



Geo - Rohwedder

Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH

Geopathologie

UMWELTECHNIK

INGENIEURBAU

ERD- UND GRUNDBAU

ERDBAULABOR

BODENMECHANIK

BEWEISSICHERUNG

Gartenstraße 23
25767 Albersdorf

Zum Fliegerhorst 47
25980 Sylt / OT Tinum

Tel.: 04835 - 94 00
Fax: 04835 - 94 20
Mobil: 0170 - 209 45 80

E-mail:
GEO.Rohwedder@t-online.de
www.geo-rohwedder.de

Beratender Ingenieur VDI

Mitglied im Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK)
International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering
Von der Industrie- und Handelskammer zu Flensburg öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für:
Spezialtiefbau, Erd- und Grundbau sowie Bodenmechanik

Albersdorf - Sylt - Fedderingen

Geotechnisches Gutachten

BV 283/19

Erschließung B-Plan

Flurstück 221 und 232

25774 Lunden

- Auftraggeber ⇒ **Gemeinde Lunden
- Der Bürgermeister -**

über:
**Amt KLG Eider
Der Amtsdirektor
Kirchspielschreiber-Schmidt-Str. 1
25779 Hennstedt**
- Geotechnisches Gutachten ⇒ **Geo-Rohwedder
Ingenieurbüro für Spezialtiefbau
und Geotechnik GmbH
Gartenstraße 23
25767 Albersdorf**
- Aufgestellt ⇒ **Albersdorf, 17.12.2019
Ro/Lo**

Dieser Bericht umfasst 22 Seiten und 14 Blatt Anlagen
Der Bericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.
Auszugsweise Wiedergabe bedarf der Genehmigung des Verfassers.
Urheberschutzvermerk s. DIN 34

Inhaltsverzeichnis:

Seite:

1.	Veranlassung	4
2.	Baugrund	4
2.1	Baugrundaufbau	4 - 6
2.2	Wasser im Baugrund	6
2.3	Bodenmechanische Untersuchungen	6 - 7
2.3.1	Wassergehaltsbestimmungen	7
2.3.2	Raumgewichtsbestimmungen	7 - 8
2.3.3	Glühverlustbestimmungen	8
2.4	Homogenbereiche nach VOB Ergänzungsband	9
2.5	Bandbreiten charakteristischer Bodenkennwerte	10
3.	Erschließungsvorgaben	11
3.1	Straßenbau / Schachtbauwerke / Rohrleitungsbau	11 - 13
3.2	Vorgaben Wohnungsbau	13 - 15
3.2.1	Baugrubendurchführungen für Wohngebäude	15 - 16
4.	Technische Hinweise	16
4.1	Gründung von Rohrleitungen	16
4.2	Fundamentabtreppungen	16
4.3	Baugrubendurchführung	17
4.4	Schadstoffgehalt im Boden	18
4.5	Parkflächen / Erschließungsstraßen	18
4.6	Beweissicherung	18
4.7	Gründung von Bewallungen / Lärmschutzwall	19
4.8	Abdichtungen gegen drückendes Wasser	19
4.9	Setzungsfreundliche Bauweise	19
4.10	Leistungsanschlüsse	19
4.11.	Abnahmen	20
5.	Zusammenfassung	21 - 22

Anlagen

1. Lageplan der Kleinrammbohrungen S1 bis S10/19
- 2.1 – 2.10 Profildarstellungen der Schichtenverzeichnisse
- 2.11 – 2.12 Legende

VORABZUG

1. Veranlassung

Die Gemeinde Lunden, vertr. d. Amt KLG Eider, der Amtsdirektor, 25779 Hennstedt, beabsichtigt nördlich Königsberger Straße resp. südlich Wollersumer Straße, die Erschließung des B-Planareal.

Hierbei handelt es sich um die Flurstücke 232 und 221, die durch einen Vorflutgraben voneinander getrennt sind. Die zur Urbanisierung avisierten Flächen werden zurzeit als landwirtschaftliche Weidekoppeln genutzt. Die Erschließung erfolgt über das Wohngebiet „Königsberger Straße“ und wird für Wohnhäuser in konventioneller Bauweise in 1- bis 2-geschossiger Bauart, erschlossen.

Zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung lagen keine Daten zu etwaig geplanten Fundamentabmessungen und Lasten vor sowie zu Absetztiefen etwaiger Rohrleitungen im Baugrund. Die in diesem geotechnischen Gutachten dargestellten Kennwerte und auch Vorgaben und Annahmen sind somit auf Grundlage aktueller Planungen zu überprüfen.

Die Geo Rohwedder GmbH wurde beauftragt, das Baugelände weiträumig durch 10 Stck. Kleinrammbohrungen zu untersuchen und hierauf basierend geotechnische Eckdaten für den Ausbau des Straßenbaus sowie der Möglichkeit zur Gründung von Wohnhäusern zu erarbeiten.

2. Baugrund

2.1 Baugrundaufbau

Die Untergrundsystematik in der Gemeinde Lunden, Kreis Dithmarschen, ist der Geo Rohwedder GmbH durch zahlreich vorausgegangenen Einzelbauvorhaben aus der unmittelbaren Nachbarschaftsumgebung im Grundsätzlichen bekannt. Des Weiteren ist die Systematik des Untergrundaufbaus aus geologischen Gründen durch Gewerbebauten überdies bekannt.

Die Diskussion der Verhältnisse des Bodenaufbaus beschränkt sich hier auf die zusammenfassende Wiedergabe der für die Erschließungsmaßnahme relevanten Daten.

Zur Präzisierung erkundete die Geo Rohwedder GmbH nach Maßgabe des Bauherrn weiträumig die Baugrundverhältnisse für die geplante Erschließungsmaßnahme. Diesbezüglich wurden insgesamt 10 Stck. Aufschlussbohrungen ausgeführt mit Erkundungstiefen von je 6 m unter vorhandenem Gelände.

Der als Anlage 1 beigefügte Übersichtsplan zeigt die Lage der bestehenden bzw. umliegenden Nachbargebäude sowie die Standorte der ausgeführten Baugrunderkundungen S1 bis S10/19. Die erbohrten Schichtenfolgen wurden in zeichnerischer Profilform auf den Anlagen 2.1 bis 2.10 dargestellt, während die dazugehörige Legende (Abkürzungen gem. DIN 4.022 T. 1 / DIN 4.023 ff.) ergänzend als Anlage 2.11 und 2.12 beigeheftet ist.

Die Ansprache des ausgetragenen Bohrgutes erfolgte nach DIN EN ISO 14.688 vor Ort und die geologische Einstufung nach regionalen Erfahrungen.

Gestörte Bodenproben der Güteklasse 3 – 4 wurden entnommen und in unserem geotechnischen Labor klassifiziert.

Aus den geführten Schichtenverzeichnissen geht hervor, dass die Deckschicht des untersuchten Geländeareals zunächst aus ortsüblichen Mutterböden besteht. Die Basis der humosen Deckschichten variiert entsprechend den geführten Schichtenverzeichnissen mit minimal 0,4 m und max. 0,6 m, gemessen ab jeweiligem Bohransatzpunkt.

Gem. dem Resultat unserer Bohrungen folgt ein marschüblicher Klei. Klei ist ein maritim sedimentiertes, organisch verunreinigtes Bodengefüge, das die übliche Bodenart in der Marsch darstellt. Lediglich im Umfeld der Aufschlussbohrung S6/19 (östlicher Erschließungsbereich Flurstück 221!) wurde unterhalb der eingangs beschriebenen Mutterböden ein weichplastischer Torf erkundet bis Kote 1,6 m. Ab diesen Tiefen folgt unterlagernd ein Wattsand.

Im übrigen Untersuchungsbereich wird der Klei durch organische Lagen gebändert bzw. steht der Klei mit einem erhöhten Anteil organischen Ursprungs an. Somit handelt es sich nachweislich um einen sog. „Darg“, der in sehr weicher resp. weich bis breiiger Zustandsform angetroffen wurde. Dieser so beschaffene Marschboden mit organischen Lagen wurde explizit nachgewiesen im Umfeld der Aufschlussbohrungen S4, S5, S7, S8, S9 und S10/19.

Erfahrungsgemäß können eingelagerte Torfe bzw. die Dargböden bereits auf kurzer Distanz merkliche Unterschiede in ihrer Schichtstärke aufweisen.

Die Basis des ersten Schluffhorizontes wurde eingemessen in Tiefen zwischen min. 1,5 m (S9/19) und max. 3,4 m im Nahbereich S3/19.

Unterhalb des ersten Kleihorizontes folgt ein enggestufter resp. intermittierend gestufter Feinsand. Dieser ortsüblich als "Wattsand" klassifizierte Sand jüngster Entstehungsgeschichte beschreibt anfänglich locker bis mitteldichte Lagerungen und wird lokal durch organische Lagen gebändert. Vereinzelt wurde auch ein erhöhter Anteil an Muschelbruch festgestellt.

Die Sande jüngster Entstehungsgeschichte wurden bei den Aufschlussbohrungen bis zum Teufenende (max. 6 m) nicht durchstoßen.

Die im Untergrund des Baugebietes verbreiteten verschiedenen Erdstoffe, wie schluffig-tonige bis stark organische Marschsedimente und nicht bindige Sande haben aufgrund ihrer unterschiedlichen Entstehung und Zusammensetzung ein ungleiches bodenmechanisches Verhalten; sie lassen sich wie folgt beurteilen:

Bei den ortsüblich als "Klei" bezeichneten Erdstoffen handelt es sich um sehr junge, nacheiszeitliche Sedimente der Nordsee. Im Baugebiet steht der geologisch nicht vorbelastete Klei teils aus einem Gemenge von Schluff und Ton, teils aber auch aus organischen sowie mehr oder weniger schluffigen Feinsanden an. Erfahrungsgemäß haben die organischen Kleisedimente einen stark erhöhten Wassergehalt.

Entsprechend diesem inhomogenen Aufbau weisen die Marschsedimente insgesamt erhebliche Unterschiede in ihren Tragfähigkeitseigenschaften aus. Die größte Zusammendrückbarkeit ist dabei den organischen Torfen / organischen Marschböden, zu eigen. Mit Zunahme des Feinsandgehaltes verringert sich die Zusammendrückbarkeit des Baugrundes.

Die erbohrte Baugrundformation repräsentiert den vorherrschenden Untergrundaufbau im Bereich der geplanten Erschließungsmaßnahme bis 6 m Tiefe.

Weitere Einzelheiten zum erbohrten Schichtenaufbau wie beispielsweise Lagerungsdichten sowie Konsistenzen bindiger Baugrundsichtungen können den beigefügten Anlagen 2 entnommen werden.

2.2 Wasser im Baugrund

Wasserspiegel wurden bei Ausführung der Kleinbohrungsarbeiten (Stichtage: 28.11. und 12.12.2019!) eingemessen in Tiefen ab ungünstig 0,3 m (S8/19) unter Terrain.

Allgemein ist in den humosen Deckschichten über dem als Stauhorizont wirkenden Marschboden mit dem Auftreten von Stau- und Schichtenwasser zu rechnen. Das Auftreten und die Intensität dieser Wässer sind stark jahreszeitlich bedingt und hängen von der Dauer und Stärke vorausgegangener Niederschläge sowie den örtlichen Abflussverhältnissen ab.

Bei starken Niederschlägen kann sich in den humosen Deckschichten oberhalb des gering wasserundurchlässigen Marschbodens örtlich und zeitlich begrenzt ein Anstieg des Stauwassers bis nahezu der vorhandenen / geplanten Geländeoberkante, ausbilden. Hierauf wird explizit aufmerksam gemacht.

Hingegen bei langanhaltenden Trockenperioden (Stichwort: Sommer 2018!) mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit Wasserstände unter 1 m Tiefe zu erwarten sind.

Im Zuge von Grundwasserschwankungen aufgrund der sehr geringen Wasserdurchlässigkeit der anstehenden Marschböden, kapillarer Steighöhen sowie Aushubentlastungen sind Schwankungen der gemessenen Wasserstände zu berücksichtigen. Überdies ist der Tidehub der Nordsee phasenverschoben gedämpft zu berücksichtigen, sodass von Seiten der Geo Rohwedder empfohlen wird, für Belange der Planung / Erdarbeiten einen Bemessungsgrundwasserstand (Stau- / Schichtenwassersituation!) ab vorhandener Geländeoberkante zu berücksichtigen mit einer Tiefenkote von:

- GW = -0,2 m unter vorhandener Geländeoberkante (GOK)

Weitere Einzelheiten zu den erbohrten Wasserständen sind in den Anlagen 2 enthalten.

