

## **Geotechnischer Bericht**

12.09.2019

B 182419/1

**Vierländer Meisterhöfe am Curslackter Heerweg, B-Planverfahren Bergedorf 119 / Curslack**  
- Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung -

### **Inhalt:**

1. Vorbemerkungen
2. Bauvorhaben
3. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse
4. Chemische Befunde und Bewertung
5. Bodenkennwerte und Homogenbereiche
6. Gründungsempfehlung für die Gebäude
7. Gründungsempfehlung für die Verkehrsflächen
8. Gründungsempfehlung für den Rohrleitungsbau
9. Versickerung

### **Anlagen:**

1. Lagepläne
2. Baugrunderkundung und -bewertung

### **Verteiler:**



(digital und 3-fach gedruckt)





## Inhaltsverzeichnis:

<b>1. Vorbemerkungen .....</b>	<b>3</b>
1.1 Veranlassung .....	3
1.2 Unterlagen .....	3
<b>2. Bauvorhaben .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse .....</b>	<b>5</b>
3.1 Erkundung .....	5
3.2 Höhengsituation .....	5
3.3 Bodenschichtung .....	5
3.4 Wasserverhältnisse .....	6
3.5 Bodenmechanische Feld- und Laborversuche .....	7
3.5.1 Wassergehalt .....	7
3.5.2 Glühverlust .....	7
3.5.3 Korngrößenverteilung .....	7
3.5.4 Wasserdurchlässigkeit .....	7
3.5.5 Kompressionsversuch .....	8
3.6 Bodeneigenschaften .....	8
<b>4. Chemische Befunde und Bewertung .....</b>	<b>9</b>
<b>5. Bodenkennwerte und Homogenbereiche .....</b>	<b>9</b>
5.1 Bodenkennwerte .....	9
5.2 Homogenbereiche .....	9
<b>6. Gründungsempfehlung für die Gebäude .....</b>	<b>10</b>
6.1 Gründungskonzept .....	10
6.2 Variante I: Flachgründung auf Vollbodenaustausch .....	10
6.2.1 Bodenaustausch .....	10
6.2.2 Fundamentgründung .....	10
6.2.3 Elastisch gebettete Sohlplatte .....	11
6.3 Variante II: Tiefgründung mit Pfählen .....	11
6.3.1 Allgemeines .....	11
6.3.2 Pfahlssysteme .....	11
6.3.3 Hinweise zum Nachweis der äußeren Tragfähigkeit .....	12
6.3.4 Negative Mantelreibung .....	13
6.3.5 Horizontallastabtrag .....	13
6.3.6 Zugpfähle .....	13
6.3.7 Konstruktive Hinweise zur Pfahlherstellung .....	13
6.4 Dauerhafte Trockenhaltung .....	14
6.5 Hinweise zur Bauausführung .....	15
6.5.1 Kampfmittel .....	15
6.5.2 Gasdränage .....	15
6.5.3 Sicherung von Baugruben .....	15
6.5.4 Bauzeitliche Wasserhaltung .....	16



<b>7.</b>	<b>Gründungsempfehlung für die Verkehrsflächen.....</b>	<b>16</b>
7.1	Gründungskonzept .....	16
7.2	Ausbauempfehlung.....	16
7.3	Hinweise zur Bauausführung.....	17
<b>8.</b>	<b>Gründungsempfehlung für den Rohrleitungsbau .....</b>	<b>17</b>
8.1	Gründungskonzept .....	17
8.2	Offene Bauweise – Verbau und Wasserhaltung .....	18
8.3	Erdbau – Aushub und Verfüllung.....	18
<b>9.</b>	<b>Versickerung.....</b>	<b>18</b>

## Anlagenverzeichnis

Anlage	Blatt	Bezeichnung
<b>1</b>		<b>Lagepläne</b>
	1	Lageplan mit Untersuchungspunkten
<b>2</b>		<b>Baugrunderkundung und -bewertung</b>
	1 – 4	Bodenprofile
	5	Körnungslinien
	6	Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit
	7 + 8	Kompressionsversuche

## 1. Vorbemerkungen

### 1.1 Veranlassung

Das Ingenieurbüro Dr.-Ing. Lehnert + Dipl.-Ing. Wittorf wurde durch [REDACTED] beauftragt, die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse für die geplante Erschließung eines Gewerbegebiets (Bebauungsplan Bergedorf 119 / Curslack 21) am Curslack Heerweg in Hamburg zu untersuchen und zu den Gründungsmaßnahmen für den geplanten Straßen- und Leitungsbau sowie für die Gebäude gutachtlich Stellung zu nehmen.

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden im Rahmen der Hauptuntersuchung Kleinbohrungen mit der Rammkernsonde durchgeführt. Auf Grundlage der Sondierergebnisse, durchgeführter bodenmechanischer Laborversuche und der uns übergebenen Unterlagen werden die bei der weiteren Planung und Ausführung der Gründungsmaßnahmen aus geotechnischer Sicht zu beachtenden Bedingungen erläutert.

### 1.2 Unterlagen

Für die Bearbeitung stehen uns neben allgemein anerkannten Regelwerken die folgenden Unterlagen zur Verfügung:

[U1] Lage- und Höhenplan, M 1 : 1.000, Stand 03.05.2017 (Dipl. Vermessungsingenieur Hartmut Stahlbuhk, Hamburg)

[U2] Lageplan, M 1 : 1.000, Stand 28.08.2018 [REDACTED]



[U3] Entwässerungskonzept zum vorhabenbezogenen B-Plan Bergedorf 119 / Curslack 21 vom 11.08.2017 (Wasser- und Verkehrs-Kontor GmbH, Neumünster)

[U4] Entwässerungslageplan mit Lage der Bohrsondierung, M 1 : 1.000, Stand 19.02.2019 (Wasser- und Verkehrs-Kontor GmbH, Neumünster)

## 2. Bauvorhaben

Fünf verschiedene Handwerksbetriebe aus den Vier- und Marschlanden haben sich zusammengeschlossen, um neue Betriebsflächen für ihre Betriebe eigenständig zu erschließen.

Über den Bebauungsplan Bergedorf 119 / Curslack 21 ist nun die Entwicklung eines kleinen Gewerbegebietes auf einem heute unbebauten Marschgrundstück am Curslackter Heerweg in Planung. Das Plangebiet weist eine Größe von ca. 4,9 ha auf und liegt im Bezirk Bergedorf, an der Grenze der Stadtteile Bergedorf und Curslack. Das Plangebiet befindet sich nahe der Autobahnausfahrt HH-Curslack der BAB 25.

Nach [U2] ist der Neubau mehrerer Hallen und Betriebsgebäude der verschiedenen Firmen auf dem Gelände geplant. Alle Gebäude werden nicht unterkellert. Die Hallen weisen maximale Traufhöhen von 5,0 m auf und erhalten Sattel- oder Pultdächer. Die Betriebs- und Sozialgebäude werden 2-geschossig errichtet.

Die einzelnen Gebäude weisen folgende Abmessungen auf.

Tab. 1 Geplante Gebäudeabmessungen

Betriebsfläche	Gebäude	Abmessungen L / B
Fa. Pietsch	Büro- und Sozialräume	24,0 m / 17,0 m
	Fahrzeughalle	36,0 m / 7,7 m
	Halle	52,5 m / 26,5 m
	Sozialräume, Betriebswohnung	18,0 m / 12,0 m
Fa. Hamburg	Ausstellung – Halle – Büro - Sozialräume – Betriebs Whg.	58,0 m / 24,9 m
Fa. Schröder	Halle – Ausstellung – Betriebs Whg.	30,0 m / 15,0 m
	Halle – Büro - Sozialräume	30,0 m / 15,0 m
Fa. Garbers	Halle I	50,0 m / 20,0 m
	Schüttboxen	25,0 m / 10,0 m
	Halle II	70,0 m / 15,0 m





Für die Gründungsempfehlungen wird von folgenden Höhenverhältnissen ausgegangen.

OK FF EG bzw. OK Hallensohle:                      NHN +2,5 m

Lastangaben liegen uns nicht vor, so dass diesbezüglich Annahmen getroffen werden.

### **3. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse**

#### **3.1 Erkundung**

Zur Erkundung der Boden- und Grundwasserverhältnisse wurden auf dem Grundstück am 06.03. und 21.03.2019 durch unser Büro 15 Kleinbohrungen mit der Rammkernsonde (Sondierungen B 1/19 bis B 15/19) gem. DIN EN ISO 22475-1 bis maximal 8,0 m Tiefe niedergebracht. 11 weitere Sondierbohrungen wurden bereits 2015 durch die Firma Joern Thiel Baugrunduntersuchung GmbH, Hamburg ausgeführt und bis maximal 8,0 m unter OK Gelände abgeteuft. Die Lage aller Sondieransatzpunkte ist im Lageplan Anlage 1, Blatt 1, angegeben.

In Anlage 2, Blatt 1 – 4, sind die Ergebnisse der Aufschlüsse aus 2019 als Bodenprofile nach der kornanalytischen Bewertung der entnommenen gestörten Bodenproben in unserem Labor höhengerecht aufgetragen. Die Ergebnisse der Sondierbohrungen aus 2015 sind in den Anlagen der Übersicht halber mit dargestellt.

Die Ansatzhöhen der Sondierungen wurden auf einen naheliegenden Bezugspunkt eingemessen. Sie bieten nur einen groben Anhalt über den Höhenverlauf der Geländeoberfläche im Bau-feld. Für Planungszwecke wären die Höhen der vorliegenden Geländevermessung zu verwenden.

Bei den Untersuchungen handelt es sich um punktuelle Aufschlüsse, die zwischen den Ansatzpunkten nur Annahmen zulassen. Abweichungen von den erkundeten Verhältnissen sind generell möglich. Der vorliegende Erkundungsumfang ist jedoch für eine qualifizierte Hauptuntersuchung im Sinne der DIN EN 1997 ausreichend. Eine hinreichend genaue Beurteilung der vorhandenen Bodenschichtung ist somit möglich. Die Maßnahme ist der Geotechnischen Kategorie 2 gemäß DIN EN 1997 und DIN 1054, aktuelle Fassung, zuzuordnen.

#### **3.2 Höhsituation**

Das Gelände im Plangebiet weist im Mittel Höhen zwischen NHN +1,42 m und NHN +2,02 m auf und befindet sich damit rd. 1,0 m bis 1,5 m unterhalb des Straßenniveaus.

Im Zuge der Erschließung soll der Oberboden abgetragen werden und das Gelände anschließend um ca. 1,0 m aufgeschüttet werden. Ein weiterer Abtrag des grundwasserschützenden Kleibodens ist gemäß Stellungnahme der BUE [U3] nicht gewünscht.

Für die nachfolgende Gründungsempfehlung der geplanten Gebäude wird für OK Hallensohle bzw. OK Fertigfußboden Erdgeschoss eine mittlere Höhe von NHN +2,5 m abgeleitet.

#### **3.3 Bodenschichtung**

Ab der Geländeoberfläche wurde Mutterboden in wechselnden Schichtdicken zwischen 0,2 m und 0,6 m erkundet.



Darunter folgt ein Horizont organischer Weichböden bestehend aus Klei und vereinzelt auch Torf- oder Torf-Muddeschichten. Die Unterkante dieses Horizonts verläuft zwischen 0,6 m (B 4/19) und 3,7 m (B 7/19) unter OK Gelände. Am Untersuchungspunkt B 7/19 wurde die Torf-Mudde bis zur Endtiefe der Sondierung nicht durchteuft. An den Untersuchungspunkten BS 4/15, B 5/19 und B 13/19 wurden unterhalb des Mutterbodens keine organischen Weichböden erbohrt.

Der Klei und die Torf-Mudde weisen eine überwiegend breiige bis weiche Konsistenz auf. Lokal wurde der Klei auch in weich-steifer bis steifer Konsistenz erbohrt. Der Torf ist stark zersetzt.

Unterhalb des Kleis und den vereinzelt vorkommenden Torf- bzw. Torf-Muddeschichten folgen Sande, deren Kornanteile hauptsächlich im Fein- und Mittelsandbereich liegen. Lokal weisen die Korngrößenverteilungen auch schwach schluffige Anteile auf. Die Sande werden bis zu den Endtiefen der Sondierungen nicht durchteuft.

