

- Baugrunduntersuchungen
- Geotechnische Berichte
(Baugrundgutachten)
- Altlastenerkundungen und
-bewertungen
- Überwachung im Erd- und
Grundbau
- Verdichtungsnachweise

Geotechnischer Bericht mit Empfehlungen zum Erd- und Grundbau
für den Rohrleitungs- und Straßenbau, sowie den Hochbau
aus geotechnischer Sicht

Auftragsnummer: 17 – 040

Bauvorhaben / Ort: Erschließung und Bebauung
B-Plan Nr. 88 „Untersteenrade“ in Scharbeutz

Bauherr / Auftraggeber: H-1 Projekt GmbH
Am Waldrand 8
18211 Ostseebad Nienhagen

Rostock, 20.03.2017



Stempel / Unterschrift

Der vorliegende Geotechnische Bericht umfasst 21 Seiten, sowie 7 Anlagen.

Inhaltsverzeichnis

U. Verwendete Unterlagen

- U.1 Übersichtskarte
- U.2 Lageplanentwürfe
- U.3 Topographische Karten, Hydrogeologische Übersichtskarten

1 Veranlassung, Bauvorhaben

2 Bauvorhaben und allgemeine Standortverhältnisse im Trassenbereich

- 2.1 Beschreibung der Lage und des Umfanges des Bauvorhabens, sowie des derzeitigen Zustandes der Bauflächen
- 2.2 Allgemeine Standortverhältnisse im Trassenbereich (Glazialmorphologie, Topographie, Geologie, Hydrologie)

3 Umfang, Technologie und Zielstellung der Baugrunduntersuchung

- 3.1 Umfang und Technologie der Baugrunduntersuchung
- 3.2 Zielstellung der Baugrunderkundung

4 Bewertung der Untersuchungsergebnisse

- 4.1 Art und Lagerungsverhältnisse der oberflächennah anstehenden Lockergesteine
- 4.2 Bodenwasserverhältnisse, Stahl- und Betonaggressivität des Bodenwassers
- 4.3 Eigenschaften der vorhandenen Erdstoffe, sowie ihre Eignung als Baugrund und Baustoff, Bodenkennwerte in tabellarischer Übersicht
- 4.4 Versickerungseignung des untersuchten Standortes für Niederschlagssammelwasser

5 Empfehlungen zur Planung und Bauausführung

- 5.1 Straßen- und Rohrleitungsbau
 - 5.1.1 Wasserhaltung
 - 5.1.2 Rohrgrabenaushub
 - 5.1.3 Rohrgrabensicherung
 - 5.1.4 Rohrauflagerung, bzw. –einbettung, Baugrundverbesserungen und Bodenaustausch
 - 5.1.5 Rohrgrabenverfüllung, Bodenaustausch
 - 5.1.6 Hinweise zum Verkehrsflächenbau

- 5.2 Hochbau
 - 5.2.1 Baugrundeignung, Bodenaustausch
 - 5.2.2 Konventionelle Flachgründung auf Streifenfundamenten
 - 5.2.3 Gründung auf biegesteifer Fundamentplatte oberhalb eines geeigneten Gründungspolsters
 - 5.2.4 Unterkellerung
- 5.3 Regenrückhaltebecken

6 Anlagen

- 6.1 Übersichtskarte (unmaßstäblich)
- 6.2 Lageplan mit eingetragenen Untersuchungsstellen
- 6.3 Koordinaten und Höhen der Bohransatzpunkte
- 6.4 Bohrprofil Darstellungen BS 1 – BS 33 (33 Blatt)
- 6.5 Legende, Zeichenerklärung der Bohrprofile
- 6.6 Laborergebnisse
 - 6.6.1 Körnungslinien der typisch anstehenden Mineralböden (9 Stk, insgesamt 18 Blatt)
 - 6.6.2 Stahl- und Betonaggressivität des Bodenwassers, Prüfbericht PB2017000485 (4 Blatt)
- 6.7 Anwendungsbeispiele LecaGeoMatratze

1 Veranlassung, Bauvorhaben

Am westlichen Ortsrand des Ortsteils Pönitz (Siedlung Steenrade) der Gemeinde Scharbeutz ist die Erschließung und Bebauung des Wohngebietes B-Plan Nr. 88 „Untersteenrade“ vorgesehen.

Das unterzeichnende Ingenieurbüro IBURO wurde durch den Erschließungsträger Hr. Ahrens, H-1 Projekt GmbH, damit beauftragt, für dieses Bauvorhaben eine Baugrunderkundung vorzunehmen und den vorliegenden Geotechnischen Bericht mit Empfehlungen zur Ausführung des Erd- und Grundbaus für den erforderlichen Rohrleitungs- und Straßenbau, sowie den Hochbau aus geotechnischer Sicht zu erstellen.

2 Bauvorhaben und allgemeine Standortverhältnisse im Trassenbereich

2.1 Beschreibung der Lage und des Umfangs des Bauvorhabens, sowie des derzeitigen Zustandes der Bauflächen

Vorgesehen ist die Erschließung eines Wohngebietes auf einer Bruttofläche von ca. 6,1 ha mit voraussichtlich 53 Baugrundstücken zur Errichtung von Wohngebäuden (EFH und MFH) nördlich der Siedlung Steenrade und östlich der Kreisstraße K55 (siehe auch 6.1 & 6.2).

Die Erschließung der Grundstücke soll über Erschließungsstraßen mit Zufahrtsmöglichkeiten von der K55, sowie der Straße „Siedlung Steenrade“ erfolgen (siehe auch 6.2).

