **Einstufung des Oberbodens** in die Homogenbereiche. Für den ausschreibungstechnischen Umgang verweisen wir auf die DIN 18 320, die DIN 18 915 sowie die Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV).

Wir weisen darauf hin, dass die Angabe der aufgeführten Homogenbereiche für ausschreibungstechnische Zwecke nur in Verbindung mit dem o. g. Vortext verwendet werden darf.

In der nachfolgenden Tabelle erfolgt die Angabe von Homogenbereichen für Erdarbeiten, Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten sowie für Nassbaggerarbeiten. Die Kennwerte und Eigenschaften beruhen hier auf den Ergebnissen von Laborversuchen (siehe Bearbeitungsunterlage a)) und der Bodenansprache nach DIN EN ISO 14 688.

Die den angegebenen Kennwerten und Eigenschaften zu Grunde gelegten Normen sind dem Abschnitt 2 dieses Berichts zu entnehmen.

5.2 Homogenbereiche für Erdarbeiten: DIN 18 300

Parameter	Einheit		E-I	E-II
Ortsübliche Bezeichnung	[-]		Torf / (Mudde)	Sand
Korngrößenverteilung ⁽¹⁾	%	≤ 0,06 mm	[-] ⁽³⁾	1 - 10
		>0,06-2,0 mm	[-] ⁽³⁾	80 - 99
		>2,0-63 mm	[-] ⁽³⁾	0 - 5
Anteil Steine ⁽¹⁾ (>63 mm - 200 mm)	%		[-] ⁽³⁾	< 10
Anteil Blöcke ⁽¹⁾ (>200 mm - 630 mm; >630 mm)	%		[-] ⁽³⁾	< 5
Wassergehalt $w_n^{(1)}$	%		120 - 250	wassergesättigt
Lagerungsdichte	[-]		[-]	mitteldicht bis dicht
Bezogene Lagerungsdichte I_D	%		[-]	35 - 85
Plastizitätszahl $I_P^{(1)}$	%		[-] ⁽³⁾	[-]
Konsistenzzahl $I_C^{(1)}$	[-]		[-] ⁽³⁾	[-]
Konsistenz	[-]		breiig bis weich	[-]
Undränierete Scherfestigkeit $c_u^{(2)}$	kN/m²		1 - 10	[-]
Organischer Anteil ⁽¹⁾	%		35 - 60	0 - 6
Bodengruppe	[-]		HN, HZ	SE, SU
Frostempfindlichkeitsklasse	[-]		[-]	F1
Einbauklasse nach LAGA	[-]		[-] ⁽⁴⁾	Z2, >Z2 ⁽⁴⁾

Tabelle 5-1: Homogenbereiche Erdarbeiten: DIN 18 300 (> GK 1)

5.3 Homogenbereiche: Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten: DIN 18 304

Parameter	Einheit		R-I	R-II
Ortsübliche Bezeichnung	[-]		Torf / (Mudde)	Sand
Korngrößenverteilung ⁽¹⁾	%	≤ 0,06 mm	[-] ⁽³⁾	1 - 10
		>0,06-2,0 mm	[-] ⁽³⁾	80 - 99
		>2,0-63 mm	[-] ⁽³⁾	0 - 5
Anteil Steine ⁽¹⁾ (>63 mm - 200 mm)	%		[-] ⁽³⁾	< 10
Anteil Blöcke ⁽¹⁾ (>200 mm - 630 mm; >630 mm)	%		[-] ⁽³⁾	< 5
Wassergehalt $w_n^{(1)}$	%		120 - 250	wassergesättigt
Lagerungsdichte	[-]		[-]	mitteldicht bis dicht
Bezogene Lagerungsdichte I_D	%		[-]	35 - 85
Plastizitätszahl $I_P^{(1)}$	%		[-] ⁽³⁾	[-]
Konsistenzzahl $I_C^{(1)}$	[-]		[-] ⁽³⁾	[-]
Konsistenz	[-]		breiig bis weich	[-]
Undrainede Scherfestigkeit $c_u^{(2)}$	kN/m ²		1 - 10	[-]
Bodengruppe	[-]		HN, HZ	SE, SU
Frostempfindlichkeitsklasse	[-]		[-]	F1
Einbauklasse nach LAGA	[-]		[-] ⁽⁴⁾	Z2, >Z2 ⁽⁴⁾

Tabelle 5-2: Homogenbereiche Ramm- Rüttel- und Pressarbeiten: DIN 18 304 (> GK 1)

5.4 Homogenbereiche für Nassbaggerarbeiten: DIN 18 311

Parameter	Einheit		NB-I	NB-II
Ortsübliche Bezeichnung	[-]		Torf / (Mudde)	Sand
Korngrößenverteilung ⁽¹⁾	%	≤ 0,06 mm	[-] ⁽³⁾	1 - 10
		>0,06-2,0 mm	[-] ⁽³⁾	80 - 99
		>2,0-63 mm	[-] ⁽³⁾	0 - 5
Anteil Steine ⁽¹⁾ (>63 mm - 200 mm)	%		[-] ⁽³⁾	< 10
Anteil Blöcke ⁽¹⁾ (>200 mm - 630 mm; >630 mm)	%		[-] ⁽³⁾	< 5
Wassergehalt $w_n^{(1)}$	%		120 - 250	wassergesättigt
Lagerungsdichte	[-]		[-]	mitteldicht bis dicht
Bezogene Lagerungsdichte I_D	%		[-]	35 - 85
Plastizitätszahl $I_p^{(1)}$	%		[-] ⁽³⁾	[-]
Konsistenzzahl $I_c^{(1)}$	[-]		[-] ⁽³⁾	[-]
Konsistenz	[-]		breiig bis weich	[-]
Undränierete Scherfestigkeit $c_u^{(2)}$	kN/m²		1 - 10	[-]
Organischer Anteil ⁽¹⁾	%		35 - 60	0 - 6
Bewertung Organik	[-]		stark organisch	nicht bis schwach organisch
Bodengruppe	[-]		HN, HZ	SE, SU
Frostempfindlichkeitsklasse	[-]		[-]	F1
Einbauklasse nach LAGA	[-]		[-] ⁽⁴⁾	Z2, >Z2 ⁽⁴⁾

Tabelle 5-3: Homogenbereiche Nassbaggerarbeiten: DIN 18 311 (> GK 1)

- (1) Abweichungen von +/- 10 % von den dargestellten Wertebereichen sind möglich.
- (2) Die Untersuchung dieses Parameters war im Umfang der beauftragten Leistungen nicht enthalten.
- (3) Eine Angabe dieser Parameter ist in Anlehnung an die DIN 18 196 nicht möglich / zielführend, da es sich bei dem Torf nicht um einen mineralischen Boden bzw. nur bedingt mineralischen Boden handelt.
- (4) Siehe Bearbeitungsunterlage a). Der Torf weist aufgrund seiner Genese geogen bedingt hohe organische Anteile auf, sodass eine Entsorgung im Sinne der LAGA i. d. R. nicht möglich ist. Die an den Sanden bestimmten Einbauklassen sind auf den Parameter pH-Wert zurück zu führen. Dabei handelt es sich um eine geogen bedingte Hintergrundbelastung.

5.5 Charakteristische Bodenkennwerte

Aufgrund von uns vorliegenden Versuchsergebnissen an vergleichbaren Bodenarten sowie den Ergebnissen aus den durchgeführten Laborversuchen sind für erdstatische Berechnungen und Planungen die Werte der nachfolgenden Tabelle anzusetzen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich um charakteristische Kennwerte handelt und dass insbesondere die Steifigkeiten von Böden abhängig vom Spannungszustand des Bodens sind.

Bodenschicht	Bodengruppe (DIN 18 196)	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]
Oberboden, locker, weich	OH, OU	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
Torf, breiig bis weich	HN, HZ	11	1	13,0 - 15,0	0 - 5	0,4 - 0,8
Sande, mitteldicht bis dicht	SU, SE	18	10	30,0 - 32,5	0	35 - 80

Tabelle 5-4: Bodenkennwerte (charakteristische Werte)

6 Gründungsempfehlung

6.1 Vorbemerkungen

Das Erschließungsgebiet „Giselbertstraße“ kann in insgesamt zwei Baugrundabschnitte eingeteilt werden (siehe auch **Anlage 2**):

Südlicher Bereich: Tragfähige Sande bis zur Erkundungstiefe von 10,00 m.

Dabei stellt der südliche Bereich eine Fläche mit verhältnismäßig günstigen, gut tragfähigen Böden dar, der ohne weitere Bodenverbesserungsmaßnahmen bebaut werden kann. Für den Abtrag von Bauwerkslasten kann dieser Bereich als gut geeignet eingestuft werden.

Nördlicher Bereich: Nichttragfähige Weichschichten (Torf) mit nach Norden zunehmender Mächtigkeit ($\geq 3,00$ m) und tragfähigen Sanden im Liegenden.

Aufgrund der anstehenden Weichschichten ist die Errichtung von Ingenieur- und Hochbauwerken ohne weitere Maßnahmen nicht möglich, sodass hier weiterführende Maßnahmen im Rahmen des Erdbaus für die Erschließung und für die Bebaubarkeit der nicht öffentlichen Bereiche erarbeitet werden müssen.

Die lokal gemessenen Grundwasserstände schwanken, bezogen auf die lokalen Geländeoberkanten, auf Tiefen zwischen 0,40 m bis 2,00 m. Dabei nähern sich die Grundwasserstände nach Norden verlaufend an die bestehende Geländeoberkante an.

Im Zuge der Erschließungsarbeiten wird das bestehende Urgelände aus entwässerungstechnischen Gründen im südlichen Bereich auf etwa 3,50 m NN bis 3,80 m NN sowie nach Norden hin verlaufend auf etwa 2,50 m NN angehoben, das auf der Ostseite der Erschließungsfläche auf 3,00 m NN (im Süden) und 2,00 m NN (im Norden) abfallen kann. Das Urgelände wird demnach in Mächtigkeiten zwischen 1,00 m bis 1,50 m angefüllt. Insbesondere die erkundeten Weichschichten werden infolge des Vorschüttkörpers vorbelastet, sodass sich der daraus ergebende Konsolidierungseffekt in eine günstig wirkende Verformung resultiert (Vorwegnahme von Setzungen). Um die Synergieeffekte im Zuge der erforderlichen Bodenauftragsarbeiten zu nutzen, ergeben sich für die Baufläche mindestens zwei Bodenverbesserungssysteme, die nachfolgend allgemein beschrieben werden.

6.2 Bodenverbesserungsmaßnahmen im nördlichen Erschließungsgebiet

6.2.1 Statische Vorbelastung und Vorbelastung mit Konsolidierungshilfe

Diese Konsolidierungsverfahren eignen sich insbesondere für organogene und bindige Böden, die Konsistenzen zwischen flüssig bis breiig, breiig bis weich und weich aufweisen. Bei dem Verfahren wird durch eine künstlich hergestellte Auflast, dieses kann beispielsweise eine Dammschüttung aus Sand sein, eine Konsolidierung des Baugrundes erwirkt, um die Gesamtsetzungen oder einen Teil der daraus resultierenden Setzungen vorwegzunehmen.

Da die Konsolidationsschicht zur Oberfläche hin entwässert, ist hier eine ausreichend dimensionierte Filterschicht und seitliche Entwässerungseinrichtungen vorzusehen. Der Konsolidierungsvorgang ist ferner laufend durch Messungen des Porenwasserdrucks und der Setzungen zu begleiten, um entsprechende Unsicherheiten sowie das zu erreichende Setzungsziel laufend zu kontrollieren.

Infolge der bautechnischen Abläufe und den anschließenden, zeitlich gebundenen Verformungsvorgängen weist das Verfahren eine zeitliche Intensität auf, sodass für weitere Bautätigkeiten eine definierte Vorlaufzeit der Konsolidierung beachtet werden muss. Um die Konsolidierung zu beschleunigen, kann die Vorbelastung durch Konsolidierungshilfen ergänzt werden. Dieses Verfahren wird in dem nachfolgenden Abschnitt beschrieben.

Ein Abbau des Porenwasserüberdrucks und der damit einhergehenden Beschleunigung der Konsolidierung kann erreicht werden, indem man die Strömungswege insbesondere in den zu konsolidierenden Weichschichten verkürzt. Dieses gilt nahezu grundsätzlich auch für Böden, die geringere Wasserdurchlässigkeiten aufweisen. Erreicht werden kann die Verkürzung der Strömungswege durch den Einbau von vertikal gerichteten Dränelementen wie Sandsäulen oder Kunststofffiltern.

Weitere Dammaufschüttungen können den Konsolidierungsvorgang dabei beschleunigen wobei darauf zu achten ist, dass die Filterstabilität zur Dränschicht gewährleistet ist. Dieses kann beispielsweise durch konstruktive Trennungen mittels Vliesen oder durch die Berücksichtigung der Filterstabilität zwischen Dränschicht und Dammaufschüttung erreicht werden.

Die Dränelemente werden rasterförmig mittels verschiedenen Verfahren - hier seien Rammen, Rütteln, Bohren oder Drücken genannt - angeordnet. Dabei haben sich in der heutigen Praxis für derartige Zwecke die Kunststoffdräns bewährt, da die Herstellung deutlich schneller erfolgen kann und sie nicht, anders als bei den Sandsäulen, unter Auflast abscheren und so die Durchgängigkeit unterbrochen wird.

6.2.2 Konventioneller Bodenaustausch

Eine der wohl am häufigsten, in verschiedensten Varianten angewandte Maßnahme zum Erreichen der benötigten Tragfähigkeit kann als das Bodenaustauschverfahren bezeichnet werden. Dabei wird der gering tragfähige bzw. nicht ausreichend tragfähige Boden, je nach Anforderung an die Tragfähigkeit, teilweise oder komplett im gesamten Bereich des geplanten Bauwerks ausgekoffert. Anschließend wird ein geeignetes Material lagenweise und verdichtend eingebaut. Grundsätzlich eignen sich als Austauschmaterialien grobkörnige, steinfreie und schluffarme Böden sowie Böden, die gemäß der ZTV E-StB als einbaufähig und der DIN 18 196 als grobkörnig zu bezeichnen sind.

Ausgehend von der Beschaffenheit des Bodens in der Aushubsohle ist es ratsam, das Austauschmaterial in den ersten zwei Lagen nur im Vor-Kopf-Verfahren aufzubringen. Ebenfalls sollte die Verdichtungsenergie und -variante auf den anstehenden Boden bei den ersten zwei Lagen abgestimmt werden. Der Boden in der Aushubebene ist so wenig wie möglich zu stören.