Nach den Aufzeichnungen in den Schichtenverzeichnissen zur Schwere des Bohrvorganges ist von einer etwa mitteldichten Lagerung der Sande auszugehen.

### 3.4 Wasserverhältnisse

Das Wasser im Baugrund wurde als freies und gespanntes Grundwasser in den Sondierungen angetroffen. Während der Erkundungsarbeiten im März 2019 wurde es nach Bohrende im offenen Sondierloch in Tiefen zwischen 0,4 m und 1,2 m unter OK Gelände (entspricht NHN +0,58 m bis NHN +1,28 m) eingemessen. Es korrespondiert mit den im Oktober 2015 angetroffenen Wasserständen, die zwischen 0,5 m und 1,1 m unter OK Gelände (entspricht ca. NHN +0,47 m bis ca. NHN +1,20 m) eingemessen wurden.

Die angetroffenen Wasserstände wurden mit Höhen- und Datumsangabe linksseitig an die Bodenprofile angetragen. Grundwasser führende Schichten wurden mit einer senkrechten blauen Linie gekennzeichnet.

Es handelt sich um großräumig anstehendes Grundwasser (1. Aquifer), das zum Zeitpunkt der Einmessung vermutlich noch nicht vollständig ausgepegelt war. Im Juni 2017 wurde ein Grundwasserpegel (südlich des Baugebiets) gesetzt. Der Grundwasserstand wurde hier bei NHN +0,62 m gemessen [U3].

Je nach Niederschlagsintensität muss wegen der wassersperrenden bindigen Bodenschichten mit örtlich und zeitlich begrenzten Stauwasserbildungen bis nahe der Geländeoberfläche gerechnet werden.

In Anbetracht der festgestellten Sondierwasserstände und üblicher natürlicher Schwankungen des Grundwassers ist für die Festlegung von Abdichtungsmaßnahmen nach DIN 18533-1 und im Falle etwaiger Auftriebsnachweise für die „ständige Bemessungssituation“ (BS-P) von einem Bemessungswasserstand (HGW) von NHN +2,5 m auszugehen.

Das Baugebiet befindet sich in der Wasserschutzzone III Curslack-Altengamme. Ein Austausch des grundwasserschützenden Kleibodens ist gem. Stellungnahme der BUE daher nur im gewissen Maße und mit entsprechenden Maßnahmen zulässig [U3]. Zur Gewährleistung des Grundwasserschutzes sind besondere umweltrelevante Maßnahmen beim Einbau von Baustoffen zu beachten.



### 3.5 Bodenmechanische Feld- und Laborversuche

#### 3.5.1 Wassergehalt

Zur Abschätzung der Tragfähigkeit der bindigen Böden wurden die natürlichen Wassergehalte kennzeichnender Bodenproben gemäß DIN 18121 durch Ofentrocknung bestimmt. Die ermittelten Einzelwerte wurden in der Anlage 2, Blatt 1 – 4, links neben den Sondierprofilen angegeben und sind als Minimal- und Maximalwerte in nachfolgender Tabelle 2 zusammengestellt.

Tab. 2 Wassergehalte

Bodenbezeichnung	Anzahl	Wassergehalte [M.-%]	
		$W_{n,min}$	$W_{n,max}$
Klei	15	28,9	115,6

#### 3.5.2 Glühverlust

Aus den bindigen, organischen Bodenschichten wurden Bodenproben entnommen und an diesen im Versuch durch Glühverlust gem. DIN 18128 der Gehalt an organischer Substanz ermittelt. Die ermittelten Einzelwerte wurden in der Anlage 2, Blatt 1 – 4, links neben den Sondierprofilen angegeben und in nachfolgender Tabelle 3 zusammengefasst.

Tab. 3 Glühverlust

Bodenbezeichnung	Anzahl	Glühverlust [M.-%]	
		$V_{gl,min}$	$V_{gl,max}$
Klei	14	5,2	14,2

Die Werte liegen zwischen  $V_{gl} = 5,2$  M.-% und  $V_{gl} = 14,2$  M.-%. Es handelt sich somit gem. DIN EN ISO 14688-2 um einen schwach organischen Boden (2-6 M.-%) bis mittel organischen Boden (6-20 M.-%).

#### 3.5.3 Korngrößenverteilung

Neben der visuellen und manuellen Beurteilung der Bodenproben wurden aus den Sondierungen Einzelproben der angetroffenen Sande entnommen, die zu einer Mischprobe (MP 1) zusammengestellt wurden. An dieser Mischprobe und zwei Einzelproben des erkundeten Kleis wurden durch Siebversuche bzw. kombinierte Sieb- und Schlämmanalysen gem. DIN 18123 die Korngrößenverteilungen ermittelt. Die Ergebnisse der Versuche sind als Körnungslinien in der Anlage 2, Blatt 5, dargestellt.

#### 3.5.4 Wasserdurchlässigkeit

Aus den unterhalb der Kleischichten erkundeten Sanden wurden Einzelproben entnommen, die zu einer Mischprobe (MP 1) zusammengefügt wurden. An dieser Mischprobe wurde die Wasserdurchlässigkeit der Sande gem. DIN 18130-1 versuchstechnisch ermittelt. Das Ergebnis des mit konstanten hydraulischen Gefälle durchgeführten Versuchs ist für eine lockere und dichte Lagerung der Sande in Anlage 2, Blatt 6, dokumentiert.



Für die lockere Lagerung wurde  $k_f = 2,4 \times 10^{-4}$  m/s und für die dichte Lagerung  $k_f = 4,2 \times 10^{-5}$  m/s ermittelt.

### 3.5.5 Kompressionsversuch

Zur näherungsweisen Erfassung der Zusammendrückbarkeit bzw. des Steifemoduls  $E_{s,k}$  des vorhandenen Kleis wurden im Bereich der zwei Sondierungen B 6/15 und B 8/15 ungestörte Bodenproben entnommen und jeweils ein Kompressionsversuch gem. DIN 18135 mit stufenweiser Belastung durchgeführt.

Die Versuchsergebnisse, d. h. die Steifemoduln  $E_{s,k}$  in Abhängigkeit vom Normalspannungszustand  $\sigma$ , sind in Anlage 2, Blatt 7 + 8, dargestellt.

## 3.6 Bodeneigenschaften

### Mutterboden

Der Mutterboden enthält Wurzeln, ist organisch, kompressibel und somit für bautechnische Zwecke nicht geeignet. Er ist in der Baufläche abzutragen und für eine etwaige Wiederverwendung auf den Grundstücken fachgerecht zu lagern. Sollte der Oberboden von der Baustelle entfernt und einer Fremdverwertung zugeführt werden, so sind ggf. noch chemische Analyseergebnisse gemäß Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) zu ermitteln und zu bewerten.

### Klei / Torf-Mudde

Die organischen Weichböden sind stark kompressibel und gering scherfest. Unter Last treten Konsolidations- und Kriechsetzungen in erheblicher Größe auf. Die Böden sind extrem wasserempfindlich und weichen unter Einfluss von Wasser mit dynamischer Beanspruchung bis zur Verflüssigung auf.

Die Böden sind gemäß ZTV E-StB der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnen und gemäß DIN 18130 als sehr schwach wasserdurchlässig zu bezeichnen.

### Torf

Die organischen Torfe sind stark kompressibel und gering scherfest. Unter Lasten treten Konsolidations- und Kriechsetzungen in erheblicher Größenordnung (bis zu Dezimetern) auf. Der Boden ist extrem wasserempfindlich und weicht unter Einfluss von Wasser mit dynamischer Beanspruchung bis zur flüssigen Konsistenz auf.

Der Boden ist gemäß der ZTV E-StB der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnen und gemäß DIN 18130 als sehr schwach wasserdurchlässig zu bezeichnen.

### Sande

Die Sande sind bei einer mindestens mitteldichten Lagerung gut tragfähig und scherfest. Sie neigen unter Belastung zudem nur zu geringen Setzungen, die i. W. schnell, d. h. größtenteils schon mit der Lastaufbringung, eintreten.

Gemäß ZTV E-StB sind die Sande der Frostunempfindlichkeitsklasse F1 zuzuordnen und gemäß DIN 18130 als wasserdurchlässig zu bezeichnen.



## 4. Chemische Befunde und Bewertung

Während der Erkundungsarbeiten wurden die Bodenproben auf Geruchsauffälligkeiten untersucht. Es wurden keine organoleptischen Befunde festgestellt.

Für die Verwertung von Abtragsböden, insbesondere bei einem etwaigen flächigen Bodenaustausch, müssen frühzeitig chemische Analysen gemäß LAGA M 20 / BBodSchV zur Klassifizierung der Verwertung durchgeführt werden. Diese chemischen Untersuchungen sind nicht Bestandteil dieses Berichts.

## 5. Bodenkennwerte und Homogenbereiche

### 5.1 Bodenkennwerte

Für geotechnische Nachweise nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054 können auf Grundlage der durchgeführten Versuche und unserer Erfahrungen die in der folgenden Tabelle aufgeführten charakteristischen Bodenkennwerte angesetzt werden.

Tab. 4 Bodenkennwerte für geotechnische Nachweise

Bodenbezeichnung	Wichte $\gamma / \gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungswinkel $\phi_k'$ [°]	Kohäsion $c_k'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Mutterboden	16 / 6	für bautechnische Zwecke nicht geeignet		
Klei / Torf-Mudde, breiig bis steif	14 / 4	17,5	10	1,5 - 4
Torf, stark zersetzt	12 / 2	15,0	10	0,5 - 2
Sande	18 / 10	32,5	0	30 - 50

### 5.2 Homogenbereiche

Die aktuelle VOB/C 2016 ersetzt die Bodenklassen gegen Homogenbereiche.

Der Homogenbereich umfasst einen begrenzten Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Bodenschichten, der für das Bauvorhaben vergleichbare bodenmechanische und chemische Eigenschaften aufweist.

Diese Auswertung ist nicht Bestandteil des Geotechnischen Berichtes und kann bei Bedarf als eigenständige Unterlage im Zuge der Entwurfs- und Ausführungsplanung erstellt werden.



## 6. Gründungsempfehlung für die Gebäude

### 6.1 Gründungskonzept

Maßgeblich für die Gründung der Gebäude sind die natürlich vorhandenen, sehr unterschiedlich mächtigen, organischen Weichschichten. Aufgrund von überschläglichen Setzungsberechnungen würde es bei einer normalen Flachgründung zu Setzungen im Dezimeter-Bereich kommen, so dass alternative Gründungsvarianten untersucht werden müssen.

Für das vorliegende Bauvorhaben werden folgende zwei Gründungsvarianten betrachtet:

- Variante I: Flachgründung auf Vollbodenaustausch
- Variante II: Tiefgründung mit Pfählen

### 6.2 Variante I: Flachgründung auf Vollbodenaustausch

#### 6.2.1 Bodenaustausch

Mit einem Vollbodenaustausch werden die vorhandenen Weichschichten innerhalb des Lastausbreitungsbereichs der dann möglichen Flachgründungen komplett durch tragfähiges Bodenmaterial ersetzt.

Dazu sind zunächst die wenig tragfähigen Böden unter Berücksichtigung eines Lastausbreitungswinkels von  $45^\circ$  teils unterhalb des Grundwassers im sogenannten Zug-um-Zug-Verfahren bis zum Horizont der anstehenden Sande abzugraben. Anschließend erfolgt der Einbau von grobkörnigem Boden (z.B. Sand der Bodengruppe SE nach DIN 18196) als tragfähige Basis für die Gebäudegründung.

Ab etwa 0,5 m oberhalb des Grundwasserstandes ist das eingebrachte Bodenmaterial lagenweise mit einem Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 100 \%$  intensiv zu verdichten.