Im östlichen Randbereich des B-Plan-Bereiches ist die Anlage eines Regenrückhaltebeckens mit Überlauf in die nahegelegene Schwartau vorgesehen

Der überwiegende Bereich des B-Plans wird aktuell als Ackerland landwirtschaftlich genutzt. Im südlichen Bereich des B-Plans werden Flächen der Siedlung Steenrade miterschlossen, die aktuell wegen ihrer Lage in 2. Reihe nicht oder nur eingeschränkt bebaut werden könnten (siehe auch 6.2).

Das Gelände ist innerhalb des vorgesehenen Baugebietes bewegt und weist hier Höhen zwischen 23,5 und 30 mNHN auf (siehe auch 6.3, BS 1 – BS 27).

Im Bereich des vorgesehenen RRB fällt es dann auf ca. 20 bis 22,5 mNHN (siehe auch 6.3, BS 30 bis 33) und in Richtung der vorgesehenen Überleitung in die Schwartau auf Höhen um 15,5 mNHN ab (siehe auch 6.3, BS 28 & 29).

2.2 Allgemeine Standortverhältnisse im Trassenbereich

Glazialmorphologie:

Das geplante Baugebiet befindet sich überwiegend im Bereich einer Hochfläche innerhalb der Grundmoräne. Östlich schließt sich eine ehemalige Schmelzwasserrinne, das heutige Bett der Schwartau, an.

Topographie:

Das Gelände ist am Standort flachwellig und weist innerhalb des Baugebietes Höhen zwischen 23,5 bis 30 mNHN auf. Es fällt dann in Richtung der östlich fließenden Schwartau auf ca. 15,5 mNHN ab (siehe auch 6.2 & 6.3).

Geologie:

Im Baugebiet dominieren Ablagerungen von Schmelzwassersanden oberhalb des Geschiebemergels im Liegenden. Im tieferliegenden Bereich des vorgesehenen RRB dominieren bereits tiefgründige Geschiebemergelablagerungen, oberflächlich zu Geschiebelehm verwittert (entkalkt). Im Bereich der Schwartau-Niederung haben sich oberhalb der Mineralböden auch organogene Torfe akkumuliert.

Die Deckschichten sind überwiegend durch Bewirtschaftung anthropogen beeinflusst.

Hydrologie

Der Untersuchungsbereich befindet sich im Einzugsgebiet der östlich des B-Plan-Gebietes fließenden Schwartau.

Im Niederungsbereich sind GW-Spiegel etwa auf dem Niveau des Wasserstandes der Schwartau zu erwarten (ca. 15 mNHN).

Innerhalb des B-Plan-Gebietes beträgt der GW-Flurabstand > 5 bis 10 m.

Der Untersuchungsbereich befindet sich außerhalb von Wasserschutzgebieten.

3 Umfang, Technologie und Zielstellung der Baugrunduntersuchung

3.1 Umfang und Technologie der Baugrunduntersuchung

- Absteckung von insgesamt 33 Bohransatzpunkten auf Basis der übergebenen Lageplanentwürfe
- Ausführung von insgesamt 33 Rammkernbohrungen (Durchmesser = 32 - 85 mm) zur Erkundung der Baugrundverhältnisse bis zu einer Tiefe von 4 bzw. 6 m u. GOK, Bestimmung und Protokollierung der Bodenlagerungsverhältnisse, sowie die Dokumentation der Ergebnisse mittels Bohrprofilardarstellungen (siehe 6.4)
- Entnahme von insgesamt 9 Bodenproben, Übergabe an ein Geotechniklabor zur Bestimmung der Korngrößenverteilung und Ableitung der k_f -Werte (siehe 6.6.1)
- Ausbau einer Bohrung (BS 29) als temporäre Bodenwasserentnahmestelle, Entnahme einer Bodenwasserprobe (Schöpfprobe) und Übergabe an ein Umweltanalytiklabor zur Bewertung der Stahl- und Betonaggressivität des Bodenwassers (siehe 6.6.2)
- Einmessen der Bodenwasserpegel innerhalb der Bohrlöcher mit einem optoakustischen Messlot nach Beendigung der Bohrarbeiten.
- Einmessen der Lage und Höhe der Bohransatzpunkte mittels DGPS, Lagebezug: ETRS89-UTM32, Höhenbezug: DHHN92 (mNHN), siehe auch 6.3

3.2 Zielstellung der Baugrunderkundung

Durch eine Auswertung der durchgeführten Felduntersuchungen werden den Planern des Bauvorhabens und den Baubetrieben durch die nachfolgenden Baugrundbewertungen und Gründungsempfehlungen Unterlagen zur Verfügung gestellt, die eine standortangepasste Technologieauswahl für die erforderlichen Erschließungsarbeiten mit möglichst geringem Kostenaufwand gewährleisten sollen. Zudem soll eine erste Einschätzung der Baugrundeignung für die Errichtung von Hochbauten erfolgen.

4 Bewertung der Untersuchungsergebnisse

4.1 Art und Lagerungsverhältnisse der oberflächennah anstehenden Lockergesteine

BS	Symbol nach DIN 18196	Bodenart	Schichtstärke [m]	Lagerungsdichte D, bzw. Konsistenzgrad I_c
1 – 28, 30 – 33	OH / [OH]	Mutterboden, gestörte Lagerung	0,4 bis 1,0	
29	HZ	Torf, stark zersetzt, kaum konsolidiert	1,6	$D < 0,3$, locker bzw. $0,5 < I_c < 0,75$, weichplastisch
1, 9, 18, 24, 25, 28	\overline{SU} / UL	Geschiebelehm/-mergel (Decklehm), konsolidiert	0,2 bis 0,95	$I_c > 0,75$, mindestens steifplastisch
1 – 30	SE / SW / SU	Schmelzwassersande	1,6 bis > 3,55	überwiegend $0,3 < D < 0,5$, mitteldicht vereinzelt $D < 0,3$, locker
32, 33	\overline{SU} / UL	Geschiebelehm, aufgeweicht	0,4 bis 1,1	$0,5 < I_c < 0,75$, weichplastisch
29 – 33	\overline{SU} / UL	Geschiebelehm/-mergel, konsolidiert	> 0,8 bis > 5,5	$I_c > 0,75$, mindestens steifplastisch, überwiegend $I_c > 1,0$, halbfest und fest

Zusammenfassende Darstellung

Aufgrund der glazialmorphologischen und geologischen Bedingungen haben sich innerhalb des vorgesehenen Baugebietes Schmelzwassersande oberhalb des Geschiebemergels im Liegenden abgesetzt.

