

Geotechnischer Untersuchungsbericht

Neubau Mehrfamilienhaus

Bahnhofstraße 11, 26427 Esens

Projekt-Nr.: G220184

Auftraggeber: Baugeschäft Voorwold GmbH
Frau Kathrin Habierski
Am Emsdeich 3
26789 Leer

Fachplaner: Deeken-Henke Architekten
Mamburger Weg 6
26427 Esens

Auftragnehmer: Geonovo GmbH
Blinke 6
26789 Leer

Bearbeiter: Dipl.-Geow. T. Wagner
Dipl.-Geol. Frauke Menzel

Dieser Bericht umfasst:

- 23 Seiten
- 10 Tabellen
- 4 Abbildungen
- Anlagen

Leer, den
21.09.2022

Allgemeine gutachterliche Erklärung

Dieses Gutachten ist nur vollständig gültig. Auszugweise entnommene Abschnitte können die Gesamtaussage verfälschen. Das Gutachten darf daher nur vollständig und unverändert vervielfältigt werden.

Die Vervielfältigung darf nur innerhalb des Anliegens erfolgen, das dem Zweck der Beauftragung entspricht.

Die in diesem Gutachten enthaltenen Aussagen beziehen sich nur auf den Zeitpunkt und den direkten Ort der Probenahme bzw. der Ausführung von Feldarbeiten sowie der Messungen im bodenmechanischen Labor. Übertragungen auf übergeordnete Flächeneinheiten stellen daher Interpretationen dar. Diese können von den in der Bauausführung real aufgefundenen Verhältnissen, z. B. in Baugruben, Schürfen, abweichen. Sollten sich Abweichungen von den getroffenen Aussagen ergeben, sollte Rücksprache mit den Verfassern dieses Gutachtens erfolgen.

Eine Veröffentlichung dieses Gutachtens bedarf der schriftlichen Genehmigung der Geonovo GmbH, Leer.

Inhalt

Allgemeine gutachterliche Erklärung	2
1. Formalia	5
1.1 Veranlassung und Beauftragung	5
1.2 Unterlagen	5
1.3 Normen	6
2. Angaben zu dem Untersuchungsobjekt	6
2.1 Lokalität	6
2.2 Dimensionen	8
2.3 Einordnung in Geotechnische Kategorie	8
3. Regionale Übersicht und Einordnung	8
4. Lokale Bodenverhältnisse und Baugrund nach Kartenlage	9
5. Durchgeführte Untersuchungen	11
6. Lokaler Bodenaufbau und Grundwasserverhältnisse nach Aufschluss	11
6.1 Lagerungsdichten	12
6.2 Grundwasser	13
7. Klassifizierung gemäß DIN 18300 (Bodenklassen) und DIN 18196 (Bodengruppen)	14
8. Zusammenfassung in Homogenbereiche	14
9. Bodenkenwerte	16
Umweltchemische / abfallrechtliche Untersuchung	19
10. Diskussion der Ergebnisse	21
11. Empfehlungen	21
12. Bauzeitliche Wasserhaltung / Schutz des Gebäudes vor Wasser	22
13. Wiederverwertung von Bodenaushub	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erschlossene Bodenschichten und geologische Ansprache.....	12
Tabelle 2: Schlagzahlen N_{10} einer leichten Rammsondierung DPL 10 für nicht bindige Böden.....	12
Tabelle 3: Schlagzahlen N_{10} einer leichten Rammsondierung DPL 10 für bindige Böden	13
Tabelle 4: Klassifizierung der Böden	14
Tabelle 5: Festlegung und Kriterien der Homogenbereiche.....	15
Tabelle 6: Festlegung und Kriterien der Homogenbereiche.....	15
Tabelle 7: Bodenkennwerte für grobkörnige Böden (empirische Werte, Fachliteratur)	17
Tabelle 8: Bodenkennwerte für grobkörnige Böden (empirische Werte, Fachliteratur)	18
Tabelle 9: Zusammenstellung und Tiefenlage der Mischprobe	19
Tabelle 10: Chemische Analytik gemäß LAGA M20 TR Boden für die Mischprobe MP 01 und MP 02	20

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Luftbild des Untersuchungsgebietes (Übersicht) (Google Earth, 2021)	7
Abbildung 2: Luftbild des Untersuchungsgebietes (Detail) (Google Earth, 2021).....	7
Abbildung 3: NIBIS® Kartenserver (2021): Bodenübersichtskartekarte 1:50.000 BK50 (geändert) - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover	9
Abbildung 4: NIBIS® Kartenserver (2021): Bodenkarte 1:50.000 BK50 (geändert) – Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover	10

Anlagenverzeichnis

Anlage I:	Lageplan
Anlage II:	Bohrprofile und Rammdiagramme
Anlage III:	Prüfbericht 2215591 AGROLAB, 16.09.2022

1. Formalia

1.1 Veranlassung und Beauftragung

Die Baugeschäft Voorwold GmbH, Am Emsdeich 3, 26789 Leer, plant in der Bahnhofstraße 11, 26427 Esens, den Neubau eines Mehrfamilienhauses.

Die Planung übernimmt das Architekturbüro Deeken-Henke, Mamburger Weg 6, 26427 Esens.

Die Geonovo GmbH, Blinke 6, 26789 Leer, wurde von der Baugeschäft Voorwold GmbH beauftragt, die örtlichen Boden- und Baugrundverhältnisse auf dem Baugrundstück zu ermitteln und Empfehlungen zur Gründung des Gebäudes auszusprechen.

