



GBU mbH, Raiffeisenplatz 4, 23795 Fahrenkrug

Gemeinde Leezen
Der Bürgermeister
über
Amt Leezen
Hamburger Str. 28
23816 Leezen

Ingenieurbüro für Geotechnik
Beratung • Planung • Gutachten
Beratende Ingenieure VBI

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

Fax 04551/ 96 85 28
www.gbu-fahrenkrug.de

Fahrenkrug, 31.03.2020
371101

Erschließung Gewerbegebiet
B 432, Ortsteil Kreams I der Gemeinde 23816 Leezen
Baugrunduntersuchung, Geotechnischer Bericht
Beurteilung der Versickerungsfähigkeit, Aussagen zur Tragfähigkeit
Auftrag vom 24.01.2020

1 Einleitung

Die Gemeinde Leezen plant die Aufstellung eines Bebauungsplanes.
Die Fa. GBU mbH wurde mit der Durchführung von Baugrunduntersuchungen und einer Beurteilung beauftragt.

Für die Bearbeitung standen zur Verfügung:

- Lageskizze, M 1 : 3.000, 06.01.2020
- E-Mail vom 06.01.2020, Amt Leezen

2 Durchgeführte Arbeiten

Der Baugrund wurde am 20. und 26.02.2020 durch insgesamt 8 **Kleinrammbohrungen** (BS) bis 6 m Tiefe erkundet (Anlage 1).

Außerdem wurden zur Bestimmung der Lagerungsdichte der anstehenden Böden 3 sog. leichte **Rammsondierungen**, DPI-5, bis 3 m Tiefe durchgeführt.

Die Bohransatzpunkte wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Als **Bezugsniveau** diente OK Schachtdeckel (Anlage 1).

OK Gelände der Ansatzpunkte der Kleinrammbohrungen BS 1 - BS 8

mittlere Geländehöhe aus den 8 Ansatzpunkten	ca.	+1,01 m zu BN
max. Geländehöhe (BS 3)		+1,59 m zu BN
min. Geländehöhe (BS 7)		+0,50 m zu BN

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

An insgesamt 2 Bodenproben wurden Trockensiebungen zur Bestimmung der **Kornverteilung** gemäß DIN 18123 durchgeführt (Anlage 2).

An 5 Bodenproben wurden die **Wassergehalte** gem. DIN 18121 bestimmt. Die Ergebnisse sind neben den Bohrprofilen in Anlage 1 dargestellt.

Aus den Bohrungen wurden die Mischproben MP I, II, IIa und III aus den Einzelproben für die weitere Analytik wie folgt zusammengestellt:

Die Mischprobe MP I wurde am 05.03.2020 dem Labor Eurofins Umwelt Nord GmbH, Hamburg, zur Analytik übergeben und gem. **BBodSchV**¹ Tab. 4.1 und 4.2 – Vorsorgewerte Metalle + Arsen + Organik analysiert. Die Ergebnisse können der Anlage 3.1 entnommen werden.

MP I aus (Mutterboden: Sand, Schluff humos tlw. umgelagert)	BS 1/1	0,00 – 0,45 m
	BS 2/1	0,00 – 0,60 m
	BS 3/1	0,00 – 0,40 m
	BS 4/1	0,00 – 0,40 m
	BS 5/1	0,00 – 0,60 m
	BS 6/1	0,00 – 0,40 m
	BS 7/1	0,00 – 0,55 m
	BS 8/1	0,00 – 0,55 m

Die Mischproben MP II und III wurden ebenfalls am 05.03.200 zur Analytik dem Labor Eurofins Umwelt Nord GmbH, Hamburg, übergeben und gem. **LAGA**² (TR Boden, Tab. II.1.2-2/-4 + -3/ -5) analysiert. Die Ergebnisse können der Anlage 3.2 entnommen werden.

MP II aus (Geschiebelehm – oberer Bereich)	BS 1/2	0,45 – 1,30 m
	BS 2/2	0,60 – 1,10 m
	BS 3/2	0,40 – 0,75 m
	BS 4/3	1,00 – 1,60 m
	BS 5/2	0,60 – 1,40 m
	BS 6/2	0,40 – 1,30 m
	BS 7/2	0,55 – 1,25 m
	BS 8/2	0,55 – 3,00 m
MP III aus (Sand)	BS 1/3	1,30 – 1,70 m
	BS 2/4	2,40 – 5,10 m
	BS 3/5	3,40 – 6,00 m
	BS 4/4	1,60 – 6,00 m
	BS 5/3	1,40 – 6,00 m
	BS 6/3	1,30 – 6,00 m
	BS 7/4	1,60 – 2,50 m
	BS 8/3	3,00 – 6,00 m

¹ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 3 Absatz 4 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert

² 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

Da für einige Einzelparameter auffällige Konzentrationen ermittelt wurden, wurde die Mischprobe MP IIa dem Labor am 16.03.2020 zur Überprüfung bzw. Bestätigung der Ergebnisse übergeben (Anlage 3.3).

