

An Herrn  
Wolfgang Ohle  
Mühlenstraße 12  
21516 Müssen

Lübeck, 09.06.2020  
- B 288920 -

## **Geotechnische Beurteilung**

zu den orientierenden bodenmechanischen Feld- und Laboruntersuchungen, der allgemeinen Beschreibung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse und grundsätzlicher Bewertung hinsichtlich einer Wohnbebauung, dem Straßenbau sowie für ein Regenrückhaltebecken

### **Überplanung der Hofstelle Siemers, Flurstück 1/2 in Müssen, Dorfstraße 11**

#### **Inhaltsübersicht:**

1. Veranlassung/ Vorbemerkung
2. Bodenmechanische Untersuchungen
3. Grundwasser
4. Kennzeichnende Eigenschaften der Böden
5. Homogenbereiche
6. Bodenklassen und Bodenkennwerte
7. Beurteilung und ausführungstechnische Hinweise

**Anlagen:** 1 Bodenprofile, Wassergehalte, Glühverluste und Lage der Untersuchungspunkte  
2+3 Körnungslinien

## **1. Veranlassung/ Vorbemerkung**

Das Ingenieurbüro Reinberg, Lübeck, wurde beauftragt, die Boden- und Grundwasserverhältnisse im Bereich des Grundstückes Dorfstraße 11 bzw. Flurstückes ½ in Müssen durch orientierende Feld- und Laboruntersuchungen zu erkunden, zu beschreiben, die Tragfähigkeit und die Versickerungsfähigkeit der angetroffenen Böden hinsichtlich einer Wohngebietserschließung/-bebauung sowie für den Bau eines Regenrückhaltebeckens allgemein zu beurteilen.

Zur Bearbeitung wurde eine vereinfachte Aufstellung des Bebauungsplanes Nr. 14 der Gemeinde Müssen gem. § 13b BauGB vom November 2019, ein Höhenplan sowie ein Luftbild zur Verfügung gestellt.

Demnach sollen die Bodenverhältnisse in dem o.a. Gebiet an gleichmäßig verteilten Untersuchungspunkten erkundet werden. Das bewegte Gelände (Höhenunterschiede von ca. +23,1 bis +28,6mNHN) ist zum Zeitpunkt der Felduntersuchungen z. T. noch mit Gebäuden, Futter-/Mistbecken einem Silo und mit Beton und Betonverbundpflaster befestigten Zuwegungen bebaut sowie z.T. ungenutzt und mit Oberboden/ aufgefüllten Böden angedeckt. Die Geländehöhen lassen einen deutlichen Abfall von Südwesten in nordöstlicher Richtung erkennen.

## **2. Bodenmechanische Untersuchungen**

Am 04.+05.05.2020 wurden zur Feststellung der Boden- und Grundwasserverhältnisse Kleinrammbohrungen (n. DIN 4021/22 475-1, DN 40-80mm) bis 5m unter Gelände abgeteuft. An den Untersuchungspunkten 1, 3, 6, 8, 10, 13, 15 wurden zur Ermittlung der Tragfähigkeit der angetroffenen Böden die Widerstandszahlen ( $N_{10}$  = Schlagzahlen je 10cm Eindringung) mit der Leichten Rammsonde (DPL-5 n. DIN 4094-3, alt) bis in eine Tiefe von maximal 3,0m ermittelt.

Die Ergebnisse der Felduntersuchungen sind nach einer kornanalytischen Bestimmung der laufend entnommenen Bodenproben als farbige Bodenprofile und die mit der Leichten Rammsonde (DPL-5) ermittelten Schlagzahlen je 10cm Eindringung ( $n_{10}$ ) als farbig hinterlegte Widerstandsdiagramme links neben den Bodenprofilen zeichnerisch und höhengerecht auf Meter über Normalhöhennull (müNHN) bezogen auf der beigegeführten Anlage 1 aufgetragen; die Bohransatzpunkte sind dem untenstehenden Luftbild zu entnehmen. Weiterhin sind links an den Bodenprofilen die im bodenmechanischen Labor an den bindigen und organischen Böden ermittelten Wassergehalte und Glühverluste (n. DIN 18 121-1 und n. DIN 18 128) in Masseprozent angegeben und die in Feldansprache (n. DIN 4022, T1) ermittelten Konsistenzen dieser Böden sind rechts als Strichmarkierungen dargestellt. Die nach dem Bohrende im Bohrloch gemessenen Grundwasserstände (Stichtagsmessung) sind ebenfalls links an den Bodenprofilen in blau angetragen; wasserführende Bodenschichten sind mit einem senkrechten bauen Strich gekennzeichnet.

Es hat sich der nachfolgend beschriebene Bodenaufbau ergeben:

An der Geländeoberkante wurde an den Untersuchungspunkten 3-6, 12-19 und 22-24 ca. 0,05 bis 1,0m mächtige, schluffige, sandige, z.T. schwach kiesige, humose bis stark humose Oberböden angetroffen.

Im Bereich der Bohrungen 2, 7, 9, 10 und 11 ist die Oberfläche mit 8cm starkem Betonverbundpflaster und an den Punkten 1 und 8 mit 15 und 20cm starkem Ortbeton befestigt.

Unterhalb der Befestigungen bzw. dem Oberboden befinden sich an den Bohrpunkten 6 – 11 und 16 sowie an der Geländeoberkante der Untersuchungspunkte 21 und 20 ca. 0,3 – 1,3m mächtige aufgefüllte Böden als z.T. schwach kiesige bis stark kiesige, schwach humose Sand-Schluff- und Sand-Kies-Gemische vereinzelt mit Ziegelresten. Die Lagerungsdichte der aufgefüllten Böden ist nach den ermittelten Widerstandszahlen bzw. dem Bohrfortschritt nach als locker bis mitteldicht zu beschreiben.

Bis zur Erkundungsendteufe wurden Wechsellagerungen von gewachsenen Sanden, bindigen Beckenablagerungen und Geschiebeböden erbohrt.

Die Sande setzen sich kornanalytisch aus schluffigen bis stark schluffigen Feinsanden, schwach schluffigen bis schluffigen, schwach grobsandigen Fein- und Mittelsanden, kiesigen Mittel- und Grobsanden und schluffigen, schwach kiesigen bis stark kiesigen Fein- bis Grobsanden mit schwach bis stark humosen, schwach organischen Lagen und Torf-, Schluff-Lagen sowie vereinzelt Holzresten zusammen. Die Lagerungsdichte der Sande ist nach den ermittelten Widerstandszahlen bzw. dem Bohrfortschritt nach überwiegend als mindestens mitteldicht zu beschreiben.

