



GBU mbH, Raiffeisenplatz 4, 23795 Fahrenkrug

Gemeinde Groß Rönna
über
Amt Trave-Land
Planen, Bauen, Umwelt
Frau Annika Frenz
Waldemar-von-Mohl-Straße 10
23795 Bad Segeberg

Ingenieurbüro für Geotechnik
Beratung • Planung • Gutachten
Beratende Ingenieure VBI

GBU mbH
Raiffeisenplatz 4
23795 Fahrenkrug
Tel. 04551 / 96 85 26 Fax 04551/ 96 85 28
info@gbu-fahrenkrug.de www.gbu-fahrenkrug.de

Fahrenkrug, 04.02.2020
370001

Bebauungsplan „Segeberger Straße“, Groß Rönna

Baugrunduntersuchung

Beurteilung zur Tragfähigkeit und zur Versickerungsfähigkeit der anstehenden Böden

Auftrag vom 17.12.2019

1 Einleitung

Die Gemeinde Groß Rönna plant die Aufstellung eines Bebauungsplanes.

Die Fa. GBU mbH wurde mit der Durchführung von Baugrunduntersuchungen und einer Beurteilung beauftragt.

Gemäß E-Mail vom 19.11.2019 ergibt sich grundsätzlich der folgende Untersuchungsumfang:

- 3 Kleinrammbohrungen im Bereich der geplanten Straßen mit Aussagen über Tragfähigkeit und Vorschlag für den geplanten Fahrbahnaufbau (die zur Ausführung kommende Bauweise steht noch nicht fest)
- 5 Kleinrammbohrungen, (etwa auf jedem zweiten Baugrundstück, in ausreichender und sinnvoller Anordnung)
- Detaillierte Aussagen zur Versickerungsfähigkeit auf den Grundstücken
- Aussagen zum Grundwasserspiegel, Wasserhaltung und Verbau von Rohrleitungsgräben im Bereich der geplanten Fahrbahn
- Angaben von Homogenbereichen
- Deklarationsanalyse nach LAGA TR Boden

Für die Bearbeitung standen zur Verfügung:

- Lageplan, M ca. 1 : 1.000, 15.08.2019, GSP, Bad Oldesloe
- Luftbild, M ca. 1 : 1.500, 19.11.2019

2 Durchgeführte Arbeiten

Der Baugrund wurde am 20.01.2020 durch insgesamt 8 **Kleinrammbohrungen** (BS) bis max. 6 m Tiefe erkundet (Anlage 1).

Die Bohransatzpunkte wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Als **Bezugsniveau** diente OK Schachtdeckel (Anlage 1, BN $\pm 0,00$ m).

OK Gelände der Ansatzpunkte der Kleinrammbohrungen BS 1 - BS 8

mittlere Geländehöhe aus den 8 Ansatzpunkten	ca.	+0,50 m zu BN
max. Geländehöhe (BS 4)		+1,14 m zu BN
min. Geländehöhe (BS 7)		-0,65 m zu BN

Die **Bodenproben** wurden nach einer vergleichenden Analyse durch den Unterzeichnenden als Rückstellproben gelagert. Die Beprobung erfolgte meterweise bzw. bei Schichtwechsel.

An 2 Bodenproben wurden die **Wassergehalte** gem. DIN 18121 bestimmt. Die Ergebnisse sind neben den Bohrprofilen dargestellt (Anlage 1).

Des Weiteren wurden an 3 Bodenproben die Kornverteilungen mittels Trockensiebungen gem. DIN 18123 bestimmt (Anlage 2).

Aus den Bohrungen wurden die Mischproben MP I – MP III aus den Einzelproben für die weitere Analytik wie folgt zusammengestellt:

MP I aus Mutterboden: Sand, humos, z.T. schwach kiesig	BS 1/1	0,00 – 0,50 m
	BS 2/1	0,00 – 0,50 m
	BS 3/1	0,00 – 0,50 m
	BS 4/1	0,00 – 0,40 m
	BS 5/1	0,00 – 0,40 m
	BS 6/1	0,00 – 0,40 m
	BS 7/1	0,00 – 0,40 m
	BS 8/1	0,00 – 0,40 m
MP II aus Mittelsand, feinsandig, grobsandig	BS 1/2	0,50 – 4,10 m
	BS 3/2	0,50 – 1,30 m
	BS 4/2	0,40 – 1,10 m
	BS 5/2	0,40 – 1,30 m
	BS 6/3	0,75 – 1,80 m
	BS 7/3	0,80 – 1,50 m
	BS 8/3	0,80 – 1,10 m
MP III aus Geschiebelehm: Schluff, Sand, schwach tonig – tonig, schwach kiesig	BS 4/3	1,10 – 1,50 m
	BS 5/3	1,30 – 2,00 m
	BS 6/5	2,50 – 3,80 m
	BS 7/4	1,50 – 2,00 m
	BS 8/4	1,10 – 2,00 m

Die Mischproben **MP I** wurden zur Analytik dem Labor Eurofins Umwelt Nord GmbH, Hamburg, übergeben und gem. **BBodSchV** Tab. 4.1 – Vorsorgewerte Metalle + Arsen + Organik analysiert. Die Ergebnisse können der Anlage 3.1 entnommen werden.