MP II (Überprüfung) aus (Geschiebelehm – oberer Bereich)	BS 1/2	0,45 – 1,30 m
	BS 2/2	0,60 – 1,10 m
	BS 3/2	0,40 – 0,75 m
	BS 4/3	1,00 – 1,60 m
	BS 5/2	0,60 – 1,40 m
	BS 6/2	0,40 – 1,30 m
	BS 7/2	0,55 – 1,25 m
	BS 8/2	0,55 – 3,00 m

3 Baugrund

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

Schicht 1:	Mutterboden	
Schicht 2:	Geschiebelehm	z.T. mit Sandeinschaltungen im cm- bis dm- Bereich
Schicht 3:	Sand	kiesig, z.T. schwach schluffig in BS 2 und BS 3
Schicht 4:	Geschiebelehm	(nur in BS 2)

Schicht 1:

Zunächst wurde in sämtlichen Bohrungen eine Mutterbodenüberdeckung, in Form von locker gelagerten, teilweise umgelagerten, humosen Sanden und Schluffen bis max. 0,60 m unter Gelände angetroffen.

Schicht 2:

Unterlagert werden die o.g. Böden in sämtlichen Bohrungen von sehr unterschiedlich mächtigem Geschiebelehm, z.T. in Wechsellagerung mit Sandeinschaltungen. Diese Wechsellagerung wurde in BS 1 bis max. 4,45 m unter Gelände ermittelt. In BS 4, 5 und 6 dagegen nur bis max. 1,60 m unter Gelände.

Die Sandeinschaltungen im cm- bis dm- Bereich sind etwa mitteldicht gelagert.

Der Geschiebelehm weist überwiegend eine steife Konsistenz auf. In BS 6 und BS 7 wurde oberflächennah eine weiche bzw. weiche bis steife Konsistenz ermittelt.

Schicht 3:

Im Liegenden folgen im Wesentlichen kiesige Sande. In BS 1, 3 – 8 bis zur Endteufe von 6 m.

In BS 2 und 3 wurden schwach schluffige, fein- und grobsandige Mittelsande erbohrt. In BS 3 wurden diese bis zur Endteufe nicht durchbohrt.

Schicht 4:

In BS 2 wurde ab 5,10 m Gelände Geschiebelehm mit steifer – weicher Konsistenz erbohrt.

3.1 Bodenkennwerte

<u>Mutterboden</u>	<u>Schicht 1</u>	<u>Homogenbereich 1</u>
Lagerungsdichte:	locker (n. Bohrfortschritt, Probenansprache u. Rammprotokoll)	
Bodengruppe (DIN 18196):	OH, OU	
Bodenklasse (DIN 18300):	1	
Wichte über Wasser, γ :	14 – 20 kN/m ³	
Wichte unter Wasser, γ' :	6 - 10 kN/m ³	
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 09:	F2, F3 (mittel bis sehr frostempfindlich)	

Geschiebelehm, z.T. in Wechsellagerung

<u>mit Sandeinschaltungen</u>	<u>Schicht 2</u>	<u>Homogenbereich 2</u>
Konsistenz // Lagerungsdichte:	weich – steif // mitteldicht (n. Bohrfortschritt, Probenansprache u. Rammprotokoll)	
Wassergehalte (DIN 18121):	11,2 ≤ w ≤ 24,7 %, w i.M. = 18,5 % (5 Versuche)	
Bodengruppe (DIN 18196):	Geschiebelehm: ST, TL, TM Sandeinschaltung SE, SU, SU*	
Bodenklasse (DIN 18300):	3, 4 und 5, Steine / Blöcke möglich, bei Aufweichung 2	
Wichte über Wasser, γ :	18 - 21 kN/m ³	
Wichte unter Wasser, γ' :	10 - 11 kN/m ³	
Reibungswinkel, φ'_{k} :	27,5° - 32,5	
Kohäsion, c'_{k} :	0 - 5 kN/m ²	
Steifemodul, $E_{s,k}$:	10 - 30 MN/m ²	
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 09:	F1 - 3 (nicht bis sehr frostempfindlich)	