Je nach den örtlichen Grundwasserverhältnissen kann es sinnvoll sein, den Bodenaushub im Nassbaggerverfahren (vgl. DIN 18 311) auszuführen. Dabei wird der auszutauschende Boden abschnittsweise ausgekoffert und das Bodenersatzmaterial eingebracht. Da die Verdichtungsarbeit erst ab einer Aufschütthöhe von 30 cm bis 50 cm über dem Grundwasserspiegel technisch einwandfrei ausführbar ist, muss das Material unterhalb des Wasserspiegels durch „Verklappen“ und Andrücken mit der Baggerschaufel erfolgen.

Die Ausdehnung des Austauschs richtet sich nach dem zu errichtenden Gebäude und der Gründungstiefe. Grundsätzlich sollte dabei ein Lastausbreitungswinkel von 45° (Austauschverhältnis 1 : 1) bzw. maximal 60° eingehalten werden. Beispielhaft ist bei einem Austausch bis zu einer Tiefe von 1,00 m der Austausch auch in einer Breite von 1,00 m horizontal, ausgehend von der Außenkante der Fundamente, zu führen.

6.3 Bodenverbesserungsvarianten Erschließungsgebiet

6.3.1 Vorbemerkungen

In Abstimmung mit dem Auftraggeber werden für die Erdarbeiten im nördlichen Erschließungsgebiet insgesamt drei verschiedene Varianten zum Erreichen der Bebaubarkeit betrachtet. Dabei wird zwischen den öffentlichen Baufenstern (Kanal- und Rohrleitungsbau sowie öffentliche Grünflächen) und den nichtöffentlichen Baufenstern (Wohnraumbebauung) unterschieden.

Für das südliche Erschließungsgebiet sind mit Ausnahme des Abtrages des Oberbodens oder oberflächennah anstehenden, geringmächtigen Torflagen vor dem Bodenauftrag keine zusätzlichen Bodenverbesserungsmaßnahmen erforderlich.

6.3.2 Variante 1: Teilbodenaustausch und Konsolidierung

Mit den Erdarbeiten wird im nördlichen Teil des Erschließungsgebietes begonnen. Im Bereich der Planstraßen erfolgt unter Berücksichtigung einer Lastausbreitung ein Komplettaustausch des anstehenden Torfes in Mächtigkeiten zwischen ca. 0,50 m bis 3,00 m. Der Torf wird abschnittsweise vor Kopf und im Nassbaggerverfahren ausgekoffert und durch einen geeigneten, grobkörnigen Boden im Sinne der DIN 18 196 verfüllt. Das Austauschmaterial ist dabei in ein entsprechendes Vlies einzubauen, um ein Abwandern in die Weichschichten zu vermeiden. Die Verfüllung erfolgt dabei bis zu einer Höhe von etwa 0,50 m über dem Grundwasserspiegel durch Verklappen des Bodens und Andrücken mit der Baggerschaufel und oberhalb des Grundwasserspiegels mittels Verdichtungsenergie. Der Komplettbodenaustausch wird dabei von Süden kommend nach Norden bis zu dem vorhandenen Entwässerungsgraben (Zustand und Aufnahmekapazität ist im Vorwege zu prüfen) ausgeführt.

Anschließend kann, ausgehend von den Austauschbereichen der Vorschüttkörper auf den öffentlichen und nicht öffentlichen Flächen erfolgen. Da im Zuge der Geländeherstellung auch Bodenmaterial für die südlichen Flächen benötigt wird, kann dieses Material vorab gleichmäßig zur Vergrößerung der Vorschüttkubatur im nördlichen Bereich aufgebaut werden. Nach dem Ablauf des angedachten Konsolidierungszeitraumes (vgl. Abschnitt 6.6) kann das überschüssige Bodenmaterial anschließend auf den südlichen Flächen verteilt und eingebaut werden.

6.3.3 Variante 2: Komplettbodenaustausch

Die Variante 2 sieht im gesamten Erschließungsgebiet einen Komplettaustausch des Torfes vor. Dabei sollten die Erdarbeiten erneut im nördlichen Gebiet begonnen werden. In Anlehnung an die Variante 1 ist der Torf hier abschnittsweise vollständig auszukoffern und mit einem grobkörnigen Boden entsprechend dem Verfahren aus der Variante 1 zu verfüllen. Dabei wird der Torf in den öffentlichen und nicht öffentlichen Bauflächen vollständig ausgetauscht. Nach den Austauscharbeiten kann der erforderliche Höhenauftrag erfolgen.

Für die Gründung sämtlicher Bauwerke in den öffentlichen und nicht öffentlichen Bereichen ergeben sich sodann die gleichen Bauweisen wie für das südliche Erschließungsgebiet. Sonderbauweisen wie eine Tiefgründung oder sonstige Bodenverbesserungsmaßnahmen sind dann nicht mehr erforderlich (Ausnahme: Grundwasserhaltung bei unterkellerten Bauwerken).

6.3.4 Variante 3: Teilbodenaustausch und Konsolidierung

Die Variante 3 wird ebenfalls vergleichbar zur Variante 1 durchgeführt. Hier werden die öffentlichen Flächen durch einen Komplettbodenaustausch in den angedachten Planstraßen sowie durch einen Vorschüttkörper in den öffentlichen Grünflächen hergerichtet. Die nicht öffentlichen Baufenster werden im Zuge der Verbesserungsmaßnahme nicht tangiert, sodass die nicht öffentlichen Baufelder erst im Zuge der Einzelbaumaßnahmen hergerichtet werden können.

6.3.5 Variantenvergleich

Aufgrund der natürlichen, chemischen Zusammensetzung und der derzeitigen Praxis im Rahmen der Entsorgung oder Wiederverwendung von Böden, die bei Baumaßnahmen gewonnen werden, ist für den Variantenvergleich eine Beurteilung im Hinblick auf den Umgang mit dem anstehenden Torf erforderlich. Am 14. Juni 2017 ist durch das aufstellende Büro eine Recherche im Hinblick auf den Verbleib des Torfes durchgeführt worden, da dieser insbesondere bei der Variante 2 in großen Mengen anfällt. Im Zuge der Recherche erfolgte eine Rücksprache mit Tiefbauunternehmen, die im Raum Buxtehude tätig sind sowie den Torfwerken in Gnarrenburg und Worswede, die als mögliche Abnehmer des Aushubs fungieren könnten. Als Aussage konnte im Anschluss an die Recherche festgehalten werden, dass die hier anstehenden Niedermoortorfe (vgl. Abschnitt 4.2) für einen Einsatz im Garten- bzw. Systemgartenbau als ungeeignet zu bewerten sind. Ferner ist laut den hiesigen Tiefbauunternehmen eine Entsorgung oder ein Verbringen des organogenen Bodens nur schwer realisierbar und je nach Baumaßnahme im Einzelfall zu prüfen. Gegebenenfalls kann der Torf in geringeren Mengen im Rahmen von Veredelungsmaßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen verbracht werden. Hierzu bedarf es allerdings weiterführende Untersuchungen sowie einer Abstimmung mit der zuständigen Behörde und geeigneten Abnehmern. Eine Entsorgung im Rahmen einer thermischen Verwertung kann ferner als sehr kostenintensiv bewertet werden.

Es ist daher ratsam, die im Rahmen der Maßnahme zu entnehmenden Torfmassen so gering wie möglich zu halten. Im Hinblick auf die Gründung der Bauwerke ist zwar die Variante 2 als eine technisch gut geeignete Lösung zu bewerten, stellt allerdings auch zum jetzigen Kenntnisstand die kostenintensivste Lösung dar.

Wir empfehlen daher im Rahmen der Erschließung der nördlichen Flächen den Einsatz der Varianten 1 oder 3.

6.4 Gründungsempfehlung öffentliche Bereiche

6.4.1 Südliches Erschließungsgebiet

Für die Erdarbeiten im südlichen Erschließungsgebiet sind mit keinen besonderen Einflüssen im Zuge der Erdarbeiten zu rechnen, sofern die Rohrleitungs- und Straßenbauarbeiten nach der Herstellung des geplanten Geländeauftrages (3,80 m NN bis 2,50 m NN) erfolgen.

Bei den geplanten Geländekoten ist im Rahmen der Rohrleitungsarbeiten nicht mit einem kontinuierlichen Grundwasserzufluss zu rechnen, sodass hier zum jetzigen Kenntnisstand keine geschlossene Wasserhaltung erforderlich wird. Die Rohrleitungsgräben können in den Sanden unter 45° abgebösch (siehe auch DIN 4 124) hergestellt oder mit Grabenverbaugeräten gemäß DIN EN 13 331 gesichert werden.

Die im Erkundungsgebiet anstehenden Sande wurden im Zuge der vorangegangenen Erkundungskampagne (vgl. Bearbeitungsunterlage a)) bodenmechanisch näher untersucht. Demnach handelt es sich bei den Sanden um Böden der Bodenklassen SE und SU mit Schluffanteilen von $\leq 5\%$, sodass die Sande für einen Wiedereinbau in der Rohrleitungszone bei einem sachgemäßen Einbau als grundsätzlich geeignet anzusehen sind.

6.4.2 Nördliches Erschließungsgebiet

Wir empfehlen, mit den Erschließungsarbeiten im **nördlichen Erschließungsgebiet** zu beginnen. Zum jetzigen Kenntnisstand ist im Zuge der Straßenbaumaßnahmen der anstehende Torf in den betroffenen Bereichen vollständig auszutauschen. Der Torf muss dabei im Nassbaggerverfahren ausgekoffert werden, um die Einflüsse von grundwasserabsenkenden Maßnahmen so gering wie möglich zu halten. Dabei muss der Austausch im Vor-Kopf-Einbau erfolgen. Als Füllboden eignen sich hier grobkörnige Böden im Sinne der DIN 18 196. Wir empfehlen die Verwendung eines verdichtungsfähigen, steinfreien und schluffarmen Boden der Bodengruppe SE.

Aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften des Torfes kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Torf bei den Aushubarbeiten dräniert und ausfließt. Es sollten daher zusätzlich Sicherungsmaßnahmen (z. B. Grabenverbaugeräte) vorgehalten werden. Der Einbau des Austauschmaterials muss dabei bis zum Erreichen von einer Höhenkote bei etwa 0,50 m über dem Grundwasser durch Verklappen und Andrücken mit der Baggerschaufel eingebaut werden. Zwischen den Austauschbereichen und

dem anstehenden Torf ist ein Vlies aus einem Geotextil mit einer ausreichenden Robustheitsklasse einzulegen, um das Abwandern des Austauschmaterials in den Torf zu minimieren. In der nachfolgenden Skizze wird das Austauschprinzip dargestellt:

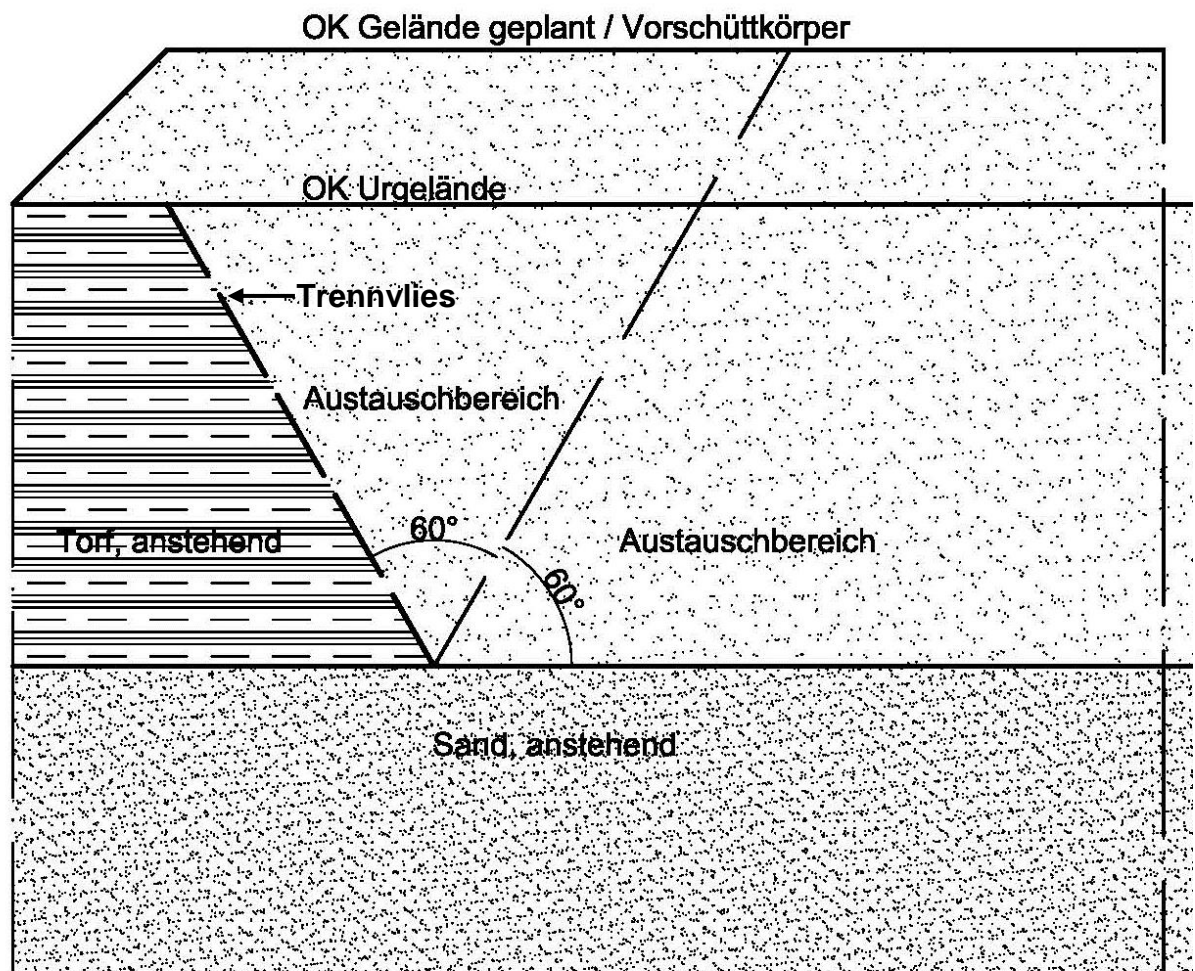


Abbildung 6-1: Skizze Austauschprinzip Verkehrsflächen (o. M.)

Nach dem Abschluss der Konsolidierungs- und Profilierungsarbeiten befinden sich die Rohrsohlen bei dem jetzigen Kenntnisstand, unter der Annahme einer frostfreien Einbautiefe, oberhalb des Grundwasserspiegels, sodass keine wasserabsenkenden Maßnahmen erforderlich werden. Die Rohrleitungsarbeiten und Sicherungsmaßnahmen können sodann entsprechend den Maßnahmen in dem südlichen Erschließungsgebiet ausgeführt werden.

