

UMWELTBERATUNG ▪ PLANUNG ▪ BAULEITUNG



Baugrundgutachten

220818

Erweiterungsbericht Moislinger Allee 222 - 224

23558 Lübeck-Buntekuh

Auftraggeberin

BPD Immobilienentwicklung GmbH
Niederlassung Hamburg
Winterstraße 2
22765 Hamburg

Hannover, 04.10.2022

Rev02_10-22

Auftragnehmerin

Mull und Partner
Ingenieurgesellschaft mbH
Sachsenstraße 6
20097 Hamburg

Geschäftsführer:



Registergericht:

Amtsgericht Hannover
HRB 59814
USt-IdNr. DE 115 830 964

Kontoverbindung:

Hannoversche Volksbank
IBAN: DE04 2519 0001 0517 1040 00
BIC: VOHADE2HXXX



Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/EC 17025 akkreditiert.
Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage
D-PL-20008-02-00 festgelegten Umfang.

220818 / Erweiterungsbericht Moislinger Allee 222 - 224

04.10.2022 / Rev02_10-22



Berichtsdaten

Berichtstitel	Erweiterungsbericht Moislinger Allee 222 - 224 23558 Lübeck-Buntekuh
Auftraggeber (AG)	BPD Immobilienentwicklung GmbH Niederlassung Hamburg Winterstraße 2 22765 Hamburg
Auftragnehmerin (AN)	Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH Sachsenstraße 6 20097 Hamburg Telefon: +49-511-123559-0 Telefax: +49-511-123559-55 E-Mail: hannover@mup-group.com
Bauvorhaben	Neubau Wiesentalviertel
Projektnummer AN	220818
Datum des Berichts	04.10.2022
Revisionsnummer	Rev02_10-22
Projektleitung	[REDACTED]
Vorgangsbearbeitung	[REDACTED]

Der Bericht (inkl. Anlagen/Anhänge, Pläne usw.) ist urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung (insbesondere Bearbeitung, Ausführung, Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Vorführung, Zurverfügungstellung) der Unterlagen oder Teilen davon ist nur mit ausdrücklicher Zustimmung der Ingenieurgesellschaft zulässig. Sämtliche Unterlagen dürfen daher nur für die bei Auftragserteilung oder durch eine nachfolgende Vereinbarung ausdrücklich festgelegten Zwecke verwendet werden.



Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	IV
Literaturverzeichnis	V
Anlagenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Veranlassung	8
2 Standortbeschreibung	10
2.1 Räumliche Einordnung und Nutzung.....	10
2.2 Geologie/Hydrogeologie.....	12
2.3 Geplantes Bauvorhaben	12
3 Darstellung der Arbeits- und Untersuchungsmethode	14
3.1 Bohrungen, Sondierungen und Probenahme.....	14
3.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen	15
3.3 Begleitender Arbeits- und Emissionsschutz.....	16
3.4 Vermessung.....	16
4 Darstellung der Untersuchungsergebnisse	17
4.1 Ergebnisse der Kleinrammbohrungen und Bodenansprache.....	17
4.1.1 Hof A (KRB 02/22 – KRB 05/22, KRB 21/22 – KRB 24/22, KRB 40/22, KRB 3, KRB 10)	17
4.1.2 Hof B (KRB 06/22 – KRB 07/22, KRB 17/22, KRB 25/22 – KBR 29/22, KRB 19).....	18
4.1.3 Hof C (KRB 9/22 – KRB 10/22, KBR 16/11, KRB 31/22 – KRB 33/22, KRB 09).....	19
4.1.4 Hof D (KRB 11/22 – KRB 12/22, KRB 14/22 – KRB 15/22, KRB 34/22 – KRB 35/22, KRB 01/22, KRB 06, KRB 07)	20
4.1.5 Hof E (KRB 13/22, KRB 18 – KRB 20/22, KRB 36/22 – KRB 39/22, KRB 01, KRB 20)	20
4.1.6 Mobility Hub (KRB 20/22, KRB 04)	21
4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen.....	22
4.3 Grundwasserführung.....	23
4.4 Homogenbereiche	24
4.5 Chemische Untersuchungen.....	27
4.6 Ergebnisse der Bodenluftmessungen	28

5	Bewertung und Empfehlungen	29
5.1	Bewertung der geotechnischen Eignung	29
5.2	Gründungsberatung	30
5.2.1	Baufeld 1 – Hof A	30
5.2.2	Baufeld 2 – Hof B	31
5.2.3	Baufeld 3 – Hof C	32
5.2.4	Baufeld 4 – Hof D	34
5.2.5	Baufeld 5 – Hof E	35
5.2.6	Mobility Hub	36
5.3	Wasserhaltung	37
5.4	Verkehrsflächen	38
5.5	Baugrubenverbau, Aushub und Verfüllung	40
5.6	Weitere Hinweise zum Aufbau der Gründungsebene	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Standortdaten	11
Tabelle 2: Bodenproben und Untersuchungsumfang	15
Tabelle 3: Abgeleitete Lagerungsdichte und Konsistenz aus den Schlagzahlen der DPL	22
Tabelle 4: Grundwasserstände	24
Tabelle 5: Erforderliche Kennwerte und Eigenschaften für den Homogenbereich nach DIN 18 300	26
Tabelle 6 Betonaggressivität des Grundwassers nach DIN 4030	27
Tabelle 7 Stahlaggressivität des Grundwassers nach DIN 50929	28
Tabelle 8 Vor-Ort-Parameter Bodenluft	28
Tabelle 9: Orientierende Bodenkennwerte	30
Tabelle 10: Lage der Bauabschnitte in Bezug auf den bemessungswasserstand für die Bauphase	38
Tabelle 11: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus unter Berücksichtigung der Mehr- bzw. Minderdicken nach RStO 12	39