Bei den bindigen Beckenablagerungen handelt es sich um entkalkten Beckenschluff (BU) in weich-steifer Zustandsform und bei den bindigen Geschiebeböden um entkalkten Geschiebelehm (Lg) und kalkhaltigen Geschiebemergel (Mg) in steifer Zustandsform

Zwischengelagert sind an den Bohrpunkten 13 - 24 in Tiefen von 0,25 bis 4,60m unter Gelände und in Schichtmächtigkeiten von ca.

0,4 bis 2,2m nacheiszeitliche organische Böden, als mäßig zersetzter  
Torf und Mudde.

Von den im relevanten Eingriffsbereich erkundeten Böden wurden, zur Bestimmung weiterer Kenndaten, im bodenmechanischen Labor des Unterzeichners sieben Labormischproben zusammengestellt und an diesen die Kornzusammensetzung durch Nasssiebanalysen (n. DIN 18123-5) ermittelt und als Durchgangssummenkurven im einfachlogarithmisch geteilten Koordinatensystem auf den Anlagen 2 + 3 dargestellt. Die Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte  $k$  der Böden wurden in Anlehnung nach *Beyer* rechnerisch aus dem Körnungskurvenverlauf ermittelt und sind ebenfalls der Anlagen 2 + 3 zu entnehmen.

Die organoleptisch/sensorische Ansprache der aufgefüllten und gewachsenen Böden war ohne Auffälligkeiten.

Auf eine chemische Analyse zur Klassifizierung nach Länderarbeitsgemeinschaft Abfall LAGA-TR Boden/ Deponie-Verordnung (DepV) der bei der Baumaßnahme auszusetzenden Böden wurde vorerst verzichtet, da sie bei dieser Untersuchungsmethodik keine Auffälligkeiten zeigten. Generell sollte zum Beginn der Baumaßnahme eine Klassifizierung nach dem Merkblatt M20 der LAGA bzw. nach der DepV erfolgen, wenn die auszusetzenden Böden zur Verwertung auf anderen Baustellen oder zur Beseitigung (Entsorgung) angedacht sind. Dabei ist zu beachten, dass die chemischen Analysen bei einer evtl. Beseitigung, nach den Vorgaben der Entsorgungsfachbetriebe (behördliche bzw. aus der LAGA zu begründenden Vorgaben gibt es nicht) nicht älter als 6 Monate sein sollten. Eine jetzige chemische Analyse, lediglich zur Planung/ Ausschreibung, der auszusetzenden Böden kann anhand von Rückstellproben (6 Monate Aufbewahrung) bzw. nach dem Fortschreiten der Planung vor einem Baubeginn ausgeführt werden. Für den späteren Bauablauf bzw. Bodenaushub ist eine aktuelle Analyse und evtl. zur Beseitigung die Untersuchung nach DepV zu veranlassen.

Weitere Einzelheiten zu den Boden- und Grundwasserverhältnissen sind aus der beigefügten Anlage 1 ersichtlich.

### **3. Grundwasser**

Zum Zeitpunkt der Untersuchungen wurde nach Beendigung der Feldarbeiten an den Untersuchungspunkten 1 – 11 und 13 - 15 in Tiefen von 1,1 bis 3,3m unter Geländeoberkante bzw. +24,0 bis +25,3mNHN innerhalb der Sande hydraulisch korrespondierendes Grundwasser angetroffen. Ebenso ist eine hydraulische Verbindung zur nördlich verlaufenden Mühlenbek zu vermuten, da auch nach den festgestellten Wasserständen die Fließrichtung in nördlicher Richtung erkennbar ist.

Das Grundwasser an den Punkten 12, 17 und 22 wurde in gespannter Form unterhalb des bindigen/organischen Bodens angebohrt, das hier entspannte Grundwasser wurde bei 0,7 – 2,1m unter Gelände bzw. +22,7 und +24,0mNHN eingemessen.

An den Bohrpunkten 16, 18, 19, 20, 21, 23 und 24 wurde Grundwasser in Tiefen von 0,1 bis 0,5m unter Gelände bzw. +22,8 bis +23,3mNHN festgestellt. Dabei handelt es sich als auf den bindigen/organischen, wasserundurchlässigen Bodenhorizonten aufgestauten Niederschlagswasser; sich frei bewegendes Grundwasser ist innerhalb der bindigen und organischen Bodenschichten (BU, Lg, Mg, Torf, Mudde) nicht möglich.

Aufgrund von klimatischen bzw. witterungsbedingten Einflüssen ist mit einem Grundwasseranstieg/-abfall um bis zu 0,8m zu rechnen. Zusätzlich wird es bei ungünstigen regnerischen Witterungsbedingungen auf den bindigen und organischen Böden zu weiteren Stauwasserbildungen kommen.

Der Bemessungswasserstand wird demnach für den vorderen Grundstücksteil an der Dorfstraße (U.-Pkte. 1 – 7) auf +25,5mNHN, im mittleren Grundstücksteil (U.-Pkte 8 – 15) auf +24,5mNHN und für den hinteren Grundstücksteil auf die mittlere Geländeoberkante von ca. +23,4mNHN festgelegt.

Der mittlere höchste Grundwasserstand (n. d. Arbeitsblatt DWA-A 138) wird für den vorderen Grundstücksteil mit +25,5mNHN angegeben.

#### **4. Kennzeichnende bodenmechanische Eigenschaften der Böden**

Der Oberboden genießt einen besonderen Schutz (Mutterbodenschutzgesetz gemäß BauGB §202) und ist unterhalb bebauter Flächen (auch Garagen, Stellplätze und Verkehrsflächen) zum Beginn der Bauarbeiten generell abzutragen und zur Wiederverwendung seitlich in geeigneten Mieten zu lagern. Der Oberboden ist nach DIN 18300:09.2016 ein eigener **Homogenbereich (O1)**; er ist in der Ausschreibung nach der DIN 18915:06.2017 (Entwurf, Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Bodenarbeiten) und DIN 18320:09.2016 (Landschaftsbauarbeiten) zu berücksichtigen.

