

Geotechnische Stellungnahme

Bauvorhaben Neubau Senioren-Residenz Fehmarn
mit Tiefgarage
Mühlenstraße 8
23769 Burg auf Fehmarn

Auftraggeber/ -in Mühlenstraße 8 GmbH & Co. eGbR
Bürgermeister-Feilke-Straße 18
23769 Fehmarn

Projektnummer 2418590

Datum Lübeck, 06.12.2024

- Inhaltsübersicht:**
1. Veranlassung
 2. Baugelände und Bauwerk
 3. Untersuchungen
 - 3.1 Bodenuntersuchungen
 - 3.2 chemische Untersuchungen
 4. Boden- und Grundwasserverhältnisse
 - 4.1 Bodenschichten
 - 4.2 Grundwasserverhältnisse
 - 4.3 Bodeneigenschaften
 - 4.4 Bodenkennwerte
 5. Gründungsempfehlung
 - 5.1 Gründung Gebäude
 - 5.2 Zulässige Sohlspannungen-Grundbruchsicherheit
Bettungsmodule
 - 5.3 Setzungen

6. Allgemeine Ausführungshinweise
 - 6.1 Baugrube, Baugrubensicherung
 - 6.2 Trockenhaltung im Bauzustand
 - 6.3 Trockenhaltung im Endzustand
 - 6.4 Schutz der Böden im Bereich des Aushubplanums
 - 6.5 Bodenmaterial
 - 6.6 Wiederverwendung des anfallenden Aushubmaterials
7. Versickerung von Niederschlagswasser

Anlage:	1	Lageplan Untersuchungspunkte
	2	Bodenprofile

1. Veranlassung

Im Bereich der Mühlenstraße 8 in Burg auf Fehmarn ist der Neubau einer Senioren-Residenz geplant. Das Ingenieurbüro Höppner, Lübeck, wurde beauftragt die Boden- und Grundwasserverhältnisse im Bereich des geplanten Gebäudes zu untersuchen und allgemein geotechnisch zu beurteilen, sowie eine Aussage über die Gründungsmaßnahmen und ausführungstechnischen Hinweise abzugeben.

Für die Bearbeitung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Lageplan
- Flurkarte
- Querschnitte/ Erdgeschoss und Untergeschoss
- Leitungspläne

2. Baugelände und Bauwerk

Das Gelände ist relativ eben. Es sind mehrere Gebäude vorhanden, die abgerissen werden sollen. Ein Teil des Baugeländes ist mit Betonpflaster befestigt.

Das neu geplante Gebäude ist komplett mit einem Untergeschoss geplant (Keller und Tiefgarage), einem Erdgeschoss, 1. und 2. Obergeschoss und einem Staffelgeschoss. Das Untergeschoss ist auch im Bereich des Innenraumes geplant. Die Tiefgaragenniederfahrt ist im Süden geplant. Die genauen Abmessungen des Gebäudes sind der Anlage 1 zu entnehmen.

Die Lasten sollen über eine gedämmte und bewehrte Sohlplatte in den Untergrund geleitet werden.

3. Untersuchungen

3.1 Bodenuntersuchungen

Zur ersten Erkundung der Bodenverhältnisse wurden am 26.11.2024, insgesamt vier Kleinrammbohrungen (n. DIN 4021/22 475-1, DN Ø 40 bis 60 mm) bis in eine maximale Tiefe von 7,0 m durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind nach einer kornanalytischen Bestimmung, der laufend entnommenen Bodenproben auf der beigefügten Anlage 2 zeichnerisch und höhengerecht auf Höhennormalnull als farbige Bodenprofile dargestellt.

Nach dem Abriss der Gebäude sind weitere Bodenuntersuchungen durchzuführen, um besonders die Ausdehnung der wasserführenden Sande (UP 1 und 4) festzustellen.

3.2 chemische Untersuchungen

Im Zuge der Felduntersuchungen wurden mittels organoleptischer Ansprache keine Hinweise auf Altlasten oder Kontaminierungen festgestellt.