Literaturverzeichnis

- /1/ **DIN 1054, 12/2010**, Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- /2/ **DIN 1055-2, 11/2010**, Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Bodenkenngrößen
- /3/ **DIN 4020, 12/2010**, Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2
- /4/ **DIN 4124, 01/2012**, Baugruben und Gräben, Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
- /5/ **DIN 18196**, 2006, Bodenklassifizierung für bautechnische Zwecke
- /6/ **DIN 18121** Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Wassergehalt
- /7/ **DIN 18122** Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen)
- /8/ **DIN 18123** Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung
- /9/ **DIN 18300**, 09/2019, VOB - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten
- /10/ **DIN EN ISO 14688-2**, 06/2011, Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 2: Grundlagen der Bodenklassifizierung
- /11/ **DIN EN ISO 22475**, 01/2007, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung
- /12/ **DIN EN ISO 22476-2**, 03/2012, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 2: Rammsondierungen
- /13/ **LAGA TR BODEN**. Technischen Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall. 2004.
- /14/ **MULL UND PARTNER INGENIEURGESELLSCHAFT MBH**. Qualitätsmanagementhandbuch der Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbh. Hans-Böckler-Allee 9, 30173 Hannover: 2016.
- /15/ **MULL UND PARTNER INGENIEURGESELLSCHAFT MBH**. Geotechnischer Bericht Flächenentwicklung Moislinger Allee 222-224 (PN: 191261) vom 10.12.2020
- /16/ **PLACZEK**. Geotechnik, Ausgabe 2. 1985.
- /17/ **RStO**. Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen. 2012.
- /18/ **WITT**. Grundbau-Taschenbuch: Teil 3: Gründungen und geotechn. Bauwerke. s.l. : Ernst & Sohn, 2009.
- /19/ **SOOS, V**. Eigenschaften von Boden und Fels, ihre Ermittlung im Labor (von Soos, 2001) in: Grundbau Taschenbuch, Teil 1, Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, S. 112/113. 2001.
- /20/ **ZTV A-StB 12**. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen. s.l. : FGSV-Verlag, 2012.
- /21/ **ZTV E-StB 09**. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau. s.l. : FGSV Verlag, 2009.

Anlagenverzeichnis

Anlage 1. Übersichtslegeplan mit der Darstellung des Untersuchungsgebietes (Maßstab 1:10.000)

Anlage 2. Detaillagepläne

Anlage 2.1: Detaillageplan mit Darstellung des Untersuchungsgebietes und der Bohransatzpunkte (Maßstab 1:1.000)

Anlage 2.2: Detaillageplan mit Darstellung der Bohransatzpunkte (2020 und 2022) und Lage der Baufelder (Maßstab 1:1.000)

Anlage 3. Schichtenverzeichnisse, Profilsäulen, Rammdiagramme und Protokolle Bodenluft-Probenahme

Anlage 3.1: Schichtenverzeichnisse gem. EN ISO 14688

Anlage 3.2: Profilsäulen gem. EN ISO 14688 inkl. Rammdiagrammen

Anlage 3.3: Protokolle Probenahme Bodenluft

Anlage 4. Prüfberichte des Labors

Anlage 4.1: Prüfberichte GW-Probe

Anlage 5. Prüfberichte des bodenmechanischen Labors

Anlage 5.1: Korngrößenverteilung gem. DIN 18 123

Anlage 5.2: Zustandsgrenzen gem. DIN 18 122

Anlage 6. Geotechnische Berechnungen (Fundamentdiagramme)

Anlage 6.1: Fundamentdiagramme Baufeld 1 – Hof A

Anlage 6.2: Fundamentdiagramme Baufeld 2 – Hof B

Anlage 6.3: Fundamentdiagramme Baufeld 3 – Hof C

Anlage 6.4: Fundamentdiagramme Baufeld 4 – Hof D

Anlage 6.5: Fundamentdiagramme Baufeld 5 – Hof E

Anlage 6.6: Fundamentdiagramme Mobility Hub



Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeberin	LAGA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
AN	Auftragnehmerin	LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Hannover
AP	(Bohr-)Ansatzpunkt		
DK	Deponieklasse	MRZB	Mini Ramm-, Zieh- und Bohrgerät
DPH	Schwere Rammsondierung (dynamic probing heavy)	MP	Mischprobe
GB	Geotechnischer Bericht	M&P	Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH
GOK	Geländeoberkante	NIBIS	Niedersächsischem Bodeninformationssystem
uGOK	unter Geländeoberkante	NHN	Normalhöhennull
GW	Grundwasser	OKFF	Oberkante fertiger Fußboden
HGW	Höchster Grundwasserstand	OU	Orientierende Untersuchung
KRB	Kleinrammbohrung	SEH	Stadtentwässerung Hannover
		SEP	Schichtenerfassungsprogramm
		UKS	Unterkante Sohle Bodenplatte
		VK	Verwertungsklasse

1 Veranlassung

Die BPD Immobilienentwicklung GmbH (nachfolgend AG) plant auf dem ehemals gewerblich genutzten Grundstück in der Moislinger Allee 222 – 224 in Lübeck-Buntekuh eine wohnbauliche Folgenutzung und beauftragte die Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH (nachfolgend M&P) mit der Durchführung von detaillierten Bodenuntersuchungen zur Ermittlung des Bodenaufbaus und der Bodenkennwerte für die Erweiterung eines bereits vorhandenen Baugrundgutachtens aus dem Jahr 2020 sowie die Planung der Altlastensanierung. Dieser Bericht ersetzt das Bodengutachten aus dem Jahr 2020 /15/.

Die Lage des Untersuchungsgebietes ist in Anlage 1 dargestellt. Die Beschreibung und die genaue Lage der zukünftigen Wohngebäude befinden sich im Abschnitt 2.3 und in Anlage 2.2.

Die Grundlage für die Beauftragung der Untersuchungen stellt das Angebot Nr. A220400 der M&P vom 03.06.2022 dar.