2.3 Bodenmechanische Untersuchungen

Zur Beurteilung des Baugrundes standen der Geo Rohwedder GmbH eine große Anzahl von Sonderproben der Güteklasse 3 – 4 (gestörte Bodenproben) zur Verfügung, die während der Kleinbohrungsarbeiten entnommen wurden. Die Proben sind im Erdbaulabor durch den zuständigen Sachbearbeiter angesprochen worden und es wurde hierbei, falls es erforderlich war, die Ansprache des Bohrmeisters korrigiert.

An einigen charakteristischen Proben wurden bodenmechanische Versuche ausgeführt, um wesentliche Kennziffern zu ermitteln, die für die Beurteilung der geplanten Neubaugründung erforderlich sind.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden im Folgendem kurz beschrieben, ergänzt durch Erfahrungswerte der Geo Rohwedder GmbH.

2.3.1 Wassergehaltsbestimmungen

Der Wassergehalt w_n einer Bodenprobe ist das Verhältnis der Masse des im Boden vorhandenem Wassers, das bei einer Temperatur von + 105°C verdampft, zur Masse der trockenen Probe. Die Wassergehaltsuntersuchung dient ferner der Auskunft über die Verdichtbarkeit der Böden, deren Verdichtung von einem bestimmten Wassergehaltsbereich abhängt, über die Zustandsform bindiger Böden und über ihre Zusammendrückbarkeit und Tragfähigkeit. Es wurden daraufhin an zahlreichen Bodenproben der Güteklasse 3 – 4 Wassergehaltsbestimmungen durch Ofentrocknung, gem. DIN EN ISO 17.892-1:2015-03, durchgeführt. Hierbei wurden folgende Streubereiche festgestellt:

- **Klei**
(17 Stck. Einzelversuche) \Rightarrow 24,98 % $\leq w_n \leq$ 45,81 %
- **Darg**
(8 Stck. Einzelversuche) \Rightarrow 44,69 % $\leq w_n \leq$ 87,59 %
- **Torf**
(2 Stck. Einzelversuche) \Rightarrow 78,02 % $\leq w_n \leq$ 102,17 %

Aus diesen Einzelbefunden der Wassergehaltsbestimmungen geht sehr deutlich hervor, dass die erbohrte Baugrundsystematik mit zunehmender Teufe sehr weiche Zustandsformen beschreibt. Überdies kann anhand dieser bodenmechanischen Untersuchungen konstatiert werden, dass bereichsweise ein erhöhtes Setzungspotenzial gegeben ist. Insgesamt betrachtet bilden die tonigen und auch organischen Schluffe von weich bis breiiger Zustandsform einen Baugrund, der sich schon unter geringer Belastung erheblich zusammendrücken wird.

Die ermittelten Einzelbefunde der Wassergehaltsbestimmungen sind auf den Anlagen 2, höhengerecht links neben den jeweiligen Bohrprofilen, den entsprechenden Probeentnahmetiefen zugeordnet, dargestellt.

2.3.2 Raumgewichtsbestimmungen

Für alle grundbautechnischen und erdstatischen Berechnungen sind die verschiedenen Wichten von großer Bedeutung. Die Wichte eines Bodens ist die auf das Volumen bezogene Gewichtskraft.

Es wurden daraufhin im geotechnischen Labor der Geo Rohwedder GmbH die Wichten labormäßig bestimmt nach DIN EN ISO 17.892-2:2015-03. Hierbei wurden die Proben in vorwiegend weicher Zustandsform in die Versuchsparzellen eingebaut und folgende Streubereiche nachgewiesen:

- **Klei**
(7 Stck. Einzelversuche) $\Rightarrow 15,88 \text{ kN/m}^3 \leq \gamma_{n,k} \leq 16,04 \text{ kN/m}^3$

Die Einzelbefunde der Raumbewichtbestimmungen bestätigten die Bodenansprache der Geo Rohwedder GmbH in der Örtlichkeit bzw. führten zu geringen Korrekturen nach vorheriger Klassifizierung.

2.3.3 Glühverlustbestimmungen

Die stichprobenartig ermittelten Werte des Glühverlustes „GL“ gem. 18.128 sind im Einzelnen ebenfalls den beigefügten Anlagen 2, nämlich den jeweiligen Schichtenfolgen, zu entnehmen. Der Humusgehalt stellt den Gewichtsanteil der organischen Bestandteile eines Bodens an seiner Trockenmasse dar.

Organische Bestandteile binden viel Wasser, erhöhen dadurch den Porenanteil und verschlechtern die Verformungs- und Festigkeitseigenschaften des Bodens bereits bei geringen Anteilen.

Im geotechnischen Labor der Geo Rohwedder GmbH wurde daraufhin explizit das Umfeld S6/19, nämlich der oberflächennah anstehende Torf, näher untersucht. Die hierbei gewonnenen Einzelbefunde lauten:

- **Torf**
(2 Stck. Einzelversuche) $\Rightarrow 11,28 \% \leq V_{GL} \leq 15,57$

Nach DIN 4.022 resp. DIN EN ISO 14.688-2 können die untersuchten Böden als mittelorganisch dargestellt werden. Es handelt sich somit nachweislich um einen stark humosen Baugrund.

Die gewonnenen Einzelbefunde der Glühverlustbestimmungen repräsentieren somit eine sehr stark organische Untergrundsituation, so dass hieraus ableitend eine sehr hohe Zusammendrückbarkeit dargestellt werden kann und somit ein geogenes Baugrundrisiko.

Die Einzelergebnisse können den entsprechenden Probeentnahmetiefen auf der Anlage 2.5 im Einzelnen entnommen werden.

2.4 Homogenbereiche nach VOB Ergänzungsband 2015 DIN 18.300 August 2015

Im August 2015 wurde die alte DIN 18.300, DIN 18.301 und DIN 18.319 zurückgezogen und jeweils durch die DIN 18.300: 2015-08, DIN 18.301: 2015-08 und die DIN 18.319: 2015-08 ersetzt.

Hierbei wurden die ehemals zugeordneten Bodenklassen nunmehr durch Homogenbereiche ersetzt.

Ein Vorschlag hinsichtlich der Zuordnung entsprechender Homogenbereiche wird wie folgt dargestellt, jedoch ohne Zusicherung auf Richtigkeit, dafür eine absolute richtige Zuordnung weitere / gezielte Baugrundaufschlussbohrungen erforderlich wären!

- **Homogenbereich A** ⇒ **Kulturboden / humose Deckschichten**
- **Homogenbereich B** ⇒ **Schluff / organischer Schluff**
- **Homogenbereich C** ⇒ **Torf**
- **Homogenbereich D** ⇒ **Sand**

2.5 Bandbreiten charakteristischer Bodenkennwerte (cal.-Rechenwerte)

Auf der Grundlage unserer Bodenansprache der im Zuge der Bohrarbeiten entnommenen Bodenproben und der ausgeführten Laboruntersuchungen sowie unter Berücksichtigung unserer regionalen Erfahrungen, können in erdstatischen Berechnungen die nachfolgend aufgeführten charakteristischen Bodenkennwerte, unter Einbeziehung des jeweiligen Sicherheitsbeiwertes gem. DIN EN 1.997-1, wie folgt in Ansatz gebracht werden (bei den bindigen und organischen Böden handelt es sich um Kennwerte im konsolidierten Zustand!):

Bodenart	Raumgewicht		Scherfestigkeit	Kohäsion	Steife-modul
	natürlich	unter Auftrieb			
	γ_k kN/m ³	γ'_k kN/m ³	ϕ'_k (Altgrad)	c'_k kN/m ²	E_{sk} MN/m ²
Mutterboden	Für bautechnische Zwecke nicht geeignet				
Auffüllung	Für bautechnische Zwecke nicht geeignet				
Klei, steif	16	6	17,5	5	≤ 1,2
Klei, weich-steif	16	6	17,5	5	≤ 0,8
Klei, weich	16	6	16	4	≤ 0,4
Darg, weich	12	3	15	5	≤ 0,4
Torf, weich	11	1	13	5	≤ 0,4
Mudde, weich Faulschlamm	13	3	20	6	≤ 0,5
Mudde, breiig Faulschlamm	12	2	16	5	≤ 0,5
Sand holozän, mineralisch rein, locker	18	10	30	./.	< 10
Sand, holozän, mineralisch rein, locker bis mitteldicht	18	10	31	./.	12 - 15
Sand, holozän, mineralisch rein, mindestens mitteldicht	18	10	32	./.	25
Sand, holozän, mineralisch rein, mitteldicht bis dicht	18	10	33	./.	30
Ersatzboden, kornabgestufter Füllsand, verdichtet auf mindestens 100 % der einfachen Proctordichte	19	11	35	./.	≤ 40

3. Erschließungsvorgaben

3.1 Straßenbau / Schachtbauwerke / Rohrleitungsbau

Die durchgeführten Baugrunderkundungsbohrungen und die hierauf basierenden bodenmechanischen Laborbefunde der Geo Rohwedder GmbH haben ergeben, dass im Bereich des geplanten Erschließungsareals, Flurstück 232 und 221, der in der Marsch übliche Kleiboden anstehend ist.

Bei Belastung des Untergrundes durch ein Bauwerk einschl. Last aus zusätzlichen Bodenschüttungen kann dieses einerseits durch unzulässig große Setzungen und zum Anderen infolge Grundbruch gefährdet sein.

Setzungen entstehen im Wesentlichen dadurch, dass die vom Fundament in den Untergrund eingeleiteten Lasten die Bodenschichten zusammendrücken. Bindige Erdstoffe (hier Klei) geben dabei einen Teil des Porenwassers ab.

Grundbruch ist darauf zurückzuführen, dass die Scherfestigkeit (Reibung und Kohäsion) des in der Gründungsebene anstehenden Erdstoffes längsgekrümmter Gleitflächen überschritten wird; es kommt dann zu einem raschen seitlichen Ausweichen von Bodenpartien unter den Fundamentkörpern bzw. Bauwerken.

In der Regel bestehen zwischen Grundbruch- und Setzungsverhalten eines Baugrundes keine festen Beziehungen. Besonders bei Vorkommen setzungsempfindlicher Erdstoffe (Klei / Darg / Torf!) müssen alle Einflüsse gesondert betrachtet werden.

Der im Einzelnen nicht immer exakt erfassbare Wechsel von Schichtabschnitten mit unterschiedlichem Setzungsverhalten innerhalb der schluffig-tonigen Kleihorizonte samt Übergänge in veränderlich mächtige Feinsandlagen, erschweren die Voraussage von Bauwerkssetzungen sowie deren zeitlichen Verlauf außerordentlich; sie lassen sich nur in ihrer allgemeinen Größenordnung aufzeigen mit ca. $\pm 50\%$ Abweichung.

Der Rohrleitungsbau kann generell in konventioneller Bauweise geplant und auch praktiziert werden, sodass bei gewissenhaften Wasserhaltungsmaßnahmen, die dem jeweiligen Baufortschritt vorauseilend vorzusehen sind, keine größeren Gründungsprobleme zu erwarten sind. Hierbei kann es notwendig werden, dass nach Erreichen der jeweiligen Gründungstiefen der notwendige Bettungssand von Rohrleitungen mit $d \geq 30$ cm eingebracht werden muss.

Überdies kann in Bereich weichplastischer Schluffe der Einsatz von Geotextilien notwendig werden. Im Bedarfsfall sollte ein einschichtiger, mechanisch verfestigter Vliesstoff der Geotextilrobustheitsklasse GRK 4 mit einem Flächengewicht von wenigstens $A_G \geq 280$ g/m² verwendet werden, auf dem ein $d \sim 30 - 40$ cm mächtiger Bettungssand im verdichteten Zustand aufgebracht wird.

Die Herstellung von Schmutz- und Regenwasserleitungen kann bei Aushubtiefen bzw. Gründungstiefen bis ca. 2 m Tiefe im Schutze eines Normverbaus entsprechend DIN 4.124 oder anderer bauaufsichtlich zugelassener Verbauelemente erfolgen.

Tiefere Gräben sind zu böschten oder zu verbauen. Wird geböscht, so ist ohne rechnerischen Standsicherheitsnachweis gem. DIN 4.084 ein Böschungswinkel von $\beta \leq 45^\circ$ einzuhalten.