6.4.3 Entwässerung der Konsolidationsfläche (nördliche Fläche)

Im Zuge der Erschließung sollen neben den Kanalbauarbeiten auch bereits Planstraßen ausgeführt werden. Für die Gründung der Straßenbauarbeiten muss der anstehende Torf vollständig ausgekoffert werden. Diese Baumaßnahme sollte für die Entwässerung der Vorbelastungsbereiche genutzt werden. Im Zuge der Herstellung der nordöstlich gelegenen Verbindungsstraße zwischen dem südlichen und dem nördlichen Erschließungsgebiet empfehlen wir, vor dem Beginn der Herstellung des Vorschüttkörpers den vollständigen Austausch des Torfes durch ein ausreichend durchlässiges Bodenersatzmaterial bis zur vorhandenen Vorflut im Norden des Gebiets. Dieser Austauschbereich dient sodann als Drainage im Zuge der Flächenentwässerung der Konsolidierungsfläche.

Vor dem Beginn dieser Maßnahme müssen der Zustand der Vorflut sowie das Fassungsvermögen überprüft werden.

Die Bodenaustauscharbeiten im Bereich der geplanten Infrastrukturbauwerke sollten vor dem Beginn der Konsolidierungsmaßnahme abgeschlossen sein.

6.5 Vordimensionierung von öffentlichen Verkehrsflächen

Die Vorbemessung des Verkehrsflächenaufbaus für die Erschließungsstraßen erfolgt gemäß der Bearbeitungsunterlage i). Für die Dimensionierung der Verkehrsflächen ist nach Rücksprache mit dem Auftraggeber in den Nebenachsen von einer Belastungsklasse Bk 1,0 sowie in den Hauptachsen von einer Belastungsklasse Bk 1,8 auszugehen. Angedacht ist zum jetzigen Planungsstand die Ausführung einer Pflasterbauweise, wobei eine, von der RStO abweichende Mehrdicke des Pflasters von 10 cm (statt 8 cm) für die Bk 1,0 berücksichtigt werden soll.

Als Ausgangspunkt für die Bemessung ist die Frostempfindlichkeitsklasse des anstehenden Bodens maßgebend. Dabei gehen wir davon aus, dass ein Füllboden der Frostempfindlichkeitsklasse F1 eingebaut wird. Im südlichen Bereich des Erschließungsgebiets stehen unterhalb des Oberbodens überwiegend frostunempfindliche Sande an (vgl. Bearbeitungsunterlage a)). Aufgrund der oben genannten Gegebenheiten kann die Frostschutzschicht entfallen, sofern die Anforderungen an den Verdichtungsgrad gemäß der Bearbeitungsunterlage p) beachtet werden.

Weitere Mehr- oder Minderdicken sind vorerst nicht beachtet worden. In der nachfolgenden Tabelle 6-1 erfolgt die Angabe eines frostsicheren Oberbaus - von unten nach oben - für eine Pflasterbauweise. Dabei wird ein Oberbau mit Schotter- oder Kiestragschicht berücksichtigt. Die in der Spalte „Anforderung“ genannten Regelwerke definieren die Anforderungen an das Material und den Einbau der jeweiligen Schicht.

Schichtbezeichnung	Anforderung	Stärke [cm]	
Pflasterbauweise, in Anlehnung an die Tafel 3		Bk 1,0	Bk1,8
Anstehender Untergrund / Austauschbereiche Frostempfindlichkeitsklasse F1	$D_{Pr} = 100 \%$ $E_{v2} = 120,0 \text{ MN/m}^2$ ZTV SoB-StB, TL SoB-StB, TL Gestein-StB	[-]	[-]
Schottertragschicht (z. B. Mineralgemisch 0/32 mm)	$E_{v2} = 150,0 \text{ MN/m}^2$ ($D_{Pr} = 103 \%$) ZTV SoB-StB, TL SoB-StB, TL Gestein-StB	15,0	20,0
Pflasterbettung	TL Pflaster ZTV-Pflaster	4,0	4,0
Pflasterdecke	TL Pflaster ZTV-Pflaster	10,0 (8,0)	10,0
GESAMT		29,0	34,0

Tabelle 6-1: Vorbemessung des frostsicheren Oberbaus in Anlehnung an die RStO 12

Der Schotter muss einem güteüberwachten Material entsprechen. Insbesondere aufgrund der Versickerungsfähigkeit (siehe auch „Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen“ MVV) unterhalb der Pflasterdecke muss hier auf die Einhaltung des Feinkornanteils in der Lieferkörnung geachtet werden.

Die angegebene Mächtigkeit der Schottertragschicht ist nur dann als ausreichend zu bewerten, sofern die bodenmechanischen Anforderungen an die Aufbauebene / das Erdplanum eingehalten werden.

Für eine Optimierung der Tragschichtdicken sowie das Erreichen von ausreichenden Tragfähigkeitseigenschaften auf der Aufbauebene / Planum empfehlen wir die Ausführung von Testfeldern gemäß ZTV E-StB und der TP BF-StB.

6.6 Gründungsempfehlung des Lärmschutzwalls

Das geplante Wohngebiet erhält auf der Südseite parallel zur „Giselbertstraße“ einen Erdwall zur Lärminderung. Gemäß der Bearbeitungsunterlage c) kann die Kubatur mit einer Gesamthöhe von 5,0 m und einer Dammaufstandsfläche von 15,0 m sowie einer Dammkronenbreite von etwa 1,0 m beschrieben werden (vgl. Variante 1). Demnach wird das herstellbare Böschungsverhältnis mit $\sim 1 : 1,4$ abgeschätzt.

Dieses Böschungsverhältnis ist bei einer fachgerechten Herstellung als grundsätzlich standsicher zu bewerten. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung stand noch nicht fest, welche Böden für die Herstellung des Dammkörpers verwendet werden sollen. Die im Erkundungsgebiet anstehenden Sande eignen sich gut für den Aufbau des Dammkörpers. Die organogenen Böden sind als Erdbaustoff ungeeignet. Die Bearbeitungsunterlage t) fordert für die einzubauenden Böden einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 95 \%$.

Die Oberbodenandeckung des Lärmschutzwalls kann mit den Oberbodenmaterialien des südlichen Erkundungsgebiets erfolgen.

Für die aufgesetzte Lärmschutzwand auf der Dammkrone sind die Hinweise der ZTV-Lsw 06 zu beachten. Je nach ausgewähltem System muss die Dammkrone u. U. verbreitert werden.

6.7 Allgemeine Gründungsempfehlung öffentliche Grünflächen

Im Zuge der übergeordneten Freiraumplanung sollen ausweislich der Bearbeitungsunterlage b) zwischen dem südlichen und nördlichen Erschließungsgebiet sowie im nördlichen Punkt der Nordfläche öffentliche Parkanlagen, Sportflächen und Spielplätze errichtet werden. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung standen hierzu noch keine genaueren Unterlagen zur Verfügung.

Unter Berücksichtigung der Annahme, dass mindestens die Variante 3 (vgl. Abschnitt 6.3.4) ausgeführt wird, werden für die geplante Nutzung (Personenverkehr und Fahrzeuge des Unterhaltungsdienstes) ausreichende Tragfähigkeiten durch den Vorschüttkörper hergestellt. Es gilt allerdings im Rahmen der Detailplanung der Außenanlagen zu prüfen, welche Anlagen im Rahmen der Sportflächen geplant sind, um die Anforderungen an den Baugrund abzugleichen.

6.8 Verformungsprognosen - Nördlicher Bereich

6.8.1 FEM-Modell, Randbedingungen und Diskretisierung

Um die zeitlich bedingten Verformungen infolge der Vorkonsolidierung abzubilden und in den weiteren Planungsablauf implementieren zu können, wurden die Konsolidierungsvorgänge an geotechnischen Systemen abgeschätzt. Der Berechnungshergang wird nachfolgend dargestellt.

Zur Prognose der vertikalen Verformungen ist das Bodenprofil I - I' (vgl. **Anlage 2**) angesetzt worden. Die Berechnungen wurden dabei im zweidimensionalen System am vertikalebene Modell durchgeführt. Für den Aufbau des Geländemodells und der Berechnungen wurde das Programmsystem GGU-ELASTIC (Hrsg. Dr. Buß) verwendet. Das Programm ermöglicht die Berechnung von ebenen und rotationssymmetrischen Verformungszuständen nach dem Hooke'schen Gesetz mit der Finiten Element Methode.

Für den Aufbau des Vorschüttkörpers ist Material in der vorgesehenen Mächtigkeit zur Herstellung der geplanten Geländeoberkante in den nördlichen Bereichen um 0,70 m überhöht einzubauen (Annahme). Im Anschluss an die Konsolidierungsvorgänge ist das Material für die Geländeprofilierung der südlichen Erschließungsfläche sowie zum Ausgleich der Verformungen abzutragen und zu modellieren. Weitere Hinweise zur Durchführung der Voralastierungsarbeiten sind dem Abschnitt 10 zu entnehmen.

Die Modellränder wurden unter Berücksichtigung der Empfehlungen der Bearbeitungsunterlage k) mit einem ausreichenden Abstand zum maßgebenden Berechnungsausschnitt gewählt. Die Modellränder (x / y) wurden mit unverschieblichen Wegrandbedingungen belegt. Eine zusätzliche Belastung durch Verkehr wurde vorerst nicht berücksichtigt.

Die maßgebenden Einwirkungen resultieren aus dem Vorschüttkörper. Hierzu wird ein enggestufter Sand (SE) mit folgenden Spezifikationen berücksichtigt:

- Wichte γ_k = 18,0 kN/m³
- (Wichte unter Auftrieb γ'_k = 10,0 kN/m³*)
- (Reibungswinkel φ'_k = 32,5 °*)
- Steifemodul $E_{s,k}$ = 70,0 MN/m²

*) Parameter der Vollständigkeit halber angegeben. Im Rahmen der Verformungsbetrachtungen finden diese Kennwerte keine Berücksichtigung.

Die Bodenwichte der anstehenden Böden ist zu $0,00 \text{ kN/m}^3$ angesetzt worden, um den maßgebenden Verformungseinfluss infolge der Vorschüttung auf der Oberkante des Vorschüttkörpers bestimmen zu können.

Die iterativen Berechnungsdurchläufe wurden an einem generierten FEM-Modell mit 2.825 Elementen und 1.483 Knoten durchgeführt. Die Diskretisierung des Modells erfolgte dabei über den gesamten Vorschüttbereich. Das Modell ist zur Diskretisierung zweifach verdichtet worden.

Hinweis: Die dem Modell vorgegebenen Stoffparameter sind den **Anlagen 4** zu entnehmen.

6.8.2 Ergebnisse

Um die Endverformungen nach dem vollständigen Aufbringen des Vorschüttkörpers zu prognostizieren, wurde ein Schnitt direkt auf dem Dammkopf angesetzt. Dabei konnten vertikale Verformungen von bis zu 35 cm ermittelt werden. Allerdings müssen wir darauf hinweisen, dass die angesetzten Stoffparameter auf Annahmen beruhen, sodass höhere Setzungen möglich sind. Auf der Grundlage von Erfahrungswerten und Vergleichsrechnungen bei anderen Projekten sind für vorplane-rische Zwecke die Setzungsanteile um 20 % zu erhöhen. Sodann sind die Setzungsprognosen mit

$$s_{wy,max} \approx 40 \text{ cm}$$

anzugeben.

Die prognostizierten Setzungen ermitteln sich auf der Grundlage eines homogen aufgebauten Dammkörpers. Eine Berücksichtigung der Setzungen bei den unterschiedlichen Bauphasen wird im Abschnitt 6.8.3 dargestellt.

Da der Grundwasserstand im Rahmen der Finiten-Elementen-Analyse mit dem Programm GGU-ELASTIC in dem linearelastischen Stoffmodell nicht implementiert ist, muss dieser in den Berechnungen vernachlässigt werden. Wir weisen allerdings darauf hin, dass es gerade bei bindigen Böden zu Porenwasserüber- und -unterdrücken im Rahmen des vertikalen Verformungsvorgangs kommen kann.

Hinweis:

Bei der Angabe von Ergebnissen aus FEM-Berechnungen muss darauf hingewiesen werden, dass den Programmen Stoffgesetzen hinterlegt sind, die der Realität mehr oder weniger nah kommen. Eine exaktere Lösung kann nur über die Genauigkeit der eingegebenen Stoffparameter, die Erhöhung der Anzahl der bodenspezifischen Stoffparameter sowie umfangreichere Felduntersuchungen erzielt werden. Hierzu muss ggf. auch leistungsstärkere Software zum Einsatz kommen.

6.8.3 Zeitsetzungsverhalten und Bauphasen

Zum jetzigen Planungsstand soll mit den Erschließungsarbeiten im 2. bis 3. Quartal 2018 begonnen werden. Für den Nachweis der zeitlich bedingten Verformungen gehen wir davon aus, dass ein Voralastierungszeitraum von etwa sechs Monaten zur Verfügung steht. Weitere Hinweise hierzu sind dem Abschnitt 8 zu entnehmen.

Die Berechnungen der Konsolidierungsvorgänge erfolgten EDV - gestützt mittels des Programms GGU-CONSOLIDATE, Version 4, 2008 (Hrsg, Prof.-Dr. Buß). Das Programm ermöglicht die Berechnung von Konsolidationsvorgängen in eindimensionalen und mehrschichtigen Systemen.

Das Berechnungsmodell wurde unter Berücksichtigung der Schichtmächtigkeiten aus der Bohrung BS 4 aufgebaut, um die maximal eintretenden Verformungen abschätzen zu können. Das Modell wurde aufgrund des anstehenden Grundwassers am unteren Rand als undurchlässig und nur am oberen Rand als durchlässig angesetzt. Die Entwässerung erfolgt daher ausschließlich über die Oberfläche.

Der Vorschüttkörper wurde hier in Form des Porenwasserdrucks mit $45,60 \text{ kN/m}^2$ angesetzt, welches sich aus der Wichte des Bodenmaterials von $\gamma'_k = 19,0 \text{ kN/m}^3$ und der Vorschüttkörpermächtigkeit in diesem Bereich von $2,40 \text{ m}$ ergibt. Wir gehen davon aus, dass die Herstellung des Vorschüttkörpers etwa 1 Monat Bauzeit in Anspruch nimmt. Dabei wurde die Lastaufbringung in drei Schritten angesetzt:

Zeit [Monate]	Lastanteil [%]
0,0 - 0,5	25,0
0,5 - 1,0	75,0
$\geq 1,0$	100,0

Tabelle 6-2: Lastzunahme infolge der Herstellung des Vorschüttkörpers

Um einen beschleunigten Entwässerungsvorgang und somit ein vorgezogenes Erreichen des Verfestigungsgrades von $U = 100 \%$ zu erreichen, empfehlen wir in den nördlichsten Bereichen des Erschließungsgebiets den Einbau von Vertikaldränagen nach DIN EN 15 237. Bei diesem Verfahren werden vertikale Dränstränge bis in die Sande eingebaut und, je nach System, verankert. Wir empfehlen hierzu den Einbau von Kunststoff-Dränkörpern um die Gefahr des Knickens bzw. Abscherens zu minimieren.