Es wurde zur ersten Klassifizierung nach LAGA-TR Boden eine repräsentative Bodenprobe entnommen. Die Probe wurde zur chemischen Analyse dem Labor AGROLAB Agrar und Umwelt GmbH überbracht. Die Ergebnisse werden nachgereicht.

4. Boden- und Grundwasserverhältnisse

4.1 Bodenschichten

Nach den vorliegenden Ergebnissen der Bodenuntersuchungen weist der Untergrund vereinfacht nachfolgenden Schichtenaufbau auf:

Tabelle 1: Bodenschichten

Bodenschicht	Beschreibung	Schichtbasis (m unter GOK)		Schichtdicke (m)	
		Hochlage	Tieflage	min.	max.
Betonpflaster (Untersuchungspunkte 1, 2, 4)	<u>Zusammensetzung:</u> Betonpflaster	0,08		0,08	
Oberboden (Untersuchungspunkte 3)	<u>Zusammensetzung:</u> Sand, schwach schluffig, organisch, schwach kiesig	0,75		0,75	
Auffüllung (Untersuchungspunkte 1, 2, 4)	<u>Zusammensetzung:</u> [Mittelsand, feinsandig, schwach schluffig, schwach grobsandig/ Feinsand, schwach mittelsandig, schluffig, organisch/ Schluff-Sand-Gemisch, schwach kiesig	0,50	1,20	0,42	1,12

Bodenschicht	Beschreibung	Schichtbasis (m unter GOK)		Schichtdicke (m)	
		Hochlage	Tiefelage	min.	max.
alter Oberboden (Untersuchungspunkte 1, 2)	<u>Zusammensetzung:</u> Schluff, feinsandig, schwach mittelsandig, stark organisch	0,70	0,90	0,20	0,30
Sand (Untersuchungspunkte 1, 4)	<u>Zusammensetzung:</u> Feinsand, mittelsandig, schwach grobsandig, schwach schluffig/ z.T. schluffige Lagen/ Fein- bis Mittelsand, schwach grobsandig, schwach schluffig bis schluffig/ z.T. Schlufflagen	2,10	Bohrendtiefe 5,0	1,20	3,80
Geschiebemergel (Untersuchungspunkte 1 - 3)	<u>Zusammensetzung:</u> Schluff, schwach tonig, sandig, schwach kiesig/ z.T. Sandlagen, nass	Bohrendtiefe 5,0	Bohrendtiefe 5,0	4,30	6,0

Weitere Einzelheiten sind den Bodenprofilen zu entnehmen. Die Bohraufschlüsse sind punktuelle Baugrunderkundungen. Daher sind Abweichungen der angetroffenen Bodenverhältnisse möglich.

4.2 Grundwasserverhältnisse

Die nach dem Bohrende, in den Bohrlöchern ermittelten Grundwasserstände sind links neben den Bodenprofilen eingetragen, die wasserführenden Schichten sind rechts neben den Bodenprofilen gekennzeichnet. Es wurden folgende Grundwasserspiegel festgestellt:

Tabelle 2: Grundwasserstände

Untersuchungspunkte	Wasserstand [m u. GOK]
UP 1	0,90
UP 2	Kein Grundwasserspiegel einmessbar!
UP 3	3,50
UP 4	1,00

Die Langzeitmessungen des Grundwasserspiegels im Untersuchungsbereich liegen dem Unterzeichner nicht vor.

Im Bereich der Untersuchungspunkte 2 und 3 handelt es sich um Stau- und Schichtenwasser innerhalb des Geschiebemergels.

Oberhalb der bindigen Böden können sich örtlich und zeitlich begrenzte Stauwasserstände ausbilden. Die Intensität der Stauwasserstände ist abhängig von der Jahreszeit, von der Dauer und Stärke vorausgegangener Niederschläge sowie den örtlichen Abflussverhältnissen. Die Stauwasserstände können bis in die Nähe der vorhandenen Geländeoberkante bzw. der Aushubebene auftreten. Der Bemessungswasserstand ist hier Oberkante des bindigen Bodens anzusetzen.