Bei größeren Baugruben / Schachtbauwerken ist generell ein Verbau vorzusehen (z. B. Krings-Verbau). Für die Herstellung und Verfüllung von Kanal- und Leitungsgräben sind die Richtlinien der DIN 4.124 der ZTVE-StB 09 und der ZTVA-StB 07 zu beachten. Sollte dennoch frei geböscht werden, so sollte auf halber Höhe eine Berme (Breite $\geq 1,5$ m) vorgesehen werden, um abrutschendes Erdmaterial aufzufangen.

Für Maßnahmen des Straßenbaus wird empfohlen, die humosen Deckschichten auszuräumen. Danach sollte ein Geotextil (z. B. Kombinationsgewebematte!) flächenhaft ausgelegt werden und hierauf eine $d \geq 30$ cm mächtige Frostschuttschicht (FSS). Auf Oberkante Frostschuttschicht ist ein Verformungsmodul mittels statischen Lastplattendruckversuch gem. DIN 18.134 nachzuweisen von mindestens:

- $E_{V2} \geq 100 \text{ MPa}$

Nach positivem Ausgang der Verdichtungsüberprüfungen ist hierauf wiederum eine mineralische Tragschicht oder Schottertragschicht aus dem Körnungsbereich 0-45 mm (alternativ 0-32 mm) im verdichteten Zustand aufzubauen in einer Mächtigkeit von $d \geq 35$ cm in Anlehnung an die RStO 12. Auf Oberkante Tragschicht (STS) ist in der maßgebenden Zweitbelastung mit dem statischen Lastplattendruckversuch ein Verformungsmoduli nachzuweisen von mindestens:

- $E_{V2} \geq 140 \text{ MPa}$

Im Übrigen gilt bei Flachgründung über den schluffig-tonigen Kleiablagerungen zu berücksichtigen, dass die Zusammendrückung des wassergesättigten Kleiuntergrundes ein Prozess ist, der über einen Zeitraum von vielen Jahren bis Jahrzehnten anhalten wird.

Des Weiteren wird unbedingt empfohlen, aufgrund der erbohrten Untergrundsystematik und den hiermit festgestellten Wasserverhältnissen für die Erschließungsmaßnahme bei Bedarf eine Kofferbettdrainage im Bereich von Straßenkörpern unbedingt zu berücksichtigen. Diese relativ oberflächennah auszuführende Kofferbettdrainage sollte einen Mindestdurchmesser besitzen $DN \geq 100$ mm, bestehend aus einem Vollsickerrohr.

Zu diesem wichtigen Thema können bei Bedarf fachübergreifende Gespräche veranlasst werden.

Infolge der geringen Wasserdurchlässigkeit der Schluff-Ton-Böden und der daraus resultierenden langsamen Konsolidierungsgeschwindigkeit wird der Endsetzungsbetrag erst nach einem Zeitraum von vielen Jahren eingetreten sein. Im Augenblick erster Lastaufbringungen werden die in den Untergrund eingeleiteten Spannungen noch weitgehend vom Porenwasser aufgenommen und erst allmählich unter Abgabe überschüssigen Wassers zunehmend auf das Korngerüst abgetragen. Nach Abschluss des Konsolidierungsvorganges infolge Auspressen von Porenwasser (sog. "primäre Setzungen"!) können sich zudem aus einem als "sekundäre Setzungen" bezeichneten Umlagerungsprozess der einzelnen Bodenpartikelchen weiterhin geringe Setzungen in der Größenordnung von wenigen Millimetern pro Jahr einstellen.

Die Urbanisierung der einzelnen Grundstückspartellen sollte nur unter Vorauseilung gewissenhafter Wasserhaltungsmaßnahmen vorgenommen werden, die den örtlichen Gegebenheiten anzupassen sind. Ggf. sollten geschlossene Wasserhaltungen bereichsweise praktiziert werden mit Vakuumeffekt. D. h., dass bei hinreichendem Vorlauf Tiefendrainagen eingefräst werden in Abständen untereinander von $e \leq 8$ m. Nach einer Beharrung von ca. 5 – 8 Tagen können somit die Erdarbeiten zur Baugrundertüchtigung aufgenommen werden, sodass die jeweiligen Gründungssohlen im „Trockenem“ erreicht werden. Bei der Bemessung der Baugruben sind die Empfehlungen (EAB 2006) sowie die DIN 4.085, zu beachten.

Die Grundwasserabsenkungsmaßnahmen sind dem jeweiligen Bodenaushub vorauseilend vorzuschalten und der Bodenaushub als Trockenaushub durchzuführen.

Wir weisen an dieser Stelle darauf hin, dass die Entnahme des Grundwassers und dessen Einleitung in die offene Vorflut genehmigungspflichtig ist und daher bei der zuständigen Wasseraufsichtsbehörde des Kreises Dithmarschen entsprechende wasserrechtliche Erlaubnis-Anträge zu stellen sind.

Des Weiteren wird empfohlen, aufgrund der erbohrten Grundwassersystematik hinreichende Abdichtungsmaßnahmen, gem. DIN 18.533-1: 2017-07, der jeweiligen Wohnhäuser vorzuhalten. Insbesondere auf die jeweiligen Abdichtungsbauarten erdberührter Bauteile wird aufmerksam gemacht sowie auf die Wassereinwirkungsklassifizierung W2-E – Drückendes Wasser. Stauwasser im Sinne dieser Norm liegt vor, wenn auf die Abdichtung in wenig wasserdurchlässigem Baugrund Sicker- oder Schichtenwasser einwirkt. Bei Sickerwasser kann die Einwirkung aus drückendem Wasser durch eine funktionsfähige Drainage nach DIN 4.095 verhindert werden, dann liegt W1.2-E vor. Grund- und Schichtenwasser darf nicht gedraint werden (s. DIN 4.095:1990-06, Fall c) und wirkt auf die Abdichtung als trockenes Wasser ein.

3.2 Vorgaben Wohnungsbau

Der gewachsene Kleiboden neigt in Verbindung mit Wasser bei dynamischen Beanspruchungen (z. B. Aufnahme der Erdarbeiten) zu größeren Störungen. Die gewachsenen Schluffe gehen von einer noch brauchbaren weich-steifen Konsistenz in eine weiche, evtl. sogar weich-breiige Konsistenz über. Da aufgeweichte Bodenschichten als Gründungsträger ungeeignet sind und durch verdichteten Füllsand (kornabgestufter Füllsand!) ersetzt werden müssen, sind die Erdarbeiten derart durchzuführen, dass größere Aufweichungen / Störungen unterbunden werden.

Im Bereich von Wohnhaus-Gründungen wird zunächst empfohlen - **vorbehaltlich der Bestätigung durch Baugrubenabnahmen, die durch die Geo Rohwedder GmbH zu veranlassen sind** -, ab vorhandener Geländeoberkante einen flächenhaften Abtrag zu praktizieren mit $A \sim 0,8 - 1$ m unter vorhandener Geländeoberkante.

Bei Erreichen dieser Aushubtiefen ist durch die Geo Rohwedder GmbH unbedingt eine Baugrubenabnahme zu veranlassen, um zum Einen die örtlich freigelegte Baugrundsituation flächenhaft in Augenschein nehmen zu können und zum Anderen die in diesem geotechnischen Gutachten vorausgesetzten Annahmen / Kennwerte / Empfehlungen abzugleichen bzw. die in der jeweiligen Tragwerksplanung zugrunde gelegten Bemessungswerte zu bestätigen. Hierbei kann nicht ausgeschlossen werden, dass Tieferschachtungen notwendig werden, nämlich dann, wenn in der vermeintlichen Aushubebene noch humose Deckschichten resp. sehr weiche Marschböden anstehen.

In diesem Zusammenhang wird darauf aufmerksam gemacht, dass nach Vorlage konkreter Planungsunterlagen bzw. Planungsfortschreibung weitere / gezielte Baugrundaufschlussbohrungen veranlasst werden sollten, um die in diesem geotechnischen Gutachten dargestellten Vorgaben zu bestätigen bzw. abzugleichen.

Für die Gründung von Wohnhäusern sind nach Planungsfortschreibung bzw. Parzellierung der jeweiligen Erschließungsflächen unbedingt weitere Baugrundaufschlussbohrungen zu veranlassen, die in Abhängigkeit der jeweiligen Gebäudekubatur durch mind. 4 Stck. Kleinrammbohrungen zu präzisieren sind. Dies wird unbedingt durch die erbohrte Baugrundsystematik begründet und sollte bei Planungsfortschreibung in einem interdisziplinären Gespräch verabschiedet werden.

Des Weiteren wird empfohlen, die Gründung der einzelnen Wohnhäuser den örtlichen Gegebenheiten anzupassen bzw. wird von Seiten der Geo Rohwedder GmbH angeregt, Oberkante Fertigfußboden (OK FFB) der jeweiligen Wohnhausgründungen mit mind. **+0,4 m** über künftigem Straßenniveau (Erschließungsstraße!) anzusiedeln, damit zum Einen auch langfristig im Gebrauchszustand auch größere Wasseransammlungen nahezu der Geländeoberkante langfristig unterbunden werden und zum Anderen ein größerer Grundwasserflurabstand geschaffen wird.

Nach Freigabe durch die Geo Rohwedder GmbH sollte zur Schaffung eines hinreichenden Widerlagers bzw. als Trennschicht zwischen freigegebenem Baugrund und aufzubauendem Ersatzbodenpolster ein kräftiges Geotextil (Kombinationsgewebematte!) mit einem Flächengewicht von wenigstens $A_G \geq 250$ g/m² (**Geotextilrobustheitsklasse GRK 4**) flächenhaft ausgelegt werden. Es ist ein einschichtiger, mechanisch verfestigter Vliesstoff gem. Merkblatt FGSV Geok E 2005 (Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien und Geogittern im Erdbau des Straßenbaus) zu verlegen. Die Überlappungsverluste sind einzurechnen und der Vliesstoff ist im Vor-Kopf-Einbau zu beschütten.

Nach der Herstellung der jeweiligen Aushubebene ist eine zeitnahe Verfüllung des Sohlbereiches bis zum Auflager der Sohlplatte vorzunehmen.

Der kornabgestufte Füllsand (**schluffarmer Sand der Bodengruppe SI oder SW nach DIN 18.196**) ist unter Berücksichtigung eines Druckausstrahlungsbereichs von $\alpha \leq 45^\circ$ nach außen zu verwenden.

Die Mächtigkeiten einzubauender Füllsande ist abhängig von mehreren Faktoren, wie beispielsweise der Witterung.

An dieser Stelle wird darauf aufmerksam gemacht, dass Konsistenzschwankungen unterlagernder Marschböden, die in größerer Tiefe und unterhalb des Wasserspiegels anstehen, im Untergrund verbleiben können, sofern die hierdurch ausgelösten Setzungen in Kauf genommen werden. Die möglichen Auswirkungen des vergrößerten Setzungsverhaltens können weitestgehend durch konstruktive Maßnahmen kompensiert werden.

Überdies wird obligat empfohlen, dass verstärkte Sohlplatten einzuplanen sind mit Mindeststärken von etwa $d \geq 22 - 24$ cm bzw. bei statischen Erfordernissen auch stärker.

3.2.1 Baugrubendurchführungen für Wohngebäude

Für die Ausführung der jeweiligen Wohngebäude wird empfohlen dafür Sorge zu tragen, dass unter den jeweiligen Fundamentsohlen gleichmäßige Baugrundverhältnisse geschaffen werden. D. h., dass die Wohnhäuser auf einer biegesteifen Sohlplatte praktiziert werden sollten und die außenliegenden Frostschrüzen nur von untergeordneter Bedeutung sind, sodass sie mit $b \geq 35$ cm auszuführen wären. Generell ist bei der Durchführung des Bodenaushubs die mechanische Beanspruchung durch Baugeräte sowie die Beanspruchung durch Witterungseinflüsse (Regen / Frost) des in der Aushubebene anstehenden Bodens zu vermeiden. Der Baugrund kann dadurch seine Tragfähigkeit verlieren. Gestörter Baugrund ist auszuheben und durch schlufffreien Ersatzboden (erdfeuchter Zustand) zu ersetzen auf mitteldichte-dichte Lagerungen.

Der Verdichtungserfolg ist nachzuweisen.

Unter Einhaltung der dargestellten Maßgaben wurde die Grundbruchsicherheit gem. EC 7 und dem nationalen Anhang DIN 1.054 (2010-2012) sowie der DIN 4.017 (2006-03) nachgewiesen.