Die angetroffenen aufgefüllten Sand-Schluff-, Sand-Kies-Gemische sind tragfähig, verdichtungswillig und neigen lediglich zu geringen Verformungen. Sie entsprechen hinsichtlich ihrer physikalischen Zusammensetzung (vorhandene Bauschuttreste und humose Bestandteile, fehlendes Kieskorn) nicht den Anforderungen an die Technischen Richtlinien für ungebundene Straßenbaustoffe (TL SoB-StB 04, TL Gestein-StB 04) und müssen bis zur frostsicheren Tiefe von ca. 55cm ab neuer Fahrbahnoberkante ausgetauscht werden. Demnach sind die aufgefüllten Böden bis zur notwendigen Eingriffstiefe (ca.  $d \geq 60\text{cm}$ ) gänzlich gegen Frost-

/Tragschichtmaterialien (n. RStO 12 bzw. n. TL SoB-StB 04 und TL Gestein-StB 04) auszutauschen und einer geordneten Verwertung zuzuführen.

Die weiteren zur Tiefe anstehenden aufgefüllten Böden können grundsätzlich im Baugrund verbleiben und sind zur Aufnahme des Straßenoberbaus und den Lasten aus Hochbauten ausreichend tragfähig. Kornumlagerungen bzw. Setzungen treten rasch unmittelbar nach den Belastungen aus dem Rohbau bzw. den Verdichtungsarbeiten ein.

Die im trockenen Zustand angetroffenen aufgefüllten Böden sind dem **Homogenbereich (B1)** (ab Uk. Oberflächenbefestigung/ Oberboden bis zur Eingriffstiefe ca. 60cm bzw. bis zur Schichtunterkante/ Gründungstiefe/ Grundwasserstand) zuzuordnen, die wassergesättigten Böden in den **Homogenbereich (B2)** (ab Grundwasserstand/ Bemessungswasserstand bis zum Gründungshorizont).

Die Wasserleitfähigkeit ist nach DIN 18 130, Tab. 1 je nach Verunreinigungsgrad mit Feinkornanteilen mit „schwach durchlässig bis durchlässig“ ( $10^{-8}$  -  $10^{-4}$  m/s) zu beschreiben.

Es wird angeraten diese Materialien nicht als Füllboden im Leitungsgraben vorzusehen, da die Verdichtungswilligkeit dieser Böden sehr stark vom Wassergehalt abhängt und dieser unter definierten Bedingungen bei normalen Baustellenbedingungen nur mit großem technischem und wirtschaftlich kaum vertretbarem Aufwand eingestellt werden kann. Demnach sind die aufgefüllten Böden im Leitungsgraben/-zone gegen grobkörnigen Boden (SE-SW n. DIN 18196) auszutauschen und einer geordneten Verwertung zuzuführen.

Die gewachsenen Sande sind grundsätzlich als gut tragfähig ( $\geq$  mitteldicht) zu beschreiben. Kornumlagerungen bzw. Setzungen treten rasch unmittelbar nach den Belastungen aus dem Rohbau bzw. den Verdichtungsarbeiten ein. Die Wasserleitfähigkeit ist nach DIN 18 130, Tab. 1 (Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit) mit durchlässig ( $10^{-6}$  -  $10^{-4}$ m/s) zu beschreiben. Diese Böden sind im trockenen Zustand ebenfalls dem **Homogenbereich (B1)** (ab Uk. Oberboden/ Auffüllungen/ organischen Böden bis zum Grund-/Bemessungswasserstand) zuzuordnen. Die wassergesättigten Sande sind in den **Homogenbereich (B2)** (ab Bemessungswasserstand bis zur Schichtgrenze/ notwendigen Eingriffstiefe) einzuordnen.

Die gewachsenen bindigen Böden als Beckenschluff (BU) und Geschiebelehm/ -mergel (Lg/ Mg) angesprochen, sind in der angetroffenen weich-steifen bis steifen Zustandsform grundsätzlich tragfähig, neigen jedoch unter neuer ständiger Last zu langfristig abklingenden Konsolidierungssetzungen. Sie sind dem **Homogenbereich (B3)**, der sich ab der Unterkante der Sande/organischen Böden bis zur notwendigen Eingriffstiefe erstreckt, zuzuordnen. Aufgrund der Kornzusammensetzung (hoher Feinkornanteil) sind sie sehr schwach wasserdurchlässig (n. DIN 18 130, Tab. 1) sowie ausgeprägt frost- und wasserempfindlich. Bei Wasserzutritt und/ oder bei

dynamischer Beanspruchung, z.B. durch Radlasten von Baufahrzeugen verlieren diese Böden infolge Gefügeveränderung ihre Festigkeit und weichen völlig auf.

Ein Wiedereinbau im Leitungsrabenbereich ist grundsätzlich denkbar, sollte aber aufgrund der auf der Baustelle fehlenden ordnungsgemäßen Lagerkapazität (in Mieten vor Wassereintrag zu schützen) und der bodenmechanisch ungünstigen Einbaueigenschaften (Forderung: dünne Lagen  $d < 15\text{cm}$ , walkende Verdichtungsgerte, Einbau nur bis ca. 0,5m unter Straßenplanum, zu erstellende Einbauanweisung n. M3-Methode der ZTV E-StB 09) ausgeschlossen werden.

In den bindigen Geschiebeböden ist insbesondere am Übergang zwischen den Sanden und dem Geschiebemergel/-lehm mit einem Anteil  $\geq 30\text{M.-%}$  an Kiesen und Steinen bis zur Geröllgröße zu rechnen; die auch in Linsenbildung (konzentrierter Anhäufung) anstehen können.

Die nacheiszeitlichen organischen Weichböden Torf bzw. die Mudde neigen unter neuer ständiger Last zu sehr starken und langfristig abklingenden Konsolidierungssetzungen mit ausgeprägten Verformungen bzw. Setzungen. Aufgrund der Kornzusammensetzung hat dieser einen geringen inneren Reibungswinkel, ist schwach wasserdurchlässig sowie ausgeprägt frost- und wasserempfindlich. Die Wasserleitfähigkeit liegt im Bereich von „sehr schwach bis schwach wasserdurchlässig“ (unter  $10^{-8}$  -  $10^{-6}$  m/s).

Der Torf und die Mudde werden in den **Homogenbereich (B4)**, der sich von der Unterkante Oberboden/ aufgefüllte Böden/ Sande bis zur notwendigen Eingriffstiefe erstreckt, eingeteilt.