#### 6.2.2 Fundamentgründung

Unter der Voraussetzung einer Geländeerhöhung um rd. 1,0 m sowie des Vollbodenaustauschs der organischen Weichschichten im Bereich der Gründungsfläche und des Lastausbreitungsbereichs der Gebäude können diese mit einem maximalen Bemessungswert des Sohlwiderstandes  $\sigma_{R,d} = 420 \text{ kN/m}^2$  flach auf Einzel- und Streifenfundamenten gegründet werden. Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes kann nach DIN 1054, Tabelle A.6.1 bzw. 6.2, angesetzt werden und beträgt je nach Einbindetiefe und Breite des Fundamentes  $\sigma_{R,d} = 210$  bis  $420 \text{ kN/m}^2$  ( $b \geq 0,3$  bis  $1,0 \text{ m}$ ;  $t \geq 0,3$  bis  $0,5 \text{ m}$ ). Die genannten Abmessungen gelten nur für zentrisch belastete Fundamente.

Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes  $\sigma_{R,d} = 420 \text{ kN/m}^2$  sollte vorbehaltlich einer Setzungsanalyse nicht überschritten werden. Zudem ist eine möglichst gleiche Auslastung insbesondere benachbarter Fundamente anzustreben.

Außenfundamente und/oder Frostschrägen sind bis in eine frostsichere Tiefe von mindestens 0,8 m unter OK Gelände zu führen. Unterschiedlich tief einbindende Fundamente sind unter  $H:L \leq 1:2$  gegeneinander abzutreffen.



### 6.2.3 Elastisch gebettete Sohlplatte

Bei der Bemessung einer Stahlbetonsohle als elastisch gebettete Sohlplatte (Bettungsmodulverfahren) ist alternativ zur konventionellen Fundamentgründung in Anbetracht der zu erwartenden Setzungsbeträge ein Bettungsmodul von zunächst  $k_s = 8 \text{ MN/m}^3$  im Mittelbereich der Platte in Ansatz zu bringen. Zu Randflächen ist der Bettungsmodul bis auf einen Ansatzwert von etwa  $k_s = 16 \text{ MN/m}^3$  zu steigern. Nach DÖRKEN / DEHNE wird empfohlen, einen konstanten Wert im mittleren Bereich und einen zum Rand hin ansteigenden doppelten Wert gemäß nachfolgender Abbildung anzusetzen:

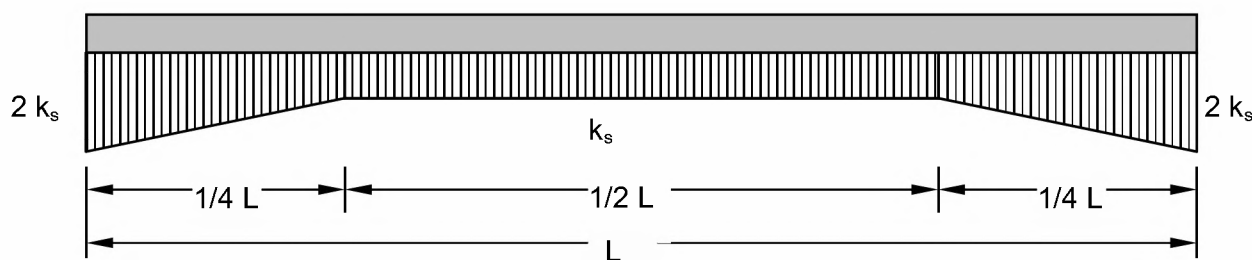


Abb. 1 Verteilung des Bettungsmoduls bei der Plattenbemessung nach DÖRKEN / DEHNE

Mit einer Setzungsanalyse kann der Bettungsmodulansatz detaillierter angegeben und auf dieser Grundlage die Bemessung ggf. optimiert werden.

## 6.3 Variante II: Tiefgründung mit Pfählen

### 6.3.1 Allgemeines

Aufgrund der setzungsempfindlichen Weichböden wird eine setzungsarme Tiefgründung empfohlen.

Die Bauwerkslasten sind dabei über eine biegesteife, von Pfahl zu Pfahl frei tragende Stahlbetonkonstruktion in die Tiefgründung einzuleiten. Die Pfähle sind mindestens 2,5 m in den tragfähigen Baugrund zu führen.

Die Pfähle sind so anzuordnen, dass sie im Bereich der Einbindung in den tragfähigen Baugrund einen Mindestabstand von  $a = 3 \times \text{Durchmesser}$  (von Achse zu Achse). Erforderlichenfalls sind die Pfähle zu neigen.

Mit den nachfolgend genannten Systemen dürften Neigungen von mindestens 6:1 möglich sein.

Unterschiedliche Pfahlabsetztiefen sind unter einer Neigung von  $\leq 1:2$  zueinander abzutreppen.

### 6.3.2 Pfahlsysteme

Mit Blick auf die gegenüberliegende Bebauung sollten nur lärm- und erschütterungsarm arbeitende Bohrverfahren zur Anwendung kommen. Als denkbare Pfahltypen sind Vollverdrängungsbohrpfähle zu empfehlen. Der klassisch verrohrt hergestellte Bohrpfahl nach DIN EN 1536 ist bei den vorliegenden Lasten- und Baugrundverhältnissen zu unwirtschaftlich und wird daher bei den weiteren Betrachtungen nicht berücksichtigt.





### 6.3.3 Hinweise zum Nachweis der äußeren Tragfähigkeit

Gem. DIN EN 12699 hergestellte Vollverdrängungsbohrpfähle („Schraubpfähle“; z. B. Typ Atlas oder Fundex) haben aufgrund der nahezu vollständigen Verdrängung des umgebenden Bodens gesteigerte Tragfähigkeiten gegenüber konventionellen Bohrpfählen nach DIN EN 1536 ohne Verdrängungseffekt.

Für Vorbemessungen der Verdrängungsbohrpfähle kann von folgenden charakteristischen Werten für Pfahlspitzenwiderstand und Pfahlmantelreibung bei axialer Druckbelastung im Grenzzustand des Versagens (Bruchwerte) ausgegangen werden:

Tab. 5 Charakteristischer Spitzenwiderstand und Mantelreibung, Bruchwerte; STR und GEO-2

	VVB (Typ Fundex)	VVB (Typ Atlas)
Pfahlspitzenwiderstand	$q_{b,k} = 4,8 \cdot \text{MN/m}^2$	$q_{b,k} = 3,5 \cdot \text{MN/m}^2$
Pfahlmantelreibung	$q_{s,k} = 0,06 \cdot \text{MN/m}^2$	$q_{s,k} = 0,11 \cdot \text{MN/m}^2$

\*ab Beginn des tragfähigen Baugrundes mit durchschnittlichem äquivalenten  $q_c \geq 10 \text{ MN/m}^2$

Die aufgeführten charakteristischen Werte beruhen auf Erfahrungen. Aus diesen Werten für Pfahlspitzenwiderstand und Pfahlmantelreibung wird der charakteristische Pfahlwiderstand  $R_{1,k}$  berechnet. Zur Bemessung ist der charakteristische Pfahlwiderstand  $R_{1,k}$  mit dem Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_R$  in den Bemessungswert des Pfahlwiderstandes  $R_{1,d}$  umzurechnen. Nach DIN 1054 muss für die Bemessungssituation BS-P für Pfahlwiderstände aufgrund von Erfahrungswerten ein Teilsicherheitsbeiwert von  $\gamma_R = 1,4$  angesetzt werden.

Sofern Pfahlprobelbelastungen durchgeführt werden, kann der Teilsicherheitsbeiwert für Druckpfähle nach DIN 1054 auf  $\gamma_R = 1,1$  abgemindert werden.

Bei einer exemplarischen Einbindelänge von rd.  $l_e = 3,0 \text{ m}$  in die tragfähigen Sande (= tragfähiger Baugrund) würden sich für gebräuchliche Durchmesser der o. g. Pfahlsysteme etwa folgende Bemessungswerte des axialen Pfahlwiderstandes ergeben:

Fundex-Pfahl-Ø:	$d_{\text{Schaft}}/d_{\text{Spitze}} = 38 \text{ cm}/45 \text{ cm}$	$R_{1,d} = 699 \text{ kN}$
Atlas-Pfahl-Ø:	$d_s/d_b = 41 \text{ cm}/51 \text{ cm}$	$R_{1,d} = 888 \text{ kN}$

Steigerungen der genannten Pfahlwiderstände können, sofern die Lagerungsdichte der tragfähigen Sande dies zulässt, durch größere Einbindetiefen erzielt werden. Allerdings stoßen insbesondere Vollverdrängungssysteme bei Einbindungen von über 4 m ggf. an gerätetechnische Grenzen.

Die Herstellkriterien, d. h. die erforderlichen Einbindelängen in Verbindung mit den erforderlichen, am Bohrgerät ablesbaren Bohrdrücken, sollten für die o. g. Pfahltypen anhand von vergleichbaren Probelbelastungen belegt werden und sind vorab mit dem zuständigen Prüfer





und/oder uns abzustimmen. Alternativ können Probelastungen auf dem Gelände durchgeführt werden.

Das Setzungsverhalten der Pfähle ist vergleichsweise günstig. Die Verformungen sind in Größenordnungen um  $s = 0,8 \text{ cm}$  bis  $1,5 \text{ cm}$ , i. M.  $s = 1,0 \text{ cm}$ , zu erwarten. Die Federsteifigkeit berechnet sich zu  $C = 1 \text{ MN} / 0,01 \text{ m} = 100 \text{ MN/m}$ .

#### 6.3.4 Negative Mantelreibung

Aufgrund des Eigengewichtes der zu erwartenden Geländeanschüttung ist mit Setzungsbewegungen des die Pfähle umgebenden Bodens von  $s > 1 \text{ cm}$  zu rechnen, so dass an diesen negative Mantelreibung  $\tau_{n,k}$  wirksam wird.

Die charakteristischen Einwirkungen auf die Pfähle können nach den Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle (EA-Pfähle) für das Rechenverfahren mit effektiven Spannungen  $\sigma'_v$  nach der Formel  $\tau_{n,k} = \beta \times \sigma'_v$  errechnet werden:

Für die organischen Weichböden kann  $\beta = 0,3$  in Ansatz gebracht werden.

Für der Berechnung der Bemessungswerte kann die negative Mantelreibung mit einer Teilsicherheit von  $\gamma_{G,E0} = 1,2$  (ständige Einwirkungen aus Erdruchdruck, BS-P) belegt werden.

Seitendruck infolge von horizontalen Bodenverschiebungen ist bei der geplanten Geländegeometrie nicht zu erwarten.

#### 6.3.5 Horizontallastabtrag

Horizontallasten können durch geneigte Pfähle und durch Erdwiderstand bzw. seitliche Bettung der Pfähle aufgenommen werden. Horizontallasten können zudem ggf. auch über den Erdwiderstand (anteilig bzw. mit entsprechenden Sicherheiten) vor den Fundamenten aufgenommen werden. Grundsätzlich ist dann nachzuweisen, dass die horizontalen Verformungen zur Aktivierung der Bettungsreaktionen bzw. des Erdwiderstandes für das Bauwerk verträglich sind.

Bei einer Aufnahme der Horizontallasten durch eine elastische horizontale Bettung der Pfähle können die Bettungsmoduln der beteiligten Bodenschichten bei Pfahldurchmessern  $0,3 \text{ m} \leq D_s \leq 1,0 \text{ m}$  nach der Gleichung  $k_{s,k} = E_{s,k} / D_s$  angesetzt werden. Dabei ist  $k_{s,k}$  der charakteristische Wert des Bettungsmoduls,  $E_{s,k}$  ist der charakteristische Wert des Steifemoduls der entsprechenden Bodenschicht und  $D_s$  ist der Pfahlschaftdurchmesser.

#### 6.3.6 Zugpfähle

Für die Bemessung von Zugpfählen kann im Tragfähigkeitsnachweis mit den in Tabelle 5 genannten charakteristischen Mantelreibungswerten  $q_{s,k}$  gerechnet werden. Für die Ermittlung des Bemessungswiderstandes anhand von Erfahrungswerten ist dabei nach DIN 1054 ein Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{s,t} = 1,5$  zu wählen. Bei Zugbeanspruchungen sind für den abschließenden Tragfähigkeitsnachweis üblicherweise Probelastungen zu fordern. Als Teilsicherheitsbeiwert ist bei der Ermittlung des Bemessungswertes des Pfahlzugwiderstandes nach DIN 1054 dann ein Teilsicherheitsbeiwert von  $\gamma_{s,t} = 1,15$  anzusetzen.