Demzufolge können zunächst für Belange der Planung im Bereich von Wohnhäusern Sohl-druckwiderstände ausgeschöpft werden mit einem Wert von:

- $\underline{\sigma_{E,k}} \leq \underline{55 \text{ kN/m}^2}$

Sofern mit dem Teilsicherheitskonzept nach DIN EN 1.997 und DIN 1.054:2010-12 gearbeitet werden soll und der Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes (Bodenpressung) benötigt wird, kann der dargestellte Wert mit dem Faktor 1,4 multipliziert wird.

Ggfs. sind nach Planungsfortschreibung bzw. Parzellierung und der jeweiligen Tragwerksplanung Einzelnachweise erforderlich, sodass ggfs. lokal höhere Sohl-druckwiderstände ausgeschöpft werden können. Hierauf wird explizit aufmerksam gemacht.

In diesem Zusammenhang wird empfohlen, insbesondere im Nahbereich der ausgeführten Kleinrammbohrung S6/19, in dem nachweislich ein weichplastischer Torf bis Kote 1,6 m eingemessen wurde, diesen Baugrund vollständig auszuräumen sowohl für Belange des Wohnungsbaus (Wohnhäuser) als auch für Belange der Erschließungsstraße / Schachtbauwerke / Rohrleitungsbau. Hierauf wird explizit aufmerksam gemacht.

4. Technische Hinweise

4.1 Gründung von Rohrleitungen

Die durchgeführten Baugrunderkundungen haben ergeben, dass marschübliche Böden bis etwa 3,4 m anstehen sind.

Von der Geo Rohwedder GmbH wird diesbezüglich empfohlen, unter Praktizierung intensiver Wasserhaltungsmaßnahmen, die bereits unter Abschnitt 3.1 explizit und detailliert dargestellt worden sind, die Rohrleitungen innerhalb der Sande (Wattsande!) abzusetzen. Sollte dies nicht möglich sein, so ist unterhalb der jeweiligen Rohrleitungen ein mindestens $d \geq 40 - 50$ cm mächtiges Tragschichtenaufleger (Auflagerbettung!) bereichsweise zu gewährleisten unter Zuhilfenahme eines Geotextils, damit größere Setzungen auf ein unumgängliches Mindestmaß reduziert werden.

Voraussetzung für den Fortbestand der Tragfähigkeit des liegenden bindigen Baugrundes ist, dass dieser bei Aushub der Baugruben und während der Gründungsarbeiten nicht unnötig gestört wird. Oberflächlich gestörte Bodenpartien sind vor Einbau etwaiger Fundamente wieder intensiv zu verdichten oder ggfs. durch Magerbeton (Sauberkeitsschicht) zu ersetzen. Für den maschinellen Bodenabtrag ist sowohl für den Erdbau (Rohrleitungs- und Straßenbau) sowie für Gründungsmaßnahmen von Gewerbebauten stets ein Hydraulikbagger (mit Tieflöffleinrichtung und Grablöffel mit glatter Schneidkante) zu verwenden.

Keinesfalls darf hierfür ein Schaufellader auf Räderfahrwerk benutzt werden! Bei Einsatz eines solchen Gerätes bestünde die Gefahr, dass der Untergrund unnötig gestört wird (Radspuren / Störungen / usw.).

4.2 Fundamentabtreppungen

Wenn verschieden tief gegründete Fundamentbereiche nebeneinander liegen, so sind Fundamentabtreppungen unter $\alpha \leq 30^\circ$ zur Horizontalen erforderlich, damit an den Übergängen eine einwandfreie Abtragung der Lasten gewährleistet ist.

4.3 Baugrubendurchführungen

Bei Aufnahme der Erdarbeiten sind Wasserhaltungsmaßnahmen zu betreiben, die zum Einen als offene Wasserhaltungen und zum Anderen als geschlossene Wasserhaltungsmaßnahmen (Spüllanzen) einzuplanen bzw. auszuschreiben sind. Überdies sollte als Bedarfsposition die Ausführung von Tiefendrainagen ($t \geq 4$ m) in der Ausschreibung berücksichtigt werden. Für diese Position sind ggfs. Hindernisse durch Packlagen im Baugrund einzurechnen.

Durch den Rohrleitungsbau wird in bindigen Böden ein sog. "Trog" angelegt, in dem sich bei regenreichen Ereignissen ein Aufstau von Oberflächenwasser bis nahezu der Geländeoberkante einstellen kann. Die Abführung anfallenden Oberflächenwassers kann nur über den oberen Kleihorizont erfolgen. Es sind im vorliegenden Fall Bauhilfsdrainagen mit einem Nenndurchmesser von mindestens $D \leq 100$ mm einzuplanen, die quergeschlitzt sind. Drainagen sind von der Pumpenleistung her hinreichend zu dimensionieren, sodass bei Bedarf innerhalb offener Baugruben links und rechts neben den zu verlegenden Leitungen ein Drainagestrang ausgeführt werden kann. Die Drainagen sind mit einem Filterkies aus dem Körnungsbereich 2 – 8 mm (alternativ 1 – 3 mm) allseitig zu ummanteln mit einer Mächtigkeit von mindestens 25 cm. Die Drainagen sind einem tiefergesetzten Pumpensumpf zuzuführen, sodass über schwimmergesteuerte Tauchpumpen anfallendes Oberflächenwasser sicher abgeführt werden kann.

Werden die Erschließungsarbeiten im Herbst / Frühjahr aufgenommen, so ist der Einsatz von Tiefendrainagen vorrangig zu überprüfen. Ggfs. sollte mit der ausführenden Erdbaufirma sowie der Geo Rohwedder GmbH eine örtliche Begehung vorgenommen werden, um die Lage der einzufräsenden Drainagen genauer abzustimmen.

Überdies kann festgestellt werden, dass im Bereich von Schachtbauwerken bzw. für den Rohrleitungsbau partiell Spüllanzen um die Baugrube herum einzubringen wären. Der Einsatz ist jedoch durch den Sachverständigen festzulegen.

Es sind zunächst für die Herstellung der Baugruben Maßnahmen der offenen Wasserhaltung (wasserdurchlässige Flächenfilterschichten, filtersandummantelte Baugrubenhilfsdrainagen, Pumpensümpfe, schwimmergesteuerte Tauchpumpen, etc.) vorzusehen. Der Einsatz und der Umfang der im Einzelnen notwendigen Maßnahmen (offene Wasserhaltung / geschlossene Wasserhaltung / Einfräsen von Tiefendrainagen) hängt im Wesentlichen von den Witterungs- und Stauwasserhältnissen während der Bauzeit (Erschließungszeit) ab. Er sollte in der konkreten Situation nach Rücksprache mit der Geo Rohwedder GmbH festgelegt werden.

Es wird empfohlen, bei Planungsfortschreibung ein interdisziplinäres Gespräch zu dem Thema "Wasserhaltung" zu führen.

4.4 Schadstoffgehalt im Boden

Zur Bewertung des Schadstoffanteils im Boden wurden keine Untersuchungen beauftragt. Dennoch sind sämtliche Bodenschichtungen feinsensorisch beprobt worden. Dabei ist feststellbar, dass sowohl die Auftragsböden als auch die natürlichen Erdstoffe keine organoleptischen Auffälligkeiten hinsichtlich des Geruches und der Färbung erkennen lassen respektive keine Anomalien in der Bodenstruktur, sodass derzeit von unbelasteten Erdstoffen im gesamten Baufeld ausgegangen wird. Dementsprechend ist gesundes Arbeiten auf dem Baufeld möglich. Zur Verifizierung dieser Aussage wird angeraten, am dargestellten Aushubmaterial eine Deklaration nach LAGA M20 zur Aufzeigung möglicher Entsorgungswege vorzunehmen. Dabei ist eine Untersuchung je 500 m³ Haufwerk zu kalkulieren.

4.5 Parkflächen / Erschließungsstraßen

Für geplante Parkflächen / Zufahrtsstraßen / Umgehungsstraßen / Wendehammer / etc. sollte ein Aufbau der Tragschichten von wenigstens 65 – 70 cm, in Anlehnung an die ZTVT-StB (Fassung 2002) und ZTVE-StB 2009 resp. RStO 12, vorgenommen werden auf einem Geotextil. Auf den jeweiligen Tragschichten / Frostschutzsanden sind hinreichende Verformungsmoduli nachzuweisen mit dem stat. Lastplattendruckversuch gem. DIN 18.134. Die Verdichtung in den jeweiligen Kanaltassierungen / Bauabschnitten ist stets nachzuweisen, damit ein lückenloser Nachweis der Tragfähigkeiten attestiert werden kann.

Überdies sind je nach Streckenfertigstellung Verdichtungsüberprüfungen (Proctorentnahme und stat. Lastplattendruckversuche) in hinreichender Anzahl zu veranlassen, um die jeweils fertiggestellten Teilstrecken freigeben zu können zur Aufnahme der Oberflächenversiegelungen.

Der Einsatz und Umfang der im Einzelnen notwendigen Maßnahmen sollte in der konkreten Situation nach Rücksprache mit der Geo Rohwedder GmbH verifiziert werden.

4.6 Beweissicherung

Die Notwendigkeit einer möglichen Beweissicherung kann durch die Geo Rohwedder GmbH beim jetzigen Stand der Erkenntnisse nicht eindeutig abgeschätzt werden. Sie hängt u. a. von der Wahl der Baugeräte, den Witterungsverhältnissen, der Grundwasserabsenkungsmethode, dem Geräteeinsatz und weiteren Arbeitstechniken ab.

Es wird empfohlen, rechtzeitig vor Aufnahme der Erschließungsmaßnahme die Notwendigkeit eines Beweissicherungsverfahrens am angrenzenden Wohngebäuden sowie öffentlichen Einrichtungen wie beispielsweise Straßen / Gehwegen / öffentlichen Gebäuden zu überprüfen. Auf der Grundlage einer Beweissicherung können mögliche spätere Schadensansprüche eindeutig quantifiziert werden.

Mit der Durchführung des möglichen Beweissicherungsverfahrens sollte die Geo Rohwedder GmbH als öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger beauftragt werden. Umfang und Inhalt sollten rechtzeitig vor Baubeginn abgestimmt werden.

4.7 Gründung von Bewallungen / Lärmschutzwall

Bei einer evtl. geplanten Emissionsminimierung ist unter Berücksichtigung des "*Wirtschaftlichkeitsgebots*" eine Bewallung / Lärmschutzwallanlage mit anfallendem Aushubmaterial zu überdenken.

Eine mögliche Erdbewallung ist mit einer Böschungsneigung von ca. 1 : 2 herzustellen bei Ausführung standsicherer Böschungsneigungen. Im oberen Bereich wird eine ca. 20 cm mächtige Vegetationsdeckschicht (abzuschiebender Mutterboden) aufgebracht.

Zu diesem wichtigen Thema können bei Bedarf fachübergreifende Gespräche veranlasst werden.

4.8 Abdichtungen gegen drückendes Wasser

In diesem Zusammenhang wird, wie bereits unter Abschnitt 3.1 dargestellt, empfohlen, hinreichende Abdichtungsmaßnahmen gem. aktuellem Regelwerk DIN 18.533-1:2017-07, vorzuhalten.

Auf die Wassereinwirkungsklassifizierung W2/E/drückendes Wasser-, wird hingewiesen.

4.9 Setzungsfreundliche Bauweise

Angesichts der ermittelten Baugrundverhältnisse wird für die Herstellung zur Berücksichtigung setzungsfreundlicher Bauweisen geraten. Diese Maßgaben beinhalten u. a. verformungsfreundliche statisch bestimmte Bausysteme, die Ausführung von hinreichenden Bauwerksfugen, die gelenkige Ausführung der Ver- und Entsorgungsleitungen und weiteres.

4.10 Leitungsanschlüsse

Aus den dargelegten Gründen sind Setzungen und Setzungsdifferenzen nach Maßgabe des Konsolidierfortschritts unvermeidlich. Leitungsanschlüsse und sonstige Verbindungen bedürfen daher gelenkiger Lagerung, damit Schäden vermieden werden.