##### **5. Homogenbereiche (n. VOB, Teil C, DIN 18300:09.2016)**

Für die hier auszuführenden Erdarbeiten sind nach o.a. Norm alle fünf angegebenen Homogenbereiche für die nicht gebundenen Erdstoffe zu definieren, die sich über die gesamte Baufläche (ab Geländeunterkante bis zum Planum des Straßenplanums bzw. Leitungsrabens und Schachtbauwerkes, Unterkante Fundamente für eine Bebauung) erstrecken.

Die angetroffenen Böden sollten generell mit kettengeführten Hebezeugen (Bagger bis ca. 10t mit baubetriebsüblichen Schaufeln) gelöst und geladen werden. Größere Bagger sind aufgrund der Empfindlichkeit der bindigen und organischen Böden immer mit einem Kettenlaufwerk auszustatten. Ebenso ist es ratsam für notwendige Bodentransporte auch wendige Fahrzeuge (z. B. 3- und 4-Achser mit Allradantrieb) zu wählen bzw. temporäre Baustraßen anzulegen.

Eventuell muss das vorhandene Grundwasser in den Sanden des Homogenbereiches B2 vor dem Beginn der allgemeinen Erdbaumaßnahmen (bei unterkellert Bauweise, Schacht- und Leitungsbau bzw. für ein Regenrückhaltebecken) zur Herstellung der Gründungselemente/ Abdichtung mit einer offenen oder geschlossenen Grundwasserhaltung über Drainageleitungen/eingefräste Drainage und Pumpensümpfen Pumpen bzw. mit Vakuumpumpen abgesenkt und abgeleitet werden. Dabei ist das Erdplanum trocken zu halten und vor Frosteintrag zu

schützen. Dennoch oberflächlich aufgeweichte Bodenbereiche sind durch grobkörnigen Boden (Sand-Kies-Gemisch n. DIN 18 196,  $D_{Pr} \geq 98 \%$ ) zu ersetzen.

Der Bodenaushub im Bereich der bindigen und organischen Böden (Homogenbereich B3 und B4) hat in rückschreitender Arbeitsweise mit einem Bagger mit einer geraden Schaufelschneide (keine Zähne) so zu erfolgen, so dass diese Böden (Beckenschluff, Geschiebelehm /-mergel, Torf, Mudde) in den Gründungsebenen nicht gestört werden. Während der Bauzeit ist dafür Sorge zu tragen, dass die Tragfähigkeit der im Gründungsbereich anstehenden frost- und witterungsempfindlichen bindigen und organischen Böden durch zufließendes Oberflächen- bzw. Niederschlagswasser, Frosteintrag oder durch die mechanische Einwirkung von Baufahrzeugen nicht beeinträchtigt wird.

Da die neue Nomenklatur bzw. die Umsetzung bei den Erd- und Straßenbauunternehmen erfahrungsgemäß bis zu diesem Zeitpunkt kaum Berücksichtigung gefunden haben wird, werden unter dem Abschnitt 3, Bodenklassen- und Kennwerte, die „alten“ Bodenklassen ebenfalls angegeben. Die zugehörigen „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, ZTV E-StB 17“ berücksichtigen bereits die Homogenbereiche.

## **6. Bodenklassen und -kennwerte**

Für erdstatische Berechnungen können aufgrund der durchgeführten Untersuchungen und aus der Erfahrung folgende gewogene bodenmechanische charakteristische Kennwerte angesetzt werden. Weiterhin werden für Ausschreibungen nach neuer und alter VOB, Teil C, DIN 18300:09.2016 bzw. 09.2012 die Homogenbereiche und „alten“ Bodenklassen angegeben:

### Oberboden:

Homogenbereich n. DIN18 300:09.2016: O1

Bodenklasse n. DIN 18300:09.2012: 1

Bodengruppe n. DIN 18196: OH

### Auffüllungen:

Homogenbereich n. DIN 18300:09.2016: B1, B2

Bodenklasse n. DIN 18300:09.2012: 3, 4

Bodengruppe n. DIN 18196: SU

Klassifizierung n. DIN 18301: BN1 - BN 2

Klassifizierung n. DIN 18319: LNE 1 - LNE 2, LN 1 - LN 2

Frostempfindlichkeit n. ZTV E-StB 17: F1-F2 (nicht bis mittel frostempfindlich)

Raumgewicht:  $\gamma / \gamma' = 18/10\text{kN/m}^3$

Scherfestigkeit:  $\varphi_k = 25...30^\circ$

Kohäsion:  $c_k =$  0kN/m<sup>2</sup>  
Steifemodul:  $E_{s,k} =$  20MN/m<sup>2</sup>

Sande:

Homogenbereich n. DIN18300:09.2016: B1, B2  
Bodenklasse n. DIN 18300:09.2012: 3, 4  
Bodengruppe n. DIN 18196: SE, SU, SI, SW  
Klassifizierung n. DIN 18301: BN 1  
Klassifizierung n. DIN 18319: LNE 2 - LNW 2  
Frostempfindlichkeit n. ZTV E-StB 17: F1 (nicht frostempfindlich)  
Raumgewicht:  $\gamma / \gamma' =$  18/10kN/m<sup>3</sup>  
Scherfestigkeit:  $\varphi_k =$  34°  
Kohäsion:  $c_k =$  0kN/m<sup>2</sup>  
Steifemodul:  $E_{s,k} =$  40MN/m<sup>2</sup>

Beckenschluff (BU), weich-steif, steif:

Homogenbereich n. DIN18300:09.2016: B3  
Bodenklasse n. DIN 18300:09.2012: 4, 2 (wenn durch Wasserzutritt bzw. dynamischer Belastung der Boden in seinem Gefüge zerstört wird und dann den „Fließenden Bodenarten“ zuzuordnen ist)  
Bodengruppe n. DIN 18196: UL-UM  
Klassifizierung n. DIN 18301: BB 2  
Klassifizierung n. DIN 18319: LBM 2  
Frostempfindlichkeit n. ZTV E-StB 17: F3 (sehr frostempfindlich)  
Raumgewicht:  $\gamma / \gamma' =$  20/10kN/m<sup>3</sup>  
Scherfestigkeit:  $\varphi_k =$  22,5...25,0°  
Kohäsion:  $c_k =$  7,5kN/m<sup>2</sup>  
Steifemodul:  $E_{s,k} =$  20...25MN/m<sup>2</sup>