Die Mischproben **MP II und III** wurden zur Analytik dem Labor Eurofins Umwelt Nord GmbH, Hamburg, übergeben und gem. **LAGA**¹ (TR Boden, Tab. II.1.2-2/-4 + -3/ -5) analysiert. Die Ergebnisse können der Anlage 3.2 entnommen werden.

3 Baugrund

Wie die Baugrunddarstellungen zeigen, setzt sich der Baugrund gem. den Geländeaufnahmen und -versuchen wie folgt - schematisiert - zusammen:

Schicht 1:	Mutterboden Sand, humos, z.T. schwach kiesig BS 1 – 8	0	bis max. 0,50 m unter Gelände MP I (BBodSchV)
Schicht 2:	Mittelsand, schwach feinsandig - feinsandig, schwach humos locker gelagert BS 6 – 8		bis max. 0,80 m unter Gelände
Schicht 3:	Sand, im Wesentlichen als Mittelsand, feinsandig, grobsandig mitteldichte Lagerung BS 1 – 8		in BS 1 – 3 bis zur jeweiligen Endteufe MP II (LAGA Boden)
Schicht 4:	Geschiebelehm Schluff, Sand, schwach tonig - tonig, schwach kiesig überwiegend steife Konsistenz teilweise weiche Konsistenz (BS 6) BS 4 – 8		bis max. 1,50 m unter Gelände MP II (LAGA Boden)
Schicht 5:	Sand, im Wesentlichen als Mittelsand, feinsandig, grobsandig vereinzelt Schluffstreifen im cm- Bereich mitteldichte Lagerung BS 4 – 8		bis zur jeweiligen Endteufe

¹ Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 20, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen / Reststoffen - Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Stand: 05. November 2004 gem. Beschluss der 63. UMK zu Top 24 vom 4./5. November 2004

3.1 Bodenkennwerte

Mutterboden	Schicht 1	Homogenbereich 1
Lagerungsdichte:	locker (n. Bohrfortschritt und Probenansprache)	
Bodengruppe (DIN 18196):	OH	
Bodenklasse (DIN 18300):	1	
Wichte über Wasser, γ :	14 - 19 kN/m ³	
Wichte unter Wasser, γ' :	6 - 11 kN/m ³	
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 09:	F3 (sehr frostempfindlich)	
Mittelsand, schwach humos	Schicht 2	Homogenbereich 2
Lagerungsdichte:	locker (n. Bohrfortschritt und Probenansprache)	
Bodengruppe (DIN 18196):	OH, SE	
Bodenklasse (DIN 18300):	1 und 3	
Wichte über Wasser, γ :	16 - 19 kN/m ³	
Wichte unter Wasser, γ' :	8 - 11 kN/m ³	
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 09:	F1 – F3 (nicht bis sehr frostempfindlich)	
Sand	Schicht 3	Homogenbereich 3
Lagerungsdichte:	mitteldicht (n. Bohrfortschritt und Probenansprache)	
Bodengruppe (DIN 18196):	SE	
Bodenklasse (DIN 18300):	3	
Wichte über Wasser, γ :	18 - 19 kN/m ³	
Wichte unter Wasser, γ' :	10 - 11 kN/m ³	
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 09:	F1 (nicht frostempfindlich)	
Geschiebelehm	Schicht 4	Homogenbereich 4
Konsistenz:	überwiegend steif (n. Bohrfortschritt und Probenansprache)	
Wassergehalte (DIN 18121):	$17,9 \% \leq w \leq 21,8 \%$ (2 Versuche)	
Bodengruppe (DIN 18196):	ST, TL, TM	
Bodenklasse (DIN 18300):	4 und 5, Steine / Blöcke möglich, bei Aufweichung 2	
Wichte über Wasser, γ :	21 kN/m ³	
Wichte unter Wasser, γ' :	11 kN/m ³	
Reibungswinkel, φ'_k :	27,5°	
Kohäsion, c'_k :	5 kN/m ²	
Steifemodul, $E_{s,k}$:	10 - 20 MN/m ²	
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 09:	F3 (sehr frostempfindlich)	
Sand	Schicht 5	Homogenbereich 5
Lagerungsdichte:	mitteldicht (n. Bohrfortschritt und Probenansprache)	
Bodengruppe (DIN 18196):	SE, SU	
Bodenklasse (DIN 18300):	3	
Wichte über Wasser, γ :	18 - 19 kN/m ³	
Wichte unter Wasser, γ' :	10 - 11 kN/m ³	
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 09:	F1-F2 (nicht bis gering frostempfindlich)	