Im Bereich der Untersuchungspunkte 1 und 4 wurden die Grundwasserstände in den korrespondierenden, wasserführenden Sanden festgestellt. Es handelt sich um oberflächennahes freies Grundwasser. Grundsätzlich ist nach starken, länger anhaltenden Niederschlägen und verdunstungsarmer Jahreszeit mit höheren Grundwasserständen zu rechnen.

Der **Bemessungswasserstand** ist ca. $t \approx 0,5\text{m}$ unterhalb der Geländeoberkante anzunehmen.

4.3 Bodeneigenschaften

Oberboden/ alter Oberboden:

Der Oberboden genießt einen besonderen Schutz (Mutterbodenschutzgesetz gemäß BauGB §202) und ist unterhalb bebauter Flächen (auch Garagen, Stellplätze und Verkehrsflächen) zu Beginn der Bauarbeiten generell abzutragen und zur Wiederverwendung seitlich in geeigneten Mieten zu lagern.

Auffüllungen/ umgelagerte Böden:

Bei den Auffüllungen/ umgelagerte Böden, durch den Menschen entstanden, ist die Tragfähigkeit von der Zusammensetzung und Lagerungsdichte abhängig. Die sauberen aufgefüllten Sande (UP 1, 2, 4) haben bei einer mindestens mitteldichten Lagerung eine gute Tragfähigkeit. Der aufgefüllte Boden (UP 4/ Sand-Schluff-Gemisch) hat durch den hohen Feinkornanteil und der nur weich-steifen Konsistenz, eine nur mäßige Tragfähigkeit und ist nur schwer nachzuverdichten.

Sande:

Die Sande sind, bis zu Schluffanteilen von 15 M.-%, gut tragfähig und neigen unter Belastung nur zu geringen Setzungen, die zudem überwiegend während der Bauphase auftreten. Unter Berücksichtigung des Bohrwiderstandes haben die Sande in Oberflächennähe eine lockere bis mitteldichte Lagerung und mit zunehmender Tiefe eine mindestens mitteldichte Lagerungsdichte und somit eine mäßige bis gute Tragfähigkeit. Die gewachsenen Sande können als wasserdurchlässig angesetzt werden. Im Bereich des Untersuchungspunktes 1 ist, durch den erhöhten Feinkornanteil und die teilweise eingelagerten Schlufflagen, die Wasserdurchlässigkeit reduziert.

Geschiebemergel:

Der Geschiebemergel mit mindestens steifer Konsistenz ist mäßig tragfähig, neigt jedoch unter Belastung zu langfristig abklingenden Konsolidierungssetzungen. Bei geringeren Konsistenzen wie teilweise hier von weich - steifer Konsistenz nimmt die Tragfähigkeit deutlich ab. Es ist mit Steinen im Boden zu rechnen. Aufgrund der Plastizität ist der Boden wasserempfindlich und neigt bei Wassergehaltsänderungen und dynamischer Belastung (z.B. Befahren mit Baufahrzeugen) zu Aufweichungen. Lokal ist mit unterschiedlichen Zustandsformen zu rechnen. Durch den Feinkornanteil, aus Tonen und Schluffen, ist der Geschiebemergel als sehr frostempfindlich und sehr gering wasserdurchlässig einzustufen.

4.4 Bodenkennwerte

Aufgrund der Bodenansprache, sowie aus Erfahrung mit vergleichbaren Böden, können die folgenden charakteristischen Werte für die einzelnen Böden angenommen werden:

Tabelle 3: Bodenkennwerte

Bodenart	Einheit	Oberboden/ alter Oberboden	Auffüllung/ Sande	Sande	Geschiebemergel
Homogenbereich ⁽¹⁾	-	B1	A1	B2	B3
Bodengruppe	-	[OH]	[SE, SU*, OH]	SE, SU	ST*, TL
Bodenklasse ⁽²⁾	-	1, 4	3	3	4, 2**
Wichte _{erdfeucht}	kN/m ³	18 - 19	18 - 19	18 - 19	20
Wichte _{Auftrieb}	kN/m ³	9 - 10	9 - 10	9 - 10	11
Reibungswinkel	Grad	25° - 27°	27,5° - 32,5°	32,5°	27,5°
Kohäsion	kN/m ²	0 - 4	0 - 5	-	4 - 8
Steifemodul	MN/m ²	-	12 - 35	20 - 35	15 - 25
Konsistenz	-	weich-steif/ steif	weich-steif	-	weich-steif/ steif
Lagerungsdichte	-	-	locker bis mitteldicht	locker bis mitteldicht	
Frostempfindlichkeitsklasse	-	F3	F1	F1 - F2	F3

(1) Die Aushubböden lassen sich grob nach DIN 18300 in folgende Homogenbereiche einteilen.