Dabei handelt es sich überwiegend um körnungsmäßig relativ enggestufte Sande mit geringem Schluffgehalt und in geringem Maße variabler Körnungszusammensetzung (SE). Bereichsweise, vor allem oberflächennah, treten auch weitergestufte und/oder schluffige Sande auf (SW / SU). Die Sande sind überwiegend mitteldicht gelagert ($0,3 < D < 0,5$). Auflockerungen wurden im zukünftigen Baugebiet nur vereinzelt und oberflächennah erkundet (siehe BS 7, $D \approx 0,3$).

Ebenso wurden hier durch die Bohrungen im Baugebiet (BS 1 – BS 27) nur sporadisch auftretende geringmächtige (< 1 m) Decklehmschichten festgestellt (siehe BS 1, 9, 18, 24, 25). Diese sind dann jeweils konsolidiert und mindestens steifplastisch ($I_c > 0,75$).

Der Geschiebemergel im Liegenden wurde durch die Erkundungsbohrungen BS 1 bis BS 27 mit Endteufen von ca. 4 m im Baugebiet jeweils nicht erreicht.

Der tiefer gelegene Bereich des vorgesehenen Regenrückhaltebeckens weist hingegen überwiegend starkmächtige Geschiebemergelablagerungen des Spätglazials auf. Die ursprünglich kalkhaltigen tonigen Schluff-Sand-Gemische ($\overline{S\bar{U}}$ / UL) sind oberflächlich zu Geschiebelehm verwittert (entkalkt) und bereichsweise durch Bodenwassereinflüsse unmittelbar oberhalb des Geschiebemergels aufgeweicht ($I_c < 0,75$). Weitere Geschiebelehmablagerungen sind mindestens steifplastisch ($I_c > 0,75$).

Der überwiegend ab ca. 1,5 bis 3 m u. GOK anstehende Geschiebemergel ist dann relativ stark konsolidiert und mindestens steifplastisch ($I_c > 0,75$), mit zunehmender Tiefe vereinzelt auch halbfest ($I_c > 1,0$) und fest ($I_c > 1,25$).

Durch die Bohrung BS 30 wurden oberhalb der bindigen Geschiebelehm- und -mergelablagerungen bis ca. 2,8 m u. GOK Schmelzwassersande erkundet, die mit denen im Baugebiet vergleichbar sind (Randbereich der Hochfläche).

Die Bohrungen im Verlauf einer möglichen Überleitung vom RRB in die Schwartau zeigen den Übergang zwischen Hochfläche bzw. Grundmoräne in die Schmelzwasserrinne, dem heutigen Bett der Schwartau. Im Niederungsbereich in unmittelbarer Gewässernähe (siehe BS 29) wurden kaum konsolidierte stark zersetzte Niedermoortorfe bis ca. 1,6 m u. GOK erkundet (HZ, $I_c < 0,75$). Diese lagern oberhalb nur locker gelagerter Schmelzwassersande (SU, $0,15 < D < 0,3$) und oberhalb des ab ca. 3,2 m u. GOK anstehenden und stark konsolidierten Geschiebemergels im Liegenden ($\overline{S\bar{U}}$ / UL, $I_c > 1,0$).

Die Deckschichten werden durch Mutterböden gebildet, die durch Befahrung und Bearbeitung verdichtet sind. Lediglich im Bereich der Schwartau-Niederung wurden fast völlig zersetzte Niedermoortorfe als Deckschichten festgestellt.

Die konkreten Lagerungsverhältnisse der anstehenden Lockergesteine werden durch die Bohrprofilardarstellungen BS 1 – BS 33 in der Anlage 6.4 dokumentiert.

Die mittels der nur stichprobenartigen Erkundungsbohrungen gewonnenen Erkenntnisse über die Art und die Lagerungsverhältnisse der oberflächennahen Lockergesteinsablagerungen ermöglichen eine erste Abschätzung der Baugrundeignung auch für die vorgesehene Hochbebauung.

4.2 Bodenwasserverhältnisse, Stahl- und Betonaggressivität des Bodenwassers

Art des Bodenwassers¹:

wahrscheinlich Grundwasser, Überlagerung durch Schichtenwassereinflüsse möglich

Mess- stelle	Bodenwasserstand nach Bohrende am 16.02.2017	
	Flurabstand m u. GOK	Bodenwasser- spiegel mNHN
BS 1 bis BS 24, BS 26, BS 27	> 4,0	-
BS 25	3,5	20,1
BS 28	1,8	16,3
BS 29	0,3	15,4
BS 30	2,7	20,1
BS 31 bis BS 33	> 6,0	-

Stahl- und Betonaggressivität des Bodenwassers

Eine im Bereich der BS 29 (Schwartau-Niederung) gewonnene Bodenwasserprobe wurde zur Bestimmung der Gehalte an stahl- und betonaggressiven Inhaltsstoffen an ein Umweltanalytiklabor übergeben. Die Analysenergebnisse sind dem Prüfbericht PB2017000485 in der Anlage 6.6.2 zu entnehmen.

