



GBU mbH, Raiffeisenplatz 4, 23795 Fahrenkrug

Stadt Wahlstedt
Der Bürgermeister
Herrn Torsten Maaß
Markt 3
23812 Wahlstedt

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, 23.12.2017
311902

B-Plan 32 – Industriegebiet, Wahlstedt
Baugrunduntersuchung, Errichtung von Grundwassermessstellen
allgemeine Beurteilung
Auftrag vom 10.08.2017

1. Einleitung

Auf den o. g. Flächen ist ein Gewerbegebiet geplant. Die Fa. GBU mbH wurde mit der Durchführung von Baugrunduntersuchungen und der Erstellung einer allgemeinen Beurteilung zur Tragfähigkeit beauftragt.

Für die Bearbeitung standen zur Verfügung:

- Lageskizze, E-Mail vom 10.08.2017
- Bericht vom 18.03.2016, Az. 311901

Die Lage und Abmessungen der Flächen können der Anlagen 1 und 1.1 entnommen werden.

2. Methodik

Der Baugrund wurde am 08.03. und 09.03.2016, sowie am 29.08. und 05.12.2017 durch insgesamt 14 Kleinrammbohrungen bis 6 m Tiefe an den vorgegebenen Ansatzpunkten erkundet (Anlage 1 und 1.1).

Zwei der o.g. Bohrungen wurden zu den Grundwassermessstellen GWMS 1 und 2 ausgebaut (Anlage 1.1).

Die Bodenproben der Güteklasse 2 - 4 wurden nach einer vergleichenden Analyse durch den Unterzeichnenden als Rückstellproben gelagert. Die Beprobung erfolgte meterweise bzw. bei Schichtwechsel.

An 3 + 3 Bodenproben wurden Kornverteilungsanalysen gem. DIN 18123 durchgeführt (Anlage 2 und 2.1).

In dem Bericht werden folgende Höhen angesetzt:

Höhen: OK Schachtdeckel, Bahnsteig (s. Anlage 1) BN ±0,00 (Anlage 1)

OK Gelände der Ansatzpunkte der Kleinrammbohrungen BS 1 - BS 12 und GWMS 1 und 2
mittlere Geländehöhe aus den 14 Ansatzpunkten ca. -2,92 m zu BN
max. Geländehöhe (BS 1) +0,44 m zu BN
min. Geländehöhe (BS 6) -4,29 m zu BN

3. Baugrund

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

Schicht 1	Mutterboden: Sand, humos (BS 1 – 12 und GWMS 1 und 2)
Schicht 2	Sand, schluffig, schwach kiesig (nur BS 1)
Schicht 3	Sand mit beginnender Ortsteinbildung (BS 3, 8 und 10)
Schicht 4	Geschiebelehm, steife Konsistenz (nur BS 1 und BS 2)
Schicht 5	Sande (BS 1 – 12 und GWMS 1 und 2)
Schicht 6	Geschiebemergel, steife Konsistenz (BS 1, 2, 4, 6, 10, 11 und 12)
Schicht 7	Sande (nur BS 1 und BS 6)

In sämtlichen Bohrungen wurde eine **Mutterbodenüberdeckung** in Form von humosen Sanden bis max. 0,65 m unter Gelände ermittelt.

Im Liegenden folgt in BS 1 schluffiger, schwach kiesiger **Sand** bis 1,00 m unter Gelände.

In BS 3, 8 und 10 folgt ein **Sand mit beginnender Ortsteinbildung** bis max. 0,70 m unter Gelände.

In den Kleinrammbohrungen BS 1 und BS 2 wurde **Geschiebelehm** mit steifer Konsistenz bis max. 3,40 m unter Gelände ermittelt.

Unterlagert werden die o.g. Böden in sämtlichen Bohrungen von unterschiedlich mächtigen **Sanden** mit deutlich wechselnden Kornverteilungen.

In den Bohrungen BS 3, 5, 7, 8, 9 und GWMS 1 und 2 wurden diese bis zur Endteufe von 6 m nicht durchbohrt.

Die Sande werden in BS 1, 2, 4, 6, 10, 11 und 12 von **Geschiebemergel** mit steifer Konsistenz unterlagert. In BS 2, 4, 10, 11 und 12 werden diese Böden bis zur Endteufe von 6 m nicht durchteuft.

In BS 1 und 6 folgen bis zur Endteufe erneut **Sande** mit wechselnden Kornverteilungen.