Für die rechnerische Betrachtung erfolgt der Einbau der Dränkörper nach zwei Monaten Vorbelastungszeit (Verfestigungsgrad $U \approx 97 \%$). Dabei werden die Dränkörper mit einem Dränradius von $r_w = 5 \text{ mm}$ und einem Dränrasterabstand von $2,00 \text{ m}$ angenommen.

Unter dem Einsatz der Vertikaldränagen werden bereits nach 3 Monaten die maximal erreichbaren Verformungen von

$$w_{y,\max} \approx 40 \text{ cm}$$

im ungünstigsten Fall erreicht.

Hinweise:

Eine Optimierung des Zeitsetzungsverhaltens kann nur über genauere zeitliche Vorgaben durchgeführt werden. Die rechnerischen Anpassungen müssen in Abstimmung mit dem aufstellenden Büro erfolgen.

Wir empfehlen im Zuge der Konkretisierung der Baumaßnahme eine Nachberechnung der Verformungsvorgänge, da die Berechnungen ausschließlich auf der Grundlage der Variante 1 (vgl. Abschnitt 6.3.2) ausgeführt wurden.

7 Allgemeine Gründungsempfehlung - Nichtöffentliche Flächen

7.1 Vorbemerkungen

Die nachfolgenden Aussagen und allgemeinen Empfehlungen eignen sich für weiterführende, vorplanerische Zwecke der Hochbauwerke in den nicht öffentlichen Bauflächen. Ein Ansatz der hier dargestellten Werte bezogen auf einzelne Hochbauprojekte sind ohne die Zustimmung durch das aufstellende Büro nicht zulässig. Die im Rahmen dieses Projektes ausgeführten Baugrundaufschlüsse entsprechen nicht der geforderten Lage und der Aufschlusstiefe des nach DIN EN 1 997, Teil 2, geforderten Umfangs für einzelne Bauwerke. Dieser Umfang kann nur auf der Grundlage genauerer Projektunterlagen geplant werden.

Infolge der hier betrachteten Baugrundverbesserungsarbeiten (vgl. Abschnitt 6.3) des nördlichen Erschließungsgebiets entstehen im oberen Baugrundhorizont neue geologische und topografische Verhältnisse, die das jeweils erforderliche Gründungskonzept im Zuge der Hochbaumaßnahmen maßgeblich beeinflussen können. Das letztlich gewählte Verfahren stand zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung noch nicht fest.

7.2 Südliches Erschließungsgebiet

Aufgrund der vorherrschenden Baugrundverhältnisse im südlichen Erschließungsgebiet können Hochbauwerke in den anstehenden Sanden flach gegründet werden.

Nichtunterkellerte Ein- und Mehrparteiengebäude wurden hier rechnerisch unter dem Ansatz von Streifenfundamenten überprüft. Unter Berücksichtigung der Geländeauffüllung können hier vorläufige Sohlwiderstände von $\sigma_{R,d} = 200 \text{ kN/m}^2$ bis 300 kN/m^2 bei Setzungen von $\leq 1,0 \text{ cm}$ ermittelt werden.

Für unterkellerte Ein- und Mehrparteienhäuser ist eine Gesamteinbindetiefe von $3,00 \text{ m}$ gewählt worden. Die Gründung erfolgt dabei in den anstehenden Sanden. Die rechnerische Überprüfung erfolgte anhand von idealisierten Streifenfundamenten (Sohlplattenstreifen). Die Grundbruchsicherheit ist bei vorläufigen Sohlwiderständen von $\sigma_{R,d} = 200 \text{ kN/m}^2$ bis 300 kN/m^2 gewährleistet. Darunter sind Setzungen von $\leq 1,0 \text{ cm}$ zu erwarten.

Bei der angenommenen Einbindetiefe von $3,00 \text{ m}$ sind in diesem Bereich für unterkellerte Bauwerke wasserhaltende Maßnahmen erforderlich.

Eine erste Abschätzung bei einer Absenktiefe von 0,50 m unterhalb der Aushubsohle wird eine Wassersäule von 1,50 m betrachtet. Dabei konnten Wassermengen von $Q_{\text{Ges.}} \approx 20 \text{ m}^3/\text{h}$ bis $40 \text{ m}^3/\text{h}$ und Absenktichter für den stationären Zustand von 50 m bis 60 m (Einflussradius) ermittelt werden.

7.3 Nord- bis nordöstliches Erschließungsgebiet

Trotz der Erschließbarkeit des Gebiets durch die beschriebene Variante 1 müssen für Hochbauwerke gesonderte Maßnahmen zum Erreichen einer ausreichenden Tragfähigkeit durchgeführt werden. Diese sind im Detail nur durch erneute Baugrundaufschlüsse nach dem Abschluss der Konsolidation dieser Flächen und unter Berücksichtigung genauerer Bauwerksdaten zu erarbeiten.

Sofern die im östlichen und nordöstlichen Bereich geplanten Einfamilienhäuser mit einem Kellergeschoss errichtet werden, müssen hier im Hinblick auf die Bestandsbebauung hydrogeologische Einzelfallbetrachtungen durchgeführt werden.

Ob diese Einfamilienhäuser auf dem vorkonsolidierten Baugrund (nur Variante 1) flach gegründet werden können, ist durch erneute Baugrundaufschlüsse und Berechnungen im Anschluss an die Voralastierungsmaßnahme zu prüfen.

Die geplanten Mehrparteienbauwerke müssen aufgrund des in der Regel höheren Lasteintrages tief gegründet werden. Unter Berücksichtigung der Geländemodellierungsarbeiten können hier die erforderlichen Pfahllängen in Anlehnung an die Bearbeitungsunterlage I) mit $L_{\text{Pfahl}} \approx 6,00 \text{ m}$ abgeschätzt werden.

Ob eine Bauweise der Mehrparteienhäuser mit Keller möglich ist, muss unter Berücksichtigung genauerer Bauwerkspläne und Baugrunduntersuchungen geprüft werden.

Bei der Ausführung eines Komplettbodenaustauschs (vgl. Abschnitt 6.3.3) kann die Errichtung gemäß den Empfehlungen des südlichen Erschließungsgebietes erfolgen.

8 Sicherungsmaßnahmen an bestehenden Gebäuden

8.1 Beweissicherung

Um das Sicherheitsniveau des vorhandenen Bestands im Zuge der Bauarbeiten (z. B. infolge von Erschütterungen) zu erhalten, sind im Vorwege an allen angrenzenden Bauwerken Beweissicherungsmaßnahmen auszuführen.

Nach Rücksprache mit dem Auftraggeber (per Mail am 12. Januar 2017) sind die Häuser auf den Grundstücken „**Giselbertstraße 1 bis 7**“ sowie die Häuser „**Königsdamm 1 bis 19**“ flach gegründet worden. In diesen Bereichen ist das Schadenspotential infolge der geplanten Bauarbeiten als gering einzustufen, sofern die Gründungen ausreichend dimensioniert und bis auf tragfähigen Baugrund geführt wurden. Neben den Beweissicherungsmaßnahmen an diesen Bauwerken empfehlen wir die Einholung weiterer Unterlagen zum Bauwerk (sofern vorhanden). Ferner sollte durch weitere Baugrundaufschlüsse der Übergang zwischen den tragfähigen Sanden und dem Torf südlich des Verbindungsweges eingegrenzt werden.

Zu dem Gebäude auf dem Grundstück „**Königsdamm 21**“ standen zum Zeitpunkt der Berichtserstellung keine Unterlagen und Informationen über die Gründung zur Verfügung. Die Art und Ausführung der Gründung an diesem Gebäude muss im Rahmen der Beweissicherung durch weitere Untersuchungen mit festgestellt werden.

Die Bauwerke auf den Grundstücken „**Königsdamm 23 bis 31**“ sind über Holzpfähle tief gegründet worden. Bei einer Tiefgründung über Holzpfähle könnte eine Beeinträchtigung eintreten, sofern direkt an den Pfahlköpfen oder oberen Pfahlbereichen starke Wasserstandsänderungen über einen längeren Zeitraum auftreten. Im Zuge der Konsolidierungsmaßnahmen ist ein Absenken des natürlichen Grundwasserspiegels nicht zu erwarten sofern entsprechende Ableitungs- bzw. Wiedereinleitungsmöglichkeiten des austretenden Wassers geschaffen werden.

Wir empfehlen, neben der erforderlichen Beweissicherung an diesen Gebäuden, Messpegel zur Kontrolle der Grundwasserstände während der Bauzeit auszubauen (sofern nicht bereits vorhanden) und in regelmäßigen Abständen zu kontrollieren.

Nicht auszuschließen ist, dass es im Zuge der Konsolidierung zu geringfügigen Hebungen des Baugrunds (Torf) in den angrenzenden Gärten kommen kann. Hierzu sind entsprechende Herrichtungsarbeiten im Anschluss an die Erschließungsarbeiten einzukalkulieren.

Besondere Überprüfungen sind an den Gebäuden auf den Grundstücken „**Königsdamm 33 a und b** sowie **35**“ erforderlich. Da diese Gebäude flach gegründet wurden, ist zu überprüfen, ob die Fundamente bis auf tragfähigen Baugrund geführt worden sind. Sofern hier eine schwimmende Gründung (z. B. Gründungspolster auf Torf) ausgeführt wurde, müssen Sicherungsmaßnahmen zur Vermeidung von Mitnahmesetzungen ausgeführt werden. Wir empfehlen analog zu den Beweissicherungsmaßnahmen am Gebäude „**Königsdamm 21**“ eine Feststellung der Gründungssituation, sofern hierzu keine eindeutigen Unterlagen vorliegen.

Um die Auswirkungen der Tiefbauarbeiten auf die Wohnraumbebauung östlich des „Königsdammes“ zu begrenzen, muss die Planung der Arbeiten in Abstimmung mit dem aufstellenden Büro erfolgen. Die letztlich gewählten Arbeitsverfahren und -geräte sind im Hinblick auf die Erschütterungen zu überprüfen. Bei einer fachgerechten Planung und Ausführung der Arbeiten unter Berücksichtigung der genannten Kriterien ist mit keinem Schadenspotential an der Bebauung östlich des „Königsdammes“ zu rechnen.

8.2 Erschütterungsberechnungen

Infolge von Verdichtungsarbeiten kommt es zu Erschütterungen in dem anstehenden Baugrund, die sich in horizontale Richtung ausdehnen können. Um die einzuhaltenden Mindestabstände des Lasteintragspunkt zu der Bestandsbebauung abzuschätzen, können gemäß der Bearbeitungsunterlage w) und der DIN 4 150 die auftretenden Einwirkungen in Abhängigkeit des Arbeitsgeräts und des Baugrunds abgeschätzt werden.

Die EDV-gestützte Berechnung wurde dabei mit Hilfe des EDV-Programms GGU-Vibration, Version 1.00, (Hrsg. Prof. Dr. -Ing. Buß) durchgeführt. Das Programm GGU-Vibration ermöglicht das Berechnen von Bauwerkterschütterungen nach Achmus, Kaiser und tom Wörden ("Bauwerkterschütterungen durch Tiefbauarbeiten" in Heft 61, IGBE Universität Hannover). Bei den Erschütterungsberechnungen können dabei verschiedene Baugeräte (Ramm- und Rüttelgeräte oder Verdichtungsgeräte) angesetzt oder eigens gewählte Werte definiert werden.

Die Berechnungen wurden für **Wohngebäude** unter Berücksichtigung eines anstehenden, **bindigen Bodens** durchgeführt. Als Arbeitsgerät ist der Einsatz einer Vibrationswalze mit einem Betriebsgewicht von 19,70 Tonnen, einer Leistung von 129,00 kW sowie einer Frequenz von 35,00 1/s der Berechnung zu Grunde gelegt worden.

Rechnerisch wurde in einem iterativen Berechnungsprozess der Abstand zwischen Energieeintragszentrum und der Bauwerksaußenkante ermittelt, der die Gefahr von Schäden an Bauwerken infolge der Tiefbauarbeiten minimiert.

Die Berechnungen erfolgten für „ungünstige Werte“, die gemäß der Bearbeitungsunterlage p) die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Schäden definieren.

Die Ergebnisse können in Diagramm- und Tabellenform auf der **Anlage 6** eingesehen werden. Die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst worden.

Ergebniswert	Ungünstige Werte
Max. Zulässige Bodenschwingbeschleunigung	3.300,00 mm/s ²
Resultierende Bodenschwingbeschleunigung	482,50 mm/s ²
Fundamentalschwinggeschwindigkeit	2,41 mm/s
Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal	2,00 [-]
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände)	4,82 mm/s
Zulässige, horizontale Schwinggeschwindigkeit	5,00 mm/s
Übertragungsfaktor (Bauteil) Vertikal	1,20 [-]
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte)	2,89 mm/s
Zulässige, vertikale Schwinggeschwindigkeit	10,00 mm/s
Einzuhaltender Mindestabstand zu Gebäuden	20,00 m

Tabelle 8-1: Ergebnisse der theoretischen Erschütterungsberechnungen



Die Berechnung ergab einen rechnerischen Sicherheitsabstand von 20,00 m zu bestehenden Gebäuden, ausgehend vom Lasteintragungspunkt, bei einem Betriebsgewicht der Walze von 19,7 Tonnen. Wir empfehlen aus Sicherheitsgründen, den einzuhaltenden Abstand um den Faktor 1,5 auf 30,00 m zu erhöhen.

Die Abstände sind in Abstimmung mit dem aufstellenden Büro vor dem Beginn der Maßnahme zu prüfen. Sofern die Mindestabstände zur bestehenden Bebauung nicht eingehalten werden können, müssen Nachberechnungen mit dem Ansatz von Verdichtungsgeräten, die ein geringeres Betriebsgewicht aufweisen, geführt werden.