Aufgrund der vorliegenden Analysenergebnisse gilt das Bodenwasser als nicht betonangreifend (Sulfid-Gehalt unterhalb Nachweisgrenze).

Die Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen im Unterwasserbereich, sowie an der Wasser-Luft-Grenze wird für eine Mulden- und Lochkorrosion als sehr gering bewertet.

¹ Eine konkrete Unterscheidung zwischen echtem Grundwasser und kurzzeitig ausgebildetem Schichtenwasser ist nur durch langfristige Untersuchungen möglich

4.3 Eigenschaften der vorhandenen Erdstoffe, sowie ihre Eignung als Baugrund und Baustoff, Bodenkennwerte in tabellarischer Übersicht

Torfe (HZ)

Die nur im Niederungsbereich der Schwartau (siehe BS 29) angetroffenen Torfe sind wegen ihrer nur geringen Tragfähigkeit und Scherfestigkeit, sowie ihres hohen Setzungspotentials als Baugrund und Erdbaustoff ungeeignet.

Humoser Oberboden / Mutterboden (OH)

Die humosen Deckschichten in Stärken bis max. 1 m sind als Baugrund und Erdbaustoff ungeeignet und im Bereich vorgesehener Hochbebauung, sowie unterhalb von Verkehrsflächen vollständig auszutauschen.

Sande (SE / SW / SU)

Die im zukünftigen Baugebiet dominierenden Sande in überwiegend mitteldichter Lagerung sind sowohl als Erdbaustoff (z. B. Füllsande), als auch als Baugrund gut geeignet.

Sie sind je nach Feinanteil als kaum (SW / SE: F1) oder mäßig frostempfindlich (SU: F2), sowie gut verdichtbar (V1) einzuschätzen. Mit hydraulischen Leitfähigkeiten von $k_f \approx 5 \times 10^{-5}$ bis $1,5 \times 10^{-4}$ m/s (siehe auch 6.6.1) gelten diese als durchlässig und prinzipiell versickerungsgeneigt.

Für den Verkehrsflächenbau weisen sie eine ausreichende Tragfähigkeit auf. Bei sorgfältiger Nachverdichtung ist $E_{v2, \text{soil}} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ in der Regel sicher gewährleistet.

Decklehm, konsolidiert ($\overline{\text{SU}} / \text{UL}, I_c > 0,75$)

Die im geplanten Baugebiet nur sporadisch oberflächlich auftretenden Decklehmschichten sind als Baugrund (Hochbau) gut, als Baustoff, sowie als Erdplanum für den Straßenbau jedoch nur mäßig geeignet. Sie sind als stark frostempfindlich (F3) und nur mäßig verdichtbar zu bewerten (V2).

Mit Durchlässigkeiten von $k_f \leq 1 \times 10^{-6}$ m/s (siehe auch 6.6.1) gelten sie als schwerdurchlässig.

Für den Verkehrsflächenbau weisen sie meist eine nur unzureichende Tragfähigkeit auf ($E_{v2, \text{ist}} \approx 25$ bis $35 \text{ MN/m}^2 \leq E_{v2, \text{soil}} \geq 45 \text{ MN/m}^2$). Hier wird deshalb ein zusätzlicher Bodenaustausch notwendig.

Geschiebelehm, aufgeweicht ($\overline{SU} / UL, 0.5 < I_c < 0.75$)

Die im Bereich des vorgesehenen RRB sporadisch auftretenden aufgeweichten Geschiebelehme sind als Baugrund nur bedingt und als Erdbaustoff ungeeignet (stark frostempfindlich / F3, kaum verdichtbar / V3).

Geschiebelehm / Geschiebemergel, konsolidiert ($\overline{SU} / UL, I_c > 0.75$)

Die vor allem im Bereich des RRB anstehenden konsolidierten Geschiebelehm- und Geschiebemergelböden sind hier als Erdbaustoff aufgrund ihrer geringen Durchlässigkeit ($k_f < 1 \times 10^{-7}$ m/s, siehe auch 6.6.1) gut geeignet.

Hinweise auf Belastungen mit umweltrelevanten Schadstoffen

Alle angetroffenen mineralischen und organogenen Böden, sowie die humosen Oberböden waren organoleptisch unauffällig (Farbe, Geruch). Hinweise auf Belastungen mit umweltrelevanten Schadstoffen wurden nicht festgestellt und wären aufgrund der bisherigen Nutzung auch nicht zu erwarten.

Laboranalytik zur Bestimmung des Schadstoffinventars (z. B. LAGA-Klassifizierung) erfolgte abstimmungs- und auftragsgemäß nicht.

Bodenkennwerte

Die wichtigsten Bodenkennwerte der vorhandenen Bodengruppen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. Dabei handelt es sich um Richt-, bzw. Kalkulationswerte, wie sie unter den angetroffenen Lagerungsverhältnissen für den norddeutschen Raum typisch sind.

Bodenkennwerte (Richt-, bzw. Kalkulationswerte)