#### 6.3.7 Konstruktive Hinweise zur Pfahlherstellung

Vor Beginn der Bohrarbeiten muss eine standfeste Arbeitsebene hergerichtet werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass zur Vermeidung von Grundbrüchen ein ausreichendes Sandpolster über



den Weichböden vorhanden ist. Die Dicke der Sandüberdeckung sollte in Abhängigkeit vom Gerätetyp bzw. nach eigener Einschätzung durch die Bohrfirma festgelegt werden.

Mit Blick auf den z.T. gespannt unter den bindigen Böden anstehenden Wasserstand wird darauf hingewiesen, dass generell hydraulische Bodeneinspülungen ins Bohrrohr und somit etwaige Auflockerungen im Pfahleinbindebereich verhindert werden müssen.

Allgemein besteht in Bodenschichten mit sehr geringen Konsistenzen die Gefahr, dass der frisch betonierte Soll-Pfahlquerschnitt unkontrolliert negativ beeinflusst wird. Böden mit Werten der undränierten Scherfestigkeit von  $c_u \leq 15 \text{ kN/m}^2$  werden vor diesem Hintergrund nach DIN EN 1536 als instabil bezeichnet und Sondermaßnahmen – z.B. stützende Hülzen - empfohlen. Vorliegend kann durchgängig noch von Werten  $c_u \geq 15 \text{ kN/m}^2$  der Böden ausgegangen werden, so dass Sondermaßnahmen nicht erforderlich sind. Bei den Ortbetonpfählen ist dennoch durch stets ausreichenden Betonüberdruck und entsprechende Betonplastizität dafür Sorge zu tragen, dass im Bereich der organischen Weichböden weder unverträgliche Einschnürungen noch Aufweitungen auftreten. Bei der Betonierung der Pfähle müssen die Betonverbräuche und Ziehgeschwindigkeiten genau kontrolliert werden. Zur Prüfung der Pfahlquerschnitte empfehlen wir, nachdem der Beton abgebunden hat, Integritätsprüfungen an mindestens 10% der Bauwerkspfähle durchführen zu lassen.

Aufgrund der größeren Setzungen der angrenzenden Außenflächen zum setzungsarm gegründeten Bauwerk ist damit zu rechnen, dass beispielsweise im Eingangsbereich mittelfristig Ausbesserungsarbeiten an der Oberflächenbefestigung erforderlich werden, um Absatzbildungen anzugleichen.

Zudem sind die Übergänge von Ver- und Entsorgungsleitungen des Gebäudes entsprechend flexibel auszubilden.

#### **6.4 Dauerhafte Trockenhaltung**

Die an das geplante Bauwerk angrenzenden Außenflächen sollten ausgehend von den Gebäuden mit Gefälle profiliert werden, um Stauwasserbildungen in den Baugrubenseitenräumen der Außenfundamente zu minimieren. Die Baugrubenseitenräume sind generell mit gut durchlässigen Sanden („grobkörniges Material“ nach DIN 18196, Schluffanteil  $\leq 5 \%$ ) zu verfüllen. Es ist dabei auf einen hydraulisch sauberen Anschluss an die anstehenden Sande zu achten.

Unter der Voraussetzung, dass das Gelände um rd. 1,0 m angehoben wird (mit gut durchlässigem grobkörnigem Boden nach DIN 18196), in Anbetracht der zu erwartenden Höhenlagen der Sohlen sowie einer für die Verkehrsflächen empfohlenen Planumsentwässerung mit gesicherter Vorflut wären Abdichtungen zum Schutz der Bodenplatte und erdberührter Bauteile vor Bodenfeuchte und nicht drückendem Wasser gem. DIN 18533-1, Wassereinwirkungsklasse W1-E, ausreichend.

Für die Außenwandsockel wird vorsorglich eine Abdichtung nach DIN 18533-1 gegen mäßige Einwirkung von drückendem Wasser, Wassereinwirkungsklasse W2.1-E, empfohlen.



## **6.5 Hinweise zur Bauausführung**

### **6.5.1 Kampfmittel**

Nach der Kampfmittelverordnung der Stadt Hamburg muss vor Eingriffen in den Baugrund eine Auskunft bei der zuständigen Behörde dahingehend eingeholt werden, ob für den Bereich, in den eingegriffen wird, ein konkreter Verdacht auf Kampfmittel besteht. Nach der Kampfmittelverordnung muss sichergestellt werden, dass geeignete Maßnahmen zur Verhinderung von Gefahren und Schäden durch Kampfmittel ergriffen werden. Die Verantwortung hierüber liegt zunächst beim Grundstückseigentümer.

Die Aufschlussarbeiten wurden von einem Befähigungsscheininhaber nach § 20 SprengG begleitet, der punktuell die notwendigen Verfahren für die Arbeitsraumfreigabe festgelegt hat.

Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass Zufallsfunde insbesondere von Munition nie gänzlich ausgeschlossen werden können. Diese dürfen nicht bewegt oder aufgenommen werden. Die Fundstelle wäre abzusichern und die nächstliegende Polizeidienststelle zu informieren

### **6.5.2 Gasdränage**

Infolge von Zersetzungsprozessen in den hier angetroffenen organischen Weichböden können auf natürliche Weise organogene Bodengase, und zwar hauptsächlich Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), entstehen. Die Bodengase können bis in die oberflächennahen Bodenschichten aufsteigen und sich insbesondere unter versiegelten / bebauten Flächen anreichern und ggf. in bauliche Anlagen eindringen. Problematisch kann in erster Linie Methan werden, das zusammen mit dem Luftsauerstoff ein explosives Gemisch bilden kann. Die untere Explosionsgrenze (UEG) liegt bei 4,4 Vol.-%, die obere (OEG) bei 16,5 Vol.-%.

Vor diesem Hintergrund werden mittlerweile durch die BUE der FHH insbesondere in Regionen mit Weichbodenmächtigkeiten  $d \geq 2,0 \text{ m}$  im Rahmen von B-Planverfahren Bodenluftuntersuchungen durchgeführt und bei entsprechenden Auffälligkeiten für Neubauvorhaben sog. Gassicherungsmaßnahmen ("Passive Gasdränage") gefordert. Eine passive Gasdränage besteht meist aus konstruktiven Elementen im Bereich der Sohle und Fundamente, mit denen sichergestellt wird, dass Methan nicht örtlich akkumuliert oder ins Bauwerk eindringt, sondern barrierefrei und kontrolliert in den Seitenräumen des Bauwerks nach oben entweichen kann. Die Kosten für derartige Gassicherungsmaßnahmen sind bewusst in Kauf zu nehmen. Für eine Planung der Gasdränage und/oder Bodenluftuntersuchungen stehen wir zur Verfügung.

Bei der Variante I mit Vollbodenaustausch können die Maßnahmen entfallen.

### **6.5.3 Sicherung von Baugruben**

Aushubbereiche, die nicht tiefer als maximal 1,25 m unter Oberkante Gelände reichen, können vor dem Hintergrund der Hinweise der DIN 4124 noch ohne Verbauelemente und mit senkrechten Böschungen standsicher hergestellt werden.

Tiefer reichende Gruben und Gräben sind unter Berücksichtigung der Maßgaben der DIN 4124 mit 45° geneigten Böschungen zu sichern. Zur Vermeidung von oberflächigen Erosionen durch Niederschlagswasser sind die Böschungen bei Bedarf mit Baufolie abzudecken.



In Anbetracht der Verhältnisse vor Ort dürfte für die Herstellung von Böschungen ausreichend Platz vorhanden sein, so dass davon ausgegangen werden kann, dass Wandverbauten (Trägerbohlwand o. ä.) nicht erforderlich sind.

#### **6.5.4 Bauzeitliche Wasserhaltung**

Zur bauzeitlichen Trockenhaltung der Aushub- und Arbeitsebenen ist vorrangig in Abhängigkeit vom Niederschlagsgeschehen wegen der zu erwartenden Stauwasserbildungen eine offene Wasserhaltung z. B. mit Ring- und Stichgräben, die in Pumpensümpfe münden, zu betreiben.

Der Umfang der Wasserhaltungsmaßnahmen ist entsprechend den tatsächlichen Erfordernissen festzulegen.

Die temporäre Ableitung von Baugrubenwasser in die öffentlichen Vorfluter (Regenwasser-, Mischwasser-, Abwasserleitung oder offenes Gewässer) ist genehmigungspflichtig. Sie ist daher rechtzeitig vor Baubeginn bei der zuständigen Behördenstelle zu beantragen. Für eine Genehmigung sind üblicherweise im Vorwege eine repräsentative Wasserbeprobung und chemische Analysen durchzuführen.

### **7. Gründungsempfehlung für die Verkehrsflächen**

#### **7.1 Gründungskonzept**

Durch den Auftraggeber wurde keine Belastungsklasse mitgeteilt. Unter Einbeziehung der RStO 12 (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen) wird für den Ausbau der Verkehrsflächen die Belastungsklasse Bk1,8 (Gewerbestraße, Abstellflächen mit nicht ständigem Schwerverkehr) angesetzt. Die Gradientenlage wird nach Aussage des Auftraggebers rd. 1,0 m über OK Bestands Gelände verlaufen, da das gesamte Gelände um rd. 1,0 m aufgefüllt wird.

Unter der Berücksichtigung der Belastungsklasse und der vorhandenen Baugrundverhältnisse im voraussichtlichen Planumbereich (Sande → Frostempfindlichkeitsklasse F1; Tragfähigkeit  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ ) kann nach Abschnitt 3.1.2 unmittelbar darüber die Tragschicht angeordnet werden.

Die im Untergrund verbleibenden organischen Weichschichten (Klei, Torf, Torf-Mudde) sind stark setzungsempfindlich. Um langfristig eine verformungsarme Straße zu gewährleisten, müssten tiefgründende Tragsysteme, die in die zur Tiefe anstehenden Sande einbinden, hergestellt werden oder alternativ ein großflächiger Bodenaustausch der organischen Weichschichten durchgeführt werden. Diese Maßnahmen sind wirtschaftlich kaum umsetzbar.

Es sollte deshalb eine durch die Geländeauffüllung eintretende Teilkonsolidierung der organischen Weichschichten genutzt werden. Aus diesem Grund sollte die Befestigung der Verkehrsflächen erst möglichst spät nach Aufbringung der Geländeauffüllung erfolgen, um möglichst hohe Setzungsbeträge vorwegzunehmen.

#### **7.2 Ausbauempfehlung**

Unter Inkaufnahme von Setzungen (Verformungen) wird für den Ausbau der Verkehrsflächen eine Bauweise mit geokunststoffverstärkten Frostschutzschichten mit weitgestufter Kornabstu-



fung empfohlen. Der Aufbau sollte in Anlehnung an die RStO 12, Tafel 1, Zeile 5 beispielsweise mit einer verstärkten Schottertrag- und Frostschuttschicht wie folgt gewählt werden.

Tab. 6 Verkehrsflächenoberbau in Asphaltbauweise

Belastungsklasse Bk1,8	
4,0 cm	Asphaltdeck- und Binderschicht nach TL Asphalt-StB
12,0 cm	Asphalttragschicht nach TL Asphalt-StB
30,0 cm	Schottertragschicht 0/45 nach TL SoB-StB
	Geogitterlage
25,0 cm	Frostschuttschicht 0/32, mind. 40 M.-% Kornanteil > 2 mm nach TL SoB-StB
	Geogitterlage
<b>71,0 cm</b>	<b>Gesamtstärke Oberbau</b>

### 7.3 Hinweise zur Bauausführung

Der angetroffene Mutterboden ist abzutragen und nach den Vorgaben der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung wiederverwertet. Nach Aufbau der erforderlichen Geländeauffüllung ist die geokunststoffbewehrte Frostschuttschicht in einer Schichtdicke von 0,25 m einzubauen. Diese Schicht hat eine Verdichtung von  $D_{Pr} \geq 100 \%$  aufzuweisen, eine Anforderung an den Verformungsmodul  $E_{V2}$  wird nicht gestellt.

Das Frostschuttschichtmaterial sollte nach den Vorgaben der TL SoB-StB gewählt werden.