Das Untersuchungsziel war die Erkundung des Schichtenaufbaus der anstehenden Erdstoffe inkl. Überprüfung der Lagerungsdichte für die Erstellung eines erweiterten geotechnischen Berichts.

Die Baumaßnahme ist der Geotechnischen Kategorie 2 zuzuordnen.

Folgende Unterlagen wurden vom AG zur Verfügung gestellt:

- Höhenplan (Maßstab 1:1.000) mit Längsschnitten (Maßstab 1:200) für alle Baufelder

Folgende Untersuchungen waren gemäß den Aufträgen vorgesehen:

- Kleinrammbohrungen (KRB):
 - 40 KRB bis max. 10 m u. GOK zur Probenahme und zur geotechnischen Erkundung des Untergrundes gemäß DIN EN ISO 22475-1
 - Vertiefung von 6 KRB auf max. 15 m u. GOK im Umfeld des MKW-Schadens, um die notwendige Einbindetiefe der Spundwand für die Aushubmaßnahme detaillierter abschätzen zu können
- 21 leichte Rammsondierungen (DPL) bis max. 10 m u. GOK zur Bestimmung der Lagerungsdichte der anstehenden Böden gemäß DIN EN ISO 22476-2
- Errichtung von 2 temporären Grundwassermessstelle und Entnahme von 2 Grundwasserproben zur Bestimmung der Beton- und Stahlaggressivität

- Entnahme von Bodenproben zur Durchführung von bodenmechanischen Laborversuchen
- Ausbau von 3 KRB zu temporären Bodenluftmessstellen zur Bewertung von Methan im Bereich von vorhandenen Weichschichten
- Chemische Untersuchung von 15 Bodenproben aus den KRB im Bereich des MKW-Schadens
- Einmessen der Sondierungen und Bohrungen nach Lage und Höhe
- Darstellung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse in einem Ergebnisbericht

Im Zuge der Geländearbeiten zwischen dem 25.07. und 15.08.2022 wurde das vorstehend beschriebene Untersuchungskonzept umgesetzt.

Die Ergebnisse zur Bodenuntersuchung im Bereich des bekannten MKW-Schadens werden im Bericht zum Sanierungsplan vom 15.08.2022, Rev. 01 abgehandelt und werden daher hier nicht weiter berücksichtigt.

2 Standortbeschreibung

2.1 Räumliche Einordnung und Nutzung

Der Standort liegt innerhalb eines Mischgebietes aus Wohnen und Gewerbe an der Moislinger Allee 222 - 224 in 23558 Lübeck-Buntekuh in Schleswig-Holstein. Das Untersuchungsgebiet umfasst die Flurstücke 21/19, 21/27 und 21/33 mit einer Fläche von ca. 38.000 m².

Es handelt sich um ein ehemals gewerblich genutztes Grundstück. Die Industrie- und Gewerbegebäude wurden inzwischen komplett abgerissen. Zahlreiche Bodenplatten sowie Mauer- und Fundamentreste sind allerdings immer noch im Untergrund vorhanden.

Die nördliche Grenze wird durch ein Regenrückhaltebecken gebildet. Im Süden grenzt das Gebiet an die Moislinger Allee. Im Osten befinden sich der Stadtteilpark Wiesental sowie ein Nachbargrundstück mit Wohnbebauung zum Schaluppenweg. Auf dem westlichen Nachbargrundstück ist ein kleinerer Gebäudekomplex mit Einzelhandel sowie ein Wohngebäude vorhanden (Abbildung 1).



Abbildung 1: Übersicht über das Untersuchungsgebiet (in rot dargestellt); (Kartengrundlage: OpenStreetMap (WMS) © ODbL v1.0)

Entsprechend den vorliegenden Vermessungsplänen besitzt das Untersuchungsgebiet von der höher liegenden Moislinger Allee im Süden mit Höhen zwischen ca. +7,5 m NHN und +9,75 m NHN ein Gefälle in nördliche Richtung mit Höhen zwischen +7,0 m NHN im Nordosten und +8,5 m NHN im Nordwesten. Darüber hinaus sind zahlreiche aus den Abrissarbeiten resultierende tiefer liegende Grundstücksbereiche mit Höhen bis ca. +5,8 m NHN vorhanden.

Ein Übersichtslageplan des Untersuchungsgrundstücks ist der Anlage 1 zu entnehmen.

In der Tabelle 1 sind die Eckdaten zum untersuchten Grundstück zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 1: Standortdaten

Standortdaten	
PLZ / Ort / Stadtteil: Bundesland:	23558 Lübeck, Hansestadt Schleswig-Holstein
Katasterangaben:	Schleswig-Holstein Flurstücke 21/19, 21/27 und 21/33
Größe:	ca. 38.000 m ²
Eigentums- und Nutzungsverhältnisse:	Die BPD Immobilienentwicklung GmbH
Hoch- und Rechtswert:	Mittelpunktskoordinate UTM-32 N
	E: 608306 N: 5968247
Höhe:	ca. +5,8 bis +10,0 m NHN
Wasserschutzgebiete:	keine
Landschafts - / Naturschutzgebiet:	NSG: > 2.000 m, westlich (Wakenitz) LSG: ca. 50 m südlich (Trave-Einzugsgebiet zwischen Wesenberg u. Elbe-Lübeck-Kanal)
Vorfluter:	Trave (südlich)

2.2 Geologie/Hydrogeologie

Informationen zur Geologie und Hydrogeologie auf dem Grundstück liefert das Landwirtschafts- und Umweltatlas des Landes Schleswig-Holstein (Stand: 03.08.22). Die Informationen werden im Zuge der Geländearbeiten konkretisiert.

Geologie

Oberflächennah ist mit anthropogenen Auffüllungen aus Fein- bis Mittelsand zu rechnen. Unterhalb der Auffüllung liegen saalekaltzeitlichen Moränenablagerungen. Zunächst ist mit Geschiebelehm bzw. -mergel oder Beckenablagerungen zu rechnen, welche von glaziofluviatilen und fluviatilen Fein- bis Mittelsanden unterlagert werden. Unterhalb der Sande folgen Schluff- und Ton-Ablagerungen.