3.1 Bodenkennwerte

Mutterboden**Schicht 1**

Kornverteilung:	Sand, humos
Lagerungsdichte:	locker (n. Bohrfortschritt u. Probenansprache)
Bodengruppe (DIN 18196):	OH
Bodenklasse (DIN 18300):	1

Sande**Schicht 2**

Kornverteilung:	Sand, schluffig
Lagerungsdichte:	mittedicht (n. Bohrfortschritt u. Probenansprache)
Bodengruppe (DIN 18196):	SU, SU*
Bodenklasse (DIN 18300):	3
Wichte über Wasser, γ :	18 kN/m ³
Wichte unter Wasser, γ' :	10 kN/m ³
Reibungswinkel, φ'_k :	32,5°
Kohäsion, c'_k :	- kN/m ²
Steifemodul, $E_{s,k}$:	30 MN/m ²
Durchlässigkeitsbeiwert, gem. HAZEN:	$5 \times 10^{-6} < k_f < 1 \times 10^{-5}$ [m/s]
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 09:	F 1 – F 3 (nicht bis sehr frostempfindlich)

Sande**Schicht 3**

Kornverteilung:	Sand, beginnende Ortsteinbildung
Lagerungsdichte:	mittedicht (n. Bohrfortschritt u. Probenansprache)
Bodengruppe (DIN 18196):	SE
Bodenklasse (DIN 18300):	3 und 5
Wichte über Wasser, γ :	18 kN/m ³
Wichte unter Wasser, γ' :	10 kN/m ³
Reibungswinkel, φ'_k :	32,5°
Kohäsion, c'_k :	- kN/m ²
Steifemodul, $E_{s,k}$:	40 MN/m ²
Durchlässigkeitsbeiwert, gem. HAZEN:	$5 \times 10^{-6} < k_f < 1 \times 10^{-5}$ [m/s]
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 09:	F 1 – F 3 (nicht bis sehr frostempfindlich)

Geschiebelehm**Schicht 4**

Kornverteilung:	Sand, schluffig, schwach tonig, schwach kiesig
Konsistenz:	steif (n. Bohrfortschritt u. Probenansprache)
Bodengruppe (DIN 18196):	ST, TL
Bodenklasse (DIN 18300):	4 und 5
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, $E_{s,k}$:	20 MN/m ²
Durchlässigkeitsbeiwert, k_f :	$k_f < 1 \times 10^{-6}$ [m/s]
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 09:	F 3 (sehr frostempfindlich)

Sande

Kornverteilung:	Feinsand - Grobsand, z.T. schwach kiesig – kiesig untergeordnet bereichsweise schluffig in BS 3 vereinzelt Torflagen im cm- Bereich
Lagerungsdichte:	mitteldicht (n. Bohrfortschritt u. Probenansprache)
Bodengruppe (DIN 18196):	SE, SU, SU* (siehe Anlage 2 und 2.1)
Bodenklasse (DIN 18300):	3
Wichte über Wasser, γ :	18 – 19 kN/m ³
Wichte unter Wasser, γ' :	10 – 11 kN/m ³
Reibungswinkel, φ'_k :	30 - 35°
Kohäsion, c'_k :	- kN/m ²
Steifemodul, $E_{s,k}$:	20 - 60 MN/m ²
Durchlässigkeitsbeiwert, gem. HAZEN:	$5 \times 10^{-6} < k_f < 5 \times 10^{-3}$ [m/s]
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 09:	F 1 – F 3 (nicht bis stark frostempfindlich)

Schicht 5 und 7**Geschiebemergel**

Kornverteilung:	- Sand, schluffig, schwach tonig, schwach kiesig - Schluff, sandig, schwach tonig, schwach kiesig
Konsistenz:	steif (n. Bohrfortschritt u. Probenansprache)
Bodengruppe (DIN 18196):	ST, TL
Bodenklasse (DIN 18300):	4 und 5
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, $E_{s,k}$:	25 MN/m ²
Durchlässigkeitsbeiwert, k_f :	$k_f < 1 \times 10^{-6}$ [m/s]
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 09:	F3 (sehr frostempfindlich)

Schicht 6**Kiessandersatzboden**

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

Sollten die o.g. Austauschande als Flächenfiltermaterial für eine Dränage eingebaut werden, sind schlufffreie (gewaschene) Sande einzusetzen, die gleichzeitig einen Feinsandanteil von max. ≤ 10 Gew.-% aufweisen dürfen.