Die Beauftragung umfasst folgenden Leistungsumfang:

- Aufschluss der örtlichen Bodenschichtung nach **DIN EN ISO 22475-1** durch Rammkernsondierungen (RKS), Entnahmekategorie C, Bodenproben der Güteklasse 5
- Aufschluss der örtlichen Lagerungsdichte nach **DIN EN ISO 22476-2** durch Leichte Rammsondierung (DPL)
- Beschreibung der angetroffenen Bodenarten nach DIN EN ISO 14688-1
- Ermittlung der Grundwasserstände
- Entnahme von Bodenproben
- Abfallrechtliche Bewertung nach LAGA TR Boden

1.2 Unterlagen

Zur Angebotsabgabe, Planung und Durchführung der Baugrund- bzw. Bodenuntersuchung wurden folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

Lageplan, Deeken-Henke Architekten, ohne Maßstab, Stand 15.02.2022

Grundrisse, Deeken-Henke Architekten, ohne Maßstab, Stand 15.02.2022

Schnitte, Deeken-Henke Architekten, Maßstab 1 : 100, Stand 15.02.2022

Ansichten, Deeken-Henke Architekten, ohne Maßstab, Stand 15.02.2022

1.3 Normen

Die Inhalte des vorliegenden Geotechnischen Berichts basieren auf folgenden nationalen und europäischen Normen (Sofern die Normen im Rahmen der Beauftragung angesprochen werden):

- DIN EN 1997-2:2010-10 (Eurocode EC 7) Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
- DIN EN 1990:2010-12 (Eurocode EC 0) Grundlagen der Tragwerksplanung
- DIN EN ISO 14688-1:2018-05 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden – Teil 1: Benennung und Beschreibung
- DIN 18196:2011-05 Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- DIN EN ISO 22475-1:2007-01 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung
- DIN EN ISO 22476-1:2013-10 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 1: Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck
- DIN EN ISO 22476-2:2012-03 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 2: Rammsondierungen
- DIN 4020:2010-12 Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2

2. Angaben zu dem Untersuchungsobjekt

2.1 Lokalität

Die zukünftige Baufläche liegt östlich der Bahnhofstraße und ist derzeit mit einem Bestandsgebäude und Parkflächen bebaut. Das Baugrundstück ist in der nachfolgenden Abbildung 1 dargestellt.

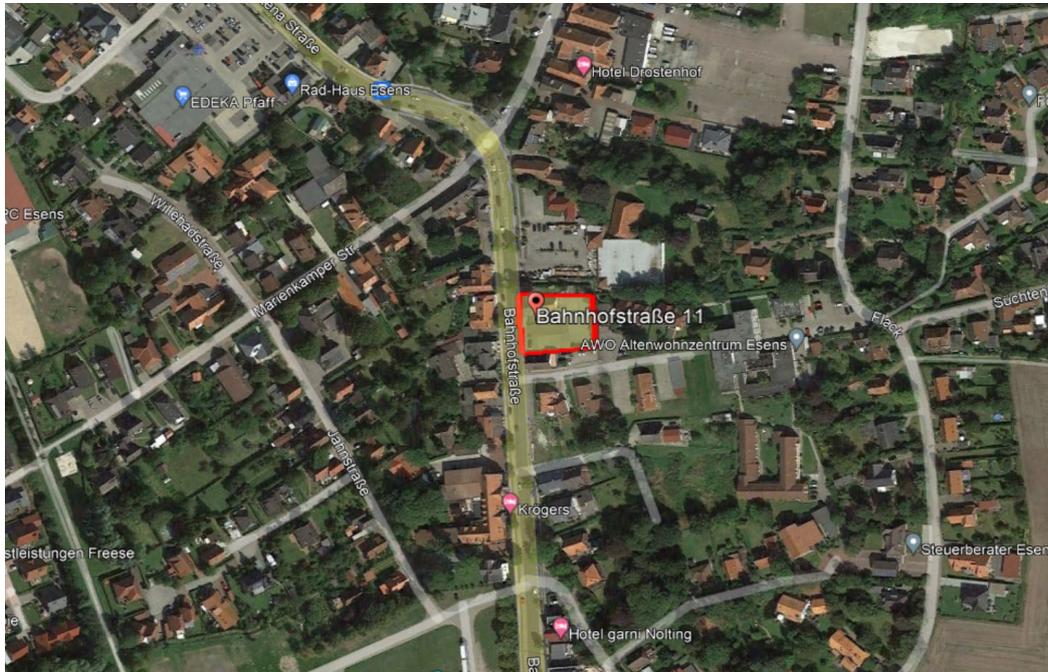


Abbildung 1: Luftbild des Untersuchungsgebietes (Übersicht) (Google Earth, 2021)

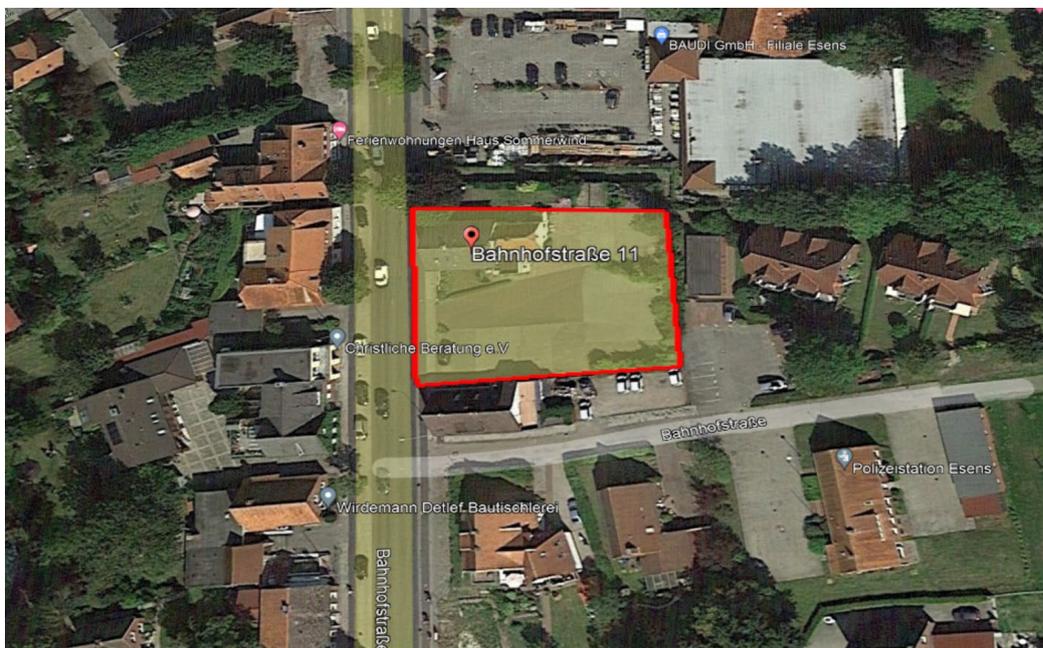


Abbildung 2: Luftbild des Untersuchungsgebietes (Detail) (Google Earth, 2021)