9 Chronologie und Hinweise zu den Erschließungsarbeiten

Der Ablauf der Erschließungsarbeiten muss zur Minimierung der Einflussfaktoren der angrenzenden Wohnraumbebauung im Gebiet „Königsdamm“ geplant werden. Aus erdbautechnischer Sicht wird der folgende Ablauf empfohlen:

- Der Oberboden muss im gesamten Bereich unter Berücksichtigung einer Lastausbreitung von 45° vollständig abgeschoben werden,
- sofern der Oberboden für nichtbautechnische Zwecke wiederverwendet werden soll (z. B. Andeckarbeiten), ist auf eine möglichst erosionsgeschützte Lagerung zu achten,
- die Erschließungsarbeiten sind im nördlichen Gebiet zu beginnen. Hier empfehlen wir die Herstellung eines Vorschüttkörpers, um den anstehenden Torf zu dränieren,
- vorab muss im Bereich der angedachten Planstraßen der Torf im Vor-Kopf-Einbau vollständig im Nassbaggerverfahren ausgekoffert werden,
- anschließend ist ein geeignetes Bodenersatzmaterial durch Verklappen und Andrücken mit der Baggerschaufel bis zum Erreichen einer Höhe von 0,30 m über dem Grundwasser durchzuführen. Ab dieser Höhe ist das Bodenmaterial lagenweise zu verdichten,
- die hergestellten Austauschbereiche im nördlichen Erschließungsgebiet sollen zusätzlich der beschleunigten Entwässerung des Torfes dienen,
- bevor das Material für den Vorschüttkörper aufgebracht wird, sollten die Austauscharbeiten im Bereich der angedachten Planstraßen abgeschlossen sein,
- der Vorschüttkörper ist anschließend auf den zu konsolidierenden Flächen überhöht einzubauen. In den nördlichen Bereichen sind zur Beschleunigung der Verformungen Vertikaldräns entsprechend denen im Abschnitt 6.2.3 beschriebenen Spezifikationen einzubauen,
- im Zuge des Aufbringens des Vorschüttkörpers sind an dessen Böschungsfüßen, angrenzend zu den Grundstücken der vorhandenen Bebauung Entwässerungsgräben zu errichten, um das austretende Wasser zu sammeln und kontrolliert abzuführen,

- zur Herstellung des Geländeauftrages eignen sich grundsätzlich verdichtungsfähige, steinfreie und schluffarme ($\leq 5\%$ Feinkornanteil in der Lieferkörnung) Böden gemäß DIN 18 196 (z. B. Sand SE),
- nach dem Abschluss der Konsolidierungsmaßnahme kann das überschüssige Material aus dem Vorschüttkörper zur Geländeprofilierung des südlichen Erschließungsgebiets verwendet werden,
- um die Qualität der durchzuführenden Erdarbeiten sicherzustellen, ist eine Qualitätssicherung gemäß dem Umfang der ZTV E-StB 09 zu beachten,
- die Anforderungen sowie der Ablauf der Untersuchungen ist rechtzeitig vor dem Beginn der Baumaßnahme in einem Qualitätssicherungsplan festzuhalten und der ausführenden Baufirma zu übergeben,
- die zulässige Schütthöhe und die Anzahl der Verdichtungsübergänge sind vorab gemäß den Vorgaben der ZTV E-StB über Kalibrierfelder festzulegen.

10 Umweltgefährdung

Im Zuge der ersten Erkundungskampagne (vgl. Bearbeitungsunterlage a)) sind bereits orientierende chemische Analysen an den erkundeten Böden durchgeführt worden. Dabei wurden die Untersuchungen an den Böden bis zur Tiefe von 1,00 m ausgeführt. Die Analyse ist dabei an den Sanden gemäß den Vorgaben der LAGA „Boden“ sowie an dem Oberboden bzw. organogenen Böden (Torf / Mudde) gemäß den Vorgaben der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) ausgeführt worden.

Die Sande weisen Auffälligkeiten im Parameter pH-Wert auf, sodass hier Einbauklassen von Z 2 bis >Z 2 maßgebend werden. Die Auffälligkeiten in pH-Wert sind hier geogen bedingt einzustufen und nicht im Sinne einer Altlast zu verstehen. Aus bodenmechanischer Sicht können die Sande für einen Wiedereinbau oder die Herstellung von erdbautechnischen Bauwerken wiederverwendet werden. Eine Wiederverwendung im Bereich des Erschließungsgebiets ist mit der zuständigen Behörde aufgrund der Auffälligkeiten im Parameter pH-Wert abzustimmen.

An den Böden, die nicht im bautechnischen Sinne wiederverwendet werden können, wurden die Vorsorgewerte gemäß der BBodSchV eingehalten. Eine Wiederverwendung kann so grundsätzlich für Andeckarbeiten erfolgen. Allerdings ist zu prüfen, welchen Bestimmungszwecken die Böden zugeführt werden sollen. Gegebenenfalls werden so weiterführende Überprüfungen der Maßnahmenwerte (vgl. BBodSchV) erforderlich.

Hinweis: Aufgrund der Erfahrungen von vergangenen Bauvorhaben mit vergleichbaren Baugrundverhältnissen weisen wir darauf hin, dass eine Entsorgung / Wiederverwertung der organogenen Böden aufgrund der Genese als komplex zu betrachten ist, sodass im Vorwege der Verwertungspfad mit dem zuständigen Erdbauer abzustimmen ist. Eine Entsorgung und Bewertung im Sinne der LAGA oder Deponieverordnung ist hier nicht als zielführend einzustufen.

11 Zusammenfassung

Für die im Zuge des B-Plans 111 geplante Erschließung des „Wohngebiets Giselbertstraße“ sollte der Untergrund erkundet und bewertet werden. Hierzu erhielt das aufstellende Büro am 03. Februar 2017 durch die Hansestadt Buxtehude den Auftrag.

Die zusätzlichen Feldarbeiten wurden durch das aufstellende Büro am 08. und 17. Februar 2017 durchgeführt. Insgesamt sind im Bereich der geplanten Bebauung acht Kleinbohrungen (BS) nach DIN EN ISO 22 475 (NW 80 mm) bis zu einer Endteufe von maximal 10,00 m niedergebracht worden. Ferner wurden angrenzend zu dem Wohngebiet „Königsdamm drei Messpegel ausgebaut.

Der geologische Untergrund besteht unterhalb des Oberbodens aus Torf über Sand. Ein Grundwasserstand wurde in allen Bohrlöchern gemessen.

Unter Berücksichtigung von Laborversuchen aus vergangenen Bohrkampagnen (vgl. Bearbeitungsunterlage a) sind die Homogenbereiche für die Ausschreibung der Erdarbeiten überarbeitet und angegeben worden.

Im Zuge der Erschließung der nördlichen Flächen wurden drei verschiedene Varianten zum Erreichen einer Bebaubarkeit betrachtet. Dabei sind die öffentlichen und nicht öffentlichen Flächen differenziert behandelt worden.

Wir empfehlen im Zuge der Erschließung die Vorkonsolidierung der Torfschichten durch einen Vorschüttkörper. Hierzu sind zum Beginn der Erdarbeiten der Torf im Bereich der Planstraßen vollständig auszutauschen. Zur beschleunigten Konsolidierung sind in den nördlichsten Bereichen (höchste Torfmächtigkeiten) Vertikaldränagen (Kunststofffilter) einzubauen. Zur Ableitung des austretenden Wassers sowie zum Schutze der angrenzenden Bestandsbebauung sind Vorflutgräben entlang des Vorschüttkörpers auszubauen.

Eine Gründungsempfehlung für die Erschließungsarbeiten (Rohrleitungs- und Straßenbau) wurde angegeben. Für die geplanten Hochbaumaßnahmen ist eine allgemeine Gründungsberatung erarbeitet worden. Insbesondere für die Bauwerke im nördlichen Erschließungsgebiet sind weitere Betrachtungen im Hinblick auf die Bauweise und die Gründung in Abstimmung mit dem aufstellenden Büro erforderlich.

An sämtlichen bestehenden Bauwerken angrenzend zum Erschließungsgebiet sind Beweissicherungen vor dem Beginn der Erdarbeiten durchzuführen.

Eine Bauweise der Einfamilienhäuser mit Keller im nordöstlichen Erschließungsgebiet kann nur unter der Prüfung der hydrogeologischen Verhältnisse im Einzelfall beurteilt werden.

Eine Empfehlung für den chronologischen Bauablauf ist angegeben worden. Die Chronologie sollte in Abstimmung mit dem aufstellenden Büro laufend angepasst werden.

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 Wahrscheinlichkeitsaussagen.

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 Ausführungsanweisungen 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 der 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.

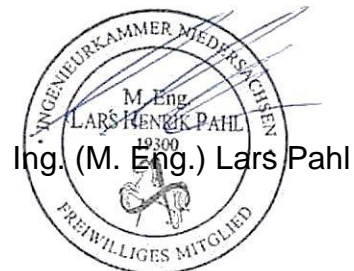
Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH



Dr.-Ing. Michael Beuße

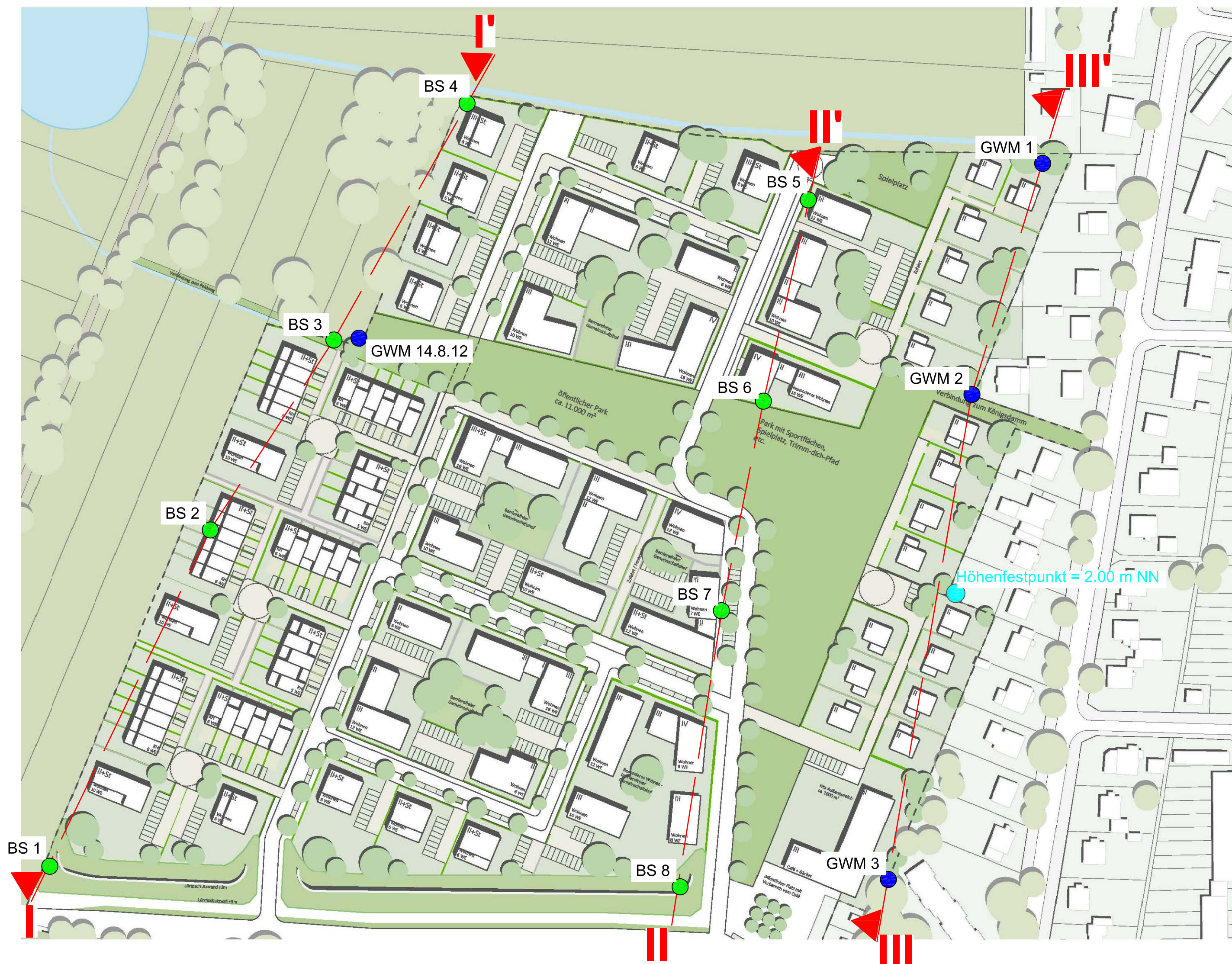
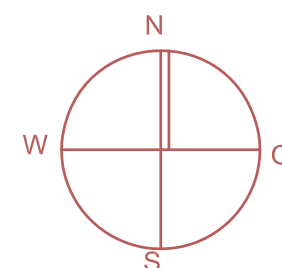
Verteiler:

- Hansestadt Buxtehude
- Stadtentwässerung Buxtehude



Ing. (M. Eng.) Lars Pahl

- 2- fach in Berichtsform
- 1- fach digital im pdf-Format
- 1- fach digital im pdf-Format



LEGENDE

BS 1
● Kleinbohrung BS 1 nach DIN EN ISO 22 475 (NW 80 mm)

I-I Bodenprofilschnitt I - I'



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

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

Projekt: 17 - 14859 Verzeichnis: U:\proj17\17-14859\CAD

Auftraggeber:

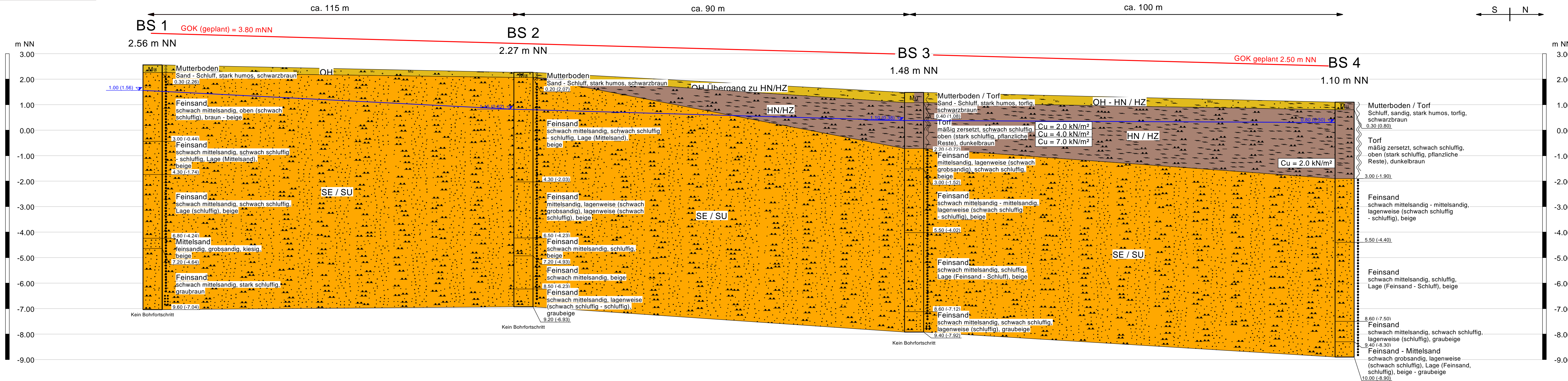
**HANSESTADT
BUXTEHUDE**

Projekt:
Erschließung B-Plan Nr. 111
"Wohngebiet Giselerstraße"

Bearbeiter: LP	Anlage: 1
Zeichner: LP	Datum: 21.07.2017
Maßstab:	o. M.