4.11 Abnahmen

Abnahmen durch die Geo Rohwedder GmbH sind zu veranlassen:

- **Nach Planungsfortschreibung, um die in diesem geotechnischen Gutachten vorausgesetzten Annahmen / Empfehlungen abzugleichen sowie der erbohrten Untersituation hinreichend Rechnung zu tragen,**
- **bei Aufnahme der Erdarbeiten für die eigentliche Erschließungsmaßnahme (Stichwort: Straßenbau / Rohrleitungsbau / etc.),**
- **zur Festlegung etwaiger Wasserhaltungsmaßnahmen bei Bedarf,**
- **zur Durchführung gezielter / weiterer Baugrundaufschlussbohrungen sowie Verifizierung der jeweiligen Gründungsmodalitäten,**
- **nach Abschluss von Verdichtungsmaßnahmen eingebrachter Ersatzböden und deren Freigabe zur Aufnahme etwaiger Fundamentarbeiten / Fortführung der Erdarbeiten,**
- **zur Durchführung eines Beweissicherungsverfahrens an benachbarten baulichen Anlagen**

5. Zusammenfassung

Für die Erschließungsmaßnahme B-Planareal nördlich Königsberger Straße in der Gemeinde Lunden, Kreis Dithmarschen sollte der Untergrund erkundet, beurteilt und eine Gründungsberatung erarbeitet werden. Hierzu erhielt das aufstellende Büro den Auftrag.

Sowohl am 28.11. als auch 12.12.2019 wurden durch die Geo Rohwedder GmbH im Bereich des Erschließungsareals auftragsgemäß weiträumig 10 Stck. Aufschlussbohrungen nach DIN EN ISO 22.475-1 bis zu einer Endtiefe von je 6 m, abgeteuft.

Die Gründung von Ein- und Mehrfamilienhäusern kann nach Ausräumen von oberflächennahen Deckschichten und dem Einsatz von Geotextilien unter einem Ersatzbodenpolster praktiziert werden. Einzelheiten hierzu sind dem Gutachten zu entnehmen.

Die jeweiligen Aushub- und Gründungssohlen baulicher Anlagen müssen nach DIN 4.020 durch die Geo Rohwedder GmbH abgenommen werden.

Aufgrund der vorangegangenen Nutzung des zu erschließenden Areals liegt kein Indiz für anthropogene Veränderungen im Baugrund vor, so dass zurzeit ein Verdachtsmoment für etwaige Verunreinigungen im Baugrund nicht vorliegt.

Im Zusammenhang mit den Erschließungsmaßnahmen werden Hinweise bei Aufnahme der Erdarbeiten für den Rohrleitungsbau / Straßenbau sowie vorläufige Detaildaten für die Erdarbeiten im Wohnungsbau dargestellt. Diese bedürfen unbedingt der Überprüfung und Verifizierung nach Vorlage von Detailplänen für Einzelbebauungen im Rahmen weiterer / gezielter Baugrundaufschlussbohrungen bzw. bei Planungsfortschreibung.

Mit der Ausführung von möglichen Grundwasserabsenkungsmaßnahmen können bereichsweise Risiken (z. B. Setzungsschäden an benachbarten Bauwerken etc.) auftreten, die derzeit nicht hinreichend genau eingeschätzt werden können. Generell empfehlen wir für den Rohrleitungsbau bzw. Baugrubenbereich von Schächten die Baugrubensicherung durch eine Spundwand- oder Bohlträgerverbau, in Verbindung mit einer temporären Wasserhaltung, z. B. KleinfILTERbrunnen, durchzuführen.

Die Grundwasserabsenkungsmaßnahmen sind dem jeweiligen Bodenaushub vorausgehend vorzuschalten und der Bodenaushub als Trockenaushub durchzuführen, damit ggf. mögliche Sandauspülungen aus den Verbaufugen unterbleiben.

Die Grundwasserhaltungsmaßnahmen sind ggf. gesondert zu planen und deren Auswirkungen auf benachbarte bauliche Anlagen hinsichtlich des sich einstellenden Absenktrichters zu beurteilen, so dass nach Planungsfortschreibung mit der Geo Rohwedder GmbH in einem interdisziplinären Gespräch bzw. mit allen am Bau beteiligten Personen die weitere Vorgehensweise zur hinreichenden Urbanisierung abgestimmt werden kann.

Die Auftriebssicherheit etwaiger Rohrleitungen und auch Schachtbauwerke ist im Endzustand unter Berücksichtigung des Bemessungswasserstandes gem. Abschn. 2.2 zu gewährleisten.

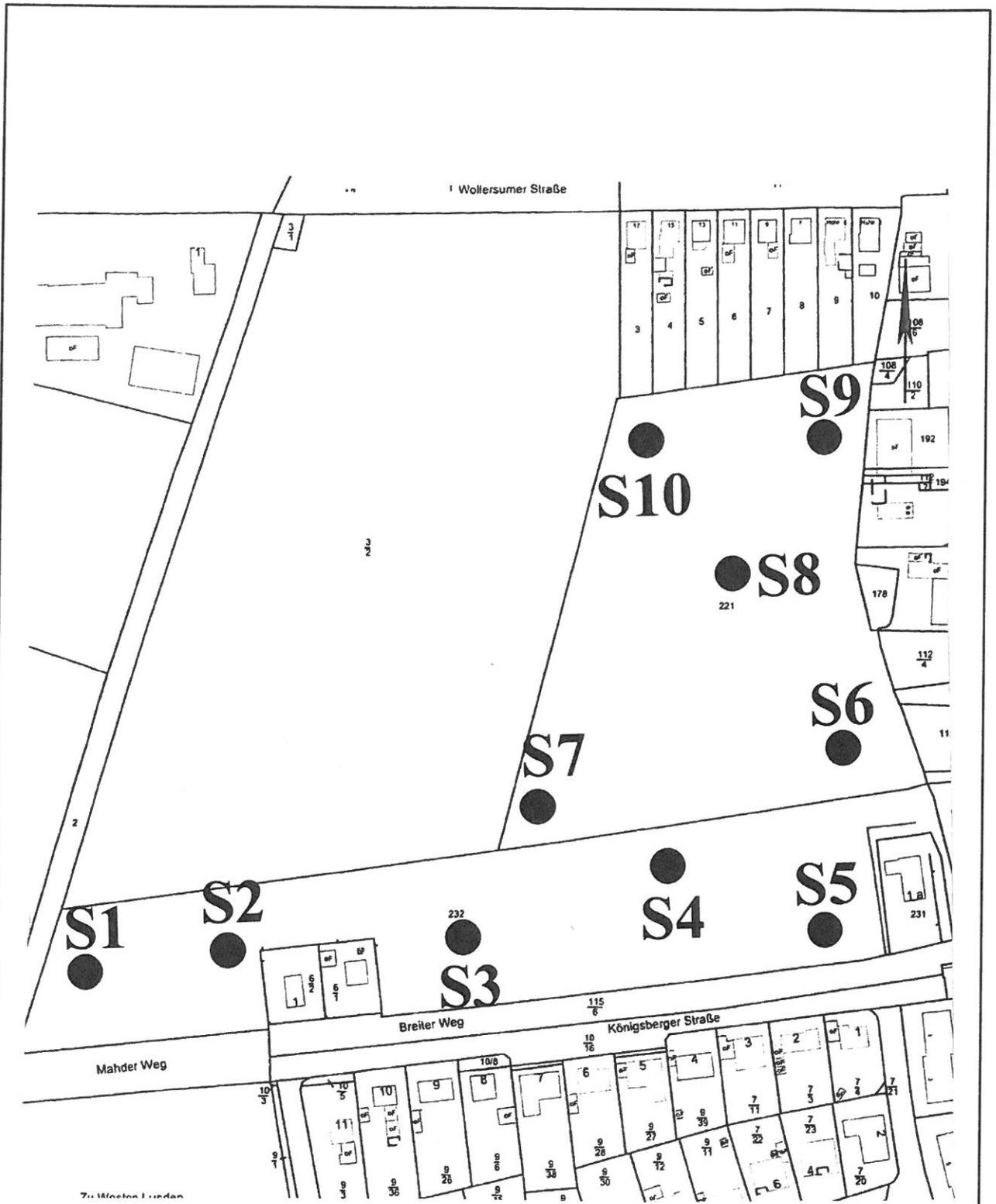
Aufgrund der erbohrten Wasserstände wird in diesem Zusammenhang auf das aktuelle Regelwerk der DIN 18.533-1:2017-07 - Abdichtung von erdberührten Bauteilen - Teil 1 „**Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze**“, hingewiesen. Insbesondere wird auf die Wassereinwirkungsklassifizierung / Rissklassifizierung / Raumnutzungsklassifizierung aufmerksam gemacht sowie auf die Verformungsklassifizierung nach DIN 18.533-1, Tabelle 9.

Für Rückfragen und weitere Beratungen, die bei Planungsfortschreibung unerlässlich erscheinen, stehen wir Ihnen weiterhin gern zur Verfügung.

Sachbearbeiter:

.....
Dipl.-Ing. P.-C. Rohwedder

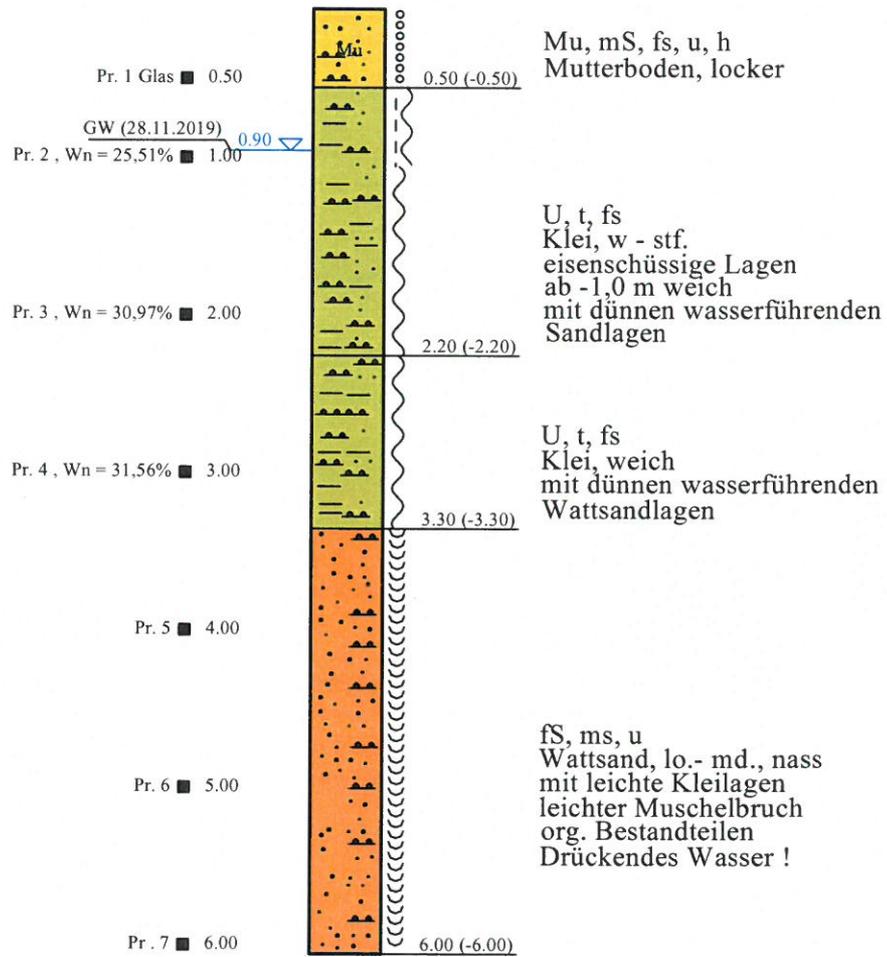
VORABZUG



<p>Geo Rohwedder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>Umweltechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80</p>	<p>Anlage 1</p>
<p>BV 283/19 Erschließung Flurst. 221 u. 232 in 25774 Lunden</p>		<p>Albersdorf, 13.12.2019</p>
<p>Lageplan der Kleinrammbohrungen S1 - S10/19</p>		