<u>Sand, überwiegend kiesig</u>	<u>Schicht 3</u>	<u>Homogenbereich 3</u>
Lagerungsdichte:	mitteldicht - dicht (n. Bohrfortschritt, Probenansprache u. Rammprotokoll)	
Bodengruppe (DIN 18196):	SE (SU) (siehe Anlage 2)	
Bodenklasse (DIN 18300):	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, $E_{s,k}$:	60 MN/m ²	
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 09:	F1 (nicht frostempfindlich)	

Geschiebelehm	Schicht 4	Homogenbereich 4
Konsistenz:	weich – steif (n. Bohrfortschritt, Probenansprache)	
Bodengruppe (DIN 18196):	Geschiebelehm: ST, TL	
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 :	2 kN/m ²	
Steifemodul, $E_{s,k}$:	15 MN/m ²	
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 09:	F3 (sehr frostempfindlich)	

Ersatzboden

Kornaufbau:	Fein- bis Grobsande, kiesig
Lagerungsdichte:	mindestens mitteldicht, 100 % der einf. Proctordichte (Überprüfung durch Verdichtungskontrolle)
Bodengruppe (DIN 18 196):	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	Geschiebelehm, z.T. in Wechsellagerung mit Sand	Schicht 2
Homogenbereich 3	Sand	Schicht 3
Homogenbereich 4	Geschiebelehm (nur BS 2)	Schicht 4

Es werden Homogenbereiche für Böden nach
ATV DIN 18300 Erdarbeiten
gebildet (Anlage 4).

3.3 Grundwasser

In einigen Bohrungen wurde aufstauendes Sickerwasser auf und in dem bindigen Geschiebelehm ermittelt.

Nach dem Durchteufen dieser gering durchlässigen Böden versickerte dieses Wasser im tieferen Untergrund.

Lediglich in BS 1 und BS 2 wurde im tieferen Untergrund Schichtenwasser bei 3,20 m bzw. 3,98 m unter Gelände erfasst.

Mit weiteren jahreszeitlichen und witterungsbedingten Stauwasserbildungen (aufstauendem Sickerwasser) auf den bindigen Böden muss gerechnet werden.

Die unterlagernden Sande (Schicht 3) sind i.d.R. bis zur Endteufe von 6 m lediglich erdfeucht.

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

Im Bereich von BS 1 und BS 2 wird von einer Versickerung nach DWA-A 138 abgeraten.

Im Bereich von BS 3 – BS 8 sollte für die Planung der Versickerung nach DWA-A 138 in den ungesättigten Sanden (Schicht 3) zunächst ein möglicher mittlerer höchster Wasserstand von -5 m zu BN berücksichtigt werden.

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 (Schicht 1 – Homogenbereich 1)** ist 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 unterlagernde **Geschiebelehm, z.T. in Wechsellagerung mit Sandeinschaltungen (Schicht 2 – Homogenbereich 2)** ist mit steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung relativ gering zusammendrückbar und grundsätzlich als ausreichend tragfähig für eine 1- bis 2- geschossige Bebauung zu bezeichnen. Diese Böden sind jedoch überwiegend frostempfindlich.

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 bzw. die schluffigen Sande 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 kapillarbrechenden Kiessand auch zur Entwässerung der Arbeitsebene einzubauen und zu verdichten. Die Schichtstärke des Kiessandes ist bei Planungsfortschritt festzulegen.

Die **Sande (Schicht 3 – Homogenbereich 3)** sind grundsätzlich gut tragfähig, überwiegend frostsicher und ausreichend durchlässig.

Für den **Geschiebelehm (Schicht 4 – Homogenbereich 4)** gilt grundsätzlich das Gleiche wie für Schicht 2. Aufgrund der Tiefenlage ist dieser jedoch vermutlich nur von untergeordneter Bedeutung.

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

5 Wasserhaltung

Zur Fassung von temporärem Stauwasser sollte zur Sicherheit eine offene Wasserhaltung (Bauhilfsdrainage, Pumpensumpf, Pumpe) vorgehalten und ggf. betrieben werden.

Der Umfang zur Wasserhaltung insgesamt ist auch jahreszeitlich und von den zum Zeitpunkt der Baumaßnahme herrschenden Witterungsverhältnissen abhängig. Für die Wasserentnahme und für die Einleitung sind rechtzeitig im Vorfeld der Baumaßnahme entsprechende Anträge zu stellen.

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.

Die erforderlichen Maßnahmen zur Trockenhaltung sind abhängig von den Gründungshöhen und bei Planungsfortschritt im Einzelnen festzulegen.