Darstellung:











Lageplan



Achtung: Abstände in x-Richtung nicht maßstabsgetreu

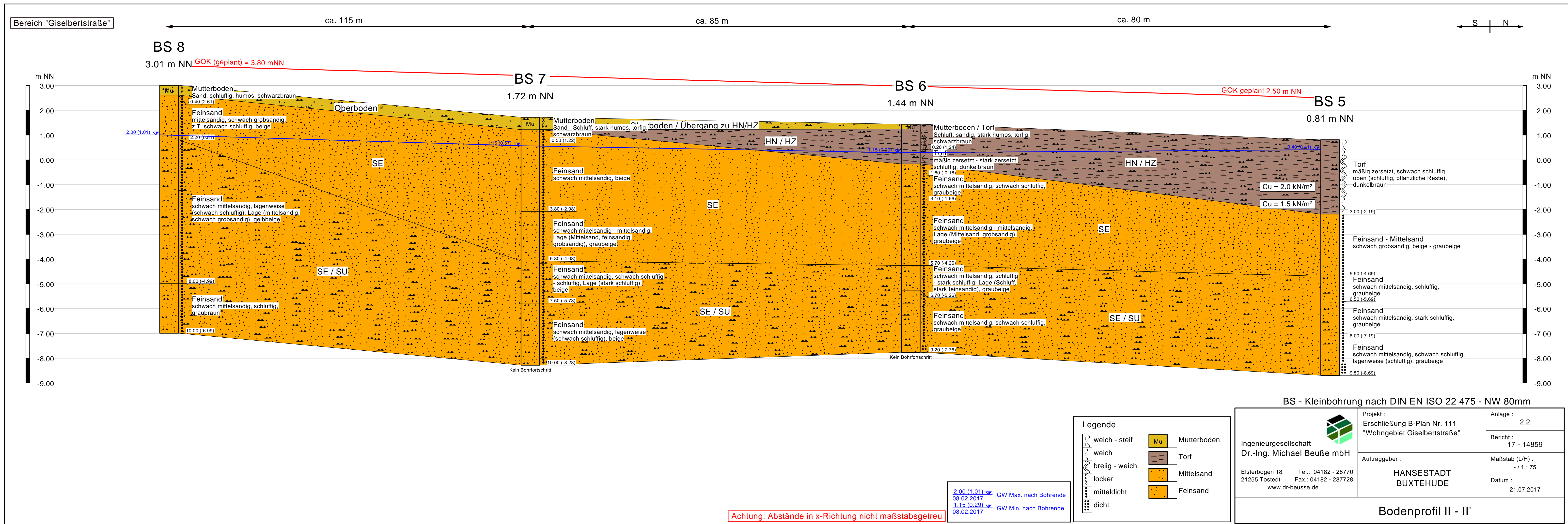
1.00 (1.56) ▼	GW Max. nach Bohrende
08.02.2017	
0.80 (0.30) ▼	GW Min. nach Bohrende
08.02.2017	

Legende

	weich		Mutterboden
	breiig - weich		Torf
	breiig		Mittelsand
	locker		Feinsand
	mitteldicht		
	dicht		

 <p>Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH</p> <p>Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728 www.dr-beusse.de</p>	<p>Projekt : Erschließung B-Plan Nr. 111 "Wohngebiet Giselbertstraße"</p>	<p>Anlage : 2.1</p>
	<p>Auftraggeber :</p> <p>HANSESTADT BUXTEHUDE</p>	<p>Bericht : 17 - 14859</p>
		<p>Maßstab (L/H) : - / 1 : 75</p> <p>Datum : 21.07.2017</p>

Bodenprofil I - I'



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

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



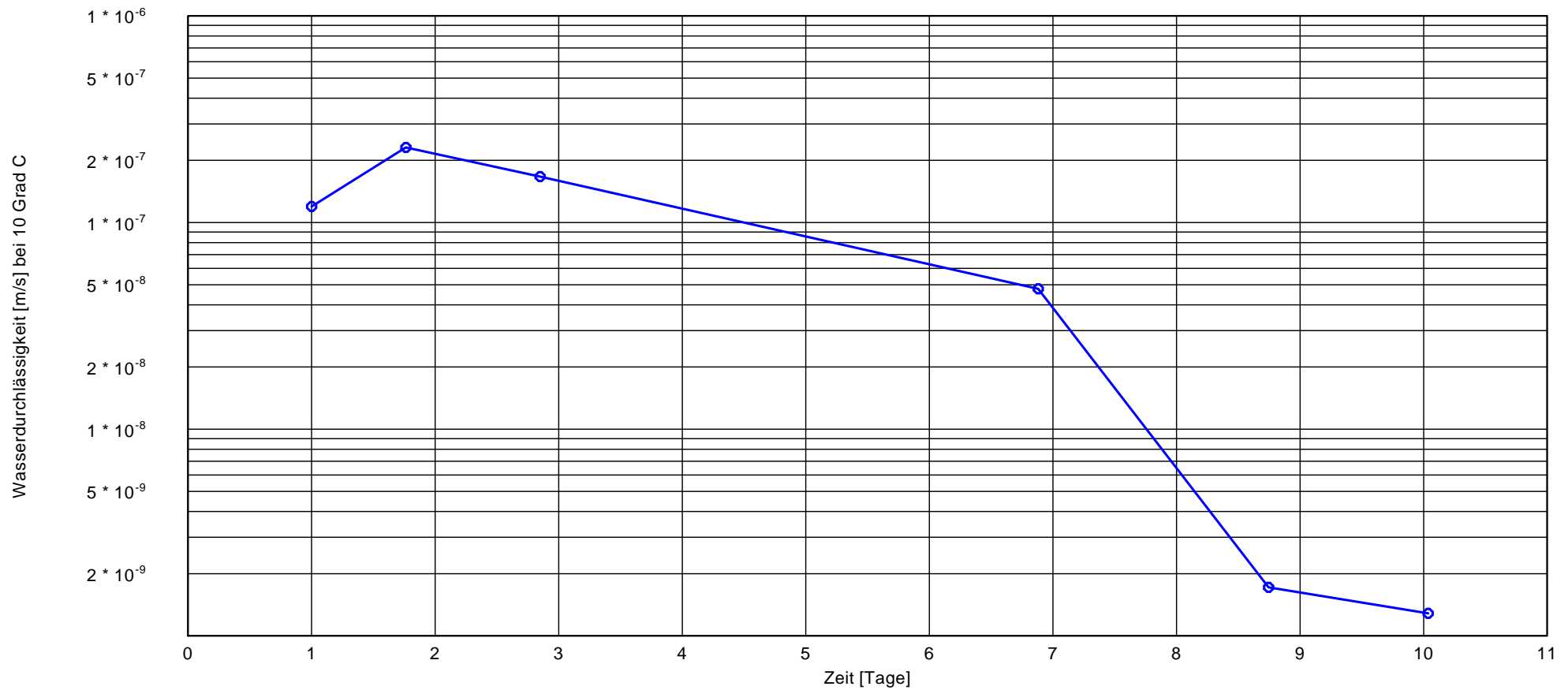
Durchlässigkeitsversuch HANSESTADT BUXTEHUDE

B-Plan Nr. 111, "Wohngebiet Gieselbertstraße"

Prüfschicht: Torf, anstehend
Prüfungsnummer: 17-14859 007
Entnahmestelle: Westlich GWM 2
Bodenart: Torf (HN/HZ)
Probe entnommen am: 08.02.2017
Probe entnommen durch: H. Kedenburg

Bearbeiter: L. Pahl

Datum: 21.07.2017



Versuch-Nr.:

P 007 (Vertikal)

Bemerkungen
Angabe kf-Wert = Mittelwert

k [m/s]

9.5×10^{-8}

Bericht:
17 - 14859
Anlage:
3.1

Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

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

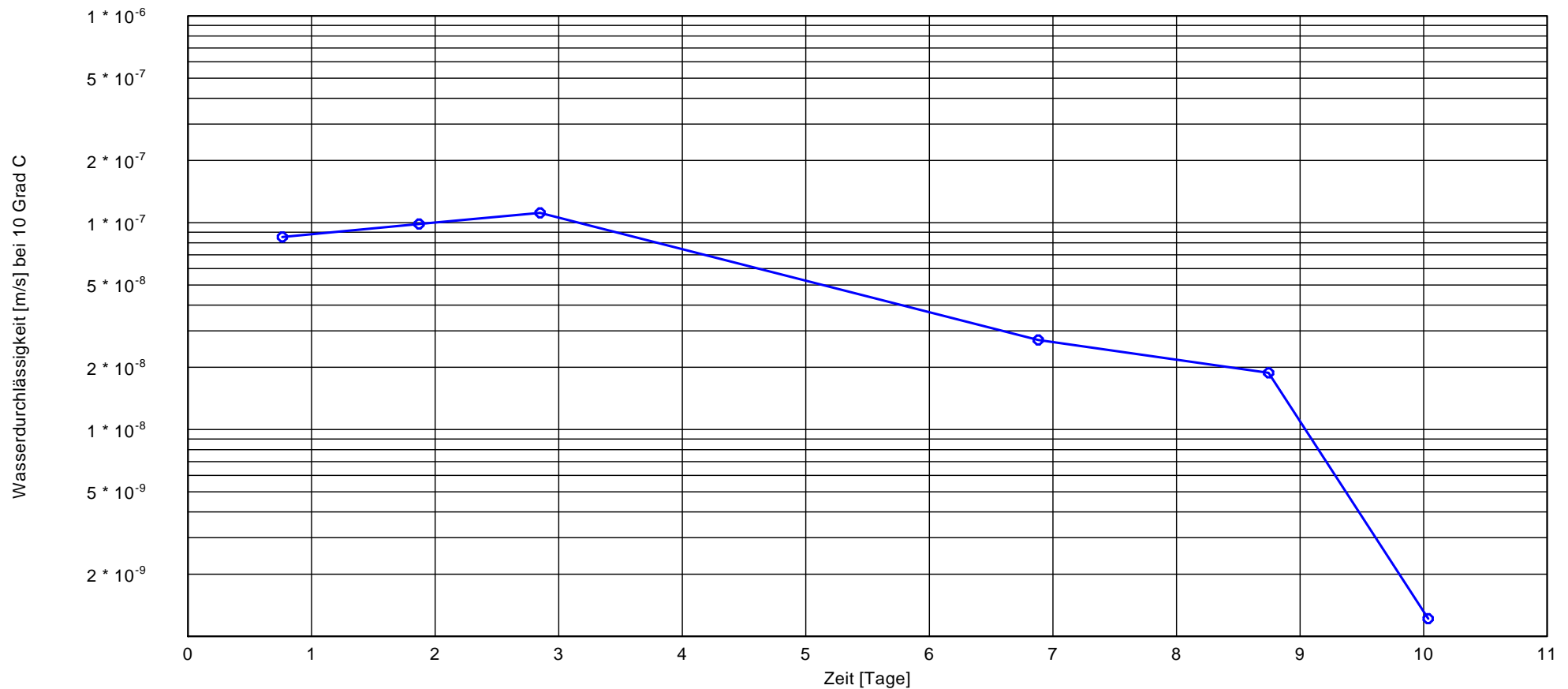


Durchlässigkeitsversuch
HANSESTADT BUXTEHUDE
B-Plan Nr. 111, "Wohngebiet Gieselbertstraße"

Prüfschicht: Torf, anstehend
Prüfungsnummer: 17-14859 008
Entnahmestelle: Westlich GWM 2
Bodenart: Torf (HN/HZ)
Probe entnommen am: 08.02.2017
Probe entnommen durch: H. Kedenburg

Bearbeiter: L. Pahl

Datum: 21.07.2017



Versuch-Nr.:

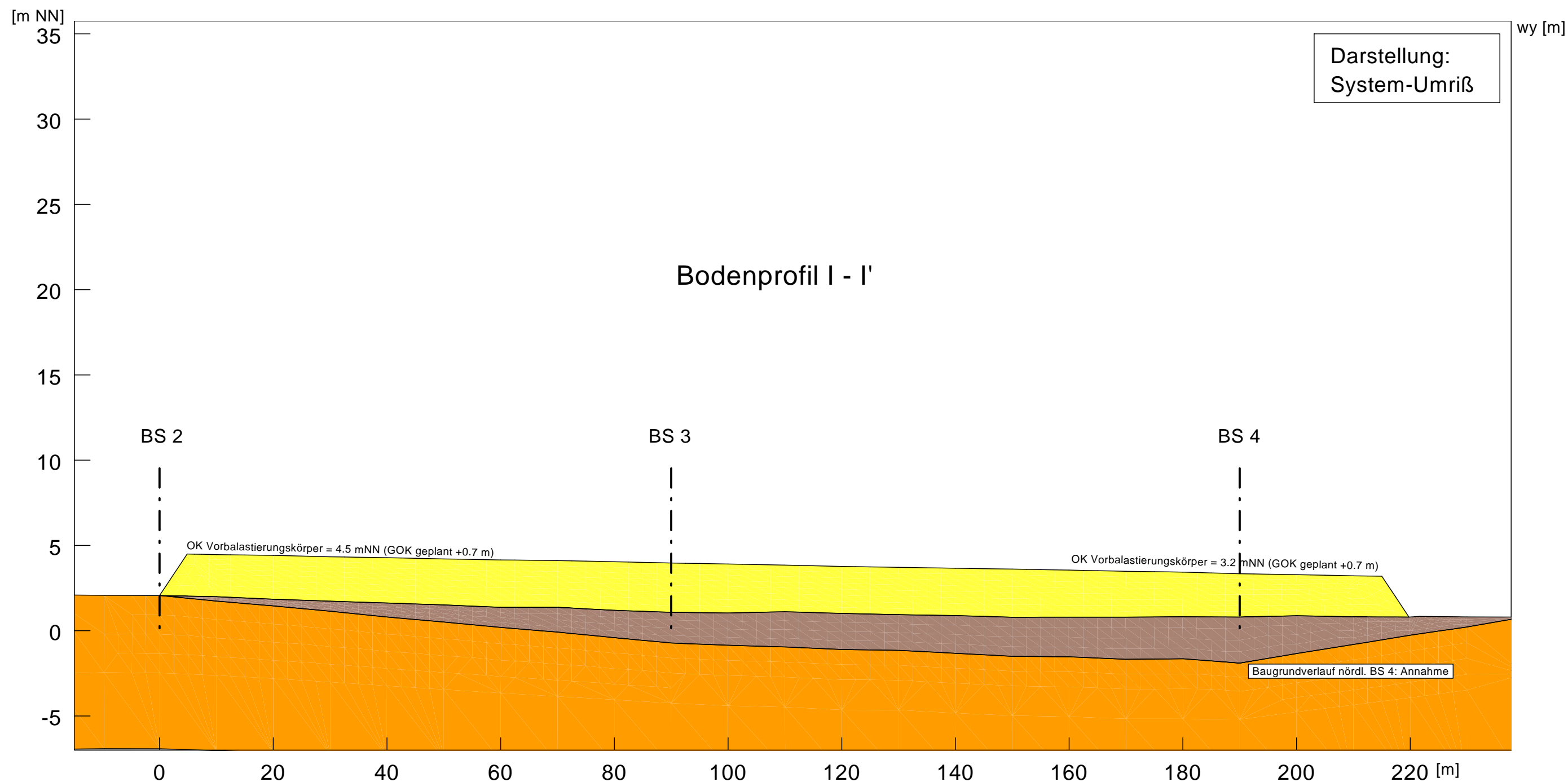
P 008 (Horizontal)