vorhandene Lockergesteinsarten mit Kennwerten						
Nr.	Kennwertart bzw. Eigenschaft	1	2	3	4	5
1	Bodengruppe nach DIN 18196	OH	HZ	SE	SW / SU	SÜ / UL
2	Hauptkörnungsart	S, u – u+, o	Torf, stark zersetzt, kaum konsolidiert	f-mS, gs, u'	f-mS, gs, g, u	U, s+, t
3	Lagerungsdichte D bzw. Konsistenz I _c	0,2<D<0,4 locker bis mitteldicht	0,5<I _c <0,75 weichplastisch	0,3<D<0,5 mitteldicht	0,3<D<0,5 mitteldicht	0,5<I _c <0,75 weichplastisch
4	Bodenklasse nach DIN 18300:2012	1	2	3	3	4
5	Gruppe nach DWA A 127 (Standfestigkeit erdüberdeckter Rohrleitungen)	-	-	G1	G1 / G2	G3 / G4
6	U – Grad	-	-	2,5 – 4,5	5 – 10	-
7	Körnungsanteil < 0,06 mm [%]	15 – 35	-	< 5	5 – 15	45 – 55
8	Wichte γ (γ') [kN/m ³]	16 (8)	13 (3) – 15 (5)	17 (9)	18 (10)	20 (10)
9	Reibungswinkel φ [°]	-	17,5 – 22,5	32,5 – 37,5	35,0 – 37,5	25,0
10	Steifemodul E _s [MN/m ²] für σ ₀ = 100 kN/m ²	-	0,5 – 1,0	40 – 50	30 – 40	6 – 8
11	Kohäsion c' [kN/m ²]	-	-	-	-	-
12	Durchlässigkeit k _f [m/s]	1...5 x 10 ⁻⁵	≈ 1 x 10 ⁻⁶	7 x 10 ⁻⁵ bis 1,5 x 10 ⁻⁴	7,5 x 10 ⁻⁵	< 1 x 10 ⁻⁷
13	zul. Böschungswinkel β [°]	≤ 45	-	≤ 45	≤ 45	≤ 45
14	Eignung für den Straßenbau, Erdplanum	ungeeignet	ungeeignet	geeignet	bedingt geeignet	ungeeignet
15	Eignung für die Rohrgrabenverfüllung	ungeeignet	ungeeignet	geeignet	geeignet	ungeeignet
16	Eignung als Erdbaustoff	ungeeignet	ungeeignet	geeignet	geeignet	ungeeignet
17	Frostgefährdungsklasse nach ZTVE-StB	F2 – F3	F3	F1	F2	F3
18	Verdichtbarkeitsgruppe nach ZTVE-StB	V2 – V3	V3	V1	V1	V3

vorhandene Lockergesteinsarten mit Kennwerten						
Nr.	Kennwertart bzw. Eigenschaft	6	7	8	9	10
1	Bodengruppe nach DIN 18196	\overline{SU} / UL	\overline{SU} / UL	\overline{SU} / UL		
2	Hauptkörnungsart	S, u+ / U, s+, t	U, s+, t	U, s+, t		
3	Lagerungsdichte D bzw. Konsistenz I_c	$0,75 < I_c < 1,0$ steifplastisch	$I_c > 1,0$ halbfest	$I_c > 1,25$ fest		
4	Bodenklasse nach DIN 18300:2012	4	4	6		
5	Gruppe nach DWA A 127 (Standfestigkeit erdüberdeckter Rohrleitungen)	G3 / G4	G3 / G4	G3 / G4		
6	U – Grad	-	-	-		
7	Körnungsanteil < 0,06 mm [%]	30 – 55	30 – 55	30 – 55		
8	Wichte γ (γ') [kN/m ³]	21 (11)	22 (12)	22 (12)		
9	Reibungswinkel φ [°]	27,5	27,5 – 30,0	30,0 – 32,5		
10	Steifemodul E_s [MN/m ²] für $\sigma_0 = 100$ kN/m ²	12 – 15	20 – 40	40 – 80		
11	Kohäsion c' [kN/m ²]	5 – 15	10 – 20	15 – 25		
12	Durchlässigkeit k_r [m/s]	$< 1 \times 10^{-7}$	$< 1 \times 10^{-7}$	$< 1 \times 10^{-7}$		
13	zul. Böschungswinkel β [°]	≤ 60	≤ 60	≤ 70		
14	Eignung für den Straßenbau, Erdplanum	bedingt geeignet	bedingt geeignet	bedingt geeignet		
15	Eignung für die Rohrgrabenverfüllung	ungeeignet	ungeeignet	ungeeignet		
16	Eignung als Erdbaustoff	bedingt geeignet	bedingt geeignet	bedingt geeignet		
17	Frostgefährdungsklasse nach ZTVE-StB	F3	F3	F3		
18	Verdichtbarkeitsgruppe nach ZTVE-StB	V2	V2	V2		

4.4 Versickerungseignung des untersuchten Standortes für Niederschlagssammelwasser

Für die Durchführung einer effektiven Versickerung von Niederschlagssammelwasser müssen folgende Voraussetzungen am Standort erfüllt sein:

- eine Durchlässigkeit der oberen Bodenschichten von $k_f \geq 1 \times 10^{-6}$ m/s,
- eine Mächtigkeit des Sickerraumes (Abstand Sohle Sickeranlage – Bodenwasser) von $t \geq 1,0$ m

Die im vorgesehenen Baugebiet dominierenden Sande sind als relativ durchlässig einzuschätzen ($k_f > 5 \times 10^{-5}$ bis $1,5 \times 10^{-4}$ m/s). Im Baugebiet ist, mit Ausnahme des Bereiches des geplanten RRB, sowie der Überleitung Richtung Schwartau, ganzjährig ein ausreichender Bodenwasserflurabstand zu erwarten.

Innerhalb des Baugebietes sind somit die notwendigen Voraussetzungen für eine Versickerungseignung prinzipiell erfüllt. Eine Versickerung von Niederschlagssammelwasser (z. B. Dachentwässerung etc.) wäre auf den Baugrundstücken nach Durchteufen schwerer durchlässiger Deckschichten z. B. über Rigolen- oder Rohrrigolensysteme möglich.

In Bereichen vorgesehener Grünanlagen könnte eine Versickerung von Niederschlagssammelwasser auch als Flächen- oder Muldenversickerung vorgesehen werden (Voraussetzung: Durchteufen von schwerdurchlässigen Deckschichten).