3.2 Grundwasser

Nach Ende 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
Stichtagsmessung vom 08.03. und 09.03.2016			
BS 1	+0,44	1,70	-1,26
BS 2	-0,67	1,68	-2,35
BS 3	-2,50	0,60	-3,10
BS 4	-2,88	0,72	-3,60
BS 5	-3,18	0,60	-3,78
BS 6	-4,29	0,30	-4,59
BS 7	-3,94	0,50	-4,44
Stichtagsmessung vom 29.08.2017 und 05.12.2017)*			
BS 8	-3,15	0,91	-4,06
BS 9	-3,37	0,97	-4,34
BS 10	-2,94	1,77	-4,71
BS 11)*	-3,70	0,63	-4,33
BS 12	-3,96	1,09	-5,05
Stichtagsmessung vom 29.08.2017			
GWMS 1	-1,53)**	3,16	-4,69
GWMS 2	-3,45)**	1,30	-4,75
Stichtagsmessung vom 05.11.2017			
GWMS 1	-1,53)**	2,53	-4,06
GWMS 2	-3,45)**	0,57	-4,02
Stichtagsmessung vom 05.12.2017			
GWMS 1	-1,53)**	2,51	-4,04
GWMS 2	-3,45)**	0,53	-3,98

Tab. 1: Stichtagsmessungen,)** - Oberkante Rohr

Es wurden mäßig gut ausgepegelte Wasserstände ermittelt. Es handelt sich um Grundwasser, welches bereichsweise durch Stau- und Schichtenwasser überlagert wird (z.B. BS 1 – 3).

Mit weiteren jahreszeitlichen und witterungsbedingten Stau- und Schichtenwasserbildungen auf und in den teilweise bereits oberflächennah anstehenden bindigen Böden muss gerechnet werden.

Insbesondere in den tiefer liegenden Geländebereichen ist mit temporären Grundwasserständen in Geländeoberfläche zu rechnen.

Mit den Stichtagsmessungen im November und Dezember 2017 wurden in den Messstellen GWMS 1 und 2 um etwa 0,70 m geringe Grundwasserflurabstände gemessen als im August 2017.

4. Beurteilung

Im Rahmen der Untersuchungen wurden relativ einheitliche Baugrundverhältnisse nachgewiesen.

Die Mutterbodenüberdeckung ist setzungsempfindlich und für die Überbauung nicht geeignet. Diese Böden sind vollständig im Bereich der Bauflächen auszukoffern und gegen verdichtungsfähigen Kiessand zu ersetzen.

Die unterlagernden gewachsenen Sande und die Geschiebelehm/-mergel bei mindestens steifer Konsistenz sind relativ gering zusammendrückbar und grundsätzlich als geeigneter und ausreichend tragfähiger Baugrund zu bezeichnen.

Die bindigen Böden und z.T. schluffigen Sande neigen in Verbindung mit dynamischen Belastungen aus dem Aushub zu Aufweichungen und damit zum Verlust der Tragfähigkeit. Für die Erdarbeiten ist eine ausreichend dimensionierte Wasserhaltung vorzuhalten und auch in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen zu betreiben.

Aufgrund der teilweise sehr geringen Grundwasserflurabstände ist u.E. in großen Teilen des Baugebietes eine Geländeaufhöhung erforderlich.

Die vorliegende Bearbeitung ersetzt nicht die erforderlichen Gründungsgutachten für jedes einzelne Bauwerk mit entsprechenden abgrenzenden Aufschlussbohrungen in den geplanten Bauflächen. In diesem Zusammenhang sind Aufschlussbohrungen bis in ausreichende Tiefen durchzuführen.

5. Wasserhaltung

Auf Grundlage der vorliegenden Daten sind im Bereich von BS 1 und BS 2 vermutlich Maßnahmen zur offenen Wasserhaltung ausreichend.

Im Bereich von BS 3 – 12 und GWMS 1 und 2 ist bei entsprechenden Gründungstiefen das Grundwasser nur über Brunnen abzusenken. Bereichsweise ist mit erheblichem Wasserandrang zu rechnen. Die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit ist hier im Einzelnen zu prüfen.

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

6. Trockenhaltung des Gebäudes

Die erforderlichen Maßnahmen zur Trockenhaltung der erdberührenden Gebäudeteile sind abhängig von den Gründungstiefen und bei Planungsfortschritt festzulegen.

7. Versickerungsfähigkeit

Aufgrund der anstehenden Baugrundsichtung und der Grundwasserflurabstände ist eine Versickerung von Niederschlagswasser gem. DWA-A 138 u.E. nicht möglich.

8. Kanalbau

In den Sohlen der SW- und RW- Leitungen liegen unabhängig von der Tiefenlage ausreichend tragfähige Untergrundverhältnisse vor.

Auf die zur Aufweichung neigenden bindigen Böden wurde bereits hingewiesen. Aufgeweichte Böden sind gegen Kiessand zu ersetzen.

Für Rohrleitungsarbeiten ist die DIN EN 1610 'Verlegung von Abwasserleitungen und -kanälen' zu beachten.