Bemerkungen
Angabe kf-Wert = Mittelwert

Bericht:
17 - 14859
Anlage:
3.2

k [m/s]

5.7×10^{-8}



Material	E [F/L ²]	γ [F/L ³]	ν [-]	Bezeichnung
	60000.0	0.000	0.000	Sande [SE/SU]
	400.0	0.000	0.000	Torf [HN/HZ]
	20000.0	19.000	0.000	Vorschüttkörper [SE]

Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

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



Bauvorhaben :
Erschließung B-Plan Nr. 111
"Wohngebiet Giselbertstraße"

Auftraggeber :
**HANSESTADT
BUXTEHUDE**

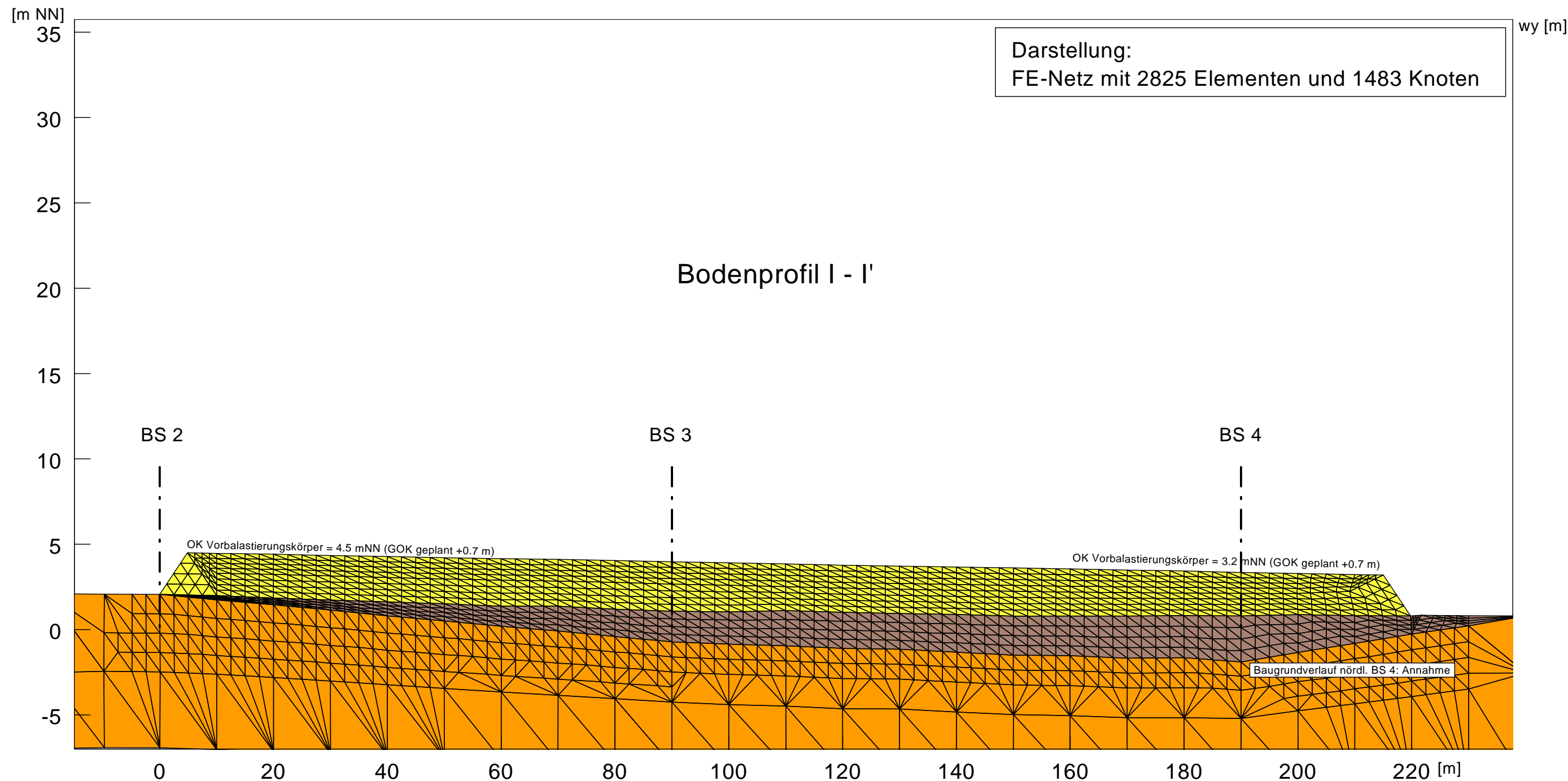
Anlage :
4.1




Bericht :
17 - 14859

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 250

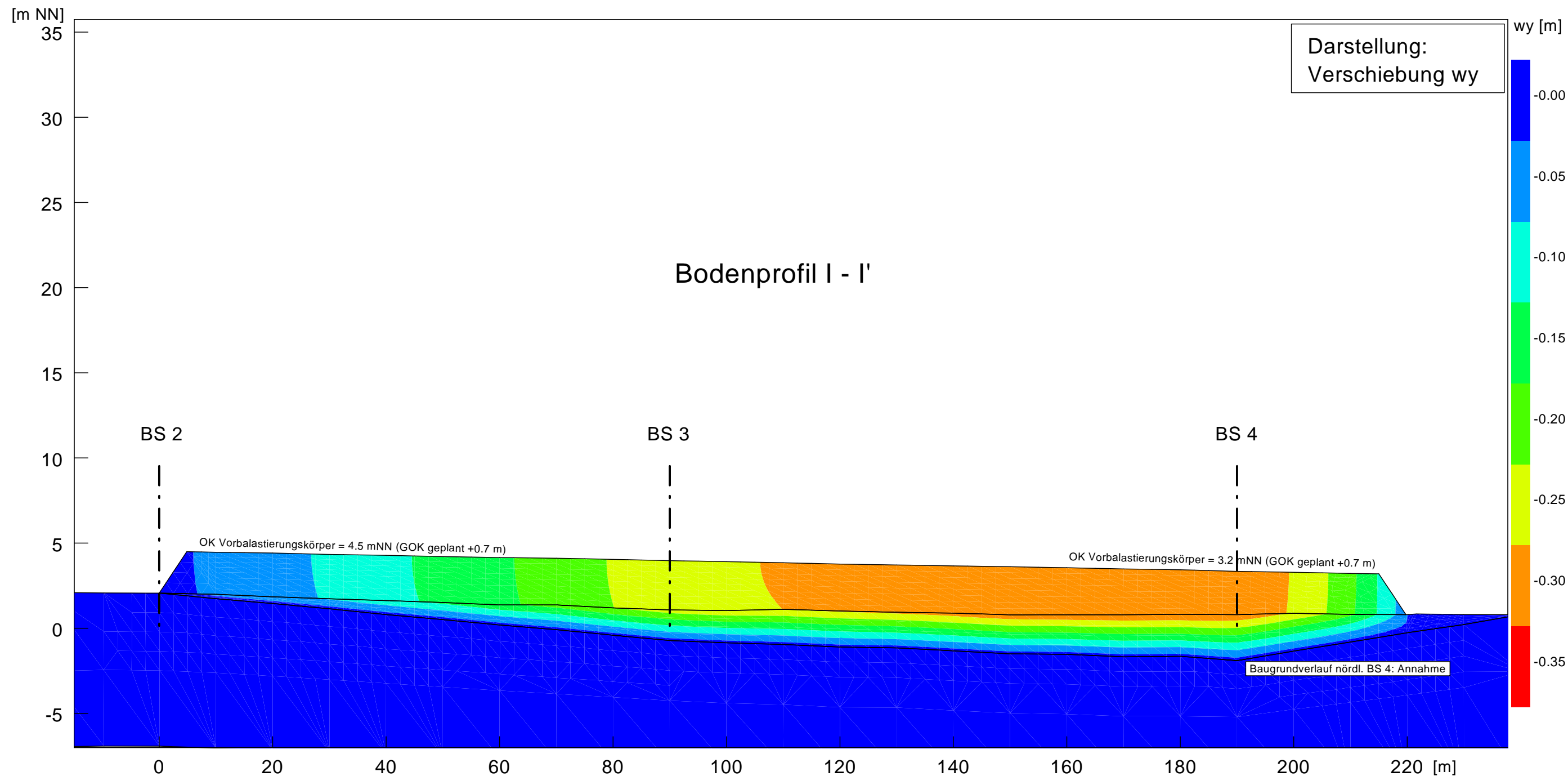
Datum :
21.07.2017

Verformungsabschätzung für das nördliche Erschließungsgebiet



Material	E [F/L ²]	γ [F/L ³]	ν [-]	Bezeichnung
	60000.0	0.000	0.000	Sande [SE/SU]
	400.0	0.000	0.000	Torf [HN/HZ]
	20000.0	19.000	0.000	Vorschüttkörper [SE]

 Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728 www.dr-beusse.de	Bauvorhaben : Erschließung B-Plan Nr. 111 "Wohngebiet Giselbertstraße"	Anlage : 4.2
	Auftraggeber : HANSESTADT BUXTEHUDE	Bericht : 17 - 14859
		Maßstab (L/H) : 1 : 750 / 1 : 250
		Datum : 21.07.2017
Verformungsabschätzung für das nördliche Erschließungsgebiet		



Material	E [F/L ²]	γ [F/L ³]	ν [-]	Bezeichnung
	60000.0	0.000	0.000	Sande [SE/SU]
	400.0	0.000	0.000	Torf [HN/HZ]
	20000.0	19.000	0.000	Vorschüttkörper [SE]

 Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728 www.dr-beusse.de	Bauvorhaben : Erschließung B-Plan Nr. 111 "Wohngebiet Giselbertstraße"	Anlage : 4.3
		Bericht : 17 - 14859
	Auftraggeber : HANSESTADT BUXTEHUDE	Maßstab (L/H) : 1 : 750 / 1 : 250
		Datum : 21.07.2017
Verformungsabschätzung für das nördliche Erschließungsgebiet		

Boden	E_s [MN/m²]	k [m/s]	c_v [m²/s]	$c_{v(axial)}/c_v$ [-]	Bezeichnung
<div></div>	0.4	$7.60 \cdot 10^{-8}$	$3.04 \cdot 10^{-6}$	1.000	Torf
<div></div>	60.0	$1.15 \cdot 10^{-4}$	$6.90 \cdot 10^{-1}$	1.000	Sand

Mehrschicht-Konsolidationstheorie
Vorbelastierung "Wohngebiet Giselbertstraße"
Einbauzeit (Vertikaldränagen): 2.0000 Monate
Dränabstand $d_e = 2.000$ m
Dränradius $r_w = 0.005$ m (Annahme bei Kunststoffdräns)
Schrittweite (Tiefe) = 0.250 m
Endsetzung = 34.7 cm (Verfestigungsgrad $U = 100$ %)



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28
www.dr-beusse.de

Projekt:
Erschließung B-Plan Nr. 111
"Wohngebiet Giselbertstraße"

Auftraggeber :