2.2 Dimensionen

Das 32,74 m x 22,49 m große Gebäude wird zweigeschossig mit ausgebautem Dachgeschoss und ohne Unterkellerung hergestellt. Nach den Planunterlagen werden die Gebäudelasten über Streifenfundamente und eine biegesteife Bodenplatte in den Untergrund abgetragen.

2.3 Einordnung in Geotechnische Kategorie

Aufgrund der Baugrundverhältnisse und des gering setzungsempfindlichen Bauwerkes, kann die Baumaßnahme der Geotechnischen Kategorie GK 2 zugeordnet werden. Bei Bauwerken der Geotechnischen Kategorien 1 und 2 können Bodenkennwerte zu statischen Berechnungen aus empirischen Werten und der Fachliteratur entnommen werden.

3. Regionale Übersicht und Einordnung

Die zukünftige Baufläche befindet sich im Bereich des Oldenburgisch-Ostfriesischen Geestrückens (Abbildung 3). Das Untersuchungsgebiet ist mit einem roten Ring markiert.

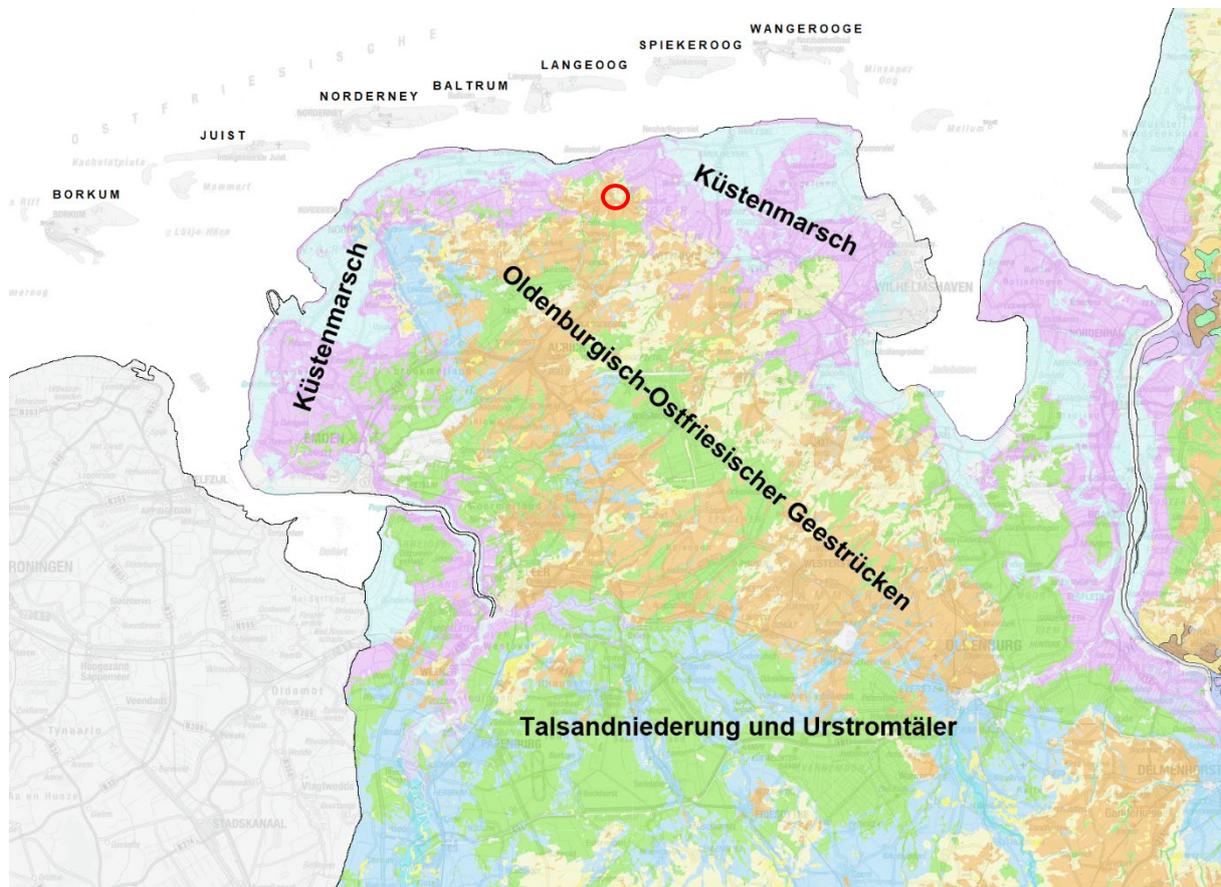


Abbildung 3: NIBIS® Kartenserver (2021): Bodenübersichtskarte 1:50.000 BK50 (geändert) - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover

4. Lokale Bodenverhältnisse und Baugrund nach Kartenlage

Gemäß der bodenkundlichen Karte BK50, Datenserver NIBIS® des LBEG Hannover, befindet sich das Untersuchungsgebiet in der Bodengroßlandschaft der Geestplatten und Endmoränen (s. Abbildung 4).

Als örtlicher Bodentyp wird ein mittlerer Pseudogley-Podsol ausgewiesen.