Lediglich im Bereich des vorgesehenen RRB (BS 30 – BS 33), sowie tiefer gelegener Randbereiche des B-Plans (BS 28, BS 29) sind die Voraussetzungen für eine Versickerungseignung nicht erfüllt (schwerdurchlässige bindige Böden oder geringer Bodenwasserflurabstand).

5 Empfehlungen zur Planung und Bauausführung

5.1 Straßen- und Rohrleitungsbau

5.1.1 Wasserhaltung

Innerhalb des vorgesehenen Baugebietes werden Wasserhaltungsmaßnahmen für den Straßen- und Rohrleitungsbau (Annahme: max. 3,5 m Aushubtiefe) überwiegend nicht erforderlich.

Diese sind jedoch im Bereich des RRB, sowie der Überleitung in Richtung Schwartau vorzusehen.

Innerhalb der schwerdurchlässigen Geschiebelehm- und Geschiebemergelböden, sowie bei geringen Absenkungen auch innerhalb wasserführender Sande (siehe BS 30) ist eine Wasserhaltung in offener Bauweise realisierbar (Baugrubendränung, Pumpensumpf).

Für tieferreichende Absenkungen im Bereich wasserführender Sande (siehe BS 28 & BS 29) wird hingegen eine geschlossene Grundwasserabsenkung notwendig, da diese Sande beim Anschneiden zum Austreiben neigen. Das erforderliche Absenkziel sollte ca. 0,5 m unterhalb der vorgesehenen Aushubsohle liegen, um ein ausreichendes Abtrocknen der Sohle zu gewährleisten.

Vor der Durchführung einer geschlossenen Grundwasserabsenkung sind die dafür bedeutsamen Parameter zu ermitteln (erforderliche Absenktiefe, Reichweite des Absenktrichters, anfallende Wassermengen u. ä.).

Wasserhaltungsmaßnahmen, sowie die Ab- oder Einleitung des entnommenen Bodenwassers sind in der Regel genehmigungspflichtig (Behörden, Zweckverbände, Leitungsträger). Um den geplanten Bauablauf durch die Bearbeitungszeiten der notwendigen Anträge nicht zu verzögern, sollten diese möglichst rechtzeitig eingereicht werden.

5.1.2 Rohrgrabenaushub

Beim Rohrgrabenaushub sind humose Oberböden, bereichsweise Torfe, im überwiegenden Baugebiet nur sporadisch auftretende bindige Decklehme, sowie die hier dominierend anstehenden Sande zu separieren.

Die humosen Oberböden sind für eine weitere Verwendung in oder zur Herstellung von durchwurzelbaren Bodenschichten vorzusehen und zwischenzulagern. Mieten sind profulgerecht abzuziehen, nicht zu verdichten (auch kein Befahren) und bei längerer Lagerung durch Zwischenbegrünung oder Abdecken vor Erosion und Aufweichen zu schützen.

Die am Standort dominierenden Sande sind als Erdbaustoff (z. B. Verfüllung von Leitungsgräben) gut geeignet und zwischenzulagern.

Die sporadisch auftretenden Decklehme sind als Erdbaustoffe hingegen nicht geeignet.

5.1.3 Rohrgrabensicherung

Gräben und Baugruben mit Tiefen $> 1,25$ m müssen nach DIN 4124 vor Betreten abgebösch oder durch Verbau gesichert werden. Stirnwände von Gräben dürfen bis 1,75 m Tiefe senkrecht ausgeführt werden.

Innerhalb der dominierend anstehenden Sande sind Böschungsneigungen $\leq 45^\circ$ zulässig.

Grabenverbaugeräte könnten innerhalb der Sande im Absenkverfahren eingesetzt werden.

Alternativ ist am Standort z. B. die Verwendung eines waagerechten Normverbaus oder Trägerbohlverbaus („Berliner Verbau“) geeignet.

5.1.4 Rohrauflagerung, bzw. –einbettung, Baugrundverbesserungen und Bodenaustausch

Die im Baubereich anstehenden Sande lassen eine direkte Rohrauflagerung zu (SE / SW / SU, $0,3 < D < 0,5$). Eine direkte Rohrauflagerung ist ebenso möglich im Bereich konsolidierter Geschiebelehm- und Geschiebemergelböden in steifplastischer oder halbfester Konsistenz (SU / UL, $0,75 < I_c < 1,25$). Somit wird im überwiegenden Baubereich ein zusätzlicher Bodenaustausch für den Rohrleitungsbau nicht erforderlich.

Durch die muldenartige Vorformung des Auflagers kann ein günstiger Auflagerwinkel für Rohre mit Kreisquerschnitt ohne Fuß erreicht werden.

Bei Antreffen von bindigen Weichböden unterhalb der Rohrsohle sind diese möglichst vollständig, mindestens jedoch in einer Stärke von 0,3 m auszutauschen. Als Austauschmaterial sind verdichtungsfähige Füllsande lagenweise ($D \leq 0,3$ m) einzubauen und sorgfältig zu verdichten.

Zusätzliche Maßnahmen zur Herstellung eines geeigneten Rohraufagers werden zudem erforderlich im Bereich der Schwartau-Niederung. Als Baugrund und Erdbaustoff ungeeignete Torfe sind unterhalb der Rohrleitungssohle möglichst vollständig auszutauschen. Sollte dies aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich sein (Zunahme der Torfmächtigkeiten Richtung Schwartau nicht auszuschließen), haben sich z. B. sog. Geo-Matratzen zur Herstellung eines geeigneten Rohraufagers auch oberhalb nur gering tragfähiger Böden bewährt.

Dabei handelt es sich um sackartig vorgefertigte Elemente aus Geotextil mit Blähton-schüttungen (siehe 6.7). Diese werden in der Regel 2-lagig (versetzt) auf der Aushubsohle aufgebaut und ermöglichen so die Herstellung eines geeigneten Widerlagers für Rohrleitungen.