(2) Bodenklasse gemäß DIN 18300 Ausgabe 2012

(3) Frostempfindlichkeitsklassen n. ZTV E-StB 17

F1 = nicht frostempfindlich

F2 = gering bis mittel frostempfindlich

F3 = sehr frostempfindlich

* nach dem Bohrwiderstand bzw. Bodenansprache

** wenn der wasserempfindliche Boden durch Wasserzutritt bzw. dynamische Beanspruchung in seinem Gefüge zerstört wird und dann der Bodenklasse 2, den „Fließenden Bodenarten“ zuzuordnen ist

() * Rechenwert

5. Gründungsempfehlung

5.1 Gründung Gebäude

Im Sinne der DIN 1054:2010-12 ist die Baumaßnahme im Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund der Geotechnischen Kategorie 2 (GK 2, mittlerer Schwierigkeitsgrad) zuzuordnen und die Bemessungssituation BS-P für die ständigen und regelmäßig auftretenden, veränderlichen Einwirkungen maßgebend.

Im Bereich der geplanten Untergeschossohle, stehen Böden mit unterschiedlichen Tragfähigkeiten an (Geschiebemergel und Sande).

Aufgrund der festgestellten Bodenverhältnisse sind für eine Flachgründung des unterkellerten Gebäudes, unter Beachtung der DIN-EN 1997-1 (Eurocode 7) und der DIN 1054, folgende Randbedingungen zur Vergleichmäßigung der rechnerischen Setzungen einzuhalten:

- Nach dem Aushub der gesamten Böden, bis zur geplanten Gründungsebene des Untergeschosses des geplanten Gebäudes, ist das Aushubplanum durch den Sachverständigen oder einen Baugrundfachmann abzunehmen. Die bindigen Böden sind nicht nachzuverdichten, wenn gewachsene Sande anstehen, sind diese nachzuverdichten. Wenn aufgeweichte bindige Böden vorhanden sind, sind diese zusätzlich gegen verdichtete Sande auszutauschen.
- Als direktes Auflager der Untergeschossohle und des seitlichen Druckausstrahlungsbereiches ist ein mindestens **D ≥ 0,60 m** starkes verdichtetes Sand-Kies-Gemisch vorzusehen. Die Bodenschicht kann während der Bauarbeiten als Drainageschicht benutzt werden.
- Um einen tieferen Eingriff in den Baugrund zu vermeiden (Streifen- u. Einzelfundamente), wird als Gründungselement eine **biegesteife** Stahlbetonsohlplatte (kreuzweise, oben und unten durchgehend bewehrt) empfohlen.
- Zur Ausbildung des äußeren Randbereiches der Stahlbetonsohlplatte unterhalb der Untergeschossaußenwände sollte der Überstand der Stahlbetonsohlplatte mindestens **b ≥ 0,15 m** betragen.
- Bei lastabtragenden Wänden, die ohne örtliche Verstärkung auf der Stahlbetonsohlplatte abgesetzt werden, sind die Lasten über ideale Fundamente mit entsprechender Bewehrung in den Baugrund zu übertragen.
- Aufgrund der großen Einbindetiefe des unterkellerten Gebäudes ist hier die Frostsicherheit gegeben.
- Es ist während der Bauarbeiten und nach der Fertigstellung des Gebäudes auf die Auftriebssicherheit des Gebäudes oder einzelner Gebäudeteile zu achten.