Auf der geobewehrten Frostschuttschicht ist eine nach TL G SoB-StB güteüberwachte Schottertragschicht der Körnung 0/45 anzuordnen. Die Qualitätsanforderungen an die Schottertragschicht gemäß ZTV SoB-StB liegen im Endausbau bei einem Verformungsmodul von  $E_{V2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$  und einem Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 103 \%$ . Die Verdichtungsenergie ist auf den sensiblen Untergrund abzustimmen.

Aufgrund der angetroffenen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse ist eine Planumsentwässerung in Form von Dränagen gemäß RAS-Ew mit einzuplanen.

## 8. Gründungsempfehlung für den Rohrleitungsbau

### 8.1 Gründungskonzept

Grundlagen für die Gründungsempfehlungen ist die DIN EN 1610 (1997). Baugruben sind generell unter Beachtung von DIN 4124 herzustellen.

Grundsätzlich kann der Leitungsbau als Flachgründung in offener Bauweise ausgeführt werden. Leitungsverformungen in nennenswerter Größenordnung sind bei den vorliegenden Baugrundverhältnissen unter Voraussetzung eines ausgeführten Vollbodenaustausches bzw. Teilbodenaustausches nicht zu erwarten.



Die Gründungsebenen für die Rohrleitungen sind uns nicht bekannt, vermutlich verlaufen die neuen Rohrleitungen aber zumindest in Teilbereichen in den angetroffenen organischen Weichschichten (Klei, Torf, Torf-Mudde). Im Bereich von setzungsempfindlichen Rohrleitungen sind die Kleiböden und Torf- bzw. Torfmuddeschichten unterhalb der Sohle komplett gegen grobkörnigen Boden auszutauschen. Als Austauschmaterial ist grobkörniger Boden nach DIN 18196 (Bodengruppe SE) zu verwenden.

Bei der Systemwahl für die Rohrleitungen sind die unterschiedlichen Setzungsverläufe in voll- ausgetauschten, teilausgetauschten oder auch nicht ausgetauschten Bereichen zu berücksichtigen.

## 8.2 Offene Bauweise – Verbau und Wasserhaltung

Die Verlegung der Leitungen kann in offener Bauweise erfolgen. Die Rohrgräben können, wenn die Platzverhältnisse es zulassen, in geböschter Weise hergestellt werden. Bei beengten Verhältnissen kann je nach Tiefenlage ein Norm-, Kasten- oder ein Trägerbohlwandverbau gemäß DIN 4124 ausgeführt werden. Dabei sind die Regelausführungen der DIN 4124 und/oder die statischen Ansätze nach EAB anzuwenden. Der Verbau ist immer kraftschlüssig gegenüber den anstehenden Böden herzustellen.

Je nach Tiefenlage der Rohrleitungen genügen zur bauzeitlichen Trockenhaltung der Aushub- und Arbeitsebenen ggf. offene Wasserhaltungsmaßnahmen. Binden die Rohrleitungen in die wasserführenden Sande ein, so sind geschlossene Wasserhaltungsmaßnahmen in Form von Vakuumanlagen mit Spülfilter und / oder eingefräste Horizontaldränagen notwendig. Die tatsächlichen Wasserhaltungsmaßnahmen sind mit der Fortschreibung der weiteren Planung noch abzustimmen.

## 8.3 Erdbau – Aushub und Verfüllung

Für die Herstellung der Rohrbettung und die Verfüllung der Leitungszone gemäß DIN EN 1610 ist bis mindestens 30 cm über Rohrscheitel steinfreier, grobkörniger Boden nach DIN 18196 (Bodengruppe SE) zu verwenden. Der erforderliche Verdichtungsgrad beträgt  $D_{Pr} \geq 97 \%$ .

Die darüber liegende Grabenverfüllung hat mit grobkörnigem Boden der Bodengruppe SE nach DIN 18196 zu erfolgen.

Die je nach Tiefenlage der Rohrleitungen ggf. in großen Tiefen anfallenden Abtragssande sind für den Wiedereinbau in den Leitungsgräben voraussichtlich geeignet. Bei der Verfüllung der Leitungsgräben sind die Verdichtungsanforderungen nach ZTV E-StB 17 je nach Bodenart und Höhenlage zu beachten. Bindiger Boden ist nicht für die Grabenverfüllung geeignet.

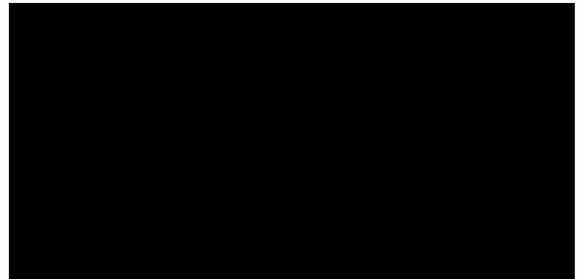
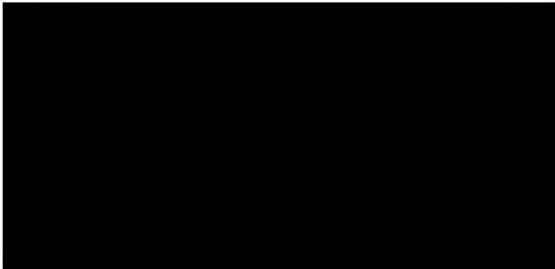
## 9. Versickerung

Die erkundeten organischen Weichschichten weisen Durchlässigkeitswerte von schätzungsweise  $k_f = 1 \times 10^{-7}$  bis  $1 \times 10^{-9}$  m/s auf. Weiterhin ist der Bemessungswasserstand mit der Oberkante des Ursprungsgeländes gleich zu setzen. Eine etwaige Versickerung von Niederschlagswasser ist in diesen Böden baupraktisch und mit Blick auf den Grundwasserschutz nicht möglich, da auch gem. DWA-Arbeitsblatt A 138 „...bereits bei Werten  $k_f \leq 1 \times 10^{-6}$  m/s die Versickerungsan-

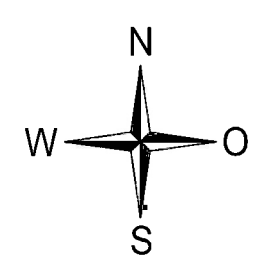




*lagen lange einstauen und anaerobe Prozesse in der ungesättigten Zone auftreten, die das Rückhalte- und Umwandlungsvermögen ungünstig beeinflussen...“.*








Legende:

- Sondierbohrung 2019
- Sondierbohrung 2015
- Lage der Schnitte

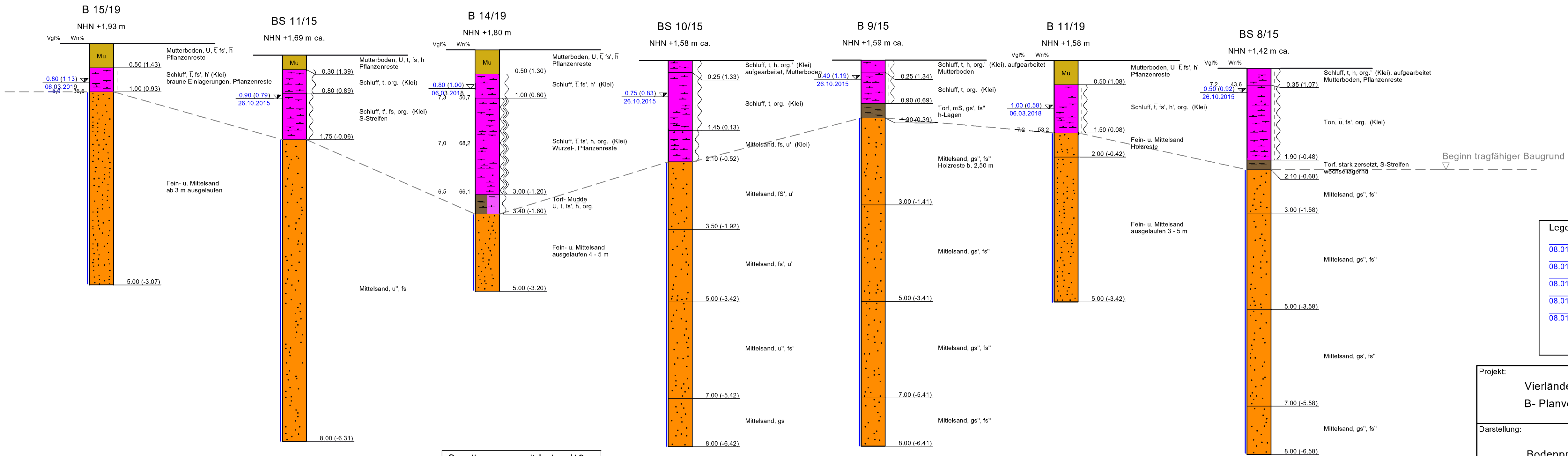
Projekt: Vierländer Meisterhöfe am Curslack B- Planverfahren Bergedorf 119 / Curslack			
Darstellung:  Lageplan mit Untersuchungspunkten	Bericht:	B 182419/1	
	Anlage:	1	
	Blatt:	1	
	Maßstab:	1 : 1000	
Planverfasser:  Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf	Datum	Name	
	gezeichnet:	09.05.2019	
	bearbeitet:	08.05.2019	
	geprüft:	13.05.2019	

Plangrundlage:  
Stand: 19.02.2019  
Wasser- und Verkehrs- Kontor  
Ingenieurwesen für das Bauwesen  
Beratende Ingenieure Behrend & Krüger



Sondierungen:  
M. d. H. : 1 : 50

Schnitt A - A'



**Legende Konsistenzen**

	steif
	weich - steif
	weich
	breiig - weich

Legende			
Hauptbodenart	Nebenbodenart	Kurzzeichen	
Stein	steinig	X	x
Kies	kiesig	G	g
Sand	sandig	S	s
Schluff	schluffig	U	u
Ton	tonig	T	t
Torf/Humus	torfig/humos	H	h
Mudde	organisch	F	o
Bezeichnung		Kurzzeichen	
schwach	stark	'	—
Geschiebelehm		(Lg)	
Geschiebemergel		(Mg)	
Beckenschluff		(Bu)	
Beckenschluffemergel		(Bum)	
Beckenton		(Bt)	
Beckentonemergel		(Btm)	

**Legende Grundwasser**

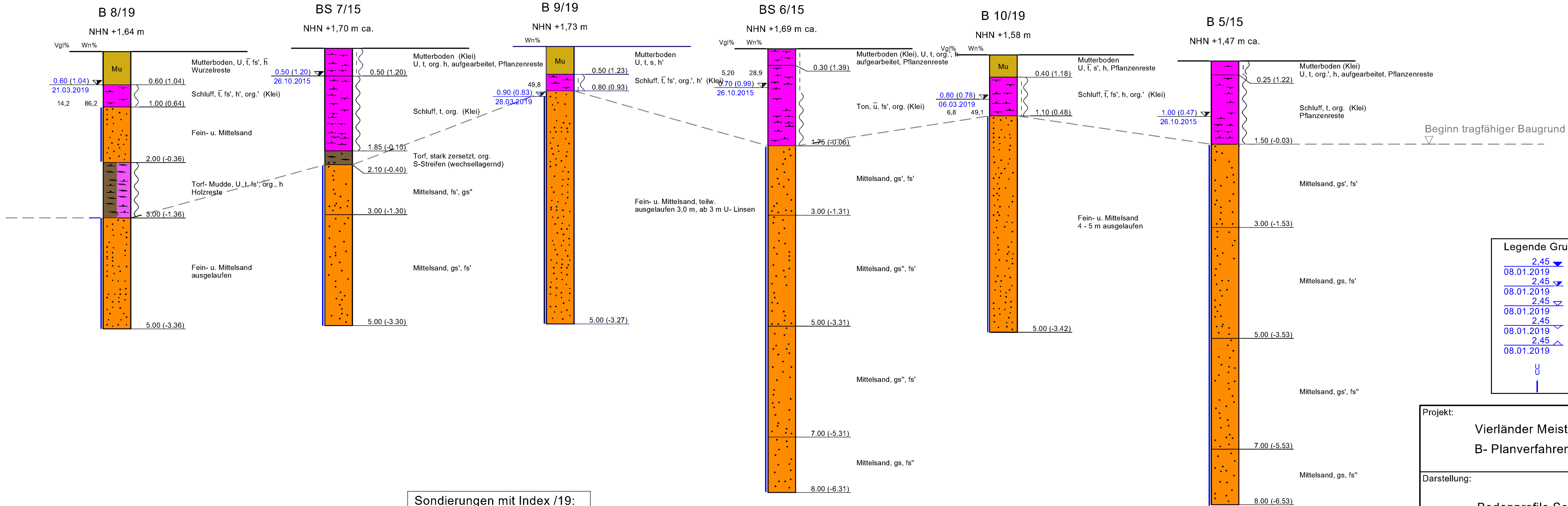
	2,45	GW Ruhe
	2,45	GW Bohrende
	2,45	GW angebohrt
	2,45	GW versickert
	2,45	GW angestiegen
		Stauwasser
		wasserführend