S1/19

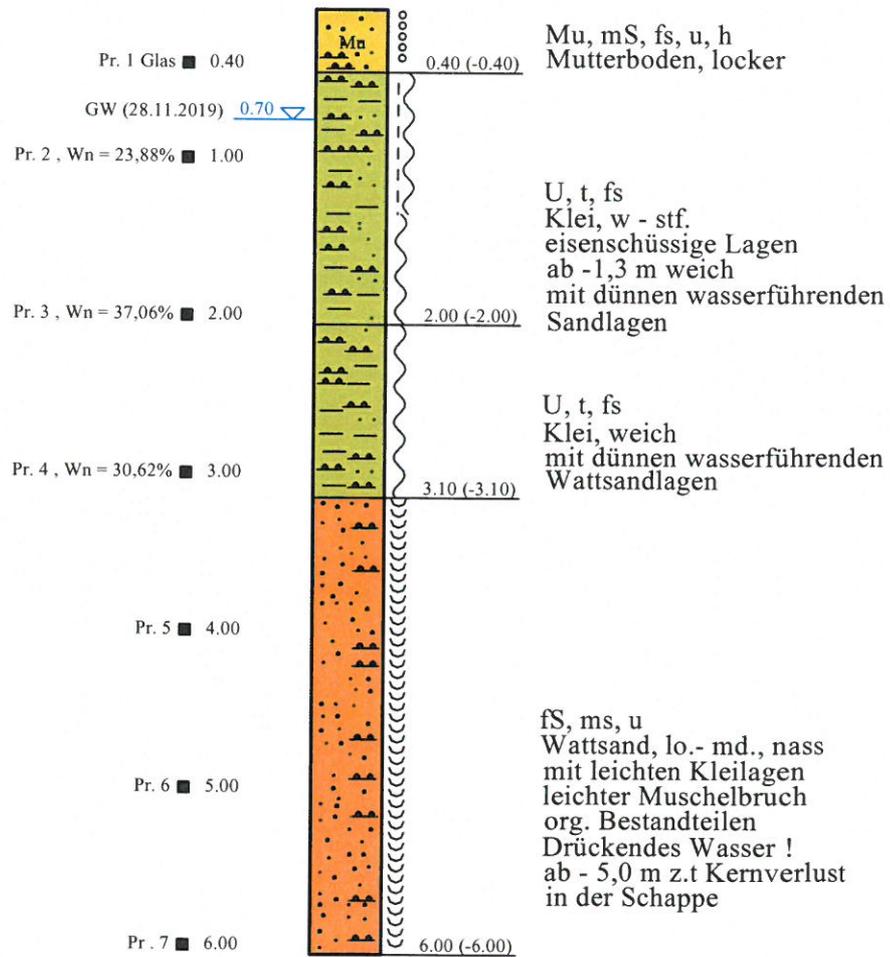
0,00 m GOK



<p>Geo Rohwedder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>Umweltechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80</p>	<p>Anlage 2.1</p>
<p>BV 283/19 Erschließung Flurst. 221 u. 232 25774 Lunden Kleinrammbohrung S1/19</p>		<p>Albersdorf, 13.12.2019 /Her</p>
<p>M. d. H.: 1 : 50 M. d. L.: ./.</p>		

S2/19

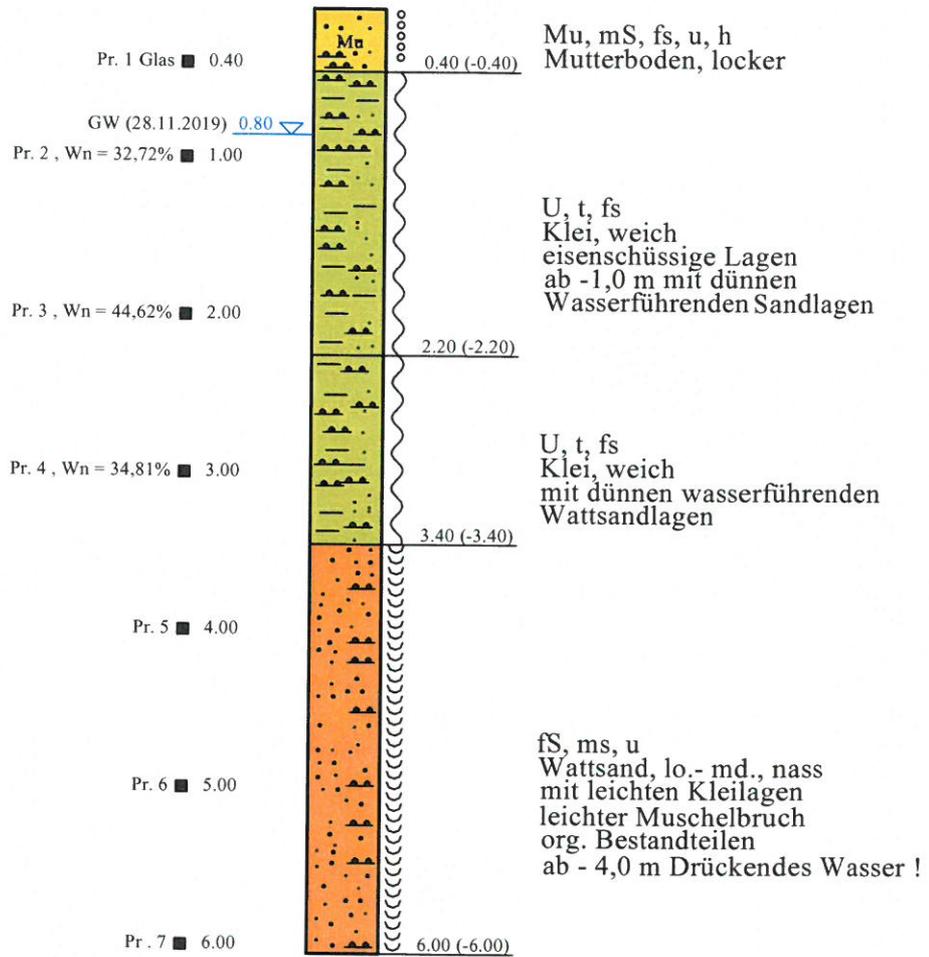
0,00 m GOK



<p>Geo Rohwedder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80</p>	<p>Anlage 2.2</p>
<p>BV 283/19 Erschließung Flurst. 221 u. 232 25774 Lunden Kleinrammbohrung S2/19</p>		<p>Albersdorf, 13.12.2019 /Her</p>
<p>M. d. H.: 1 : 50 M. d. L.: ./.</p>		

S3/19

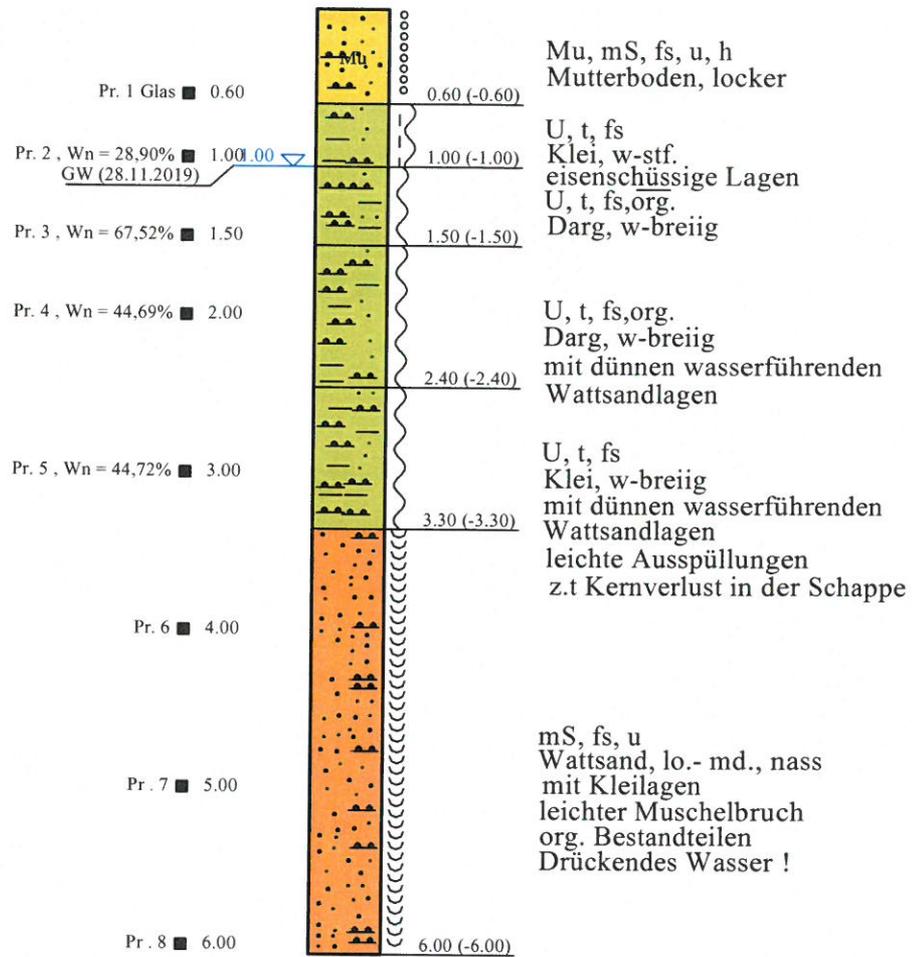
0,00 m GOK



Geo Rohwedder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80	Anlage 2.3 Albersdorf, 13.12.2019 /Her
	BV 283/19 Erschließung Flurst. 221 u. 232 25774 Lunden Kleinrammbohrung S3/19	
M. d. H.: 1 : 50 M. d. L.: ./		

S4/19

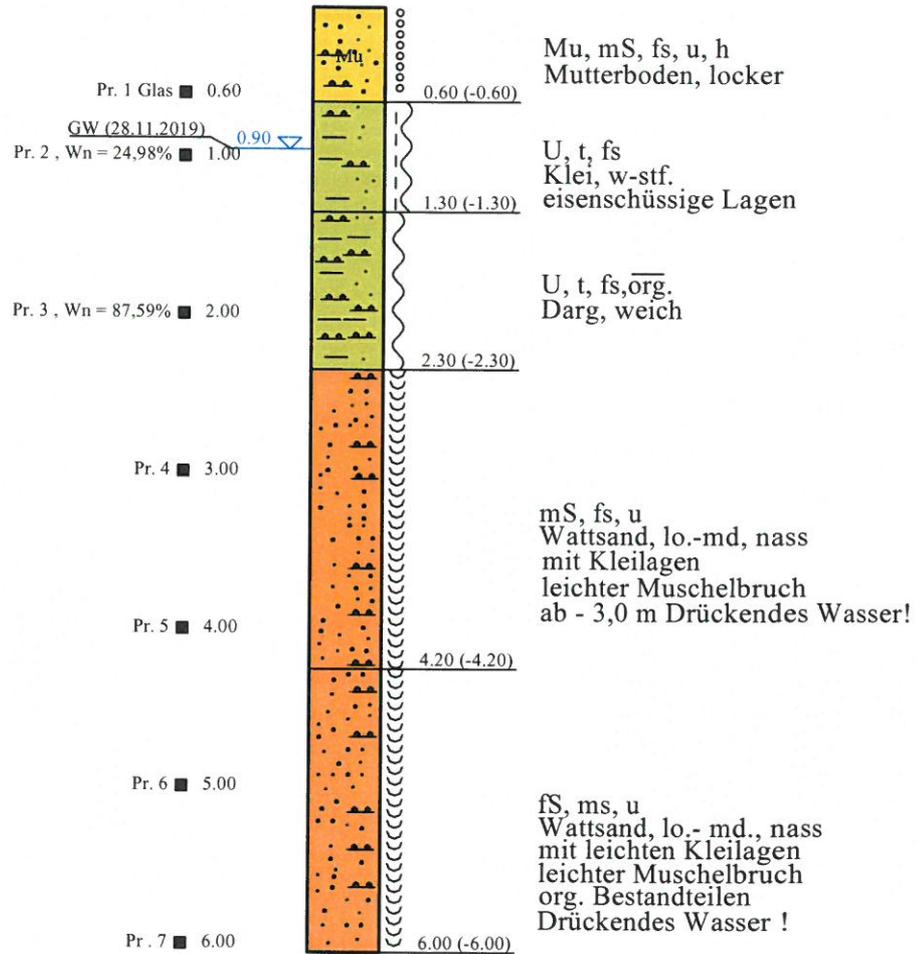
0,00 m GOK



<p>Geo Rohwedder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80</p>	<p>Anlage 2.4</p>
<p>BV 283/19 Erschließung Flurst. 221 u. 232 25774 Lunden Kleinrammbohrung S4/19</p>		<p>Albersdorf, 13.12.2019 /Her</p>
<p>M. d. H.: 1 : 50 M. d. L.: ./.</p>		