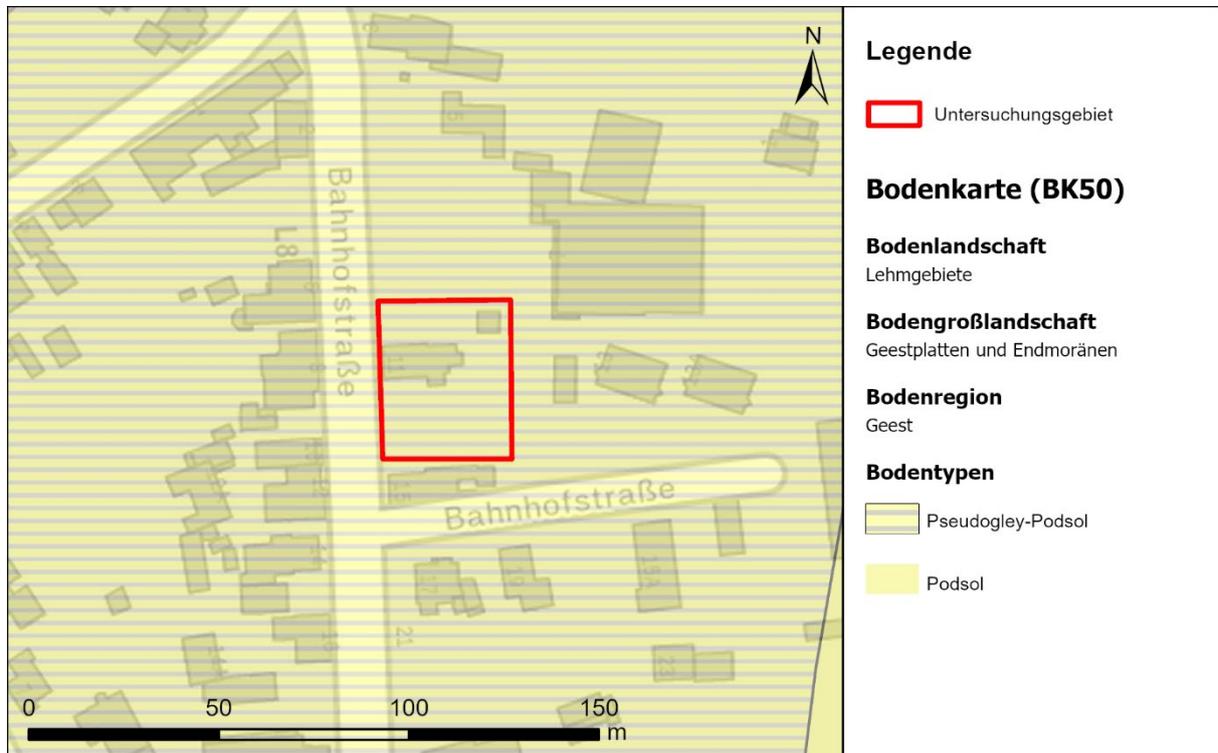


Abbildung 4: NIBIS® Kartenserver (2021): Bodenkarte 1:50.000 BK50 (geändert) – Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover

Die Flächenbegrenzung der zuvor beschriebenen Bodentypen und die daraus resultierende Kartendarstellung in bodenkundlichen Karten ergibt sich aus Modellrechnungen vorhandener Bohrdaten (Bodenaufschlüsse) und gibt nicht die realen örtlichen Gegebenheiten wieder. Die Flächenbegrenzungen sind somit nicht geradlinig oder gar parzellenscharf wie in Abbildung 4 dargestellt.

Der örtliche Baugrund bzw. die realen Bodenverhältnisse sind daher immer durch direkte Aufschlüsse (Bohrungen, Schürfe, etc.) zu überprüfen.

Gemäß der geologischen Karte GK50 und der geologischen Übersichtskarte GÜK500, Datenserver NIBIS® des LBEG Hannover, sind im Untersuchungsgebiet weichselzeitliche Decksande über drenthezeitlichen Geschiebelehmen zu erwarten.

5. Durchgeführte Untersuchungen

Folgende Leistungen wurden am 31.08.2022 durchgeführt:

- Geotechnische Erkundung gemäß DIN EN ISO 22475-1 durch Rammkernsondierungen (RKS) zur Erkundung der Bodenschichtung einschließlich Erstellung von Bodenprofilen sowie Beschreibung der Bodenarten nach DIN EN ISO 14688-1 und Probenahme nach DIN EN ISO 2275-1.

5 Stück mit Aufschlusstiefe T = 5,0 m

- Geotechnische Erkundung gemäß DIN EN ISO 22476-2 durch Leichte Rammsondierungen (DPL) zur Erkundung der Lagerungsdichte.

5 Stück mit Aufschlusstiefe T = 5,0 m

Die jeweiligen Sondieransatzpunkte sind dem Lageplan in Anlage I dieses Berichts zu entnehmen.

6. Lokaler Bodenaufbau und Grundwasserverhältnisse nach Aufschluss

Der Schichtenaufbau beginnt in allen Bohrungen (RKS 1 bis RKS 5) unter z. T. 0,08 m dickem Betonpflaster mit humosen Oberböden aus mittelsandigen, humosen Feinsanden. Sie reichen bis in Tiefen zwischen 1,3 m und 1,9 m unter GOK. Aufgrund der großen Mächtigkeit, ist davon auszugehen, dass es sich hierbei um vorwiegend aufgefülltes Material handelt. Nachfolgend wird daher von Oberboden-Auffüllungen gesprochen.

In der RKS 3 wurden unterhalb des Betonpflasters Füllsande aus mittelsandigen Feinsanden bis in eine Tiefe von 0,3 m unter GOK erbohrt.

Im Bereich der RKS 1 bis RKS 3 lagern unterhalb der humosen Oberböden Geschiebedecksande bis in Tiefen zwischen 1,9 m und 2,4 m unter GOK. Sie bestehen aus mittelsandigen, schwach schluffigen Feinsanden.