5.2 Zulässige Sohldrucke-Grundbruchsicherheit Steifemodul

Die Sohldrücke in Bereichen mit Lastkonzentrationen in der Sohlplatte sind auf Werte von $\sigma_{r,d} \leq 250 \text{ kN/m}^2$ zu begrenzen. Aufgrund der durchgehend bewehrten Stahlbetonsohlplatte ist die Grundbruchsicherheit im Endzustand gegeben.

Für die Gründungselemente kann unter Vorbehalt mit einer genauen Setzungsberechnung mit den Lasten aus der Statik durch den Unterzeichner, folgende **Bettungszahlen** $5 \leq k_{s,k} \leq 9 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden (Maximalwerte im Bereich der belasteten Felder und Minimalwerte für die nicht belasteten Felder). Nach Absprache mit dem Unterzeichner können eventuell höhere Sohldrucke zugelassen werden.

5.3 Setzungen

Zum derzeitigen Planungsstand liegen noch keine detaillierten Angaben zu den Lasten vor, aus diesem Grund wird die Größenordnung, der zu erwartenden Bauwerkssetzungen des künftigen Gebäudes, aufgrund von Lastabschätzungen in Anlehnung der DIN 4019 überschlägig ermittelt. Die Überschlagsberechnungen zeigen, dass bei Beachtung der Gründungsempfehlungen und Ausführungshinweise, Setzungen in der Größenordnung von $s \leq 0,9 \text{ cm} - 2,0 \text{ cm}$ auftreten können.

6. Allgemeine Ausführungshinweise

6.1 Baugrube, Baugrubensicherung

Bei der Herstellung der Baugrube bzw. der Baugrubenböschungen sind die Vorgaben der DIN 4124 (Baugruben und Gräben, Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten) dringend zu beachten.

Die Lage von Ent- u. Versorgungsleitungen, der Straße und der Parkplätze, sind zu prüfen und bei den Erdarbeiten zu berücksichtigen.

Grundsätzlich sind offene Baugruben ab einer Tiefe von $t > 1,25 \text{ m}$ durch geeignete Maßnahmen zu sichern. Die Baugrube kann mit geböschten Baugrubenwänden ausgeführt werden, wenn genug Abstand zu den Nachbargrundstücken und der Straße vorhanden ist.

Im Bereich der bindigen Böden können die Baugrubenwände 60° abgeböschet werden. Im Bereich der Sande können die Baugrubenwände 45° abgeböschet werden.

Wenn eine gestützte Baugrube notwendig ist, können die Baugrubenwände durch eine Trägerbohlwand gesichert werden.

Grundsätzlich ist bei den Erd- und Verdichtungsarbeiten und beim Einbringen der Baugrubensicherung, mit Rücksicht auf die Nachbarbebauung, auf eine schonende Arbeitsweise mit geringstmöglichem Energieeintrag zu achten. Das heißt im **Baggerbetrieb ist der Boden zu lösen** und abzufahren, **das Einbringen der Träger für den Verbau (vibrationsfrei)** sowie den **Bodeneinbau mit dünnen Lagen** bei geeignetem Wassergehalt und mit geeignetem Verdichtungsgerät auszuführen.

Die Baugrubenböschungen sind gegen extreme Witterungsverhältnisse zu schützen. Wenn wasserführende Sandlagen innerhalb der bindigen Böden oder direkt oberhalb der bindigen Böden (UP 1) angeschnitten werden, kann es zum Wasseraustritt und teilweise zum Ausfließen der Böden kommen, deshalb sind dann in diesem Bereich Belastungsfilter (eventuell mit einem Vlies) einzuplanen. Bei extremer Witterung kann es notwendig werden die Böschungsoberflächen mit Baufolie gegen Erosionen zu schützen.

Die Baugrubensicherungen sind mit dem Unterzeichner abzustimmen.