S5/19

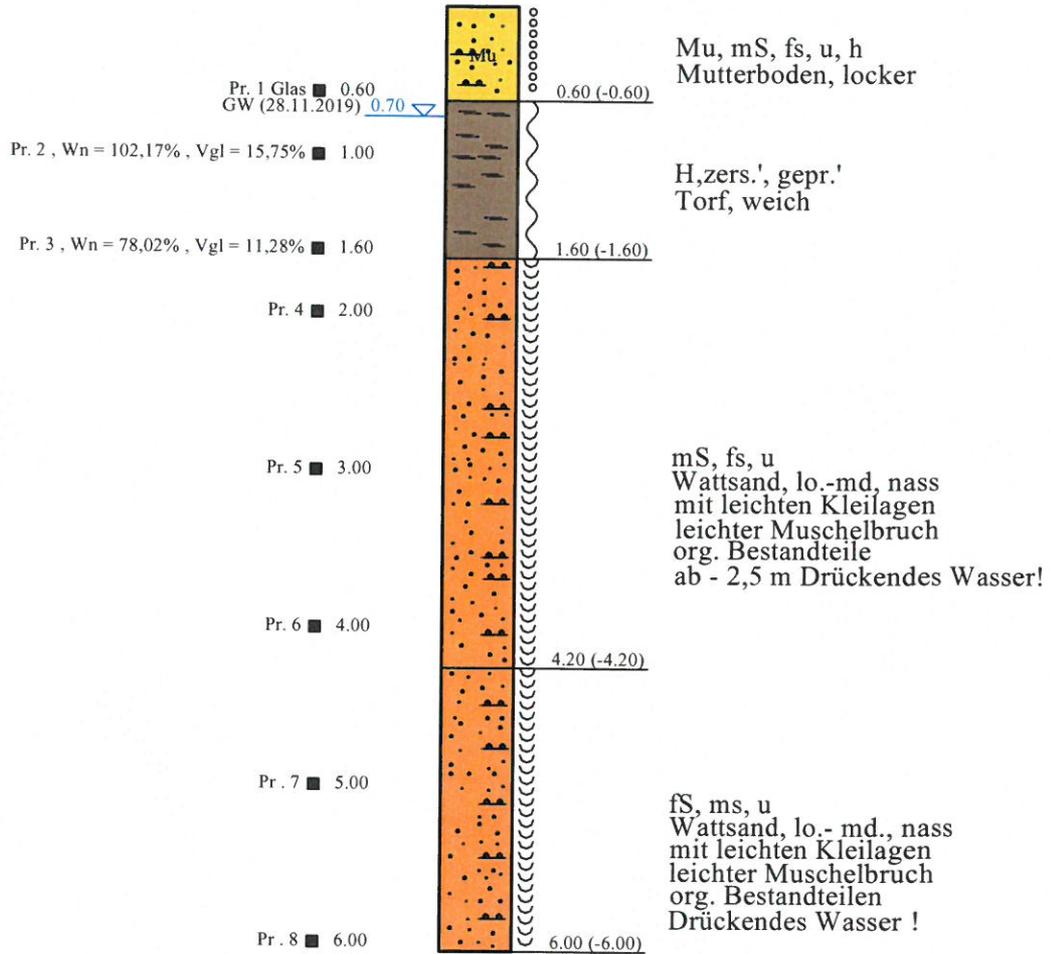
0,00 m GOK



<p>Geo Rohwedder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>Umweltechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80</p>	<p>Anlage 2.5</p>
<p>BV 283/19 Erschließung Flurst. 221 u. 232 25774 Lunden Kleinrammbohrung S5/19</p>		<p>Albersdorf, 13.12.2019 /Her</p>
<p>M. d. H.: 1 : 50 M. d. L.: ./.</p>		

S6/19

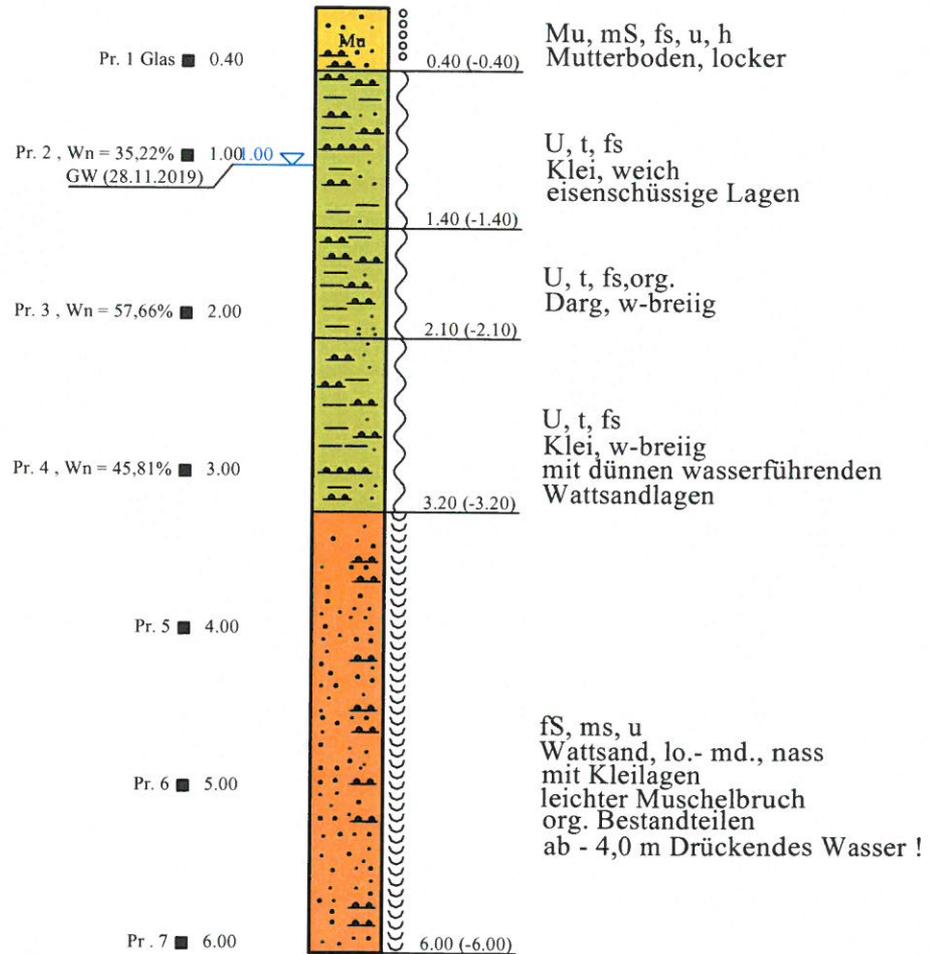
0,00 m GOK



<p>Geo Rohwedder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>Umweltechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80</p>	<p>Anlage 2.6</p>
<p>BV 283/19 Erschließung Flurst. 221 u. 232 25774 Lunden Kleinrammbohrung S6/19</p>		<p>Albersdorf, 13.12.2019 /Her</p>
<p>M. d. H.: 1 : 50 M. d. L.: ./.</p>		

S7/19

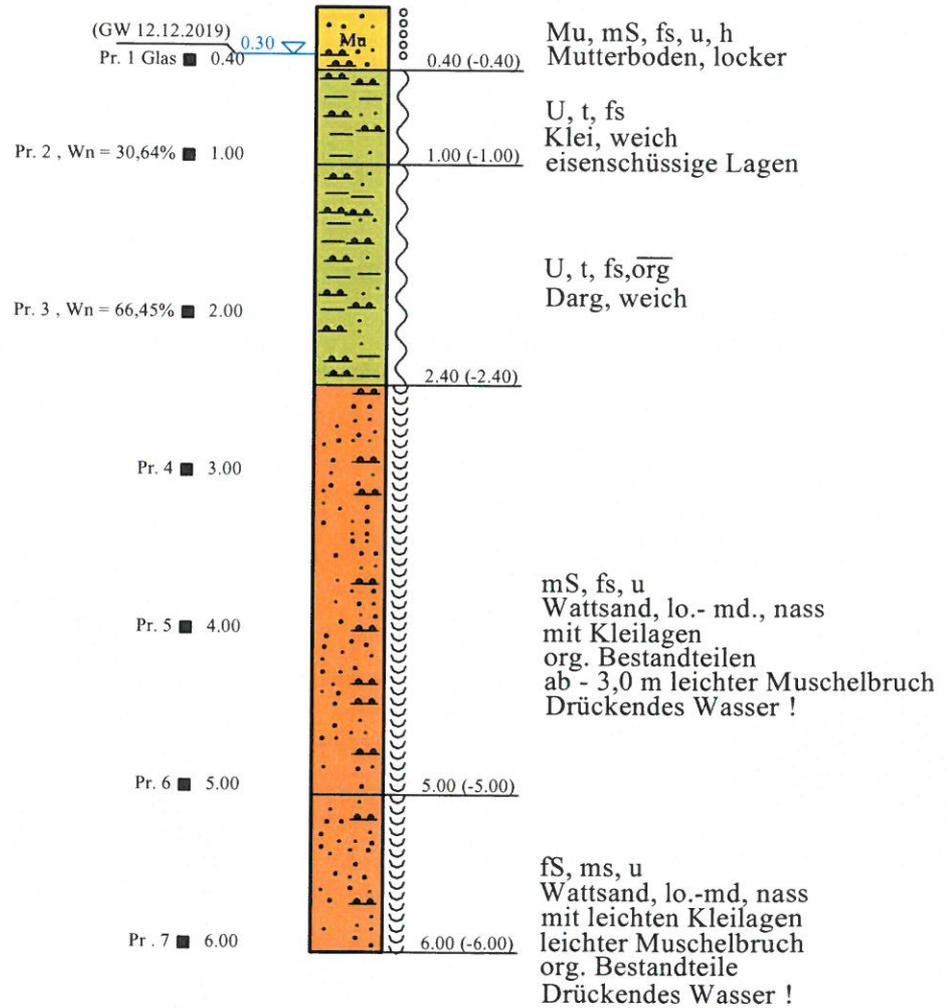
0,00 m GOK



<p>Geo Rohweder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80</p>	<p>Anlage 2.7</p>
<p>BV 283/19 Erschließung Flurst. 221 u. 232 25774 Lunden Kleinrammbohrung S7/19</p>		<p>Albersdorf, 13.12.2019 /Her</p>
<p>M. d. H.: 1 : 50 M. d. L.: ./.</p>		

S8/19

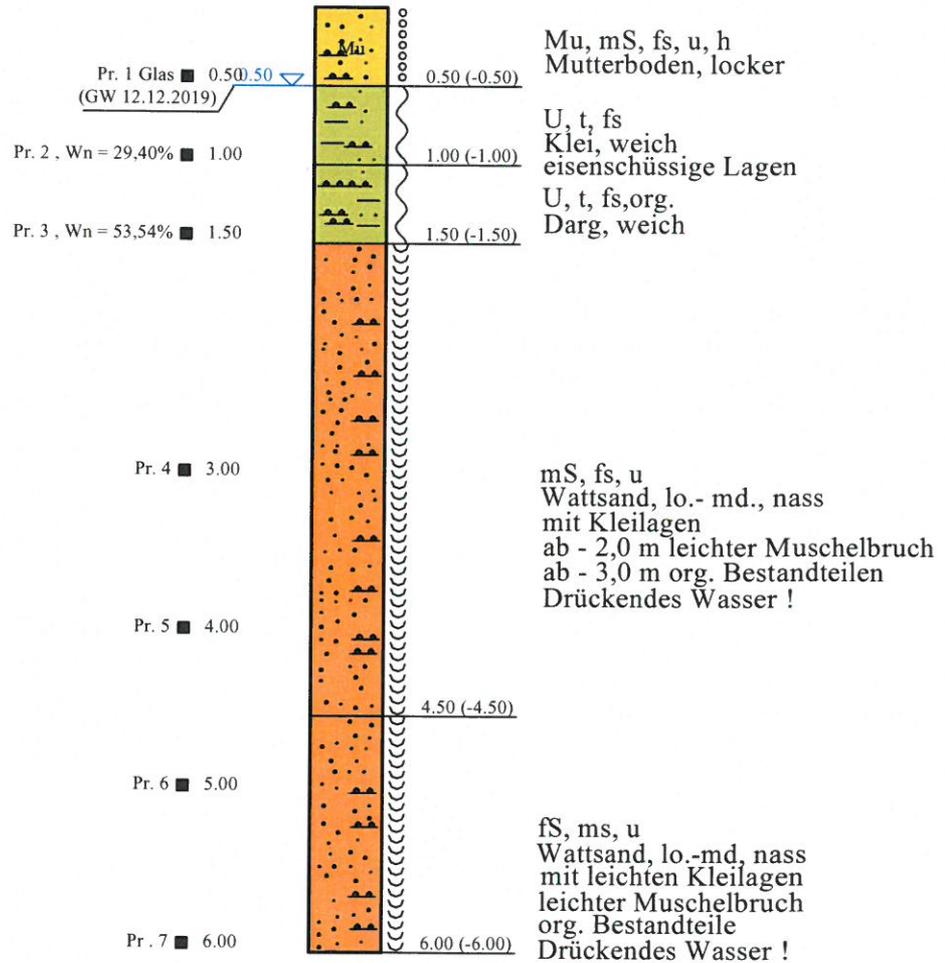
0,00 m GOK



<p>Geo Rohwedder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80</p>	<p>Anlage 2.8</p>
<p>BV 283/19 Erschließung Flurst. 221 u. 232 25774 Lunden Kleinrammbohrung S8/19</p>		<p>Albersdorf, 13.12.2019 /Her</p>
<p>M. d. H.: 1 : 50 M. d. L.: ./.</p>		