Darunter folgt eine Grundmoräne aus bindigen Geschiebelehmen. Sie setzen sich aus sandigen, schwach tonigen und schwach kiesigen Schluffen zusammen. Die Unterkante der Geschiebelehme liegt in Tiefen zwischen 3,2 m und 4,1 m unter GOK.

Unterhalb der Grundmoräne wurden Schmelzwassersande bis zur maximalen Sondiertiefe von 5,0 m unter GOK erbohrt. Sie bestehen aus mittelsandigen und schwach schluffigen Feinsanden.

Die folgende Tabelle 1 zeigt die erschlossenen Bodenschichten mit Tiefenlage und Mächtigkeit.

Tabelle 1: Erschlossene Bodenschichten und geologische Ansprache

Tiefe [m u. GOK] [min. / max.]	Mächtigkeit [m] [min. / max.]	Bodenschicht	Kurzzeichen DIN 4022-1	Gruppe DIN 18196	Eignung als Baugrund
0,0 / 0,08	1,3 / 1,9	Oberboden- Auffüllung	fS, ms, h; U, s, h	OH / OU	nicht
0,08	0,3	Füllsand	fS, ms	SE	gut
1,3 / 1,9	1,9 / 2,4	Geschiebedecksand	fS, ms, u'	SE / SU	gut
1,9 / 2,4	3,2 / 4,1	Geschiebelehm	U, s, t', g'	UL / UM / SU* / ST	gut
3,2 / 4,1	> 5,0	Schmelzwassersande	fS, ms, u'	SE / SU	gut

Die Bohrprofile sind dem Bericht als Anlage beigefügt.

6.1 Lagerungsdichten

Nach den Ergebnissen der leichten Rammsondierungen (DPL 1 bis DPL 5) besitzen die Oberboden-Auffüllungen eine lockere bis mitteldichte Lagerung bzw. eine weich bis steife Konsistenz (RKS 4, RKS 5).

Die Füllsande im Bereich der RKS 3 sowie die Geschiebedecksande sind mit Schlagzahlen von $N_{10} > 10$ als mitteldicht gelagert zu bewerten.

Innerhalb der Schmelzwassersande steigen die Schlagzahlen signifikant an. Die Sande sind vorwiegend mitteldicht und lagenweise dicht gelagert.

Tabelle 2: Schlagzahlen N_{10} einer leichten Rammsondierung DPL 10 für nicht bindige Böden

Lagerung	sehr locker	locker	mitteldicht	dicht	sehr dicht
Schlagzahlen N_{10}	0 – 6	6 – 10	10 – 50	50 – 64	> 64
Gegenüberstellung technisch / empirisch ermittelter Lagerungsdichten mit Schlagzahlen N_{10} einer leichten Rammsondierung DPL 10 (u.a. aus: Prinz und Strauss (2012) für nichtbindige Böden)					

Dem Geschiebelehm kann eine weich bis steife bzw. steife Konsistenz zugeordnet werden.

Tabelle 3: Schlagzahlen N_{10} einer leichten Rammsondierung DPL 10 für bindige Böden

Lagerung	breiig	weich	steif	halbfest	fest
Schlagzahlen N_{10}	0 – 3	3 – 10	10 – 17	17 – 37	> 37
Gegenüberstellung technisch / empirisch ermittelter Lagerungsdichten mit Schlagzahlen N_{10} einer leichten Rammsondierung DPL 10 (u.a. aus: Prinz und Strauss (2012) für nichtbindige Böden)					

Schlagzahlen N_{10} von 10 werden im Allgemeinen als ausreichende Verdichtung im Erd- und Tiefbau angenommen. Im grundwassererfüllten Bereich können um 30% geringere Schlagzahlen als Bemessung einer mitteldichten Lagerung herangezogen werden.

Die Sondierdiagramme sind diesem Bericht als Anlage beigefügt.

6.2 Grundwasser

Die Grundwasseroberfläche befindet sich in den Schmelzwassersanden unterhalb der Geschiebelehme. Es liegt in einem gespannten Zustand vor. Durch die Druckentlastung beim Durchbohren der Grundmoräne, stieg das Wasser im Bohrloch an. Das entspannte Grundwasser wurde in Tiefen zwischen 2,6 m und 2,9 m unter GOK erfasst.

Nach der Hydrogeologischen Übersichtskarte (HÜK50, Datenserver NIBIS® des LBEG Hannover) liegt die Grundwasseroberfläche im Untersuchungsgebiet bei etwa 1,0 m NHN. Bei einer mittleren Geländehöhe von ca. 3,2 m NHN, ist die Grundwasseroberfläche in einer Tiefe von ungefähr 2,2 m unter GOK zu erwarten.

Nach länger anhaltenden Niederschlagsperioden kann sich auf dem undurchlässigen Geschiebelehm sowie auf dem bindigen Oberboden Stauwasser bilden.

Die angegebenen (Grund-)Wasserstände beziehen sich auf einmalige Messungen am 31.08.2022 und geben weder den höchsten Stand noch einen Schwankungsbereich des Grundwassers wieder.

Unter Berücksichtigung der zurückliegenden Witterungsbedingungen ist für die Bauwerksbemessung als **Grundwasserbemessungshöhe** eine Tiefe von etwa 1,0 m bzw. 2,2 unter GOK anzunehmen.

7. Klassifizierung gemäß DIN 18300 (Bodenklassen) und DIN 18196 (Bodengruppen)

Gemäß DIN 18300 und DIN 18196 erfolgt eine Einteilung der örtlich aufgeschlossenen Böden in Bodenklassen und Bodengruppen wie folgt:

Tabelle 4: Klassifizierung der Böden

Bodenart	Bodenklasse DIN 18300	Bodengruppe DIN 18196
Oberboden-Auffüllung	1	OH / OU
Füllsand	3	SE
Geschiebedecksand	3	SE / SU
Geschiebelehm	4	UL / UM / SU* / ST
Schmelzwassersand	3	SE / SU

Bodenklasse 1: Oberste Bodenschicht, die neben anorganischen Stoffen auch Humus und Bodenlebewesen enthält.