Für die Bettung der Rohre sollte ein Sandauflager hergestellt werden (Bettungstyp I mit einem Sandauflager von 15 cm Stärke).

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

Eine Grundwassersenkung ist vorzuhalten und zu betreiben (s.o.).

Die Verfüllung des Kanalgrabens muss lagenweise mit gut verdichtbarem Material erfolgen. Der Geschiebelehm/-mergel ist wegen der Wasserempfindlichkeit und des Feinkornanteils nicht wieder einbaufähig. Die Sande sind im Wesentlichen gut einbaufähig.

Zusätzliches Fremdmaterial für den Einbau ist bei der Ausschreibung zu berücksichtigen.

9. Erschließungsstraße, Parkplätze

Auf dem Erdplanum ist gemäß RStO 12 ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erforderlich. Auf dem teilweise im Bereich des Planums anstehenden frostempfindlichen Geschiebelehm (F3) ist dieser Wert nicht sicher zu erreichen. Durch den Einbau von frostsicherem Sand in einer Stärke von $d \geq 0,20 \text{ m}$, der auch als Ersatz für die auszukoffernden humosen Sande und zum Höhenausgleich notwendig werden kann, ist das geforderte Verformungsmodul jedoch erreichbar. Durch das Anlegen von Probefeldern und die Auswertung der darauf durchgeführten Versuche kann die Dicke der Austauschschicht optimiert werden.

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.

10. Technische Hinweise

- a. Die tatsächlichen Baugrundverhältnisse sollten in den offenen Baugruben durch den Unterzeichner überprüft werden.
- b. Einzubringender Kiessandersatzboden ist lagenweise auf mindestens mittlere Lagerungsdichte zu verdichten und sollte gem. DIN EN ISO 22476-2 (früher DIN 4094) überprüft werden.
- c. Für Bodenaustausch und tragende Verfüllungen ist schluffarmer Kiessand (Feinkornanteil $< 3 \%$) zu verwenden.
- d. 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.

- e. Generell ist eine frostsichere Fundamenteinbindetiefe einzuhalten. Die Böden in Gründungsebene sind teilweise als frostempfindlich einzustufen.
- f. Bindige Böden neigen bei knetender und dynamischer Beanspruchung (z.B. Bagger, Radlader) in Verbindung mit Stau- und Tagwasser zur Aufweichung. Trotzdem aufgeweichte Bereiche sind gegen zu verdichtenden Sand auszutauschen.

11. Schlussbemerkung

Auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen ist für die weitere Planung von folgender Situation auszugehen:

Im Rahmen der Untersuchungen wurden relativ einheitliche Baugrundverhältnisse nachgewiesen. Die Mutterbodenüberdeckung ist setzungsempfindlich und für die Überbauung nicht geeignet. Diese Böden sind vollständig im Bereich der Bauflächen auszukoffern und gegen verdichtungsfähigen Kiessand zu ersetzen.

Die unterlagernden gewachsenen Sande und die Geschiebelehm/-mergel bei mindestens steifer Konsistenz sind relativ gering zusammendrückbar und grundsätzlich als ausreichend tragfähig zu bezeichnen.

Die bindigen Böden und z.T. schluffigen Sande neigen in Verbindung mit dynamischen Belastungen aus dem Aushub zu Aufweichungen und damit zum Verlust der Tragfähigkeit.

Insbesondere in den tiefer liegenden Geländebereichen ist mit temporären Grundwasserständen in Geländeoberfläche zu rechnen.

Aufgrund der teilweise sehr geringen Grundwasserflurabstände ist u.E. in großen Teilen des Baugebietes eine Geländeaufhöhung erforderlich.

Für die Erdarbeiten und den Kiessandeinbau ist eine ausreichend dimensionierte Wasserhaltung vorzuhalten und ggf. zu betreiben.

Die vorliegende Bearbeitung ersetzt nicht die erforderlichen Gründungsgutachten für jedes einzelne Bauwerk mit entsprechenden abgrenzenden Aufschlussbohrungen in den geplanten Bauflächen. In diesem Zusammenhang sind Aufschlussbohrungen bis in ausreichende Tiefen durchzuführen.

Mit den Stichtagsmessungen im November und Dezember 2017 wurden in den Messstellen GWMS 1 und 2 um etwa 0,70 m geringe Grundwasserflurabstände gemessen als im August 2017.

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

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

Fahrenkrug, 23.12.2017

GBU mbH

A. Kattenhorn

Anlagen

Lageskizze, Bohrprofile, M 1 : 100
Kornverteilungen

Anlage 1 und 1.1
Anlage 2 und 2.1