S9/19

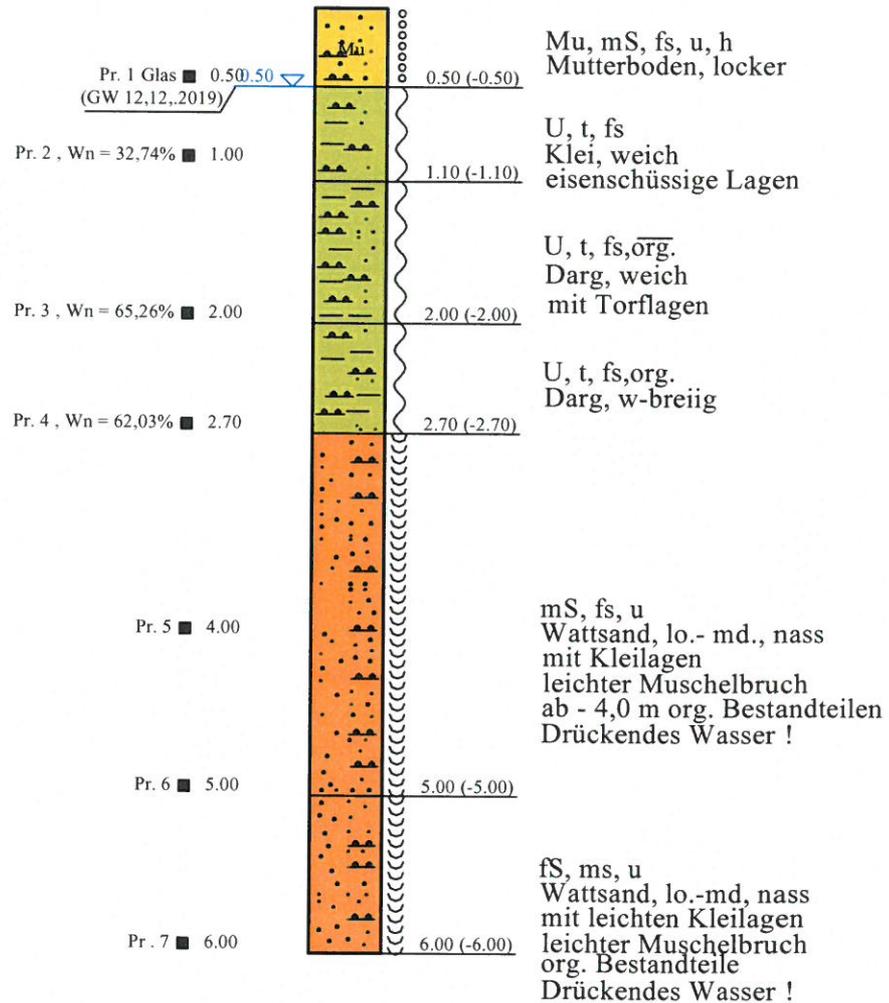
0,00 m GOK



<p>Geo Rohwedder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80</p>	<p>Anlage 2.9</p>
<p>BV 283/19 Erschließung Flurst. 221 u. 232 25774 Lunden Kleinrammbohrung S9/19</p>		<p>Albersdorf, 13.12.2019 /Her</p>
<p>M. d. H.: 1 : 50 M. d. L.: ./.</p>		

S10/19

0,00 m GOK



<p>Geo Rohwedder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80</p>	<p>Anlage 2.10</p>
<p>BV 283/19 Erschließung Flurst. 221 u. 232 25774 Lunden Kleinrammbohrung S10/19</p>		<p>Albersdorf, 13.12.2019 /Her</p>
<p>M. d. H.: 1 : 50 M. d. L.: ./.</p>		

Benennung		Kurzzeichen		Zeichen	bautechnische wichtige Eigenschaften	
Bodenart	Beimengung	Bodenart	Beimengung			
KIES	kiesig	G	g			breiig
Grobkies	grobkiesig	gG	gg			weich
Mittelkies	mittelkiesig	mG	mg			steif
Feinkies	feinkiesig	fG	fg			halbfest
SAND	sandig	S	s			fest
Grobsand	grobsandig	gS	gs			klüftig
Mittelsand	mittelsandig	mS	ms			schwach
Feinsand	feinsandig	fS	fs			stark
Schluff	schluffig	U	u			locker
Ton	tonig	T	t			mitteldicht
Torf, Humus	torfig, humos	H	h			dicht
Mudde (Faulschlamm)	—	F	—		zers., gepr.	zersetzt, gepreßt
—	—	—	—	—	(-)	kalkfrei
Auffüllung	—	A	—	A	(+)	kalkhaltig
Steine	steinig	X	x		Pfl.-R.	Pflanzenreste
Mutterboden	—	Mubo	—	Mu	MI.-R.	Muschelreste
Verwitterungs-Gehängelehm	—	L	—		W %	Wassergehalt %
Geschiebelehm	—	Gl	—		V _{gl} %	Glühverlust %
Geschiebemergel	—	Gmg	—		Be	Becken.....
Klei, Schlick	—	Kl	—			
Wiesen- u. Seekalk Seekreide Kalkmudde	—	WK	—			
Kreidestein	—	Krst	—	Z H Z H Z H		
Grundwasser (m)					Wasser angebohrt	
Grundwasser (m)					Wasser nach Bohrende	
Grundwasser (m)					Wasser in Ruhe	

Geo Rohwedder
Ingenieurbüro für Spezialtiefbau
und Geotechnik GmbH

Umweltechnik – Erd- und Grundbau - Beweissicherung
Bodenmechanik – Ingenieurbau – Erdbaulabor
Gartenstraße 23 25767 Albersdorf – Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt
Tel.: 0 4835 – 94 00, Mobil: 0 170 – 2 09 45 80
<http://www.geo-rohwedder.de>

Anlage 2.11

BV BV 283/19 Erschließung Flurst. 221 u. 232 25774 Lunden

Albersdorf, 13,12.2019
/Her

Legende der Abkürzungen für Baugrundprofile
(DIN 4023)

LEGENDE DER ABKÜRZUNGEN FÜR BAUGRUNDPROFILE GEOTECHNISCHE BEGRIFFE

(DIN 4022-1, DIN 4023, DIN 18196, DIN 1080)

GRUPPENSYMBOLS

Grobkörnige Böden

- GE** enggestufte Kiese
GW weitgestufte Kies-Sand-Gemische
GI intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische
SE enggestufte Sand
SW weitgestufte Sand-Kies-Gemische
SI intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische

Gemischtkörnige Böden

- GU** Kies-Schluff-Gemische $5 \dots 15 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
GU* Kies-Schluff-Gemische $15 \dots 40 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
SU Sand-Schluff-Gemische $5 \dots 15 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
SU* Sand-Schluff-Gemische $15 \dots 40 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
GT Kies-Ton-Gemische $5 \dots 15 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
GT* Kies-Ton-Gemische $15 \dots 40 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
ST Sand-Ton-Gemische $5 \dots 15 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
ST* Sand-Ton-Gemische $15 \dots 40 \% \leq 0,06 \text{ mm}$

Feinkörnige Böden

- UL** leicht plastische Schluffe
UM mittelpastische Schluffe
UA ausgeprägt zusammendrückbare Schluffe
TL leicht plastische Tone
TM mittelpastische Tone
TA ausgeprägt plastische Tone

Organogene Böden und Böden mit org. Beimengungen

- OU** Schluffe mit org. Beimengungen/organogene Schluffe
OT Tone mit org. Beimengungen/organogene Tone
OH grob- bis gemischtkörnige Böden, humos
OK grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen Bildungen

Organische Böden

- HN** nicht bis mäßig zersetzter Torf
HZ zersetzte Torfe
F Faulschlamm, Mudde, Gytja, Dy, Sapropel
Brk. Braunkohle

Auffüllungen

- [] Auffüllungen aus natürl. Böden (jew. Gruppensymbol)
A Auffüllungen aus Fremdstoffen

GEOTECHNISCHE GRUNDBEGRIFFE

- | | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| w_L Fließgrenze | I_D bezogene Lagerungsdichte |
| w_P Ausrollgrenze | C_U Ungleichförmigkeitszahl |
| w_n natürl. Wassergehalt | C_c Krümmungszahl |
| I_c Konsistenzzahl | γ Feuchtwichte |
| I_p Plastizitätszahl | γ' Wichte unter Auftrieb |
| D Lagerungsdichte | ϕ' inn. Reibungswinkel (drän.) |
| E_s Steifemodul | c' Kohäsion (dräniert) |
| V_{Gl} Glühverlust | D_{Pr} Verdichtungsgrad |

HAUPTANTEILE

- | | | |
|-----------|-------------|-------------------|
| X | Steine | 63 ... 200 mm |
| G | Kies | 2 ... 63 mm |
| gG | Grobkies | 20 ... 63 mm |
| mG | Mittelkies | 6,3... 20 mm |
| fG | Feinkies | 2,0... 6,3 mm |
| S | Sand | 0,06... 2 mm |
| gS | Grobsand | 0,6... 2,0 mm |
| mS | Mittelsand | 0,2... 0,6 mm |
| fs | Feinsand | 0,06 ... 2 mm |
| U | Schluff | 0,002 ... 0,06 mm |
| T | Ton | < 0,002 mm |
| Mu | Mutterboden | |

NEBENANTEILE

- schwach < 15 % (z.B. u')
 stark > 30 % (z.B. ü)

Grobkörnige Böden in Abhängigkeit von U und C_c

- enggestuft **E** $U < 6, C_c$ beliebig
 weitgestuft **W** $U \geq 6, C_c = 1 \dots 3$
 intermittierend gestuft **I** $U \geq 6, I > C_c$ oder $C_c > 3$

Feinkörnige Böden in Abhängigkeit von w_L

- leicht plastisch **L** $w_L < 35 \%$
 mittelpastisch **M** $w_L = 35 \dots 50 \%$
 ausgeprägt plastisch **A** $w_L > 50 \%$

BEIMENGENGEN

- | | | | |
|----|--------------|----|------------|
| x | steinig | u | schluffig |
| g | kiesig | t | tonig |
| gg | grobkiesig | h | humos |
| mg | mittelkiesig | ho | holzig |
| fg | feinkiesig | o | organisch |
| s | sandig | tf | torfig |
| gs | grobsandig | k | kohlrig |
| ms | mittelsandig | + | kalkhaltig |
| fs | feinsandig | ++ | kalkreich |

LABORUNTERSUCHUNGEN

- | | | | |
|------------------|---|-------------|---|
| gestörte Probe | ■ | Wasserprobe | ○ |
| ungestörte Probe | □ | Bohrlern | ⊗ |

BAUGRUND- AUFSCHLÜSSE

- Bohrung 
 Sondierung 
 Schurf 

HYDROLOGIE

- Wasserstand 
 Wasseranschnitt 
 Wasserstand steigend 
 Wasserstand fallend 

DARSTELLUNG DER KONSISTENZBEREICHE

- breiig  steif 
 weich  halbfest 

<p style="text-align: center;">Geo Rohwedder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>Umwelttechnik – Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau – Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf – Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 04835 – 94 00, Mobil: 0170 / 2 09 45 80 http://www.geo-rohwedder.de</p>	<h2 style="font-size: 1.2em;">Anlage 2.12</h2>
BV BV 283/19 Erschließung Flurst. 221 u. 232 25774 Lunden		Albersdorf, 13.12.2019 /The
Legende der Abkürzungen für Baugrundprofile (DIN 4022-1, DIN 4023, DIN 18196, DIN 1080)		