Bodenklasse 3: Leicht lösbare Bodenarten; nichtbindige bis schwach bindige Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15 Gewichtsprozent Beimengungen an Schluff und Ton und mit höchstens 30 Gew.-% Steinen über 63 mm Korngröße und bis zu 0,01 m³ Rauminhalt.

Bodenklasse 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten; Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit einem Anteil von mehr als 15 Gew.-%, sowie bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität und höchstens 30 Gew.-% Steine von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt.

8. Zusammenfassung in Homogenbereiche

Die ermittelten Bodenschichten können aufgrund ihrer Eigenschaften (Bodenansprache in den Feldarbeiten, Ergebnisse aus den bodenmechanischen und chemischen Laboruntersuchungen) zu folgenden Homogenbereichen zusammengefasst werden:

Tabelle 5: Festlegung und Kriterien der Homogenbereiche

	Homogenbereich A	Homogenbereich B	Homogenbereich C
Horizonte	Oberboden-Auffüllung	Füllsand	Geschiebedecksand
Kornspektrum	fS, ms, h; U, s, h	fS, ms	fS, ms, u'
Färbung	schwarz	grau	grau
Humusanteil	> 3 %	0 %	0 %
Fremdstoffe	o. B.	o. B.	o. B.
Schadstoffe	Blei, Kupfer, Quecksilber	keine Schadstoffe	n. u.
Tiefenlage [m u. GOK]	1,3 / 1,9	0,3	1,9 / 2,4

(o. B. ohne Befund; n. u. nicht untersucht)

Tabelle 6: Festlegung und Kriterien der Homogenbereiche

	Homogenbereich D	Homogenbereich E
Horizonte	Geschiebelehm	Schmelzwassersand
Kornspektrum	U, s, t', g'	fS, ms, u'
Färbung	grau	grau
Humusanteil	0 %	0 %
Fremdstoffe	o. B.	o. B.
Schadstoffe	n. u.	n. u.
Tiefenlage [m u. GOK]	3,2 / 4,1	> 5,0

(o. B. ohne Befund; n. u. nicht untersucht)

Die Einteilung in Homogenbereiche ersetzt die bisher gebräuchliche Unterscheidung in Bodenklassen. Da die Bodenklassen vornehmlich bei den ausführenden Bauunternehmen noch Anwendung finden, werden hier beide Klassifizierungen angegeben.

Die Homogenbereiche haben den Vorteil, dass hier auch umweltchemische Parameter (z.B. Schadstoffanalysen (sofern beauftragt, bzw. projektbezogen erforderlich) berücksichtigt werden. Ein mit Schadstoffen belasteter Feinsand ist daher von einem unbelasteten Feinsand zu differenzieren, obwohl beide Feinsande aus dem gleichen Horizont stammen können und identische bodenmechanische Eigenschaften aufweisen.

9. Bodenkennwerte

Die Oberboden-Auffüllungen fallen vollständig als Erdaushub an. Daher erübrigt es sich, für diese Böden Bodenkennwerte für statische Berechnungen auszuweisen.

Den sonstigen erschlossenen Bodengruppen können den in Tabelle 7 und 8 aufgeführten Bodenkennwerte (Ergebnisse aus Laboruntersuchungen, empirische Werte und Literaturwerte) für statische und planerische Berechnungen zugeordnet werden.

Tabelle 7: Bodenkennwerte für grobkörnige Böden (empirische Werte, Fachliteratur)

Bindigkeit			Nichtbindiger Boden	Nichtbindiger Boden
Hauptgruppe			Grobkörnige Böden	Grobkörnige Böden
Gruppe			Füllsand	Geschiebedecksand
Beschreibung			Sand enggestuft	Sand enggestuft
Bodengruppe			SE	SE / SU
Messwert	Symbol	Einheit		
Kornverteilung			fS, ms	fS, ms, u'
Konsistenz			entfällt	entfällt
Lagerungsdichte			mitteldicht	mitteldicht
Kornform			---	---
Bodenklasse DIN 18300			3	3
Frostempfindlichkeit ZTV E-StB 17			nicht frostempfindlich (F 1)	nicht frostempfindlich (F 1)
Erodierbarkeit Wind / Wasser n. BGR			hoch	hoch
Verdichtbarkeit ZTV A-StB 12			gut verdichtbar (V 1)	gut verdichtbar (V 1)
Tragfähigkeit			gut	gut
Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	[m/s]	---	---
Wichte erdfeucht	γ	kN/m ³	19,0	19,0
Wichte unter Auftrieb	γ'	kN/m ³	11,0	11,0
Reibungswinkel	°		35,0	35,0
Kohäsion (Anfang)	C^I	kN/m ²	---	---
Kohäsion (undrainiert)	C_U	kN/m ²	---	---
Steifemodul	E_s	MN/m ²	50 - 100	50 - 100

Tabelle 8: Bodenkennwerte für grobkörnige Böden (empirische Werte, Fachliteratur)

Bindigkeit			Bindiger Boden	Nichtbindiger Boden
Hauptgruppe			Feinkörnige Böden	Grobkörnige Böden
Gruppe			Geschiebelehm	Schmelzwassersand
Beschreibung			Sand-Schluff-Gemisch	Sand enggestuft
Bodengruppe			UL / UM / SU* / ST	SE / SU
Messwert	Symbol	Einheit		
Kornverteilung			U, s, t', g'	fS, ms, u'
Konsistenz			weich bis steif, steif	entfällt
Lagerungsdichte			entfällt	mitteldicht, dicht
Kornform			---	---
Bodenklasse DIN 18300			4	3
Frostempfindlichkeit ZTV E-StB 17			stark frostempfindlich (F 3)	nicht frostempfindlich (F 1)
Erodierbarkeit Wind / Wasser n. BGR			mäßig	hoch
Verdichtbarkeit ZTV A-StB 12			nicht verdichtbar (V 3)	gut verdichtbar (V 1)
Tragfähigkeit			gut	gut bis sehr gut
Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	[m/s]	---	---
Wichte erdfeucht	γ	kN/m ³	19,0	19,0
Wichte unter Auftrieb	γ'	kN/m ³	9,0	11,0
Reibungswinkel	°		27,5	35,0
Kohäsion (Anfang)	C^I	kN/m ²	---	---
Kohäsion (undrainiert)	C_U	kN/m ²	---	---
Steifemodul	E_s	MN/m ²	10 - 20	50 - 150