Im Zuge der Geländearbeiten wurde der Bodenaufbau konkretisiert. Im Kapitel 4 werden die Ergebnisse der KRB pro Baufeld dargestellt.

Hydrogeologie

Der Hauptgrundwasserleiter wird durch die sandigen Ablagerungen unterhalb des Geschiebemergels gebildet. Stellenweise wird das Grundwasser durch den überlagernden, gering durchlässigen Geschiebemergel geschützt.

Oberhalb des Geschiebemergels bilden Beckenablagerungen und sandige Lockersedimente eine Wechselfolge aus Grundwasserleiter und -geringleiter. Großflächig betrachtet, kann dieses System als ein zusammenhängender, oberflächennaher Grundwasserleiter angesehen werden. Gemäß dem Landwirtschafts- und Umweltatlas des Landes Schleswig-Holstein handelt es sich um den oberflächennahen Grundwasserkörper ST16 (Trave-Mitte). Dieser befindet sich im hydrogeologischen Raum der Jungmoränen des östlichen Hügellandes, im Teilraum Neustadt-Lübecker Becken.

Das nächstgelegene Oberflächengewässer, die Trave, befindet sich in etwa 50 m Entfernung.

2.3 Geplantes Bauvorhaben

Das Bauvorhaben wird in fünf Baufelder (Hof A bis E) aufgeteilt (s. Abbildung 2). Geplant ist der Neubau von zwei- bis viergeschossigen Wohngebäuden mit Tiefgaragen.



Abbildung 2: Aufteilung der Baufelder (blaue Markierung) in Hof A - E

In Anlage 2.2 sind die einzelnen Baufelder mit den jeweiligen KRB und DPH dargestellt.

Gemäß dem vorliegenden Planungsentwurf gelten die folgenden Projekthöhen:

Baufeld	GOK [m NHN]	UKS [m NHN]	Ø Aushubsole [m u. GOK]
Hof A	8,0 – 8,74 (Ø 8,4)	+6,60	1,8
Hof B	7,24 – 8,55 (Ø 7,9)	+6,30 bzw. +6,55	1,6 bzw. 1,3
Hof C	8,21 – 9,0 (Ø 8,5)	+6,20 bzw. +6,55	2,0 bzw. 2,4
Hof D	5,84 – 9,68 (Ø 7,9)	+6,70	1,7
Hof E	8,78 – 9,75 (Ø 9,3)	+6,55	2,7

3 Darstellung der Arbeits- und Untersuchungsmethode

3.1 Bohrungen, Sondierungen und Probenahme

Zur genaueren Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden zwischen dem 25.07. und 15.08.2022 das bereits beschriebene und im Nachfolgenden näher erläuterte Erkundungskonzept umgesetzt.

Im Zuge der Geländearbeiten wurden im Untersuchungsgebiet insgesamt 40 KRB mit Tiefen zwischen 9,3 m und 12,0 m uGOK und 21 DPL mit Tiefen zwischen 4,6 m und 9,4 m abgeteuft. Aufgrund des hohen Eindringwiderstandes (kein Bohrfortschritt) mussten die KRB 34/22 bei 9,3 m, sowie die 6 KRB im Umfeld des MKW-Schadens bei Tiefen zwischen 10,0 m und 12,0 m abgebrochen werden.

Die Durchführung der Kleinrammbohrungen erfolgte in Anlehnung an die DIN 4021, Teil 3 bzw. EN ISO 22475-1. Die Probenahme wurde in Anlehnung an EN ISO 22475-1 durchgeführt. Die geologische Beschreibung der angetroffenen Sedimente erfolgte nach EN ISO 14688 bzw. nach dem Schichtenerfassungsprogramm des Landes Niedersachsen (SEP).

Um zu prüfen, ob aufgrund von in vorherigen Untersuchungen erbohrten Torfschichten bauliche Maßnahmen im Sinne einer Gasdrainage erforderlich sind, wurden in diesen Bereichen insgesamt zwei Kleinrammbohrungen (KRB01/22 und KRB31/22) zu temporären Bodenluftmessstellen ausgebaut und die Vor-Ort-Parameter Sauerstoff, Kohlendioxid und Methan gemessen. Die Bodenluftmessstellen wurden nach der Bodenluftmessung wieder gezogen. Die Verfilterung erfolgte zwischen 1,0 und 2,0 m Tiefe. Damit keine Umgebungsluft gemessen wird, wurden die Messstellen mit Quellton umfüllt. Die Messung der Bodenluft erfolgte gemäß VDI-Richtlinie 3865, Blatt 1 und 2.

Die Rammsondierungen wurden gemäß DIN EN ISO 22476-2 mit einer DPL durchgeführt. Der Spitzenquerschnitt beträgt 10 cm², die Masse des Rammhärens 10 kg und die Fallhöhe 0,5 m. Aufgezeichnet wurde die Anzahl der Schlagzahlen pro 10 cm Eindringtiefe.

Die Schichtenverzeichnisse, die Profilsäulendarstellungen der Kleinrammbohrungen, die graphische Darstellung der Schlagzahlen der Rammsondierungen, sowie die Protokolle der Bodenluftmessungen sind in der Anlage 3 dargestellt. Die Darstellung der Bohransatzpunkte im Lageplan ist der Anlage 2 zu entnehmen.

3.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Zur Ermittlung und Ableitung von charakteristischen Bodenkenngößen wurden im bodenmechanischen Labor von M&P Untersuchungen an repräsentativen Bodenproben durchgeführt.