7 Versickerungsfähigkeit

Bei der anstehenden Baugrundsichtung und den Grundwasserverhältnissen ist eine Versickerung von Niederschlagswasser gem. DWA-A 138 in den ungesättigten Sanden der Schicht 3 technisch über Schacht- und ggf. (Rohr-)Rigolenversickerung möglich.

Unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors von $f = 0,2$ ist zunächst mit einem Durchlässigkeitsbeiwert (k_f) von

ca. 1×10^{-5} [m/s] im Bereich von BS 3

und

ca. 8×10^{-5} [m/s] im Bereich von BS 4 – 8

zu rechnen.

Außerdem ist zu beachten, dass UK Versickerungsanlage mindestens 1 über dem mittleren höchsten Wasserstand liegt (siehe Kapitel 3.3).

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

Zur Bemessung und Optimierung der Versickerungsanlagen sind abgrenzende Aufschlussbohrungen bei Planungsfortschritt im Bereich der Anlagenstandorte durchzuführen.

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 tragfähige Mutterbodenüberdeckung (Schicht 1) 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 bindige Böden (Geschiebelehm) sind auszutauschen. Die DIN 4124 ist zu beachten. Baugruben und Gräben ab 1,25 m Tiefe sind geböschst 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. Schluffige Sande und der Geschiebelehm sind wegen der Wasserempfindlichkeit und des Feinkornanteils bedingt bis 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. 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 $n \geq 7$ Schläge je 10 cm Eindringtiefe erreicht werden. 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 Mutterbodenüberdeckung) ist gemäß RStO 12 ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erforderlich. Auf den anstehenden gewachsenen überwiegend frostempfindlichen Böden (Geschiebelehm, F3) ist dieser Wert nicht zu erreichen.

Im Weiteren ist der Einbau von frostsicherem weitgestuften Kiessand (0/32), der auch als Ersatz für die auszukoffernden Böden (Schicht 1 und 2) und zum Höhenausgleich notwendig werden kann, erforderlich. 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.

Im Bereich von Überfahrten ist die Befestigung auf die Verkehrsbelastung abzustimmen.

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

10 Chemische Analysenergebnisse

Die Ergebnisse der analysierten Mischproben MP I - MP III können den Anlagen 3.1 – 3.3 entnommen werden. Des Weiteren sind die Ergebnisse den Zuordnungswerten der LAGA TR Boden und den Vorsorge- und Prüfwerten der BBodSchV gegenübergestellt.

Bezeichnung	Bereich	Zuordnungswert gem. LAGA	BBodSchV	
			Vorsorge- werte	Prüfwerte WP Boden – Mensch
MP I aus (Mutterboden: Sand, Schluff humos tlw. umgelagert)	BS 1/1 0,00 – 0,45 m BS 2/1 0,00 – 0,60 m BS 3/1 0,00 – 0,40 m BS 4/1 0,00 – 0,40 m BS 5/1 0,00 – 0,60 m BS 6/1 0,00 – 0,40 m BS 7/1 0,00 – 0,55 m BS 8/1 0,00 – 0,55 m		eingehalten	die analysierten Einzel- parameter unterschreiten die Prüfwerte deutlich
MP II aus (Geschiebelehm – oberer Bereich)	BS 1/2 0,45 – 1,30 m BS 2/2 0,60 – 1,10 m BS 3/2 0,40 – 0,75 m BS 4/3 1,00 – 1,60 m BS 5/2 0,60 – 1,40 m BS 6/2 0,40 – 1,30 m BS 7/2 0,55 – 1,25 m BS 8/2 0,55 – 3,00 m	> Z 2 pH-Wert: 3,5 Chlorid: 180 mg/l nachrangig: Nickel und Cadmium im Eluat Leitfähigkeit		
MP III aus (Sand)	BS 1/3 1,30 – 1,70 m BS 2/4 2,40 – 5,10 m BS 3/5 3,40 – 6,00 m BS 4/4 1,60 – 6,00 m BS 5/3 1,40 – 6,00 m BS 6/3 1,30 – 6,00 m BS 7/4 1,60 – 2,50 m BS 8/3 3,00 – 6,00 m	Z 0		
MP II (Überprüfung) aus (Geschiebelehm – oberer Bereich)	BS 1/2 0,45 – 1,30 m BS 2/2 0,60 – 1,10 m BS 3/2 0,40 – 0,75 m BS 4/3 1,00 – 1,60 m BS 5/2 0,60 – 1,40 m BS 6/2 0,40 – 1,30 m BS 7/2 0,55 – 1,25 m BS 8/2 0,55 – 3,00 m	> Z 2 pH-Wert: 5,4		

11 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.