HANSESTADT
BUXTEHUDE

Anlage :
5

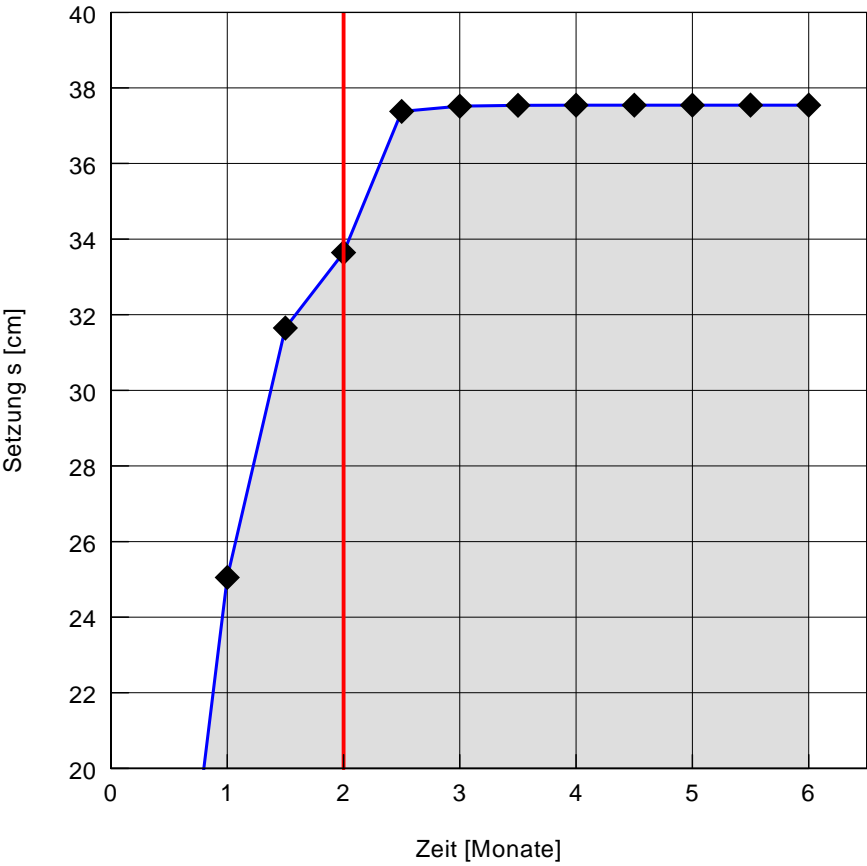
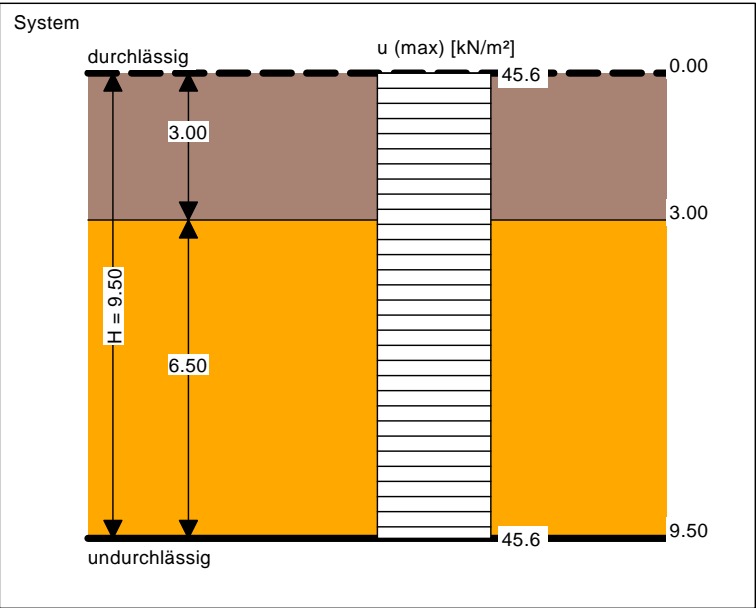
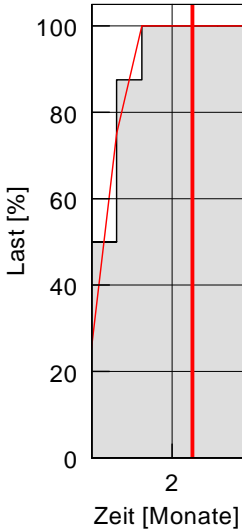
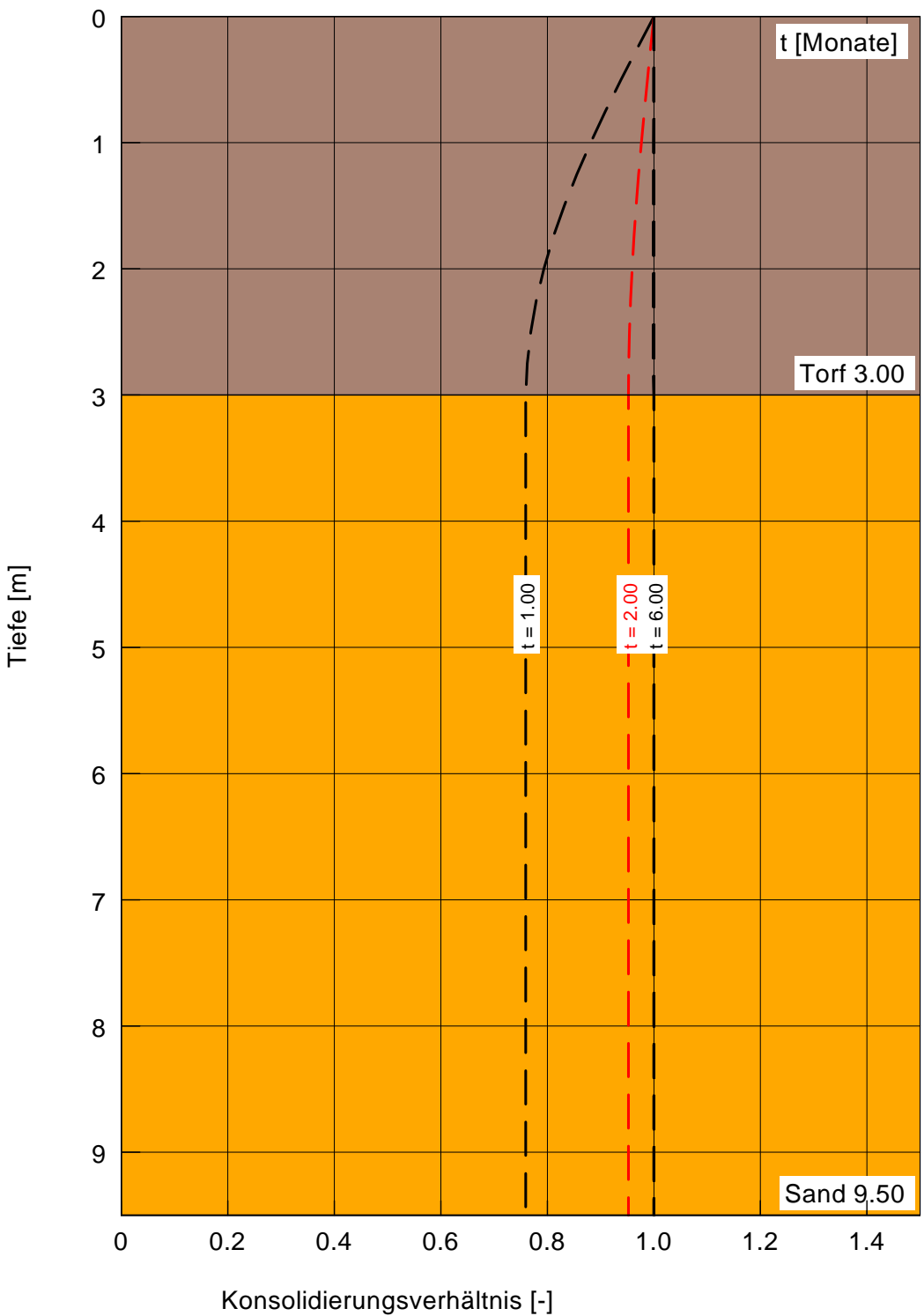
Bericht :
17 - 14859

Maßstab (L/H) :
- / -

Datum :
21.07.2017

Zeitabhängige Konsolidierungsabschätzung
(Bereich BS 4 | Berechnung für das klassische Verfahren und für Vertikaldräns)

Zeit [Monate]	U [%]	s [cm]
0.5	36.035	12.5
1.0	72.201	25.0
1.5	91.222	31.6
2.0	96.967	33.6
2.5	107.736	37.4
3.0	108.132	37.5
3.5	108.200	37.5
4.0	108.212	37.5
4.5	108.214	37.5
5.0	108.215	37.5
5.5	108.215	37.5
6.0	108.215	37.5



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

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



Projekt :
Erschließung B-Plan Nr. 111
"Wohngebiet Giselbertstraße"

Anlage :
6

Bericht :
17 - 14859

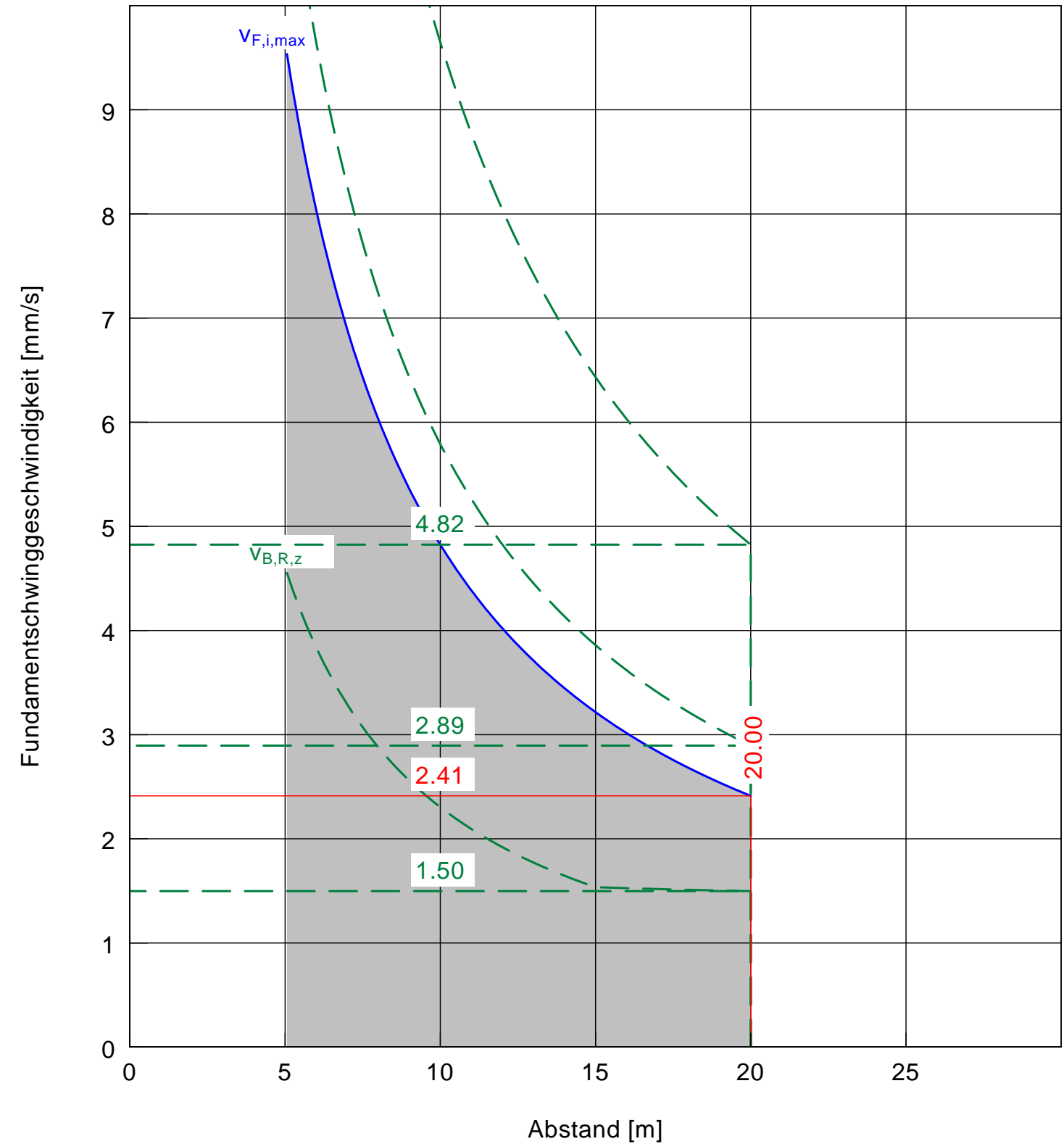
Auftraggeber :

HANSESTADT
BUXTEHUDE

Maßstab (L/H) :
- / -

Datum :
21.07.2017

Theoretische Erschütterungsberechnungen infolge von Verdichtungsarbeiten
(Ungünstige Werte für bindige Böden (2.25 % Überschreitungswahrscheinlichkeit))



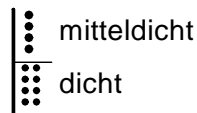
Berechnungsgrundlagen / -ergebnisse:
Vibrationswalze
Ungünstige Werte (2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit)
Wohngebäude
Boden: bindige Böden
Betriebsgewicht Vibrationswalze [t]: 19.70
Leistung Vibrationswalze [kW]: 129.00
Frequenz Vibrationswalze [1/s]: 35.00
Abstand zum Gebäude r [m]: 20.00
Energie pro Schwingungsperiode E = 3.69
Bodenschwinggeschwindigkeit $v_{B,R}$ [mm/s] = 9.60
($v_{B,R,x}$ [mm/s] = 1.87 / $v_{B,R,y}$ [mm/s] = 0.83 / $v_{B,R,z}$ [mm/s] = 1.50)
Resultierende Bodenschwingbeschleunigung $a_{Boden,R}$ [mm/s²] = 482.50
Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung [mm/s²] = g/3 = 3300.00
Fundamentschwinggeschwindigkeit $v_{F,i,max}$ [mm/s] = 2.41
Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 2.00
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) [mm/s] = 4.82
Zulässiger Wert [mm/s] = 5.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.20
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) [mm/s] = 2.89
Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00



Anhang 1 zum Bericht 17 - 14859


**Kleinrammbohrung nach DIN 4021
und Ausbauprofil Grundwassermessstelle
Unterlagen der PORADA Geo Consult GmbH & Co. KG
vom 14. August 2012**

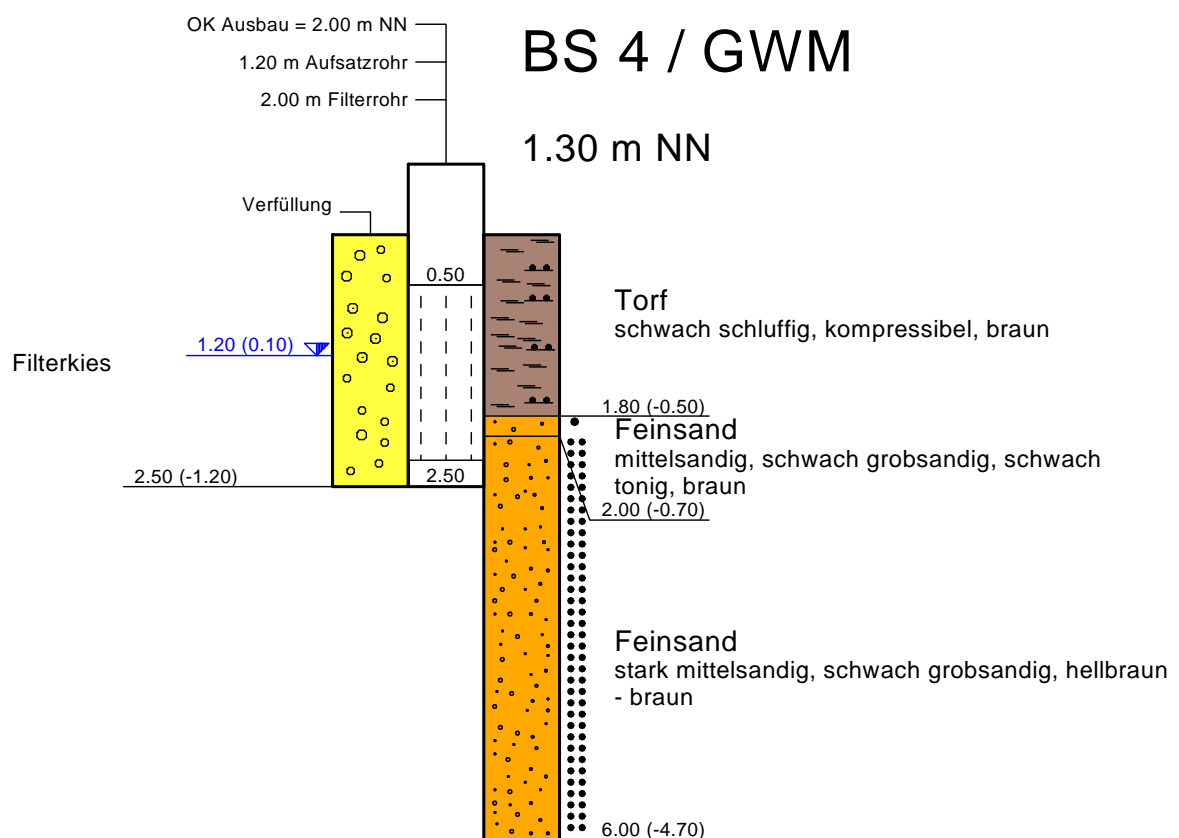
Legende BS



Torf

Feinsand

1.20  GW nach Bohrende
14.08.2012
Aufnahme GW Stand:
PORADA Geo Consult GmbH



BS / GWM - Kleinrammbohrung nach DIN 4021 und Ausbauprofil Grundwassermessstelle
(Unterlagen der PORADA Geo Consult GmbH & Co. KG, 14.08.2012)



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

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

Projekt :
Erschließung B-Plan Nr. 111
"Wohngebiet Gieselbertstraße"

Auftraggeber :
**HANSESTADT
BUXTEHUDE**

Anhang:
1

Bericht :
17 - 14859

Maßstab (L/H) :
- / 1 : 75

Datum :
21.07.2017

Säulendiagramm BS 4 / GWM