Ersatzboden

Kornaufbau:	Fein- bis Grobsande, kiesig
Lagerungsdichte:	mindestens mitteldicht, 100 % der einf. Proctordichte (Überprüfung durch Verdichtungskontrolle)
Bodengruppe (DIN 18 196):	SE, SW, GW
Bodenklasse (DIN 18 300):	3
Wichte über Wasser, γ :	19 kN/m ³
Wichte unter Wasser, γ' :	11 kN/m ³
Reibungswinkel, φ'_k :	32,5°
Kohäsion, c'_k :	- kN/m ²
Steifemodul, $E_{s,k}$:	70 MN/m ²

3.2 Homogenbereiche

Die Homogenbereiche gemäß VOB 2016 ergeben sich aufgrund der bodenmechanischen und der chemischen Eigenschaften. Ein Homogenbereich besteht aus einer oder mehrerer Schichten mit vergleichbaren mechanischen und chemischen Eigenschaften. Die Festlegungen erfolgen auf Grundlage von Laboruntersuchungen und Erfahrungswerten. Bei Planungsfortschritt sind diese ggf. zu ergänzen und mit dem Gutachter abzustimmen.

Homogenbereich 1	Oberboden, Mutterboden	Schicht 1
Homogenbereich 2	Sand, schwach humos	Schicht 2
Homogenbereich 3	Sand	Schicht 3
Homogenbereich 4	Geschiebelehm	Schicht 4
Homogenbereich 5	Sand, vereinzelt Schlufflagen	Schicht 5

Es werden Homogenbereiche für Böden nach

ATV DIN 18320
ATV DIN 18300

Landschaftsarbeiten und
Erdarbeiten

gebildet (Anlage 4).

3.3 Grundwasser

Im Zuge der Bohrarbeiten wurden die Wasserstände - gemessen im offenen Bohrloch - ermittelt (siehe hierzu Tab. 1).

Bohrung	OK Gelände der Ansatzpunkte der Kleinrammbohrungen in [m] zu BN	Wasserstände unter Ansatzpunkt in [m] unter Gelände	Wasserstände in [m] zu BN
BS 1	+1,00	4,12	-3,12
BS 2	+1,02	3,90	-2,88
BS 3	+1,05	3,65	-2,60
BS 4	+1,14	4,55	-3,41
BS 5	+0,97	kein Wasser bis zur Endteufe von 4 m lotbar	
BS 6	+0,03	3,96	-3,93
BS 7	-0,65	3,50	-4,15
BS 8	-0,57	3,10	-3,67

Tab. 1: Messungen vom 20.01.2020

Es wurden mäßig gut ausgepegelte Wasserstände ermittelt. Es handelt sich um Grundwasser i.e.S., welches bereichsweise von Stauwasser überlagert wird.

Mit weiteren jahreszeitlichen und witterungsbedingten Stauwasserbildungen auf bindigen Böden in BS 4 – 8 ist zu rechnen.

Zu den jahreszeitlichen Grundwasserspiegelschwankungen liegen uns keine genauen Daten vor. Es ist jedoch mit Schwankungen im dm- bis m- Bereich zu rechnen.

Für die weitere Bearbeitung wird der mittlere höchste Grundwasserstand für die Bemessung von Versickerungsanlagen bei -1,50 m zu BN angesetzt.

4 Baugrundbeurteilung

Im Rahmen der Untersuchungen wurden relativ einheitliche Baugrundverhältnisse nachgewiesen. Die Maßnahme wird der Geotechnischen Kategorie 2 gemäß DIN EN 1997 und DIN 1054 zugeordnet.

Die **Mutterbodenüberdeckung / schwach humose bis humose Sande (Schichten 1 und 2 – Homogenbereiche 1 und 2)** sind setzungsempfindlich und für die Überbauung nicht geeignet. Diese Böden sind vollständig im Bereich der Bauflächen auszukoffern und gegen verdichtungsfähigen Kiessand zu ersetzen. Hierbei ist die Druckausbreitung von 45° unter UK Außenkante Randfundamente zu berücksichtigen.

Die Mutterbodenüberdeckung ist außerdem im Bereich der Zufahrten, Parkflächen und Stichstraßen vollständig abzuschieben.

Der **Sand (Schicht 3 – Homogenbereich 3)** ist grundsätzlich gut tragfähig, frostsicher und ausreichend durchlässig.

Der **Sand (Schicht 5 – Homogenbereich 5)** kann für zahlreiche bautechnische Zwecke verwendet werden. Aufgrund tlw. vorhandener Schlufflagen ist dieser jedoch bereichsweise frostempfindlich und weniger gut durchlässig als die Sande der Schicht 3.

Der **Geschiebelehm (Schichten 4 – Homogenbereich 4)** ist bei steifer Konsistenz relativ gering zusammendrückbar bzw. grundsätzlich als ausreichend tragfähig für eine Wohnbebauung (Einfamilien-/Doppelhäuser) zu bezeichnen.