Projekt: Vierländer Meisterhöfe am Curslackter Heerweg, B- Planverfahren Bergedorf 119 / Curslack				
Darstellung:  Bodenprofile Schnitt A - A'		Projekt-Nr.:	B 182419/1	
		Anlage:	2	
		Blatt:	1	
Planverfasser: 		Datum	Name	
		gezeichnet:	09.09.2019	
		bearbeitet:	11.09.2019	
		geprüft:	12.09.2019	

Sondierungen mit Index /19:  
ausgeführt durch L+W

Sondierungen mit Index /15:  
ausgeführt durch Firma Thiel;  
Höhen sind ca.-Angaben  
(ohne Gewähr)

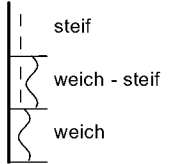
Schnitt B - B'



Sondierungen mit Index /19:  
ausgeführt durch L+W

Sondierungen mit Index /15:  
ausgeführt durch Firma Thiel;  
Höhen sind ca.-Angaben  
(ohne Gewähr)

Legende Konsistenzen



Legende

Hauptbodenart	Nebenbodenart	Kurzzeichen	
Stein	steinig	X	x
Kies	kiesig	G	g
Sand	sandig	S	s
Schluff	schluffig	U	u
Ton	tonig	T	t
Torf/Humus	torfig/humos	H	h
Mudde	organisch	F	o
Bezeichnung		Kurzzeichen	
schwach	stark	'	—
Geschiebelehm		(Lg)	
Geschiebemergel		(Mg)	
Beckenschluff		(Bu)	
Beckenschluffemergel		(Bum)	
Beckenton		(Bt)	
Beckentonmergel		(Btm)	

Legende Grundwasser

2.45	GW Ruhe
08.01.2019	
2.45	GW Bohrende
08.01.2019	
2.45	GW angebohrt
08.01.2019	
2.45	GW versickert
08.01.2019	
2.45	GW angestiegen
08.01.2019	
U	Stauwasser
I	wasserführend

Projekt:

Vierländer Meisterhöfe am Curslackter Heerweg,  
B- Planverfahren Bergedorf 119 / Curslack

Darstellung:

Bodenprofile Schnitt B- B'

Projekt-Nr.:	B 182419/1
Anlage:	2
Blatt:	2

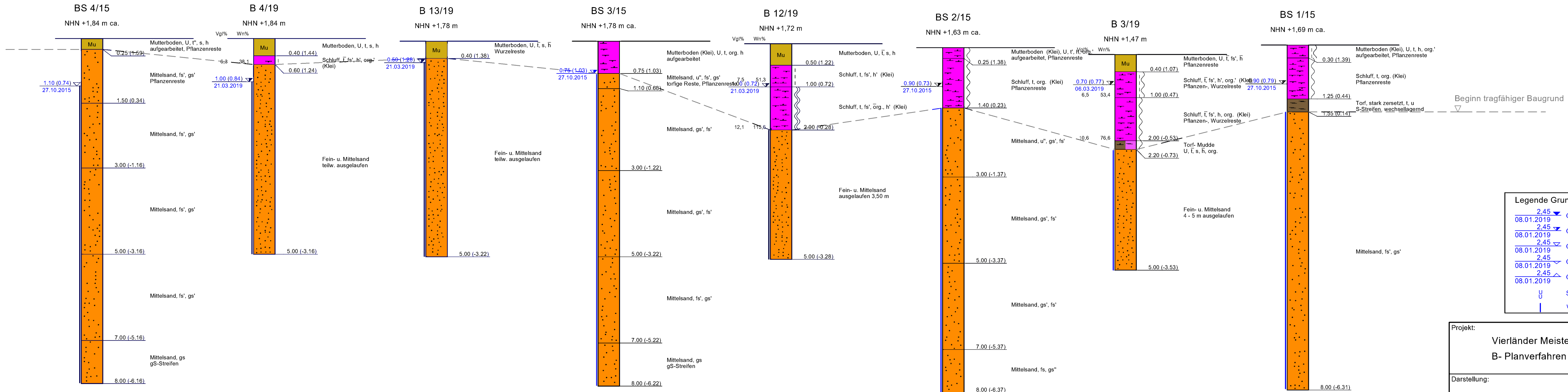
Planverfasser:



Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf

	Datum	Name
gezeichnet:	09.09.2019	
bearbeitet:	11.09.2019	
geprüft:	12.09.2019	

Schnitt C - C'



Sondierungen mit Index /19:  
ausgeführt durch L+W

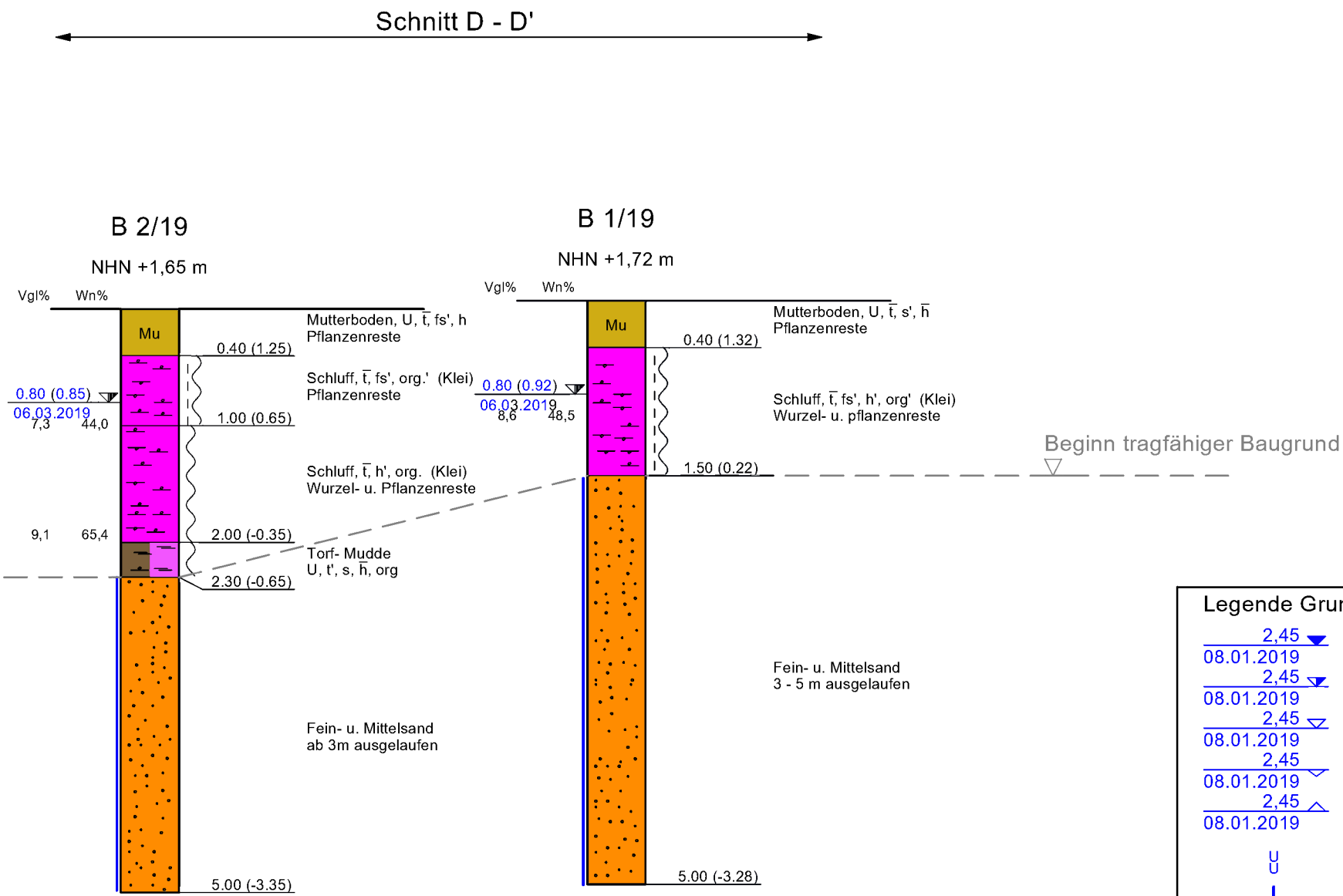
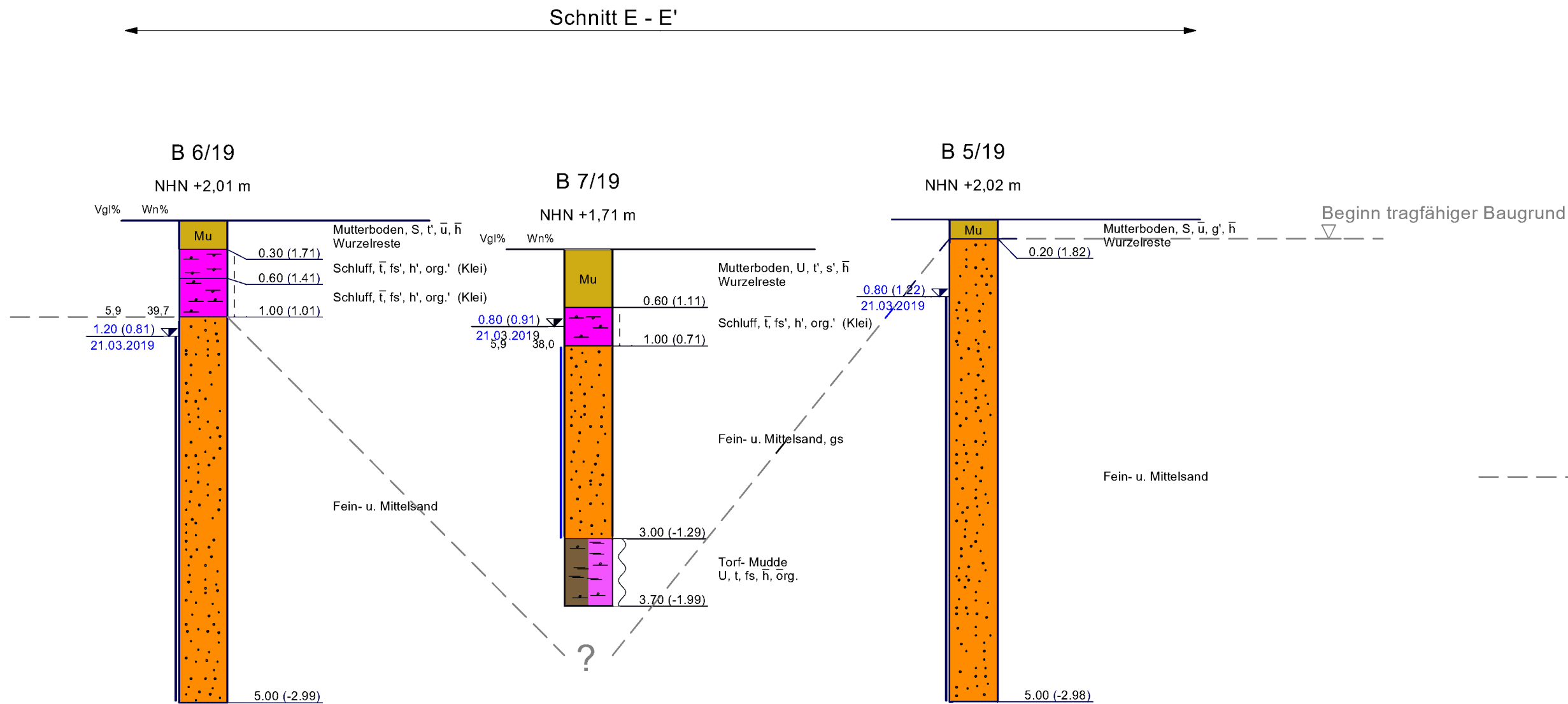
Sondierungen mit Index /15:  
ausgeführt durch Firma Thiel;  
Höhen sind ca.-Angaben  
(ohne Gewähr)