Geschiebelehm -/mergel (Lg/Mg), steif:

Homogenbereich n. DIN18300:09.2016: B3  
Bodenklasse n. DIN 18300:09.2012: 4, 2  
Bodengruppe n. DIN 18196: ST\*-TL  
Klassifizierung n. DIN 18301: BB 2  
Klassifizierung n. DIN 18319: LBM 2  
Frostempfindlichkeit n. ZTV E-StB 17: F3 (sehr frostempfindlich)  
Raumgewicht:  $\gamma / \gamma' =$  21/11kN/m<sup>3</sup>

|                  |               |                      |
|------------------|---------------|----------------------|
| Scherfestigkeit: | $\varphi_k =$ | 27,5°                |
| Kohäsion:        | $c_k =$       | 7,5kN/m <sup>2</sup> |
| Steifemodul:     | $E_{s,k} =$   | 35MN/m <sup>2</sup>  |

Torf:

|                                        |                                            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Homogenbereich n. DIN18300:09.2016:    | B4                                         |
| Bodenklasse n. DIN 18300:09.2012:      | 2                                          |
| Bodengruppe n. DIN 18196:              | HN-HZ                                      |
| Klassifizierung n. DIN 18301:          | BO 1 - BO 2                                |
| Klassifizierung n. DIN 18319:          | LO                                         |
| Frostempfindlichkeit n. ZTV E-StB 17 : | F3 (sehr frostempfindlich)                 |
| Raumgewicht:                           | $\gamma / \gamma' =$ 10/1kN/m <sup>3</sup> |
| Scherfestigkeit (dräniert):            | $\varphi_k =$ 12,5°                        |
| Kohäsion:                              | $c_k =$ 2kN/m <sup>2</sup>                 |
| Scherfestigkeit (undrän.):             | $c_{u,k} =$ 12,5kN/m <sup>2</sup>          |
| Steifemodul:                           | $E_{s,k} =$ 0,5MN/m <sup>2</sup>           |

Mudde:

|                                        |                                            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Homogenbereich n. DIN18300:09.2016:    | B4                                         |
| Bodenklasse n. DIN 18300:09.2012:      | 4, 2                                       |
| Bodengruppe n. DIN 18196:              | F                                          |
| Klassifizierung n. DIN 18301:          | BO 1                                       |
| Klassifizierung n. DIN 18319:          | LO                                         |
| Frostempfindlichkeit n. ZTV E-StB 17 : | F3 (sehr frostempfindlich)                 |
| Raumgewicht:                           | $\gamma / \gamma' =$ 17/7kN/m <sup>3</sup> |
| Scherfestigkeit (dräniert):            | $\varphi_k =$ 20°                          |
| Kohäsion:                              | $c_k =$ 2kN/m <sup>2</sup>                 |
| Scherfestigkeit (undrän.):             | $c_{u,k} =$ 40kN/m <sup>2</sup>            |
| Steifemodul:                           | $E_{s,k} =$ 2,5MN/m <sup>2</sup>           |

## **7. Beurteilung und ausführungstechnische Hinweise**

### **7.1 Allgemeine Wohnbebauung**

Ausweislich der durchgeführten orientierenden Feld- u. Laboruntersuchungen sind im untersuchten vorderen Grundstücksbereich (U.-Pkte. 1 – 15) Flachgründungen auf Einzel-, Streifenfundamenten und Stahlbetonsohlplatten für nicht- und unterkellert geplante Einfamilien-, Reihen- und Doppelhäuser sowie der Bau von Ver- und Entsorgungseinrichtungen und Erschließungsstraßen ohne besondere Gründungsmaßnahmen (Pfahlgründungen, Tiefenverdichtung

o.ä.) gut möglich. Die Bemessung für die Gründungselemente kann z.B. nach den Tabellen A6.1/6.2 (nicht bindige Böden) bzw. A6.6 (bindige Böden) nach Abschnitt 6.10 der DIN 1054:2010-12 erfolgen.

Bei unterkellert geplanter Bauweise sind je nach Lage und Geländehöhe des Grundstückes bauzeitliche Wasserhaltungsmaßnahmen zu planen.

Für evtl. Geländeauffüllungen ist ein grobkörniger Boden (SE-SW n. DIN 18 196) lagenweise verdichtet ( $D_{Pr} \geq 98\%$ ) zu verwenden.

Die Boden- und Grundwasserverhältnisse bedingen bereits in der Planungsphase von Bebauungen (z. B. unterkellert, nicht unterkellert) angepasste, verifizierte Baugrunduntersuchungen, insbesondere auch im Bereich der Bohrungen 13 – 15 (Torf).

Aufgrund der sehr geringen Tragfähig- bzw. der sehr hohen Setzungswilligkeit der im hinteren Grundstücksbereich (U.-Pkte. 16 – 24) angetroffenen, bislang weitestgehend statisch unbelasteten organischen Weichschichten (Torf, Mudde), ist auch bei geringer statischer Lastauftragung, mit sehr starken und andauernden Zusammendrückungen/ Setzungen im Dezimeterbereich zu rechnen. Zusätzlich führt jede Wassergehaltsveränderung in den organischen Weichschichten zu weiteren Konsolidationssetzungen.

Demnach ist nach Auswertung der Untersuchungsergebnisse eine „schwimmende“ Flachgründung von Bauwerken nicht möglich.

Eine technisch einwandfreie, setzungsfreie Gründungsvariante ist die Tiefgründung mit einer Tieferführung der Lasten über z. B. Kleinbohrverpresspfähle sog. Mikropfähle (z.B. GEWI-Pfahl  $D \leq 30\text{cm}$ ) oder Stahlbetonrammpfähle (z.B. CENTRUM-Pfähle) in Verbindung mit einem Pfahlrost/-balken.

## 8.2 Schacht- und Leitungsgründung

Die Gründungstiefen der geplanten Leitungen und Schachtbauwerke werden im vorderen Grundstücksbereich überwiegend in den gewachsenen Sanden und bindigen Böden liegen. Im Bereich der bindigen Bodenschichtungen sind die nachfolgend unter a) und b) angegebenen Bodenaustauschmaßnahmen, zur Herstellung eines ausreichend tragfähigen, gleichmäßigen Baugrundes, erforderlich.