Sollten im Zuge der Erdarbeiten bindige Böden mit weicher Konsistenz direkt im Gründungsbereich angetroffen werden, sind diese gegen verdichtungsfähigen Kiessand auszutauschen.

Insgesamt neigen die bindigen Böden bei Zulauf von Wasser, in Verbindung mit dynamischen Belastungen aus dem Aushub zu Aufweichungen und damit zum Verlust der Tragfähigkeit. Die Erdarbeiten müssen im Rahmen einer ausreichend dimensionierten Wasserhaltung, rückschreitend in der Baugrube mit glatter Baggerschaufel erfolgen.

Sollten direkt in Baugrubensohle feinkörnige Böden anstehen, wird empfohlen, in Ausschachtungsebene Zug um Zug ausreichend durchlässigen Kiessand auch zur Entwässerung und zum Schutz der Arbeitsebene einzubauen und zu verdichten. Die Schichtstärke des Kiessandes ist bei Planungsfortschritt festzulegen.

Die vorliegende Bearbeitung ersetzt nicht die erforderlichen Gründungsgutachten für jedes einzelne Bauwerk mit entsprechenden abgrenzenden Aufschlussbohrungen in den geplanten Bauflächen. In diesem Zusammenhang sind ergänzende Aufschlussbohrungen unter Berücksichtigung der DIN 4020 durchzuführen.

5 Wasserhaltung

Zur Fassung von Stauwasser auf und in den tlw. oberflächennah anstehenden bindigen Böden ist eine offene Wasserhaltung (Bauhilfsdrainage, Pumpensumpf, Pumpe) vorzuhalten und ggf. zu betreiben.

Der Umfang zur Wasserhaltung insgesamt ist auch jahreszeitlich und von den zum Zeitpunkt der Baumaßnahme herrschenden Witterungsverhältnissen abhängig

Im Zuge von Baumaßnahmen im tieferen Untergrund ist die Absenkung des Grundwasserniveaus erforderlich. In den gut wasserdurchlässigen Sanden ist mit sehr starkem Wasserandrang zu rechnen.

Die Absenkung ist u.E. mittels Schwerkraftbrunnen und KleinfILTERbrunnenanlagen auszuführen. Für die weitere Planung sind detaillierte Bestimmungen zum Durchlässigkeitsbeiwert erforderlich. Die Auftriebssicherheit ist in der Bauphase und im Endzustand sicherzustellen.

Die Gründungsverhältnisse der Nachbarbebauungen sind unter Beachtung der relevanten Reichweite der Absenkung zu erkunden. Des Weiteren sind Beweissicherungen an den entsprechenden Nachbarbebauungen, den angrenzenden Straßen, unterirdischen Anlagen, erdverlegten Leitungen, etc. erforderlich.

Für die Grundwasserentnahme und –einleitung sind im Vorfeld der Baumaßnahme entsprechende behördliche Genehmigungen erforderlich. Die entsprechenden Anträge sind rechtzeitig vor Baubeginn zu stellen.

Eine baubegleitende Kontrolle der Absenkungsmaßnahme (Pegelstände, Wasserqualitäten) aus Gründen der Beweissicherung wird dringend empfohlen.

Einzelheiten sind bei Planungsfortschritt abzustimmen.

Die o. g. Aussagen werden vorbehaltlich behördlicher Genehmigungen getroffen.

6 Trockenhaltung der Gebäude

Insbesondere in den tiefer liegenden Bereichen des Untersuchungsgebietes sollte OK Rohsole der Gebäude deutlich höher als das derzeitige Geländeniveau angeordnet werden.

Das umliegende Gelände ist in jedem Fall so zu profilieren, dass kein Oberflächenwasser dem Gebäude zu fließt.

Des Weiteren kann eine leistungsfähige, rückstausichere und redundante Drainage gem. DIN 4095 erforderlich werden um z.B. Oberflächen- oder Hangwasser zu fassen und ableiten zu können. Sollten keine geeigneten Vorflutverhältnisse für eine Drainage vorhanden sein, ist die Rohsole höher anzuordnen.

Die erforderlichen Maßnahmen zur Trockenhaltung sind abhängig von den Gründungshöhen und bei Planungsfortschritt im Einzelnen festzulegen. Für unterkellerte Gebäude ist die Wassereinwirkungsklasse W2-E gem. DIN 18533-1:2017-07, einzuplanen.

7 Versickerungsfähigkeit

Die Versickerung von Niederschlagswasser gem. DWA-A 138 ist in den ungesättigten Sanden (Schicht 3) über Rigolenversickerung im Bereich von BS 1 – 5 möglich.

Es wird ein möglicher mittlerer höchster Wasserspiegel von -1,50 m zu BN berücksichtigen. UK Versickerungsanlage sollte grundsätzlich nicht tiefer als -0,50 m zu BN angeordnet werden.

In den Bereichen BS 6 – 8 sind somit nur Muldenversickerungen, ggf. nach einer Geländeerhöhung möglich.