Für die sandigen und schluffigen Ablagerungen wurden an den entnommenen Bodenproben zur Ermittlung der Korngrößenverteilung gemäß DIN 18 123 Siebanalysen bzw. kombinierte Sieb- und Schlämmanalysen sowie Wassergehaltsbestimmungen gemäß DIN 18 121 durchgeführt. Für die Schluff- und Tonablagerungen wurde die Zustandsgrenzen gemäß DIN 18 122 bestimmt. In Tabelle 2 sind die untersuchten Proben dargestellt.

Tabelle 2: Bodenproben und Untersuchungsumfang

Proben	Tiefe [m]	Wassergehalt	Siebung	Komb. Sieb-/Schlämmanalyse	Zustandsgrenzen
KRB 2 / 05	2,50 - 3,50	X	X		
KRB 3 / 03	1,20 - 2,70	X		X	
KRB 5 / 12	9,50 - 10,00	X			X
KRB 6 / 09	5,30 - 6,10	X	X		
KRB 10 / 02	0,60 - 2,90	X	X		
KRB 11 / 02	1,00 - 2,00	X	X		
KRB 12 / 05	3,60 - 5,10	X		X	X
KRB 16 / 09	6,10 - 7,10	X	X		
KRB 18 / 01	0,20 - 1,30	X	X		
KRB 19 / 13	9,60 - 10,00	X		X	
KRB 20 / 03	1,40 - 2,00	X			X
KRB 22 / 01	0,15 - 0,50	X	X		
KRB 23 / 02	0,50 - 1,50	X		X	
KRB 25 / 06	3,20 - 4,20	X	X		
KRB 29 / 08	8,20 - 8,80	X		X	
KRB 31 / 05	2,90 - 3,60	X		X	
KRB 35 / 10	9,20 - 10,00	X	X		
KRB 36 / 01	0,10 - 1,30	X	X		
KRB 38 / 14	11,30 - 12,00	X		X	

Die Ergebnisse der geotechnischen Laboruntersuchungen befinden sich in Anlage 5.

3.3 Begleitender Arbeits- und Emissionsschutz

Vor Beginn der Untersuchungen wurden die Kabel- und Leitungspläne vom AG zur Verfügung gestellt. Die Bohransatzpunkte wurden vom AN hinsichtlich Leitungen überprüft.

3.4 Vermessung

Das lage- und höhenmäßige Einmessen der Untersuchungspunkte im Gelände erfolgte mittels STONEX S800 GNSS System. Die Lage der Bohrpunkte wurde in ein digitales Kartenmodell übernommen und ist in Anlage 2 skizziert.

Sämtliche Höhenangaben sind vor Baubeginn bauseits zu prüfen.

4 Darstellung der Untersuchungsergebnisse

4.1 Ergebnisse der Kleinrammbohrungen und Bodenansprache

4.1.1 Hof A (KRB 02/22 – KRB 05/22, KRB 21/22 – KRB 24/22, KRB 40/22, KRB 3, KRB 10)

Die Fläche ist zum größten Teil mit Asphalt oder Beton versiegelt. Unterhalb der Versiegelung stehen anthropogene Auffüllungen an, die überwiegend aus grobsandigen, schwach feinsandigen und bereichsweise kiesigen Mittelsanden gebildet werden. Bereichsweise enthalten die sandigen Auffüllungen auch schwach schluffige und z.T. humose Anteile. Bereichsweise besteht die Auffüllung aus schwach tonigem und schwach feinsandigem Schluff.

Der technogene Anteil der Auffüllung, bestehend aus Ziegelresten, Bauschutt und Schlacke, beträgt max. ca. 30%. Die Auffüllung erreicht Tiefen zwischen ca. 0,3 m und 2,2 m (im Durchschnitt ca. 1,0 m). Die Unterkante der Auffüllungen liegt zwischen +5,80 m und +8,00 m NHN.

Unterhalb der Auffüllung steht bis in Tiefen zwischen ca. 2,0 und 4,4 m u. GOK (durchschnittlich ca. 2,8 m u. GOK) schwach toniger und schwach feinsandiger bis feinsandiger Schluff an. Die Mächtigkeiten des Schluffs schwanken zwischen 1,5 m und 2,9 m, die Unterkante liegt im Bereich zwischen +3,60 m und +6,24 m NHN.

Der Schluff wird von Fein- bis Mittelsanden bis in Tiefen von ca. 7,5 m bis > 10 m u. GOK (durchschnittlich ca. 9,0 m u. GOK) unterlagert. Bereichsweise sind die Sandablagerungen schwach schluffig (bis ca. 10%) ausgebildet. Die Mächtigkeit der Sande liegen zwischen 3,1 m und 7,1 m, ihre Unterkante liegt zwischen -1,33 m und +0,50 m NHN.

Mit Ausnahme der KRB 40/22 wurden an der Basis der KRB Schluff- und Tonablagerungen erbohrt.

Im Zuge der Geländearbeiten wurde folgender schematischer Bodenaufbau erbohrt:

∅ ca. 1,0 m u. GOK	Schluffiger Sand bis feinsandiger Schluff, z.T. kiesig mit unterschiedlichen Anteilen an technologischen Beimengungen bis max. 30% (Ziegel, Schlacke, Bauschutt); Künstliche Auffüllung
∅ ca. 2,8 m u. GOK	schwach toniger, schwach feinsandiger bis feinsandiger Schluff
∅ ca. 9,0 m u. GOK	Fein- bis Mittelsand, bereichsweise schwach schluffig
> ∅ ca. 9,0 m u. GOK	Schluff bis Ton, bereichsweise feinsandig

4.1.2 Hof B (KRB 06/22 – KRB 07/22, KRB 17/22, KRB 25/22 – KBR 29/22, KRB 19)

An der Oberfläche ist mit Auffüllungen in Form von Sand mit unterschiedlichen Anteilen an Schluff, bis hin zu feinsandigem Schluff, z.T. humos. Der technogene Anteil der Auffüllung besteht aus Ziegelresten, Bauschutt und Schlacke. Die Auffüllung erreicht Tiefen zwischen ca. 0,2 m und 1,5 m (im Durchschnitt bis ca. 1,0 m). Bereichsweise steht feinsandiger, schwach humoser Mutterboden an der Oberfläche an. Die Unterkante der Auffüllungen liegt zwischen +5,59 m und +8,05 m NHN.