6.2 Trockenhaltung im Bauzustand

Während der **Bauzeit** sind zur Fassung von Tageswasser, Schichtenwasser und Stauwasser während der Bauarbeiten offene Wasserhaltungsmaßnahmen vorzuhalten und je nach Bedarf zu betreiben (z.B. Baudrainage). Der Umfang der offenen Wasserhaltung ist je nach Wasseranfall anzupassen. Bei stärkeren und länger anhaltenden Niederschlägen sollten die Erdarbeiten unterbrochen werden. **Die Erdarbeiten sind in einer Jahreszeit mit trockenem Wetter durchzuführen.**

Im Bereich der Untersuchungspunkte 1 und 4 ist eine Grundwasserabsenkung durch eine geschlossene Anlage durchzuführen (z.B. durch eingespülte Filterlanzen) oder durch eine horizontale Drainage parallel zur Baugrube. Es ist darauf zu achten, dass möglichst geringe Einwirkung auf die Nachbargrundstücke durch die Grundwasserabsenkungen entstehen.

Die Wasserhaltungsmaßnahmen sind mit dem Unterzeichner abzustimmen. Es ist eine wasserrechtliche Erlaubnis notwendig.

6.3 Trockenhaltung im Endzustand

Die Oberkante der Erdgeschosssohle sollte höher als das unmittelbare Gelände bzw. der Straße geplant werden. Die Profilierung des Grundstücks sollte derart erfolgen, dass das Oberflächenwasser nicht in Richtung des Gebäudes fließen kann, oder es sind geeignete Maßnahmen zu treffen (z.B. Rinnenentwässerung, Kiesbett).

Die den Boden berührenden Bauteile des Untergeschosses sind nach DIN 18533 (**Wassereinwirkungsklasse W2.1-E, „Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser bei Stauwasser“**) zu schützen. Auf eine korrekte Ausführung ist zu achten. Die Baugrubenseitenräume sind mit schluffarmen Sanden (Schluffanteil $D < 0,06$ mm kleiner 5%) zu verfüllen.

Die Kellerlichtschächte sind gegen drückendes Wasser abzudichten oder es ist eine Drainage direkt unterhalb der Kellerlichtschächte einzuplanen.

6.4 Schutz der Böden im Bereich des Aushubplanums

Während der Bauzeit ist dafür Sorge zu tragen, dass die Tragfähigkeit der anstehenden Böden durch zufließendes Oberflächen- bzw. Niederschlagswasser oder durch die mechanische Einwirkung von Baufahrzeugen nicht verschlechtert wird (besonders im Bereich der bindigen Böden). Die Erdarbeiten sind bei trockener Witterung und zügig auszuführen. Der Aushub ist im Baggerbetrieb vorzunehmen. Das Bodenmaterial ist mit glattschneidender Baggerschaufel auszuführen.

6.5 Bodenmaterial

Als Bodenmaterial, unterhalb der Untergeschossohle, ist ein Sand-Kies-Gemisch (grobkörniger Boden SE, SW, GW, GI nach DIN 18196, Kornanteile $d \geq 2 \text{ mm} \geq 20 \text{ M.-%}$ und Schlämmkornanteil $d = 0,063 \text{ mm} \leq 5 \text{ %}$) zu verwenden. Mit dem selben Material können auch die seitlichen Kellerarbeitsräume wieder verfüllt werden.

Die einzubringende Lagenstärke des Bodenmaterials richtet sich nach dem Verdichtungsgerät und der Gesamtschichtdicke. Eventuell ist das Bodenmaterial, unter Zugabe von Wasser, zu verdichten. Das Bodenmaterial ist auf einen **Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 98 \text{ %}$** zu verdichten. Auf der Sandkiesschicht ist ein dyn. Verformungsmodul von mindestens $E_{vd} \geq 35 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen. Der Verdichtungserfolg des Bodenmaterials ist zu überprüfen und nachzuweisen.

6.6 Wiederverwendung des anfallenden Aushubmaterials

Die anfallenden Böden sind während der Aushubarbeiten abzufahren und fachgerecht nach den Vorgaben der Ersatzbaustoffverordnung oder LAGA TR Boden zu entsorgen oder auf dem Grundstück wieder zu verwenden.

7. Versickerung von Niederschlagswasser

Aufgrund der festgestellten Boden- und Grundwasserverhältnisse ist eine Versickerung von Niederschlagswasser nach dem Arbeitsblatt DWA-138 A **nicht** möglich.


Dipl.-Ing. S. Höppner