Für die weitere Bearbeitung wird für die ungesättigten Sande der Schicht 3 zunächst ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 2,4 \times 10^{-5}$ [m/s] angesetzt. Hierbei wurde bereits der Korrektur von 0,2 berücksichtigt.

Aufgrund der insgesamt deutlich wechselnden Durchlässigkeiten der ungesättigten Sande (siehe hierzu Anlage 2) sind bei Planungsfortschritt auf den einzelnen Grundstücken ergänzenden Untersuchungen zum Durchlässigkeitsbeiwert durchzuführen.

Die o.g. Aussagen werden vorbehaltlich behördlicher Genehmigungen getroffen.

8 Kanalbau

Für die SW- und RW- Leitungen liegen unabhängig von der Tiefenlage in den gewachsenen Böden überwiegend ausreichend tragfähige Untergrundverhältnisse vor.

Auf die nicht tragfähigen schwach humosen und humosen Sande (Schichten 1 und 2) wurde bereits hingewiesen.

Für Rohrleitungsarbeiten ist die DIN EN 1610 'Verlegung von Abwasserleitungen und -kanälen' zu beachten. Für die Bettung der Rohre sollte grundsätzlich ein Sandauflager von 20 cm hergestellt werden. Wenn Sande direkt im Gründungsbereich anstehen, sind zur Gründung der Rohrleitung keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Direkt angeschnittene, aufgeweichte Geschiebeeböden und wasserempfindliche Schluffe sind durch ein 0,40 m mächtiges Polster aus scharfkantigem Naturschotter (z.B. Durchm. 8/56 mm), einschließlich 45° Druckausbreitungsbereich zu stabilisieren.

Die DIN 4124 ist zu beachten. Baugruben und Gräben ab 1,25 m Tiefe sind geböscht herzustellen oder durch einen Verbau zu sichern.

Zur Wasserhaltung sind die Angaben gemäß Kapitel 5 zu beachten.

Die Verfüllung des Kanalgrabens muss lagenweise mit gut verdichtbarem Material erfolgen. Der Geschiebelehm (Schicht 4) ist wegen der Wasserempfindlichkeit und des Feinkornanteils kaum einbaufähig.

Es ist daher zusätzliches Fremdmaterial bei der Ausschreibung zu berücksichtigen.

Als Bodenersatzmaterial empfehlen sich grobkörnige Böden der Bodenklassen SE, SW, SI, GE, GW und GI mit einem Schluffanteil von < 5 %. Diese Böden sind auch zum Verfüllen der gesamten Rohrleitzone zu verwenden. Die Einbauarbeiten sollten laufend durch ein Baugrundlabor stichprobenartig gemäß den Vorgaben überwacht werden.

Auf die erforderliche Verdichtung der Sande (Leitungsgrabenverfüllung $D_{Pr} \geq 98$ % bzw. 100 %) und einen Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45$ MN/m² bzw. $E_{v2} \geq 120$ MN/m² auf dem Planum (siehe ZTVE-StB 09 und ZTV SoB-StB 04/07) wird hingewiesen.

Die Verfüllung der Gräben hat fachgerecht lagenweise verdichtet zu erfolgen. In der Leitungszone bis 1 m über Rohrscheitel ist nur mit leichtem und darüber mit mittelschwerem Verdichtungsgerät zu arbeiten. Die erreichte Verdichtung sollte über Verdichtungskontrollen, z.B. mittels Leichter Rammsondierungen (DPL-5 nach TP BF-StB Teil B 15.1 (früher DIN 4094-3) bzw. DIN EN ISO 22476-2) nachgewiesen werden. Für die Sandverfüllungen sollten ≥ 7 Schläge je 10 cm Eindringtiefe erreicht werden sollten. Alternativ können dynamische Plattendruckversuchen nach TP BF-StB Teil B 8.3 ausgeführt werden. Hier ist abschnittsweise in den Einbaulagen ein dynamischer Verformungsmodul $E_{vd} > 25 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

9 Erschließungsstraße

Die Erfordernisse zum Oberbau sind auf die Belastungsklasse gem. RStO 12 abzustimmen. Die Anforderungen hinsichtlich des Verformungsmoduls E_{v2} nach RStO werden mittels statischen Lastplattendruckversuchs nach DIN 18 134 gemessen und können zusätzlich durch dynamische Plattendruckversuche nach TP BF-StB, Teil 8.3, ergänzt werden. Die erreichte Verdichtung sollte laufend stichprobenartig im festzulegenden Umfang kontrolliert werden (siehe hierzu ZTV E-StB).

Auf dem Erdplanum (unterhalb der schwach humosen und humosen Sande der Schichten 1 und 2) ist gemäß RStO 12 ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erforderlich. Auf den anstehenden gewachsenen Sanden ist dieser Wert zu erreichen. Ggf. ist auch ein höherer E_{v2} Wert nach intensiver Verdichtung erreichbar.