Unterhalb der Auffüllung stehen schwach tonige und schwach feinsandige bis feinsandige Schluff-Ablagerungen an. Diese erreichen Tiefen bis max. 3,7 m u. GOK (durchschnittlich ca. 2,1 m u. GOK). Bereichsweise handelt es sich um sehr dünne Schlufflagen (s. KRB 06/22). Bei der KRB 28/22 fehlt der Schluff unterhalb der Auffüllung. Bei KRB 29/22 ist in Tiefen zwischen 1,9 m und 2,2 m u. GOK mit stark zersetzten Torflagen zur rechnen. Die Mächtigkeiten des Schluffs schwanken zwischen 1,2 m und 2,2 m, die Unterkante liegt im Bereich zwischen +3,79 m und +6,85 m NHN.

Der Schluff wird von Fein- bis Mittelsanden bis in Tiefen von ca. 6,7 m bis max. 9,2 m u. GOK (durchschnittlich ca. 8,1 m u. GOK) unterlagert. Bereichsweise sind die Sandablagerungen schwach schluffig (bis ca. 10%). Die Mächtigkeit der Sande liegen zwischen 3,7 m und 7,3 m, ihre Unterkante liegt zwischen -0,79 m und 0,79 m NHN.

An der Basis der KRB befinden sich schwach feinsandige Schluff- bis Tonablagerungen.

Im Zuge der Geländearbeiten wurde folgender schematischer Bodenaufbau erbohrt:

∅ ca. 1,0 m u. GOK	Schluffiger Sand bis feinsandiger Schluff mit unterschiedlichen Anteilen an technogenen Beimengungen (Ziegel, Schlacke, Bauschutt); Künstliche Auffüllung
∅ ca. 2,1 m u. GOK	schwach toniger und schwach feinsandiger bis feinsandiger Schluff
∅ ca. 8,1 m u. GOK	Fein- bis Mittelsand, bereichsweise schwach schluffig
> ∅ ca. 8,1 m u. GOK	Schluff bis Ton, bereichsweise feinsandig

4.1.3 Hof C (KRB 9/22 – KRB 10/22, KBR 16/11, KRB 31/22 – KRB 33/22, KRB 09)

An der Oberfläche stehen Auffüllungen in Form von Sand mit unterschiedlichen Anteilen an Schluff, bis hin zu feinsandigem Schluff, z.T. humos. Der technogene Anteil der Auffüllung besteht aus Ziegelresten, Bauschutt und Schlacke. Die sandigen Auffüllungen sind bereichsweise kiesig. Die Auffüllung erreicht Tiefen zwischen ca. 0,6 m und 3,6 m (im Durchschnitt bis ca. 1,9 m). Bereichsweise steht feinsandiger, schwach humoser Mutterboden an der Oberfläche an. Die Unterkante der Auffüllungen liegt zwischen +4,98 m und +7,86 m NHN.

Unterhalb der Auffüllung stehen schwach tonige und schwach feinsandige bis feinsandige Schluff-Ablagerungen an. Diese erreichen Tiefen bis max. 3,6 m u. GOK (durchschnittlich ca. 2,6 m u. GOK). Bereichsweise handelt es sich um sehr dünne Schlufflagen (s. KRB 16/22). Bei der KRB 10/22, KRB 31/22 und KRB 32/22 fehlt der Schluff unterhalb der Auffüllung. Im Bereich der KRB 31/22 ist in Tiefen zwischen 3,6 m und 3,7 m u. GOK mit Torflagen zur rechnen. Die Mächtigkeiten des Schluffs schwanken zwischen 0,4 m und 1,2 m, die Unterkante liegt im Bereich zwischen +4,71 m und +7,48 m NHN.

Der Schluff wird von Fein- bis Mittelsanden bis in Tiefen von max. 10,0 m u. GOK (durchschnittlich ca. 8,5 m u. GOK) unterlagert. Bereichsweise sind die Sandablagerungen schwach schluffig bis schluffig (bis ca. 15-20%). Die Mächtigkeit der Sande liegen zwischen 4,3 m und 7,8 m, ihre Unterkante liegt zwischen -1,04 m und +0,51 m NHN.

An der Basis der KRB befinden sich schwach feinsandige Schluff- bis Tonablagerungen.

Im Zuge der Geländearbeiten wurde folgender schematischer Bodenaufbau erbohrt:

∅ ca. 1,9 m u. GOK	Schluffiger Sand bis feinsandiger Schluff, z.T. kiesig mit unterschiedlichen Anteilen an technogenen Beimengungen (Ziegel, Schlacke, Bauschutt); Künstliche Auffüllung
∅ ca. 2,6 m u. GOK	schwach toniger und schwach feinsandiger bis feinsandiger Schluff
∅ ca. 8,5 m u. GOK	Fein- bis Mittelsand, bereichsweise schwach schluffig bis schluffig
> ∅ ca. 8,5 m u. GOK	Schluff bis Ton, bereichsweise feinsandig

4.1.4 Hof D (KRB 11/22 – KRB 12/22, KRB 14/22 – KRB 15/22, KRB 34/22 – KRB 35/22, KRB 01/22, KRB 06, KRB 07)

Die Oberfläche ist zum Teil mit Asphalt und Pflastersteinen versiegelt. Bereichsweise stehen Auffüllungen an der Oberfläche an. Es handelt sich um kiesigen Sand, Kies und feinsandigen Schluff. Der technogene Anteil liegt bei max. ca. 50% und besteht aus Ziegelresten und Bauschutt. Die Auffüllung erreicht Tiefen zwischen ca. 0,2 m und 3,3 m (im Durchschnitt bis ca. 1,6 m). Die Unterkante der Auffüllungen liegt zwischen +4,95 m und +8,44 m NHN.