Als weiteres Schüttmaterial kommen wiederum häufig Leichtbaustoffe (Kesselsand, Blähton etc.) zum Einsatz.

5.1.5 Rohrgrabenverfüllung, Bodenaustausch

Die überwiegend anstehenden Sande sind für den Wiedereinbau innerhalb und außerhalb der Rohrleitungszone auch unterhalb von Verkehrsflächen geeignet.

Humose Oberböden und Torfe, sowie bindige Mineralböden, unabhängig von ihrer Konsolidierung, sind hingegen als Erdbaustoff unterhalb von Verkehrsflächen nicht wiederverwendbar. Als Austauschmaterial sollten gut verdichtbare Füllsande vorgesehen werden.

Einbau und Verdichtung müssen lagenweise erfolgen. Die Stärke der Einzellagen sollte $D \leq 0,3$ m betragen.

Die vorschriftsmäßige Verdichtung der Rohrgrabenverfüllung sollte durch Rammsondierungen entsprechend der DIN 4094 nachgewiesen werden. Für den Nachweis der Tragfähigkeit des Erdplanums von Verkehrsflächen oberhalb von Rohrleitungsverfüllungen sind statische oder dynamische Lastplattendruckversuche geeignet.

5.1.6 Hinweise zum Verkehrsflächenbau

Am Standort wurden bereichsweise bis 1,0 m u. GOK, überwiegend zwischen 0,6 bis 0,7 m starke humose Oberbodenschichten angetroffen. Diese sind als Baugrund und Erdplanum im Straßenbau ungeeignet und unterhalb von Verkehrsflächen vollständig auszuheben.

Anschließend ist im Untersuchungsbereich ein nicht (SE: F1) oder mäßig frostempfindliches Erdplanum anzutreffen (SU: F2).

Der Aufstau von Sickerwasser ist überwiegend nicht zu erwarten. Lediglich im Bereich von Decklehmschichten wäre ein Aufstau von Sickerwasser nicht sicher auszuschließen. Bei Durchteufen dieser potentiellen Stauschichten (bis max. 1,4 m u. GOK angetroffen) durch die Leitungsgräben der Ver- und Entsorgungsleitungen und Verfüllung mit relativ durchlässigen Sanden wirken diese jedoch als Planumsdränage (eine entsprechende Gefällegestaltung des Erdplanums im bindigen Boden vorausgesetzt).

Nach sorgfältiger Nachverdichtung der Sande im Erdplanum ist $E_{v2,ist} > E_{v2,soll} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ zu erwarten. Insbesondere bei sehr trockener Witterung ist das Anfeuchten der Sande für eine optimale Verdichtbarkeit zu empfehlen (optimaler Wassergehalt \approx „erdfeucht“).

Oberhalb bindiger Decklehme ist $E_{v2,ist} \approx 25$ bis 35 MN/m^2 zu erwarten. Für die Sicherstellung eines ausreichend tragfähigen Erdplanums wäre hier ein zusätzlicher Austausch von ca. 15 bis 25 cm gegen Frostschutzmaterial zu empfehlen.

Am Standort sind für Asphalt- oder Pflasterdecken die Bauweisen „Schottertragschicht auf Frostschutzschicht“ (Tafel 1, Zeile 3 bzw. Tafel 3, Zeile 1) zu empfehlen. Die Stärke der Schottertragschichten ist entsprechend der vorgesehenen Bauklasse festzulegen. Der weitere Austausch der Mutterböden sollte als Frostschutzschicht vorgesehen werden.

Das frühzeitige Überprüfen der Tragfähigkeitsanforderungen an die ungebundenen Tragschichten nach Herstellung des vorgesehenen Aufbaus anhand von Probefeldern ist zu empfehlen.

5.2 Hochbau

5.2.1 Baugrundeignung, Bodenaustausch

Die vorliegenden Ergebnisse ermöglichen eine erste Einschätzung der Baugrundeignung und des erforderlichen Gründungsaufwandes für die Errichtung üblicher, maximal zweigeschossiger Wohngebäude. Sie ersetzen jedoch nicht eine am konkreten Projekt orientierte Baugrunderkundung für den Hochbau (u. a. unzureichende Aufschlusstiefe).

Zur sicheren Abtragung von Bauwerkslasten sind nur Baugrundsichten mit geringer Setzungsneigung, sowie einer ausreichenden Konsolidierung und Scherfestigkeit geeignet. Diese Eigenschaften weisen im Untersuchungsbereich die anstehenden Sande in überwiegend mitteldichter Lagerung (SE / SW / SU, $D > 0,3$), sowie die konsolidierten Decklehme in mindestens steifplastischer Konsistenz auf ($\overline{SU} / UL, I_c > 0,75$).

Die im Baugebiet in Stärken von 0,4 bis 1,0 m erkundeten humosen Oberböden (durchschnittlich 60 bis 70 cm) sind als Baugrund ungeeignet. Ausreichend tragfähiger Baugrund ist innerhalb des Baugebietes unmittelbar unterhalb dieser humosen Oberböden anstehend.

Diese Mutterböden sind im Baubereich vollständig auszutauschen. Sande in der Aushubsohle sind sorgfältig nachzuverdichten. Das Austauschmaterial (Füllsand oder Kiessand) ist lagenweise ($D \leq 0,3$ m) einzubauen und sorgfältig zu verdichten ($D_{Pr} \geq 98 \%$).

Wasserhaltungsmaßnahmen werden hierfür nicht erforderlich.

5.2.2 Konventionelle Flachgründung auf Streifenfundamenten

Nach Austausch der humosen Oberböden ist eine konventionelle Flachgründung von Wohngebäuden auf Streifenfundamenten realisierbar.