Im Weiteren ist durch den Einbau von frostsicherem weitgestuften Kiessand (0/32) in einer Stärke von $d \geq 0,20 \text{ m}$, der auch als Ersatz für die auszukoffernden Böden (Schichten 1 und 2) und zum Höhenausgleich notwendig werden kann, das geforderte Verformungsmodul jedoch erreichbar.

Durch das Anlegen von Probefeldern und die Auswertung der darauf durchgeführten Versuche ist die Schichtdicke zu optimieren.

Auf der Schottertragschicht (0/32) ist dann der geforderte $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ (angesetzt) erreichbar. Der Abschluss kann durch 4 cm Pflasterbettung und 8 cm Betonsteinpflaster erfolgen. Im Bereich von Überfahrten für Pkw und Lkw ist die Befestigung auf die Verkehrsbelastung abzustimmen.

Die Anforderungen an Baustoffe, Baustoffgemische und Verdichtungsgrade sind u.a. nach ZTVT/ZTVE-StB einzuhalten und nachzuweisen.

Die Nachverdichtung der anstehenden Sande und die Verdichtung der unteren Lage der Frostschutzschicht darf aufgrund der zur Aufweichung neigenden bindigen Böden im Bereich von BS 5 und 8 in Abhängigkeit von der Höhenlage ggf. nur statisch erfolgen.

Aufgrund der angesetzten Gründungshöhen und der vorhandenen Baugrundsichtung ist im Zuge der Baumaßnahme eine offene Wasserhaltung vorzuhalten und ggf. zu betreiben.

Eine zusätzliche Planumsentwässerung in Form von Drainagen gem. RAS-Ew kann in Teilbereichen (z.B. BS 8) erforderlich werden.

10 Verfüllung / Wiederverwendbarkeit

Die auszukoffernden Böden (Schichten 1 und 2) sind zur Verfüllung der Arbeitsräume nicht geeignet.

Die humosen Sande können jedoch u.E. zur Gartengestaltung und Geländeprofilierung in den nicht überbauten Grundstücksbereichen verwendet werden.

Humoser Oberboden bzw. Mutterboden unterliegt einem besonderen Schutz (§ 202 Baugesetzbuch). Eine Verwertung im Gartenbau, Landschaftsbau und in der Landwirtschaft in der durchwurzelbaren Bodenschicht und hier wiederum in der obersten Lage ist anzustreben.

Grundsätzlich kann dies durch Auf- und Einbringen des humosen Oberbodenmaterials in eine bereits vorhandene durchwurzelbare Bodenschicht oder das Herstellen einer neuen durchwurzelbaren Bodenschicht, auch z.B. als oberste Schicht von begrünten technischen Bauwerken, geschehen.

Hierbei ist die LAGA M 20 nicht hinzuzuziehen. Die Anforderungen gemäß § 12 der BBodSchV (Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf und in den Boden) sind zu berücksichtigen.

Der Sand (Schicht 3) ist grundsätzlich gut tragfähig, frostsicher und ausreichend durchlässig.

Der Sand (Schicht 5) kann für zahlreiche bautechnische Zwecke verwendet werden. Aufgrund tlw. vorhandener Schlufflagen ist dieser jedoch bereichsweise frostempfindlich und weniger gut durchlässig.

Die bindigen Böden (Schicht 4) können nur mit erhöhtem Aufwand und bei günstigen Witterungsverhältnissen (Einbau auf dem trockenen Ast der Proctorkurve) wieder verwendet werden.

11 Chemische Analysenergebnisse

Die Ergebnisse der analysierten Mischproben MP I - MP III können der Anlage 3 entnommen werden. Des Weiteren sind die Ergebnisse den Zuordnungswerten der LAGA und den Vorsorge- und Prüfwerten der BBodSchV gegenübergestellt (Anlage 3.3).

Bezeichnung	Bereich	Zuordnungswert gem. LAGA	BBodSchV	
			Vorsorge- werte	Prüfwerte WP Boden – Mensch
MP I aus Mutterboden: Sand, humos, z.T. schwach kiesig	BS 1/1 0,00 – 0,50 m BS 2/1 0,00 – 0,50 m BS 3/1 0,00 – 0,50 m BS 4/1 0,00 – 0,40 m BS 5/1 0,00 – 0,40 m BS 6/1 0,00 – 0,40 m BS 7/1 0,00 – 0,40 m BS 8/1 0,00 – 0,40 m		eingehalten	die analysierten Einzel- parameter unterschreiten die Prüfwerte deutlich
MP II aus Mittelsand, feinsandig, grobsandig	BS 1/2 0,50 – 4,10 m BS 3/2 0,50 – 1,30 m BS 4/2 0,40 – 1,10 m BS 5/2 0,40 – 1,30 m BS 6/3 0,75 – 1,80 m BS 7/3 0,80 – 1,50 m BS 8/3 0,80 – 1,10 m	Z 0		
MP III aus Geschiebelehm: Schluff, Sand, schwach tonig – tonig, schwach kiesig	BS 4/3 1,10 – 1,50 m BS 5/3 1,30 – 2,00 m BS 6/5 2,50 – 3,80 m BS 7/4 1,50 – 2,00 m BS 8/4 1,10 – 2,00 m	Z 2 pH-Wert: 5,9		

Der niedrige pH-Wert in MP III ist vermutlich auf die niedrige Leitfähigkeit zurückzuführen. Es handelt sich um einen natürlichen Boden ohne Schadstoffbelastung.