- a) Schachtauflager aus 15cm starken, verdichtet (Forderung  $D_{Pr} \geq 100\%$ ) eingebauten Sand-Kies-Gemisch (SW, natürliches Gestein n. DIN 18 196).
- b) Leitungsuflager aus 10cm starken, verdichtet (Forderung  $D_{Pr} \geq 98\%$ ) eingebauten grobkörnigen Boden (SE, natürliches Gestein n. DIN 18 196).

Aufgrund der allgemein guten Tragfähigkeitseigenschaften der gewachsenen Sande sind dort generell keine Bodenverbesserungsmaßnahmen vorzusehen. Die Aushubebenen sollten lediglich bei einer oberflächigen Gefügestörung nachverdichtet werden (Forderung  $D_{Pr} \geq 98\%$ ).

Es sind die Vorgaben der Leitungshersteller hinsichtlich der Auflager-/ Bettungsbedingungen zu berücksichtigen.

Für den Bau der Schächte und Leitungen sind je nach Tiefen- und örtlicher Lage Grundwasserabsenkungs- und Wasserhaltungsmaßnahmen notwendig.

Auf die Einholung einer wasserrechtlichen Erlaubnis zum Absenken des Grundwassers für die Bauzeit wird hingewiesen.

Bei der Herstellung der Baugrube bzw. der Baugrubenböschungen sind die Vorgaben der DIN 4124: 2012-01 (Baugruben und Gräben, Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten), die Vorgaben der DIN 4123: 2011-05 (Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude) sowie die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) zu beachten.

Offene Baugruben sind ab einer Tiefe von  $t > 1,25\text{m}$  grundsätzlich durch geeignete Maßnahmen (ausreichende Böschungsneigung, Grabenverbaugeräte, Holzbohlenverbau etc.) zu sichern. Zum Schutz anderer baulichen Anlagen bzw. Verkehrsflächen, Gebäude oder Leitungen kann es notwendig werden auch flachere Gräben in geeigneter Weise zu sichern. Es können die üblichen Grabenverbaugeräte eingesetzt werden. Die in der DIN 4124 bzw. i. W. angegebenen Böschungsneigungen sind erst nach dem Absenken des Grundwassers bzw. Grundwasserhaltungsmaßnahmen gültig. Bei den angetroffenen Bodenverhältnissen sind für temporäre (bauzeitliche) max. 5m tiefe Baugruben die Böschungsneigungen im Bereich der bindigen Böden (Lg/Mg) unter  $60^\circ$  und im Bereich der Sande unter  $45^\circ$  und flacher auszubilden. Bei einer Notwendigkeit (z.B. aus Platzmangel) die Böschungen steiler ausbilden zu müssen, ist die Standsicherheit n. DIN 4084 (Gelände- und Böschungsbruchberechnungen) rechnerisch nachzuweisen. Die Böschungsoberflächen sind zur Vermeidung von witterungsbedingten Erosionen mit geeigneter Silofolie oder Vliesen, die gegen Windangriffe zu schützen sind, zu belegen.

Im Bereich der Leitungszone ist ein Bodenmaterial je nach Herstellerangaben der zum Einsatz kommenden Leitungsmaterialien zu verwenden. Im Allgemeinen ist dort steinfreier, grobkörniger Boden (Größtkorn  $d \leq 20\text{mm}$ ) mit einem Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 97\%$  lagenweise einzubauen. Die DIN 4033 (Entwässerungskanäle und -leitungen) ist zu beachten.

Für die Leitungsgrabenauffüllung unter dem Straßenplanum bis zum Straßenplanum ist dann angelieferter grobkörniger Boden (SE-SW n. DIN 18 196) zu verwenden. Die Böden sind lagenweise ( $d \leq 0,20\text{m}$ ) bis  $0,5\text{m}$  unter Planum mit einem Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 98\%$

(Schlagzahlen mit der Leichten Rammsonde DPL-5,  $N_{10} \geq 10$ , minimal  $N_{10} \geq 7$ ) und ab 0,5m unter Planum bis zum Planum mit einem Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 100\%$  verdichtet einzubauen.

### 8.3 Straßenbau

Aufgrund der festgestellten Bodenverhältnisse und in Anlehnung an die RStO 12 (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen), sollte ein frostsicherer und gleichmäßiger Straßenoberbau, in einer Gesamtstärke von mindestens 0,55m unter Fahrbahnoberkante (FOK) eingeplant werden.

Die dann in einer Tiefe ab ca. 55cm unter FOK verbleibenden überwiegend gewachsenen Sande sind nach einer Nachverdichtung -evtl. unter Wasserzugabe- zur Aufnahme des Straßenoberbaues erfahrungsgemäß ausreichend tragfähig (Forderung: Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45\text{MN/m}^2$ ). Im Bereich von bindigen Böden ist auf eine Nachverdichtung zu verzichten. Nach dem Bodenabtrag und den Verdichtungsarbeiten auf dem Straßenplanum werden zum Nachweis ausreichender Tragfähigkeit statische Plattendruckversuche (n. DIN 18 134) angeraten. Grundsätzlich können im Planumsbereich kleine Bereiche mit weichen Böden auftreten, die dann durch verdichteten Sandersatz (SE-SW n. DIN 18 196,  $D_{Pr} \geq 100\%$ ) ausgetauscht werden müssen. Der weitere Straßenaufbau ergibt sich aus der Wahl der Verkehrsflächenbefestigung nach RStO 12. Es sind die Tafeln für F2 u. F3 Untergrundverhältnisse zu wählen.

Bei der Auswahl der Baustoffe und Beschreibung der Bauweisen wird auf die Einhaltung der in den ZTV'en (z.B. ZTV SoB-StB 04/ ZTV Pflaster-StB 06) und Technischen Lieferbedingungen (z. B. TL SoB-StB 04/ TL Pflaster-StB 06/ TL Gestein-StB 04) formulierten Anforderungen hingewiesen.

Eine dauerhafte Entwässerung (Planumsdränage) ist nicht einzuplanen.

Der Bedeutung des Bauwerkes folgend, ist eine Qualitätslenkung bzw. -sicherung durch bodenmechanische Eigen- und Fremdüberwachung unbedingt erforderlich. Ein besonderes Augenmerk ist dabei auf das frühzeitige Vorlegen der Eignungsnachweise der angedachten Baustoffgemische zu legen.