Legende Konsistenzen	
	steif
	weich - steif
	weich
	breiig

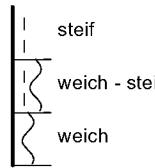
Legende			
Hauptbodenart	Nebenbodenart	Kurzzeichen	
Stein	steinig	X	x
Kies	kiesig	G	g
Sand	sandig	S	s
Schluff	schluffig	U	u
Ton	tonig	T	t
Torf/Humus	torfig/humos	H	h
Mudde	organisch	F	o
Bezeichnung		Kurzzeichen	
schwach	stark	'	—
Geschiebelehm		(Lg)	
Geschiebemergel		(Mg)	
Beckenschluff		(Bu)	
Beckenschluffemergel		(Bum)	
Beckenton		(Bt)	
Beckentonmergel		(Btm)	

Legende Grundwasser	
	2,45 GW Ruhe
	2,45 GW Bohrende
	2,45 GW angebohrt
	2,45 GW versickert
	2,45 GW angestiegen
	Stauwasser
	wasserführend

Projekt: Vierländer Meisterhöfe am Curslack Heerweg, B- Planverfahren Bergedorf 119 / Curslack			
Darstellung:  Bodenprofile Schnitt C - C'	Projekt-Nr.:	B 182419/1	
	Anlage:	2	
	Blatt:	3	
Planverfasser:		Datum	Name
	gezeichnet:	09.09.2019	
	bearbeitet:	11.09.2019	
	geprüft:	12.09.2019	



Legende Konsistenzen



Legende

Hauptbodenart	Nebenbodenart	Kurzzeichen	
Stein	steinig	X	x
Kies	kiesig	G	g
Sand	sandig	S	s
Schluff	schluffig	U	u
Ton	tonig	T	t
Torf/Humus	torfig/humos	H	h
Mudde	organisch	F	o

Legende Grundwasser

2,45	GW Ruhe
08.01.2019	
2,45	GW Bohrende
08.01.2019	
2,45	GW angebohrt
08.01.2019	
2,45	GW versickert
08.01.2019	
2,45	GW angestiegen
08.01.2019	
U	Stauwasser
I	wasserführend

Sondierungen mit Index /19:  
ausgeführt durch L+W

Sondierungen mit Index /15:  
ausgeführt durch Firma Thiel;  
Höhen sind ca.-Angaben  
(ohne Gewähr)

Projekt:

Vierländer Meisterhöfe am Curslackter Heerweg,  
B- Planverfahren Bergedorf 119 / Curslack

Darstellung:

Bodenprofile Schnitt D - D', Schnitt E - E'

Projekt-Nr.:	B 182419/1
Anlage:	2
Blatt:	4

Planverfasser:



Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf

	Datum	Name
gezeichnet:	09.09.2019	
bearbeitet:	11.09.2019	
geprüft:	12.09.2019	



Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf

Bearbeiter: Sta.

Datum: Mai 2019

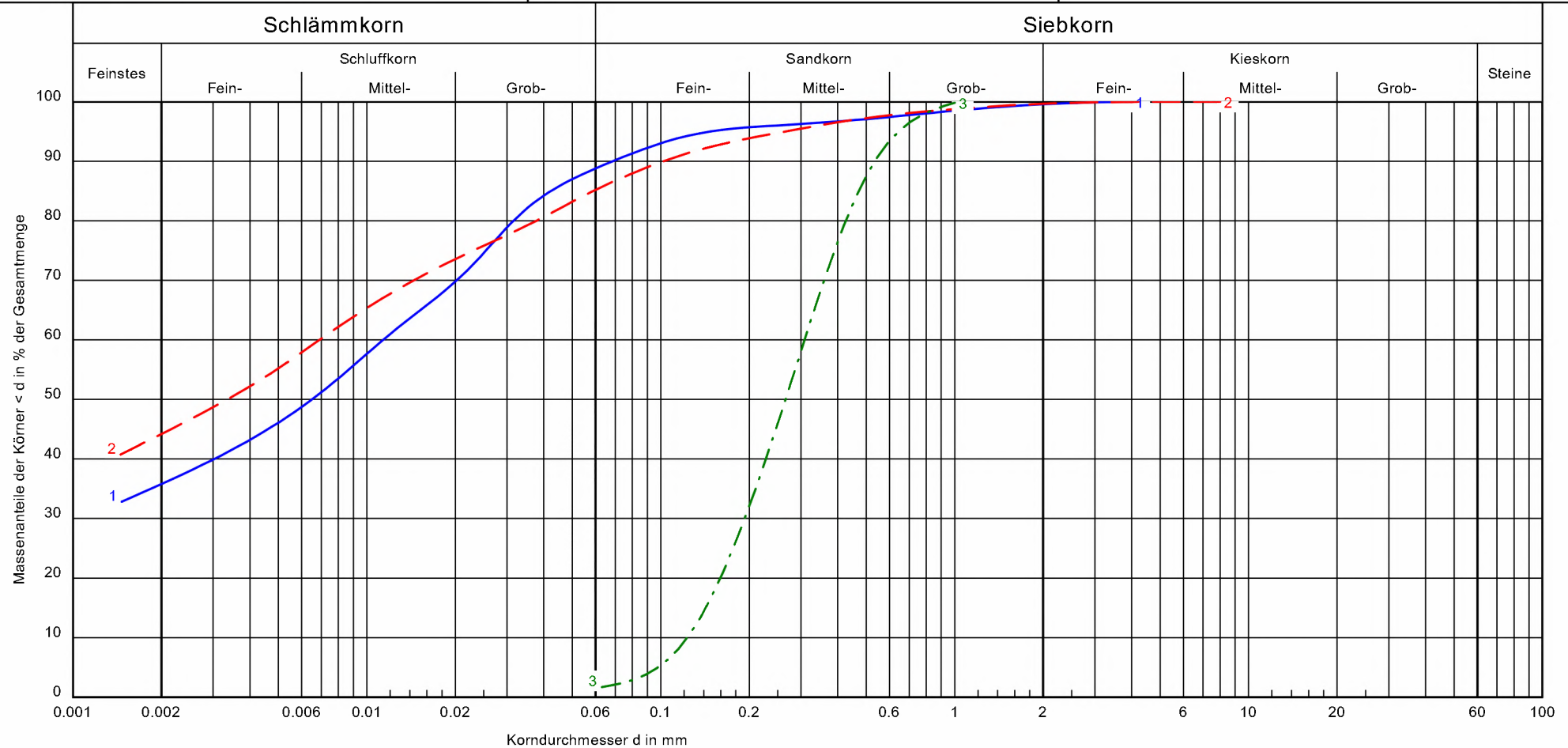
# Körnungslinien

Vierländer Meisterhöfe am Curslack Heerweg  
B- Planverfahren Bergedorf 119 /Curslack

Probe entnommen am: Okt. 2015/März 2019

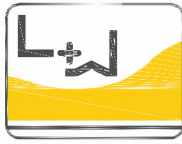
Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse



Körnungslinie Nr.	1	2	3	Bemerkungen:	Bericht: B 182419/1 Anlage: 2, Blatt 5
Bodenart:	Ton, stark schluffig, schw. feinsandig	Ton, stark schluffig, schw. feinsandig	Fein- u. Mittelsand, schw. grobsandig		
Bodengruppe:	TL - TM nach DIN 18196	TL - TM nach DIN 18196	SE nach DIN 18196		
Entnahmestelle:	an der Stelle von BS 6/15	an der Stelle von BS 8/15	MP 1 (Fein- u. Mittelsande)		
Entnahmetiefe:	0,5 m	0,5 m	0,2 - 5,0 m		
T/U/S/G:	35.8/53.4/10.3/0.4	44.2/41.5/14.0/0.4	- /1.7/98.3/ -		
Cu/Cc:	-/-	-/-	2.5/1.0		
Signatur:	— — — —	— — — —	- - - - -		





## Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit

nach DIN 18130

## Vierländer Meisterhöfe am Curslack

## Heerweg

## B- Planverfahren Bergedorf 119 / Curslack

Entnahmestelle: MP 1 (Fein- u. Mittelsande)

Entnahmetiefe: 0,2 - 5,0 m

Art der Entnahme: gestört

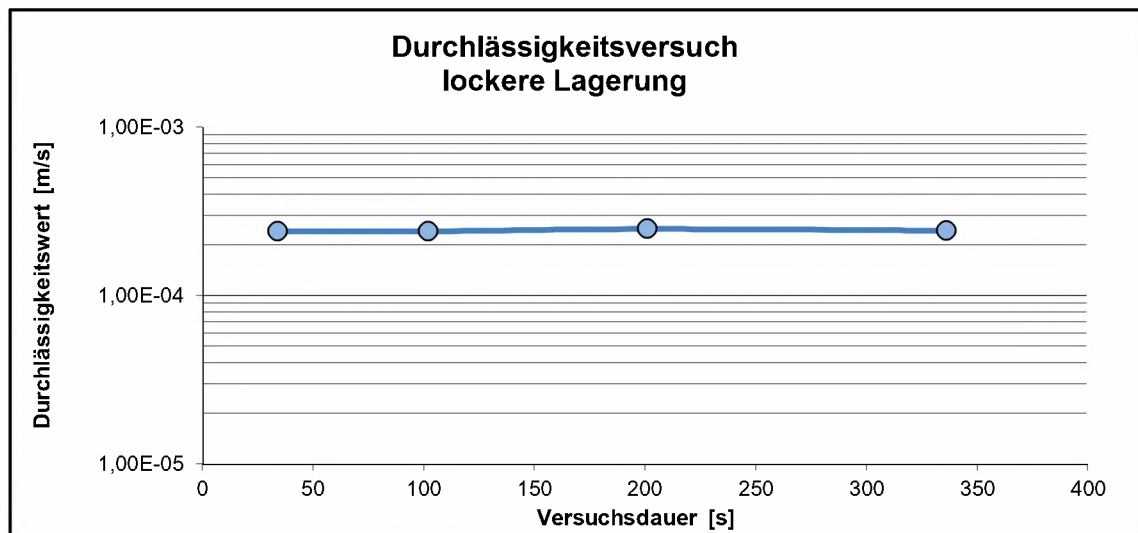
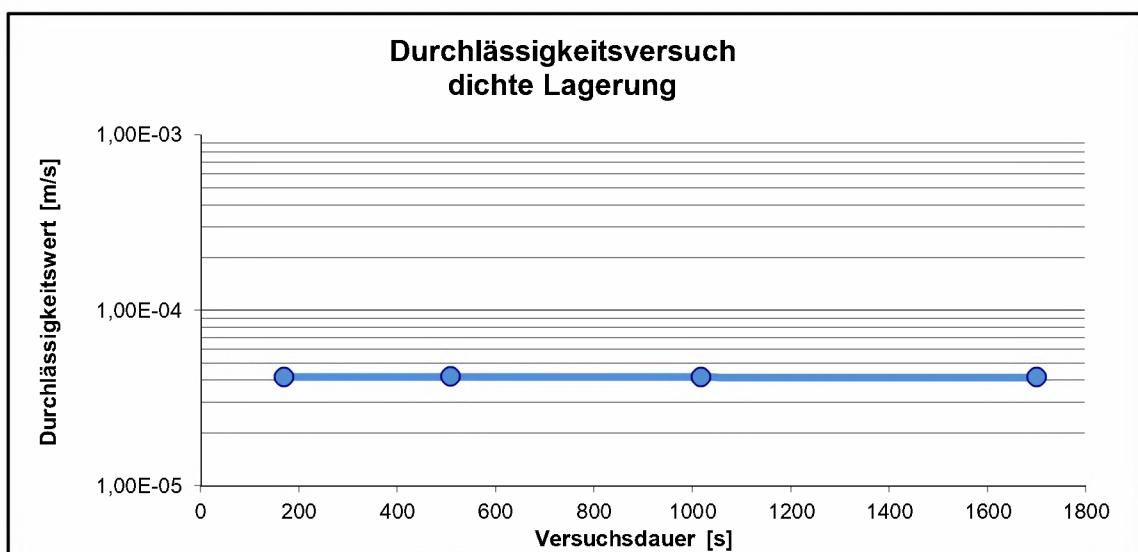
Bodengruppe: SE nach DIN 18196

Datum: 14.05.2019

Bearbeiter:

lockere Lagerung		
Trockendichte:	1,54	[g/cm <sup>3</sup> ]
Porenanteil:	41,9	[%]

dichte Lagerung		
Trockendichte:	1,72	[g/cm <sup>3</sup> ]
Porenanteil:	35,1	[%]

Durchlässigkeitswert [ $k_f$  - Wert] **2,4E-04** m/sHydraulisches Gefälle [ $i$ ] **1,30**Durchlässigkeitswert [ $k_f$  - Wert] **4,2E-05** m/sHydraulisches Gefälle [ $i$ ] **1,53**



# Kompressions-Versuch

Vierländer Meisterhöfe am Curslackter Heerweg,  
B- Planverfahren Bergedorf 119 / Curslack

Bearbeiter: Sta.