12 Technische Hinweise

- a. Die tatsächlichen Baugrundverhältnisse sollten in den offenen Baugruben durch den Unterzeichner überprüft werden.
- b. Für den Einbau von Kiessandboden ist eine Druckausbreitung von 45° unterhalb Außenkante UK Fundament zu berücksichtigen. Einzubringender Kiessandersatzboden ist lagenweise auf mindestens mittlere Lagerungsdichte zu verdichten und sollte durch den Unterzeichner gem. DIN EN ISO 22476-2 bzw. TP BF-StB Teil B 15.1 überprüft werden.
Hierbei sind unterhalb einer oberflächigen Störzone von ca. 20 - 30 cm Stärke, Schlagzahlen je 10 cm Eindringung der Rammsonde DPL-5 von i.M. $N_{10} \geq 10$ und Kleinstwerte $N_{10} \geq 7$ zu erzielen.
- c. Unter Berücksichtigung der anstehenden Böden ist für die Baugrube ein Böschungswinkel von $\beta \leq 45^\circ$ einzuhalten. Die Ausführungen der DIN 4123 und 4124 sind zu beachten.
- d. Benachbarte Fundamente unterschiedlicher Gründungstiefe sind unter 30° abzutreten oder die Erddrücke aus den höher liegenden Bauteilen sind durch geeignete statische Konstruktionen zur Tiefe abzutragen, so dass tiefer liegende Bauteile nicht belastet werden.
- e. Sollten im Gründungsbereich in der Baufläche bindige Böden mit weicher Konsistenz angetroffen werden, sind diese gegen Kiessandboden unter Berücksichtigung der Druckausbreitung auszutauschen.
- f. Die bindigen Böden sind als sehr frostempfindlich einzustufen. Das Eindringen des Frostes in diese Böden unterhalb der Gründungssohle ist in jedem Bauzustand zu verhindern.
- g. Die bindigen Böden neigen bei Zulauf von Wasser, in Verbindung mit dynamischen Belastungen aus dem Aushub zu Aufweichungen und damit zum Verlust der Tragfähigkeit. Die Erdarbeiten müssen im Rahmen einer ausreichend dimensionierten offenen Wasserhaltung, rückschreitend in der Baugrube mit glatter Baggerschaufel erfolgen.
In der gesamten Baufläche ist geeigneter, verdichtungsfähiger Kiessand bis UK Sohle einzubauen und zu verdichten. Die untere Lage ist lediglich statisch zu verdichten um Aufweichungen zu vermeiden.
- h. Auf Standorten mit oberflächennah anstehenden bindigen Böden werden gelegentlich Risssschäden, überwiegend an nicht unterkellerten Gebäuden, festgestellt. Die Ursache kann Bodenschrumpfung durch Wasserentzug sein. Der Wasserentzug erfolgt u.a. durch nahestehende Bäume und größere Büsche, die in Zeiten großer Trockenheit ausschließlich auf Bodenwasser angewiesen sind. Auf dem Grundstück sollten in Gebäudenähe keine tiefwurzelnden Bäume und Sträucher gepflanzt werden bzw. vorhanden sein.

13 Zusammenfassung

Im Rahmen der Untersuchungen wurden relativ einheitliche Baugrundverhältnisse nachgewiesen. Die Maßnahme wird der Geotechnischen Kategorie 2 gemäß DIN EN 1997 und DIN 1054 zugeordnet.

Die **Mutterbodenüberdeckung / schwach humose bis humose Sande (Schichten 1 und 2 – Homogenbereiche 1 und 2)** sind setzungsempfindlich und für die Überbauung nicht geeignet. Diese Böden sind vollständig im Bereich der Bauflächen auszukoffern und gegen verdichtungsfähigen Kiessand zu ersetzen. Hierbei ist die Druckausbreitung von 45° unter UK Außenkante Randfundamente zu berücksichtigen.

Die Mutterbodenüberdeckung ist außerdem im Bereich der Zufahrten, Parkflächen und Stichstraßen vollständig abzuschleifen.

Der **Sand (Schicht 3 – Homogenbereich 3)** ist grundsätzlich gut tragfähig, frostsicher und ausreichend durchlässig.

Der **Sand (Schicht 5 – Homogenbereich 5)** kann für zahlreiche bautechnische Zwecke verwendet werden. Aufgrund tlw. vorhandener Schlufflagen ist dieser jedoch bereichsweise frostempfindlich und weniger gut durchlässig als die Sande der Schicht 3.