Üblicherweise kann für die Gründung auf Streifenfundamenten oberhalb anstehender mitteldichter Sande mit einer frostsicheren Einbindetiefe von $t \geq 0,8$ m und einer Breite von $b = 0,4 - 0,6$ m ein **aufnehmbarer Sohldruck** von **zul $\sigma = 200 \text{ kN/m}^2$** (zur Gegenüberstellung mit charakteristischen Lasten) kalkuliert werden. Dies entspricht einem **Bemessungswert des Grundbruchwiderstandes** von **$\sigma_{R,d} = 285 \text{ kN/m}^2$** (nach EC7, $\gamma_{Gr} = 1,40$, zur Gegenüberstellung mit Bemessungswerten der Lasten, $\gamma_G = 1,35$, $\gamma_Q = 1,50$ sind zu berücksichtigen).

Oberhalb konsolidierter Decklehmschichten sollte für die Gründung auf Streifenfundamenten mit einer frostsicheren Einbindetiefe von $t \geq 0,8$ m und einer Breite von $b = 0,4 - 0,6$ m ein **aufnehmbarer Sohldruck** von **zul $\sigma = 180 \text{ kN/m}^2$** kalkuliert werden. Dies entspricht einem **Bemessungswert des Grundbruchwiderstandes** von **$\sigma_{R,d} = 255 \text{ kN/m}^2$** .

Die Streifenfundamente müssen eine Mindestbreite von $b > 0,3$ m aufweisen.

Das tatsächlich erforderliche Maß der Fundamentbreite ergibt sich aus dem Verhältnis der vorhandenen Lasten V und der aufnehmbaren Sohldrücke σ (siehe oben).

Das Fundament ist richtig bemessen, wenn $\sigma < \text{zul } \sigma$ (charakteristischer Wert der Sohlpressung $<$ aufnehmbarer Sohldruck) bzw. $V_d < R_d$ (Bemessungswert der Einwirkungen $<$ Bemessungswert des Grundbruchwiderstandes) erfüllt sind.

5.2.3 Gründung auf biegesteifer Fundamentplatte oberhalb eines geeigneten Gründungspolsters

Alternativ ist eine Gründung von Wohngebäuden auf biegesteifen Stahlbeton-Fundamentplatten möglich.

Die zu erwartende Sohlpressung unter Plattengründungen (Lastverteilung) ist erheblich geringer als bei Streifengründungen (Lastkonzentration). Außerdem werden durch die Gründung auf biegesteifer Bodenplatte mögliche Nachfolgesetzungen weitgehend gleichmäßig, sowie kleinflächige Schwachstellen im Baugrund überbrückt. Auf Fundamente unterhalb tragender Innenwände kann in der Regel verzichtet werden.

Unterhalb der Bodenplatte ist ein Kiessandgründungspolster mit einer Mindeststärke von $0,3$ m vorzusehen. Darunter kann der Bodenaustausch (Mutterboden) auch gegen Füllsand erfolgen.

Bodenaustausch und Gründungspolster sind lagenweise ($D \leq 0,3$ m) herzustellen und sorgfältig zu verdichten.

Für die Herstellung des Gründungspolsters sollte ein gut verdichtbarer weitgestufter Kiessand (0/16 oder 0/32) verwendet werden.

Auf dem Kiessand-Gründungspolster sollte ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 98$ % erreicht und nachgewiesen werden. Für den Nachweis sind z. B. Lastplattendruckversuche geeignet.

Die Frostsicherheit der Gründung ist durch umlaufende Frostschrägen zu gewährleisten.

5.2.4 Unterkellerung

Bei Ausführung einer Unterkellerung werden als Baugrund ungeeignete Deckschichten in jedem Falle vollständig ausgehoben. Im Sohlbereich sind mitteldicht gelagerte Sande zu erwarten.

Wasserhaltungsmaßnahmen werden für die Herstellung von Kellern mit Aushubtiefen bis ca. 3 m im Baugebiet wahrscheinlich nicht erforderlich. Baugruben sind durch Abböschungen unter 45° (1 : 1) oder durch Verbau zu sichern (siehe auch 5.1.3).

Die Gründung der Gebäude kann auf der Kellersohlplatte oberhalb einer Sauberkeitsschicht aus Magerbeton ausgeführt werden.

5.3 Regenrückhaltebecken

Im Bereich eines möglichen Regenrückhaltebeckens (BS 30 bis BS 33) wurden überwiegend schwerdurchlässige Geschiebelehm- und Geschiebemergelböden erkundet ($k_f < 1 \times 10^{-7}$ m/s, siehe auch 6.6.1). Diese sind für die Herstellung eines RRB als Erdbecken prinzipiell geeignet. Zusätzliche Dichtungen würden nicht erforderlich.

Lediglich im nordwestlichen Bereich des RRB wurden durch die Bohrung BS 30 durchlässigere und aktuell in geringem Maße wasserführende Sande bis ca. 2,8 m u. GOK erkundet. Zur Dichtung des RRB wäre in diesem Bereich eine lagenweise Andeckung von bindigem Aushubmaterial möglich. Hierfür eignen sich vor allem konsolidierte Geschiebemergelböden in steifplastischer bis halbfester Konsistenz (\overline{SU} / UL , $0,75 < I_c < 1,25$). Sowohl aufgeweichte Geschiebelehme ($I_c < 0,75$), als auch stark konsolidierte Geschiebemergelböden in fester Konsistenz ($I_c > 1,25$) sind aufgrund ihrer unzureichenden Verdichtbarkeit hierfür weniger geeignet.

Böschungsneigungen von 1 : 2 sollten möglichst nicht überschritten werden.

Bei Profilierung des RRB sollte eine offene Wasserhaltung vorgesehen werden.