Umweltchemische / abfallrechtliche Untersuchung

Um die Verwertbarkeit von Bodenaushub zu beurteilen, insbesondere dann, wenn Bodenaushub von der Baustelle abgefahren werden muss, ist dieser abfallrechtlich gemäß LAGA M20 TR Mineralische Abfälle, TR Boden, zu untersuchen.

Zur abfallrechtlichen Bewertung wurden Einzelproben aus dem Füllsand und aus den humosen Oberböden entnommen, zu Mischproben (MP 1, MP 2) zusammengestellt und auf den Parameterumfang der LAGA TR Boden, Tab. II 1.2-1 untersucht. Die Analyse übernahm die AGROLAB Agrar und Umwelt GmbH, Kiel.

Die Mischproben wurden wie folgt erstellt:

Tabelle 9: Zusammenstellung und Tiefenlage der Mischprobe

Mischprobe	Einzelprobe (RKS)	Tiefenlage [m u. GOK]	Bodenart	Untersuchung
MP 1	1.1, 2.1, 3.2, 4.1, 5.1	0,0 – 1,9	Oberboden- Auffüllungen	LAGA M20 TR Boden Tabelle II.1.2-1
MP 2	3.1	0,08 – 0,3	Füllsande	LAGA M20 TR Boden Tabelle II.1.2-1

Die Mischprobe MP 1 weist einen erhöhten TOC-Gehalt von 1,75 M.-% auf und wäre somit als LAGA Z 2 einzustufen. TOC (Total Organic Carbon) ist jedoch nicht als Schadstoff im eigentlichen Sinne anzusehen.

Aufgrund der erhöhten Gehalte von Blei (69 mg/kg), Kupfer (21 mg/kg) und Quecksilber (0,22 mg/kg) ist die Mischprobe in der Gesamtbetrachtung als LAGA Z 0* einzustufen.

In der Mischprobe MP 2 wurden keine Schadstoffe festgestellt. Die Probe kann somit als LAGA Z 0 eingestuft werden.

Böden der Zuordnungsklasse Z 0* können z. B. für Verfüllungen von Abgrabungen (Fördergebiete für die Gewinnung von Erden und Steinen) unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht verwendet werden. Hiervon ausgenommen sind sämtliche Wasserschutzgebiete sowie Gebiete, die zur künftigen Wasserversorgung ausgewiesen wurden. Sollte eine solche Verwertung nicht möglich sein, ist der Boden in die nächst höhere Zuordnungsklasse Z 1 einzustufen.

Bodenaushub der Zuordnungsklasse Z 0 sind für den uneingeschränkten offenen Einbau geeignet.

Tabelle 10: Chemische Analytik gemäß LAGA M20 TR Boden für die Mischprobe MP 1 und MP 2

Parameter	Einheit	Probenbezeichnung		LAGA Zuordnungswerte			
		MP 1	MP 2	Z 0	Z 0*	Z 1	Z 2
Feststoff							
TOC	%	1,75	0,1	0,5	0,5	1,5	5
Kohlenwasserstoffe C ₁₀₋₂₂	mg/kg	< 50	< 50	100	200	300	1.000
Kohlenwasserstoffe C ₁₀₋₄₀	mg/kg	54	< 50	100	400	600	2.000
EOX	mg/kg	< 1	< 1	1	1	3	10
gesamt PAK (EPA)	mg/kg	1,37	0,43	3	3	3 (9)	30
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,15	< 0,05	0,3	0,6	0,9	3
Arsen	mg/kg	3	2	10	15	45	150
Blei	mg/kg	69	< 5	40	140	210	700
Cadmium	mg/kg	0,11	< 0,06	0,4	1		10
Chrom, gesamt	mg/kg	9	6	30	120	180	600
Kupfer	mg/kg	21	3	20	80	120	400
Nickel	mg/kg	4	3	15	100	150	500
Quecksilber	mg/kg	0,22	< 0,06	0,1	1	1,5	5
Zink	mg/kg	46	14	60	300	450	1.500
Einstufung Feststoff		Z 0*	Z 0				
Eluat				Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert	-	6,9	9,0	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	30	32	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	< 1	< 1	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	3,46	< 1	20	20	50	200
Arsen	µg/l	1	< 1	14	14	20	60
Blei	µg/l	< 1	< 1	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 0,3	< 0,3	1,5	1,5	3	6
Chrom, gesamt	µg/l	< 3	< 3	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	< 5	< 5	20	20	60	100
Nickel	µg/l	< 7	< 7	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,03	< 0,03	0,5	0,5	1	2
Zink	µg/l	< 30	< 30	150	150	200	600
Einstufung Eluat		Z 0	Z 0				
Einstufung gesamt		Z 0*	Z 0				

10. Diskussion der Ergebnisse

Unter einem bereichsweise 0,08 m dicken Betonpflaster wurden mächtige, Oberboden-Auffüllungen bis in Tiefen zwischen 1,3 m und 1,9 m unter GOK erbohrt. Sie besitzen eine locker bis mitteldichte Lagerung bzw. eine weiche bis steife Konsistenz. Aufgrund der humosen Anteile sind solche Böden nicht tragfähig und müssen vollständig aus dem Baufeld entfernt werden.