Datum: Mai 2019

Prüfungsnummer: B1824190327

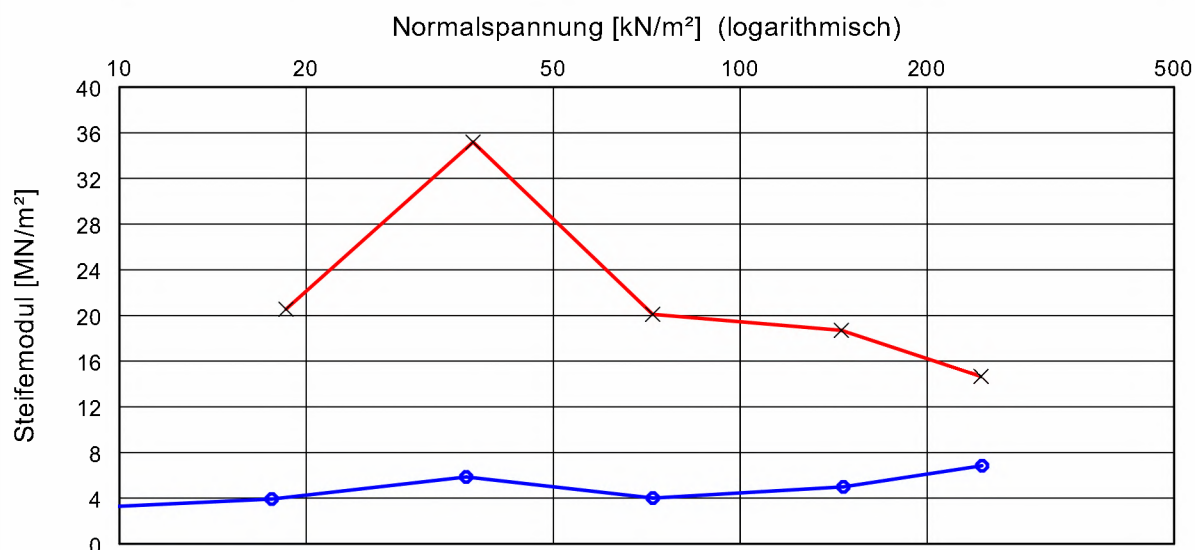
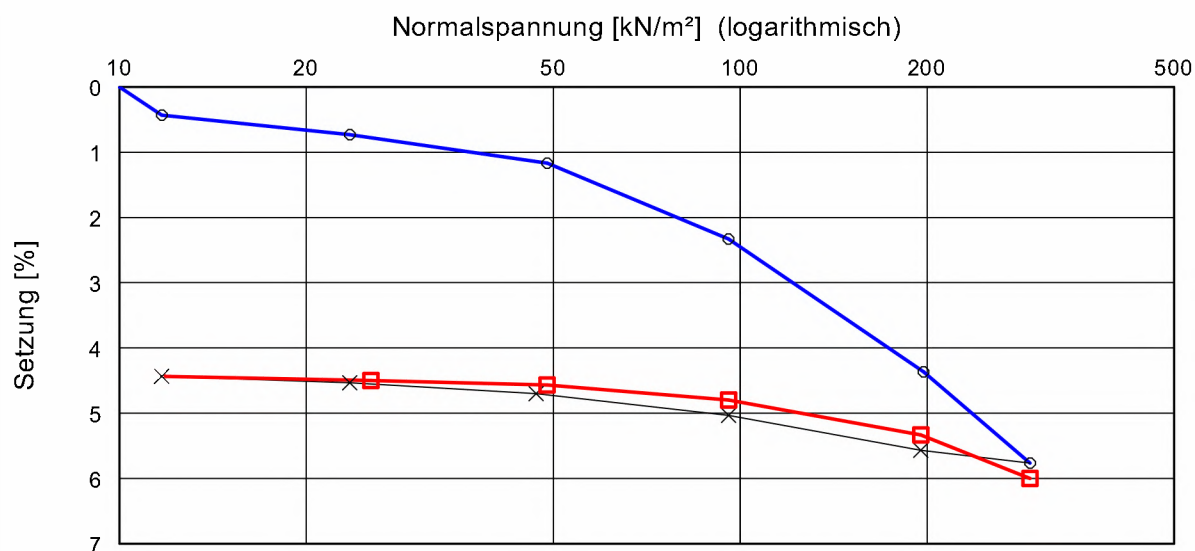
Entnahmestelle: an der Stelle von BS 6/15

Entnahmetiefe: 0,5 m

Bodenart: Klei (TL - TM gem. DIN 18196)

Entnahmedatum: Okt. 2015

Bearbeiter: [REDACTED]



Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Normalspannung [kN/m²]	0.0	11.7	23.5	48.9	95.8	197.4	293.1	195.4	95.8	46.9	23.5	11.7	25.4	48.9	95.8	195.4	293.1
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.130	0.220	0.350	0.700	1.310	1.730	1.670	1.510	1.410	1.360	1.330	1.350	1.370	1.440	1.600	1.800
Steifemodul [MN/m²]		2.7	3.9	5.9	4.0	5.0	6.8	-	-	-	-	-	20.6	35.2	20.1	18.7	14.7

Einbauhöhe [mm] = 30.000

w (vorher) [%] = 28,9

Trockendichte [g/m<sup>3</sup>] = 1,31

Vgl [%] = 5,2



# Kompressions-Versuch

Vieländer Meisterhöfe am Curslack Heerweg,  
B-Planverfahren Bergedorf 119 / Curslack

Bearbeiter: Sta.

Datum: Mai 2019

Prüfungsnummer: B1824190327

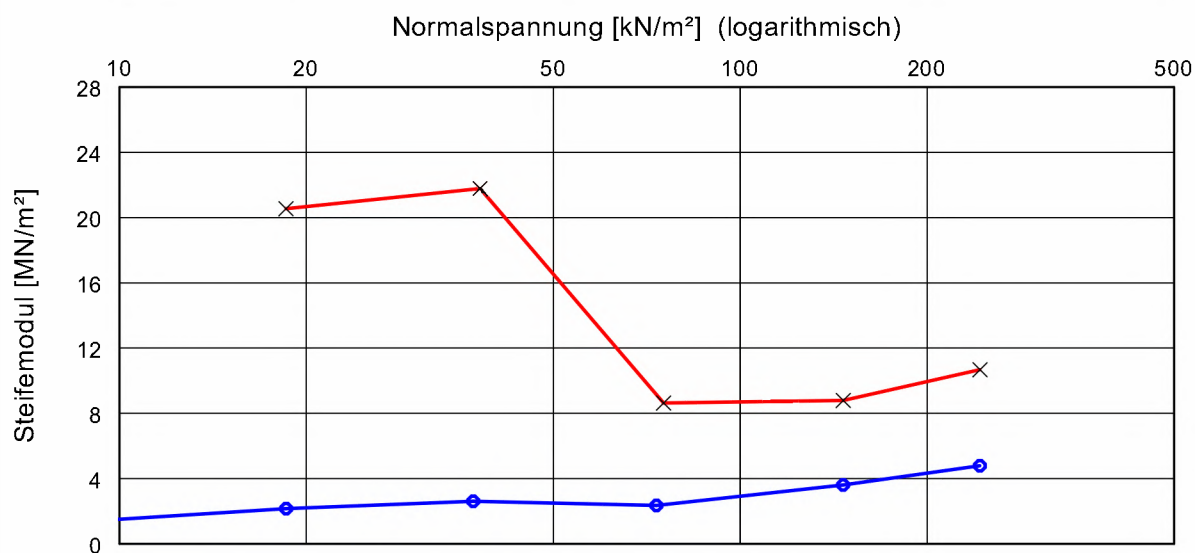
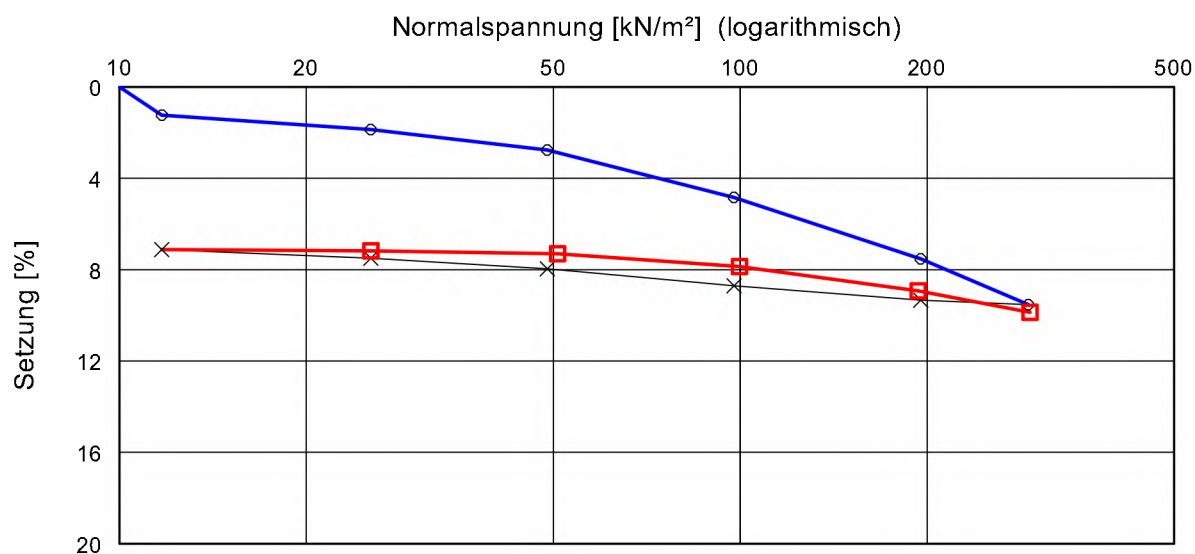
Entnahmestelle: an der Stelle von BS 8/15

Entnahmetiefe: 0,5 m

Bodenart: Klei (TL - TM gem. DIN 18196)

Entnahmedatum: Okt. 2015

Bearbeiter: [REDACTED]



Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Normalspannung [kN/m²]	0.0	11.7	25.4	48.9	97.7	195.4	291.2	195.4	97.7	48.9	25.4	11.7	25.4	50.8	99.7	193.5	293.1
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.370	0.560	0.830	1.450	2.260	2.860	2.800	2.610	2.390	2.250	2.135	2.155	2.190	2.360	2.680	2.960
Steifemodul [MN/m²]		0.9	2.2	2.6	2.4	3.6	4.8	-	-	-	-	-	20.5	21.8	8.6	8.8	10.7

Einbauhöhe [mm] = 30.000

w (vorher) [%] = 43,6

Trockendichte [g/m<sup>3</sup>] = 1,20

Vgl [%] = 7,2