### 8.4 Regenwasserrückhaltebecken

Ausweislich der vorliegenden bodenmechanischen Untersuchungen ist für den Bau eines Regenrückhaltebeckens eine Abdichtung z. B. aus bindigem, gering wasserdurchlässigem Boden (z. B. Geschiebelehm/ -mergel, fein- gemischtkörniger Boden,  $k_f \leq 1 \times 10^{-8}\text{m/s}$ ) in den Sohl- und Böschungsbereichen oder aus einer Folie (PE-HD) herzustellen (s. auch RiStWag, Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten und RAS-Ew, Richtlinien für die Anlage von Straßen Teil: Entwässerung). Demnach sind die angetroffenen Sande bzw. die organischen Böden im Schutze einer Grundwasserabsenkung gegen Dichtungsmaterial

auszutauschen. Nach dem Fortschreiten der Planungen sollten die zu ergreifenden Maßnahmen (Auftriebssicherung, Planungen im Torfbereich, Dichtungsmaßnahmen) dringend mit dem Unterzeichner abzustimmen und es werden eventuell verifizierende Bodenuntersuchungen angeraten bzw. notwendig.

Eine GW-Absenkung ist bei der Umweltbehörde/ untere Wasserbehörde anzuzeigen.

Die Bemessung von Regenrückhaltebecken erfolgt generell auf der Grundlage des ATV-DVWK-A 117 „Bemessung von Regenrückhalteräumen“.

#### 8.5 Niederschlagswasserversickerung

Nach den Vorgaben des Arbeitsblattes der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ATV-DVWK-A 138) ist eine Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser im vorderen Grundstücksbereich (U.-Pkte. 1 – 15) in den betroffenen wasserdurchlässigen Sanden möglich, im Bereich der sehr schwach wasserdurchlässigen bindigen und organischen Böden (BU, Lg, Mg, Torf, Mudde) ist eine Versickerung nicht denkbar.

Grundsätzlich liegt der entwässerungstechnische relevante Versickerungsbereich nach dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 138 zwischen  $1,0 \cdot 10^{-3}$  -  $1,0 \cdot 10^{-6}$  m/s und es besteht die Forderung nach einem trockenen Sickerraum ab der Unterkante der Versickerungsanlage bis zum mittleren höchsten Grundwasserstand von  $\geq 1,0$ m. Zur Ermittlung einer den Verhältnissen sinnvoll angepassten Versickerungsanlage und deren Dimensionierung sind weitere Beratungen notwendig.