Unterhalb der Auffüllung stehen schwach tonige und schwach feinsandige Schluff-Ablagerungen an. Diese erreichen Tiefen bis max. 6,1 m u. GOK (durchschnittlich ca. 3,9 m u. GOK). Bei KRB 6 und KRB 34/22 fehlt der Schluff unterhalb der Auffüllung. Die Mächtigkeiten des Schluffs schwanken zwischen 1,0 m und 4,9 m, die Unterkante liegt im Bereich zwischen -0,55 m und 7,54 m NHN.

Der Schluff wird von Fein- bis Mittelsanden bis in Tiefen von max. 10,0 m u. GOK (durchschnittlich ca. 8,5 m u. GOK) unterlagert. Bereichsweise sind die Sandablagerungen schwach schluffig bis schluffig (bis ca. 15-20%). Die Mächtigkeit der Sande liegen zwischen 5,3 m und 8,1 m, ihre Unterkante liegt zwischen -2,36 m und +0,74 m NHN.

An der Basis der KRB befinden sich zum Teil schwach feinsandige Schluff- bis Tonablagerungen und zum Teil noch fein- bis mittelsandige Ablagerungen.

Im Zuge der Geländearbeiten wurde folgender schematischer Bodenaufbau erbohrt:

∅ ca. 1,6 m u. GOK	kiesiger Sand, Kies und feinsandiger Schluff mit unterschiedlichen Anteilen an technogenen Beimengungen bis ca. 50% (Ziegel, Schlacke, Bauschutt); Künstliche Auffüllung
∅ ca. 3,9 m u. GOK	schwach toniger und schwach feinsandiger bis feinsandiger Schluff
∅ ca. 8,5 m u. GOK	Fein- bis Mittelsand, bereichsweise schwach schluffig bis schluffig
> ∅ ca. 8,5 m u. GOK	Schluff bis Ton, bereichsweise feinsandig

4.1.5 Hof E (KRB 13/22, KRB 18 – KRB 20/22, KRB 36/22 – KRB 39/22, KRB 01, KRB 20)

Die Oberfläche ist zum größten Teil mit Asphalt, Beton oder Pflastersteinen versiegelt. Unter der Versiegelung befinden sich sandige und schluffige Auffüllungen. Der technogene Anteil liegt bei

max. ca. 20% und besteht aus Ziegelresten und Bauschutt. Die Auffüllung erreicht Tiefen zwischen ca. 0,2 m und 1,3 m (im Durchschnitt bis ca. 0,7 m). Die Unterkante der Auffüllungen liegt zwischen +7,68 m und +9,27 m NHN.

Unterhalb der Auffüllung stehen schwach tonige und schwach feinsandige Schluff-Ablagerungen an. Diese erreichen Tiefen bis max. 3,0 m u. GOK (durchschnittlich ca. 2,4 m u. GOK). Die Mächtigkeiten des Schluffs schwanken zwischen 0,2 m und 2,7 m, die Unterkante liegt im Bereich zwischen +5,91 m und +9,07 m NHN.

Der Schluff wird von Fein- bis Mittelsanden bis in Tiefen von max. 10,0 m u. GOK (durchschnittlich ca. 9,3 m u. GOK) unterlagert. Bereichsweise sind die Sandablagerungen schwach schluffig bis schluffig. Die Mächtigkeit der Sande liegen zwischen 6,4 m und 7,8 m, ihre Unterkante liegt zwischen -1,24 m und +1,47 m NHN.

An der Basis der KRB befinden sich zum Teil schwach feinsandige Schluff- bis Tonablagerungen und zum Teil noch fein- bis mittelsandige Ablagerungen.

Im Zuge der Geländearbeiten wurde folgender schematischer Bodenaufbau erbohrt:

∅ ca. 1,6 m u. GOK	Sand bis Schluff mit unterschiedlichen Anteilen an technogenen Beimengungen bis ca. 20% (Ziegel, Schlacke, Bauschutt); Künstliche Auffüllung
∅ ca. 3,9 m u. GOK	schwach toniger und schwach feinsandiger bis feinsandiger Schluff
∅ ca. 8,5 m u. GOK	Fein- bis Mittelsand, bereichsweise schwach schluffig bis schluffig
> ∅ ca. 8,5 m u. GOK	Schluff bis Ton, bereichsweise feinsandig

4.1.6 Mobility Hub (KRB 20/22, KRB 04)

Der Bereich des Mobility Hubs ist mit Beton und Pflaster versiegelt. Unter der Versiegelung stehen Auffüllungen in Form von Sand und Schluff bzw. Recyclingbruch an. Die Auffüllung erreicht Tiefen zwischen ca. 0,4 m und 1,0 m (im Durchschnitt bis ca. 0,7 m) u. GOK.

Unterhalb der Auffüllung stehen feinsandiger, toniger Schluff bis schluffiger Ton in Tiefen zwischen ca. 2,7 m und 3,1 m (im Durchschnitt bis ca. 2,9 m) u. GOK.

Die Schluff- und Tonablagerungen werden von schwach schluffigem Feinsand bis in Tiefen von max. 9,5 m u. GOK (durchschnittlich ca. 9,2 m u. GOK) unterlagert.

An der Basis der KRB befinden sich schwach feinsandige, schwach tonige Schluffablagerungen.