Die im Bereich der RKS 3 angetroffenen Füllsande reichen bis in eine Tiefe von 0,3 m unter GOK und setzen sich aus mittelsandigen Feinsanden zusammen. Sie besitzen eine mitteldichte Lagerung und sind ausreichend tragfähig.

Unterhalb der humosen Oberböden lagern Geschiebedecksande (RKS 1 bis RKS 3) aus mittelsandigen und schwach schluffigen Feinsanden. Ihre Unterkante liegt zwischen 1,9 m und 2,4 m unter GOK. Sie sind mitteldicht gelagert und zur Aufnahme von Gebäudelasten geeignet.

Unter den Oberboden-Auffüllungen und den Geschiebedecksanden lagern Geschiebelehme bis in Tiefen zwischen 3,2 m und 4,1 m unter GOK. Diese Böden besitzen einen ausgeprägt bindigen Charakter und setzen sich aus sandigen, schwach tonigen und schwach kiesigen Schluffen zusammen. Ihnen kann eine weiche bis steife bzw. steife Konsistenz zugeordnet werden. Durch die Auflast mächtige Gletscher besitzen Geschiebelehme eine hohe Eigensteifigkeit und gute Tragfähigkeitseigenschaften.

Unterhalb der Grundmoräne wurden Schmelzwassersande bis zur maximalen Sondiertiefe von 5,0 m unter GOK erbohrt. Sie bestehen aus mittelsandigen und schwach schluffigen Feinsanden. Aufgrund der mitteldichten bis lagenweise dichten Lagerung sind sie als gut bis sehr gut tragfähig einzustufen.

11. Empfehlungen

Die Füllsande (RKS 3) sowie die humosen Oberboden-Auffüllungen sind vollständig aus dem zukünftigen Baufeld auszukoffern. Hierbei werden Aushubtiefen zwischen 1,3 m bis 1,9 m unter GOK erforderlich. Auf dem Geschiebelehm (RKS 4, RKS 5) ist ein Geovlies (z. B. Naue Secutex) der Georobustheitsklasse GRK 3 oder ein vergleichbares Produkt eines anderen Herstellers zu verlegen. Danach kann das Baufeld bis zur Unterkante der Bodenplatte mit verdichtungsfähigen Sanden (z. B. SE / SW, gemäß DIN 18196) aufgefüllt werden. Der Einbau sollte lagenweise ($d = 0,3 \text{ m}$) und gleichmäßig auf mindestens 100 % der einfachen Proctordichte erfolgen. Um den empfindlichen Geschiebelehm nicht aufzuweichen, sollte die erste Füllsandlage eine Mächtigkeit von 0,5 m nicht unterschreiten.

Die Erdarbeiten müssen unter Berücksichtigung eines Lastausbreitungswinkels von 45° erfolgen. Ein entsprechender Mehraushub ist einzukalkulieren.

Geschiebelehme neigen bei dynamischer Belastung sowie bei Niederschlägen zum Aufweichen. Die Erdarbeiten sollten daher bei trockenen Witterungsverhältnissen durchgeführt werden. Um den empfindlichen Geschiebelehm nicht zu stören, ist der Erdaushub dort in jedem Fall im Vor-Kopf-Verfahren auszuführen.

Verdichtungskontrollen können mittels leichter Rammsondierungen (DPL) erfolgen. Hier sollten Schlagzahlen N_{10} von ≥ 10 erreicht werden.

Ergänzend können auf der obersten Lage der neuen Sandauffüllungen statische Lastplattendruckversuche durchgeführt werden. Hier sollte ein statischer Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ und $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$ erreicht werden. Für die Verdichtungskontrollen muss schweres Gerät (z. B. Bagger) $> 10 \text{ t}$ zur Verfügung stehen.

Für die Bestimmung der Proctordichte kann ein Stechzylinder-Versuch durchgeführt werden. Hierzu ist im bodenmechanischen Labor ein Zeitrahmen von ca. 2 Werktagen zu berücksichtigen.

Die Wahl des Nachweisverfahrens ist mit den Unterzeichnenden dieses geotechnischen Berichts abzustimmen.

Auf dem erstellten Planum kann bei fachgerechtem Einbau der Füllsande und unter Einhaltung der oben genannten Vorgaben folgender Spannungswert für baustatische Berechnungen angenommen werden:

- **Bemessungswert der Sohlspannung** $\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2$

12. Bauzeitliche Wasserhaltung / Schutz des Gebäudes vor Wasser

Im Zuge des Bodenaustausches werden Aushubtiefen von etwa 1,3 m und 1,9 m erforderlich. Anfallendes Stauwasser auf dem Geschiebelehm (RKS 4, RKS 5) kann mittels offener Wasserhaltung (z. B. Pumpensümpfe) aus dem Baufeld entfernt werden. Im übrigen Baufeld kann Oberflächenwasser über die Geschiebedecksande versickern.

Für das Bauvorhaben ist die Wassereinwirkungsklasse W1-E (Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser) zu berücksichtigen. Bei der Abdichtung von erdberührten Teilen gelten die allgemeinen Anforderungen der DIN 18533.

13. Wiederverwertung von Bodenaushub

Bei einem umsichtigen und separaten Erdaushub können die Sandauffüllungen (RKS 3) aus geotechnischer und abfallrechtlicher Sicht zur Wiederverwendung im Baufeld genutzt werden.

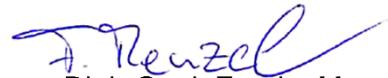
Die humosen Oberböden sind aus geotechnischer Sicht zum Einbau innerhalb des zukünftigen Baufeldes nicht geeignet. Aufgrund der großen Menge anfallender Oberboden-Auffüllungen, müssen diese vermutlich zum größten Teil fachgerecht entsorgt werden. Der Rest kann ggf. zur Anlage von Grünflächen genutzt werden.

Aufgestellt,

Leer, den 21. September 2022



i.A. Dipl.-Geow. Torsten Wagner



ppa. Dipl.-Geol. Frauke Menzel