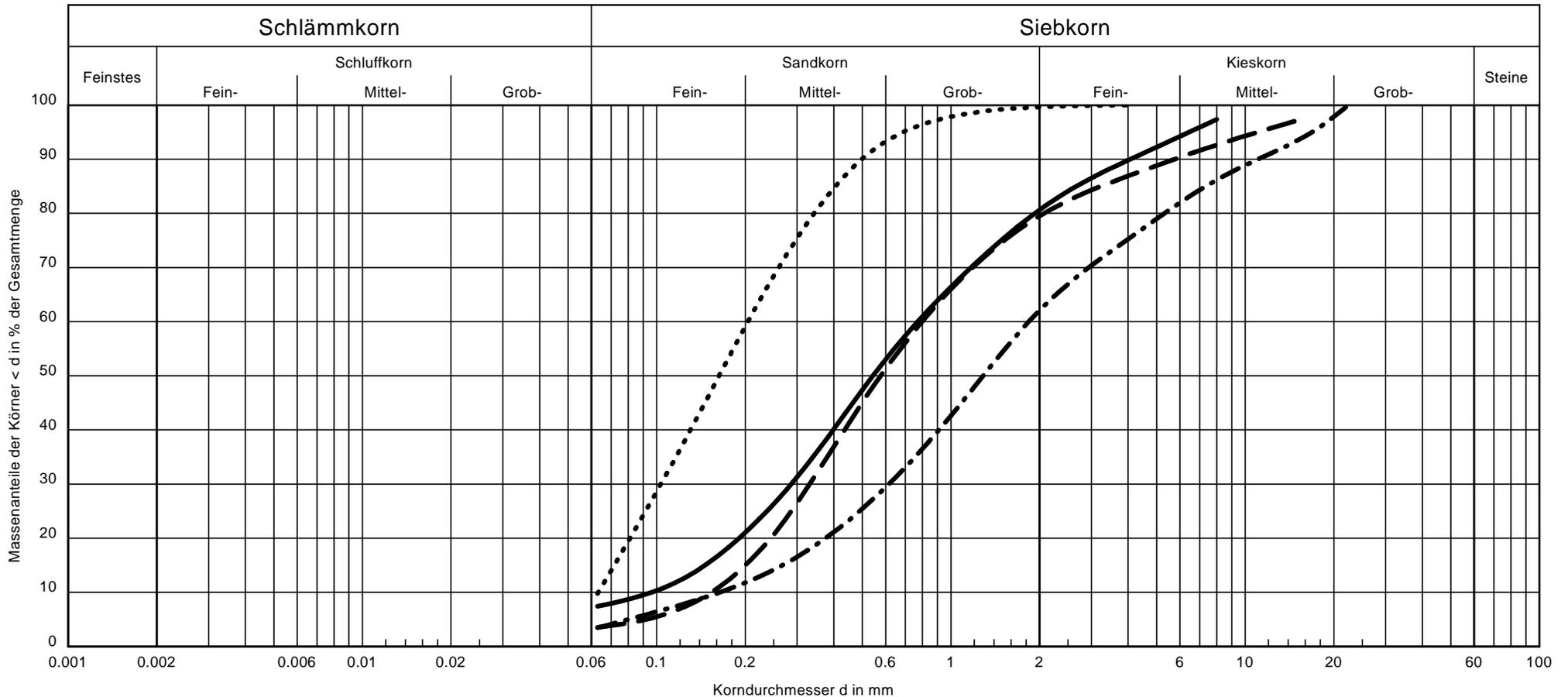
# Körnungslinie

Überplanung der Hofstelle Siemens  
in 21516 Müssen, Dorfstraße 11

Probe entnommen am: 04.05.+05.05.2020

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Nasssiebung n. DIN 18 123-5



|                                    |                             |                       |                               |                               |                                                                                                                                     |                                 |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Signatur:                          |                             |                       |                               |                               | Bemerkungen:<br>Der k-Wert (Wasserdurchlässigkeit) wurde rechnerisch n. Beyer aus der Körnungskurve ermittelt und in m/s angegeben! | Anlage:<br>2<br>zu:<br>B 288920 |
| Bodenart n. DIN 4022:              | Sand-Schluff-Gemisch, g [A] | Fein- bis Grobsand, g | Fein- bis Grobsand, $\bar{g}$ | Fein- und Mittelsand, u', gs' |                                                                                                                                     |                                 |
| Bodengruppe n. DIN 18196:          | A[SU]                       | SE                    | SW                            | SU                            |                                                                                                                                     |                                 |
| Frostempfindlichk. n. ZTVE-StB 17: | F1                          | F1                    | F1                            | F1                            |                                                                                                                                     |                                 |
| Entnahmestelle/-tiefe:             | 1/ 1,0-1,8m                 | 2/ 0,8-1,7m           | 3/ 0,6-1,7m                   | 3/ 2,0-3,3m                   |                                                                                                                                     |                                 |
| k-Wert:                            | $7.4 \cdot 10^{-5}$         | $1.9 \cdot 10^{-4}$   | $1.9 \cdot 10^{-4}$           | $3.6 \cdot 10^{-5}$           |                                                                                                                                     |                                 |



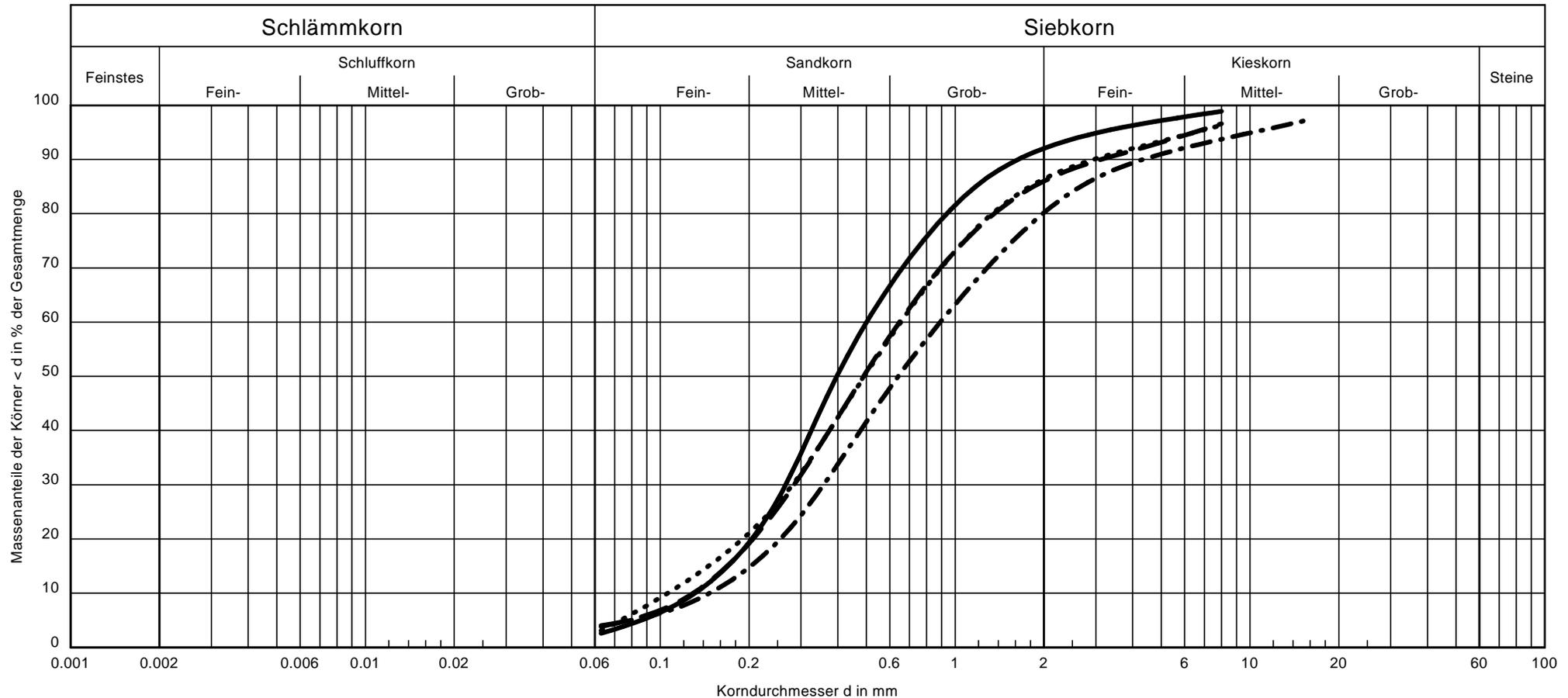
# Körnungslinie

Überplanung der Hofstelle Siemens  
in 21516 Müssen, Dorfstraße 11

Probe entnommen am: 04.05.+05.05.2020

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Nasssiebung n. DIN 18 123-5



|                                    |                        |                        |                       |                        |                                                                                                                                     |                                 |
|------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Signatur:                          |                        |                        |                       |                        | Bemerkungen:<br>Der k-Wert (Wasserdurchlässigkeit) wurde rechnerisch n. Beyer aus der Körnungskurve ermittelt und in m/s angegeben! | Anlage:<br>3<br>zu:<br>B 288920 |
| Bodenart n. DIN 4022:              | Fein- bis Grobsand, g' | Fein- bis Grobsand, g' | Fein- bis Grobsand, g | Fein- bis Grobsand, g' |                                                                                                                                     |                                 |
| Bodengruppe n. DIN 18196:          | SE                     | SE                     | SI                    | SW                     |                                                                                                                                     |                                 |
| Frostempfindlichk. n. ZTVE-StB 17: | F1                     | F1                     | F1                    | F1                     |                                                                                                                                     |                                 |
| Entnahmestelle/-tiefe:             | 5/ 0,8-2,0m            | 7/ 1,1-4,2m            | 8/ 1,3-3,8m           | 9/ 0,5-3,4m            |                                                                                                                                     |                                 |
| k-Wert:                            | $1.5 \cdot 10^{-4}$    | $1.3 \cdot 10^{-4}$    | $1.7 \cdot 10^{-4}$   | $9.0 \cdot 10^{-5}$    |                                                                                                                                     |                                 |