Die bindigen Böden, im Wesentlichen Schicht 2, können nur mit erhöhtem Aufwand und bei günstigen Witterungsverhältnissen (Einbau auf dem trockenen Ast der Proctorkurve) wieder eingebaut und verdichtet werden.

Für den Geschiebelehm (Schicht 2, MP II) wird eine erneute Beprobung mit anschließender Analytik gem. LAGA Boden empfohlen (siehe hierzu Analytik, Kapitel 10).

Die Sande (Schicht 3) sind für bautechnische Zwecke bei einem relativ geringen Schluffanteil verdichtungsfähig.

Die Verfüllung der Kanalgräben muss lagenweise mit gut verdichtbarem Material erfolgen. Die enggestuften Sande (Schicht 3) können, sofern humus- und steinfrei, grundsätzlich aus technischer Sicht als Füllboden wieder eingebaut werden.

Bei Böden mit höherem Feinkornanteil ist mit einem erhöhten Verdichtungsaufwand bzw. einer eingeschränkten Verdichtbarkeit zu rechnen.

Auf die erforderliche Verdichtung der Sande (Leitungsgrabenverfüllung $D_{Pr} \geq 98\%$ bzw. 100%) und einen Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ auf dem Planum (siehe ZTVE-StB 09 und ZTV SoB-StB 04/07) wird hingewiesen.

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. Sollten im Gründungsbereich in der Baufläche bindige Böden mit weicher Konsistenz angetroffen werden, sind diese ebenfalls gegen Kiessandboden unter Berücksichtigung der Druckausbreitung auszutauschen.
- e. Die bindigen Böden sind als sehr frostempfindlich einzustufen. Das Eindringen des Frostes in diese Böden unterhalb der Gründungssohle ist in jedem Bauzustand zu verhindern.
- f. 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.
Beim Einbau und der Verdichtung von Kiessand auf dem Geschiebelehm ist darauf zu achten, dass die untere Lage lediglich statisch zu verdichten ist, um Aufweichungen zu vermeiden.

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 (Schicht 1 – Homogenbereich 1)** ist 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 unterlagernde **Geschiebelehm, z.T. in Wechsellagerung mit Sandeinschaltungen (Schicht 2 – Homogenbereich 2)** ist mit steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung relativ gering zusammendrückbar und grundsätzlich als ausreichend tragfähig für eine 1- bis 2- geschossige Bebauung zu bezeichnen. Diese Böden sind jedoch überwiegend frostempfindlich.

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 bzw. die schluffigen Sande 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 kapillarbrechenden Kiessand auch zur Entwässerung der Arbeitsebene einzubauen und zu verdichten. Die Schichtstärke des Kiessandes ist bei Planungsfortschritt festzulegen.

Die **Sande (Schicht 3 – Homogenbereich 3)** sind grundsätzlich gut tragfähig, überwiegend frostsicher und ausreichend durchlässig.

Für den **Geschiebelehm (Schicht 4 – Homogenbereich 4)** gilt grundsätzlich das Gleiche wie für Schicht 2. Aufgrund der Tiefenlage ist dieser jedoch vermutlich nur von untergeordneter Bedeutung.

Zur Fassung von temporärem Stauwasser sollte zur Sicherheit eine offene Wasserhaltung (Bauhilfsdrainage, Pumpensumpf, Pumpe) vorgehalten und ggf. betrieben werden.

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.

Die erforderlichen Maßnahmen zur Trockenhaltung sind abhängig von den Gründungshöhen und bei Planungsfortschritt im Einzelnen festzulegen.

Bei der anstehenden Baugrundsichtung und den Grundwasserverhältnissen ist eine Versickerung von Niederschlagswasser gem. DWA-A 138 in den ungesättigten Sanden der Schicht 3 technisch über Schacht- und ggf. (Rohr-)Rigolenversickerung möglich.

Außerdem ist zu beachten, dass UK Versickerungsanlage mindestens 1 über dem mittleren höchsten Wasserstand liegt.

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

Zur Bemessung und Optimierung der Versickerungsanlagen sind abgrenzende Aufschlussbohrungen bei Planungsfortschritt im Bereich der Anlagenstandorte durchzuführen.

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

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

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

Fahrenkrug, 31.03.2020
GBU mbH

A. Kattenhorn

Lageskizze und Bohrprofile	Anlage 1
Kornverteilungen	Anlage 2
Analysenergebnisse – BBodSchV, MP I	Anlage 3.1
Analysenergebnisse – LAGA, MP II und MP III	Anlage 3.2
Analysenergebnisse – LAGA, MP II (Überprüfung)	Anlage 3.3
Probenahmeprotokoll	Anlage 3.4
Homogenbereiche	Anlage 4