Der **Geschiebelehm (Schichten 4 – Homogenbereich 4)** ist bei steifer Konsistenz relativ gering zusammendrückbar bzw. grundsätzlich als ausreichend tragfähig für eine Wohnbebauung (Einfamilien-/Doppelhäuser) zu bezeichnen.

Sollten im Zuge der Erdarbeiten bindige Böden mit weicher Konsistenz direkt im Gründungsbereich angetroffen werden, sind diese gegen verdichtungsfähigen Kiessand auszutauschen.

Insgesamt neigen die bindigen Böden bei Zulauf von Wasser, in Verbindung mit dynamischen Belastungen aus dem Aushub zu Aufweichungen und damit zum Verlust der Tragfähigkeit. Die Erdarbeiten müssen im Rahmen einer ausreichend dimensionierten Wasserhaltung, rückschreitend in der Baugrube mit glatter Baggerschaufel erfolgen.

Sollten direkt in Baugrubensohle feinkörnige Böden anstehen, wird empfohlen, in Ausschachtungsebene Zug um Zug ausreichend durchlässigen Kiessand auch zur Entwässerung und zum Schutz der Arbeitsebene einzubauen und zu verdichten. Die Schichtstärke des Kiessandes ist bei Planungsfortschritt festzulegen.

Zur Fassung von Stauwasser auf und in den tlw. oberflächennah anstehenden bindigen Böden ist eine offene Wasserhaltung (Bauhilfsdrainage, Pumpensumpf, Pumpe) vorzuhalten und ggf. zu betreiben. Der Umfang zur Wasserhaltung insgesamt ist auch jahreszeitlich und von den zum Zeitpunkt der Baumaßnahme herrschenden Witterungsverhältnissen abhängig.

Im Zuge von Baumaßnahmen im tieferen Untergrund ist die Absenkung des Grundwasserniveaus erforderlich. In den gut wasserdurchlässigen Sanden ist mit sehr starkem Wasserandrang zu rechnen. Die Absenkung ist u.E. mittels Schwerkraftbrunnen und KleinfILTERbrunnenanlagen auszuführen.

Insbesondere in den tiefer liegenden Bereichen des Untersuchungsgebietes sollte OK Rohsohle der Gebäude deutlich höher als das derzeitige Geländeniveau angeordnet werden. Das umliegende Gelände ist in jedem Fall so zu profilieren, dass kein Oberflächenwasser dem Gebäude zu fließt. Des Weiteren kann eine leistungsfähige, rückstausichere und redundante Drainage gem. DIN 4095 erforderlich werden um z.B. Oberflächen- oder Hangwasser zu fassen und ableiten zu können. Sollten keine geeigneten Vorflutverhältnisse für eine Drainage vorhanden sein, ist die Rohsohle höher anzuordnen.

Die erforderlichen Maßnahmen zur Trockenhaltung sind abhängig von den Gründungshöhen und bei Planungsfortschritt im Einzelnen festzulegen. Für unterkellerte Gebäude ist die Wassereinwirkungsklasse W2-E gem. DIN 18533-1:2017-07, einzuplanen.

Die Versickerung von Niederschlagswasser gem. DWA-A 138 ist in den ungesättigten Sanden (Schicht 3) über Rigolenversickerung im Bereich von BS 1 – 5 möglich. In den Bereichen BS 6 – 8 sind nur Muldenversickerungen, ggf. nach einer Geländeerhöhung möglich. Die o.g. Aussagen werden vorbehaltlich behördlicher Genehmigungen getroffen.

Für die SW- und RW- Leitungen liegen unabhängig von der Tiefenlage in den gewachsenen Böden überwiegend ausreichend tragfähige Untergrundverhältnisse vor.

Die Erfordernisse zum Oberbau sind auf die Belastungsklasse gem. RStO 12 abzustimmen.

Für den abzutragenden Mutterboden ist eine Verwertung auf den Grundstücken anzustreben.

Die vorliegende Bearbeitung ersetzt nicht die erforderlichen Gründungsgutachten für jedes einzelne Bauwerk mit entsprechenden abgrenzenden Aufschlussbohrungen in den geplanten Bauflächen. In diesem Zusammenhang sind ergänzende Aufschlussbohrungen unter Berücksichtigung der DIN 4020 durchzuführen.

Es wird empfohlen, Maßnahmen gem. Kap. 4 ff. dieser Beurteilung durchzuführen.

Für Fragen und weitere Beratungen stehe ich jederzeit gern zur Verfügung.

Fahrenkrug, 04.02.2020
GBU mbH

A. Kattenhorn

Lageskizze und Bohrprofile, M 1 : 100
Kornverteilung
Analysenergebnisse – BBodSchV
Analysenergebnisse – LAGA
Zuordnungs-, Vorsorge- und Prüfwerte
Probenahmeprotokoll
Homogenbereiche

Anlage 1
Anlage 2
Anlage 3.1
Anlage 3.2
Anlage 3.3
Anlage 3.4
Anlage 4