Im Zuge der Geländearbeiten wurde folgender schematischer Bodenaufbau erbohrt:

∅ ca. 0,7 m u. GOK	Sand bis Schluff, Recyclingbruch; Künstliche Auffüllung
∅ ca. 2,9 m u. GOK	feinsandiger, toniger Schluff bis schluffiger Ton
∅ ca. 9,2 m u. GOK	schwach schluffiger Feinsand
> ∅ ca. 9,2 m u. GOK	schwach feinsandiger, schwach toniger Schluff

4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen

Für die Auswertung der Schlagzahldiagramme der Rammsondierungen können nach PLACZEK empirisch ermittelte Zusammenhänge zugrunde gelegt werden. Diese Werte wurden für vom Grundwasser unbeeinflusste Böden ermittelt. Die DIN EN ISO 22476-2 sieht eine Berücksichtigung des Grundwassereinflusses vor. Im Ergebnis der beiden Quellen kann der folgende Zusammenhang angesetzt werden:

Tabelle 3: Abgeleitete Lagerungsdichte und Konsistenz aus den Schlagzahlen der DPL

Lagerung	Schlagzahl über GW	Schlagzahl im GW	Konsistenz	Schlagzahl
sehr locker	0 – 2	0 - 1	breiig	0 - 3
locker	2 – 10	1 – 5	weich	3 - 8
mitteldicht	11 – 50	6 – 30	steif	8 - 15
dicht	> 50	> 30	Halbfest	15 - 30

Im Bereich der Auffüllungen zeigen die Ergebnisse der Rammsondierungen eine überwiegend lockere, bereichsweise auch mitteldichte Lagerung der sandigen Auffüllungen bzw. eine breiige bis weiche Konsistenz der schluffigen Auffüllungen.

Die Schluffe zeigen eine weiche bis steife Konsistenz, mit zunehmender Tiefe (unterhalb der Sande) auch eine halbfeste bis feste Konsistenz (Schluff bis Ton).

Die glazifluviatilen Sande sind überwiegend mitteldicht bis dicht gelagert, mit zunehmender Tiefe auch sehr dichte gelagert.

Auffüllung	locker – mitteldicht / breiig – weich
Schluff/Ton	weich – steif; unterhalb des Sandes halbfest
Sand	mitteldicht – dicht

In der anthropogenen Auffüllung können Ziegel- oder sonstige Bauschuttreste Rammhindernisse darstellen und die daraus resultierenden Schlagzahlen höhere Lagerungsdichten vortäuschen.

4.3 Grundwasserführung

Die glazifluviatilen Sande unterhalb der Auffüllungen und Geschiebelehme bzw. –mergel bilden einen oberflächennahen Porengrundwasserleiter mit guter Durchlässigkeit, der je nach Tiefenlage der Tone / Schluffe sowie der bindigen Auffüllung gespannte oder freie Grundwasserverhältnisse aufweist.

Im Zuge der Geländearbeiten wurde das Grundwasser zwischen ca. 1,0 m und 5,95 m u. GOK angetroffen (im Durchschnitt bei ca. 2,9 m u. GOK). Bezogen auf das überregionale Höhensystem lagen die gemessenen Grundwasserstände zwischen +3,55 m (KRB 1/22) und +6,49 m NHN (KRB 24/22). Trotz lokaler Schwankungen lässt sich ein großräumiges Grundwassergefälle von Nordwest nach Südost und damit in Richtung des Vorfluters Trave erkennen.

Für die Angabe eines Bemessungswasserstandes liegen uns keine langjährigen Aufzeichnungen aus der Nähe des Bauvorhabens ausgebauten Grundwassermessstellen vor. Es wird empfohlen, als höchsten zu erwartenden Grundwasserstand (HGW) für die einzelnen Bereiche des Untersuchungsgrundstückes die nachfolgenden Werte anzusetzen:

Tabelle 4 Grundwasserstände

Gebäudegruppen	Grundwasserstände, gemessen [m NHN]	Bemessungswasserstand Bauphase [m NHN]	Bemessungswasserstand Endzustand [m NHN]
Hof A	+5,33 bis +6,49	+6,80	+7,00
Hof B	+5,11 bis +5,75	+6,10	+6,30
Hof C	+5,31 bis +5,98	+6,30	+6,50
Hof D inkl. Kita	+3,55 bis +5,44	+5,80	+6,00
Hof E inkl. Mobility Hub	+5,26 bis +6,14	+6,50	+6,70

4.4 Homogenbereiche

Die **sandigen Auffüllungshorizonte** können im Sinne der DIN 18 300 zum Homogenbereich 1 zusammengefasst werden. Das Material kann folgenden Bodenarten und -klassen zugeordnet werden:

- Bodenarten nach DIN 14 688-1: grSa; siSa; sigrSa
- Bodengruppen nach DIN 18 196: [SU], [SU*], [GE] - [GW]
- Bodenklasse für Erdarbeiten nach alter DIN 18 300: 3 - 4

Der Homogenbereich 1 weist eine gute bis mittel gute Verdichtungsfähigkeit auf (Verdichtbarkeitsklasse nach ZTV A-StB 97: V1 – V2) und ist nicht bis sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 09: F1 – F3).

Die **schluffigen Auffüllungshorizonte** können im Sinne der DIN 18 300 zum Homogenbereich 2 zusammengefasst werden. Das Material kann folgenden Bodenarten und -klassen zugeordnet werden:

- Bodenarten nach DIN 14 688-1: saSi; cSi; sacSi
- Bodengruppen nach DIN 18 196: [UL] – [UM]

- Bodenklasse für Erdarbeiten nach alter DIN 18 300: 4

Der Homogenbereich 1 weist eine weniger gute Verdichtungsfähigkeit auf (Verdichtbarkeitsklasse nach ZTV A-StB 97: V3) und ist sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 09: F3).

Der Homogenbereich 3 wird gebildet aus dem **Schluff + Ton**. Das Material kann folgenden Bodenarten und -klassen zugeordnet werden:

- Bodenart nach DIN 14 688-1: saSi; saclSi; Cl; siCl
- Bodengruppen nach DIN 18 196: UL – UM; TL - TA
- Bodenklasse für Erdarbeiten nach alter DIN 18 300: 4

Der Homogenbereich 3 weist eine weniger gute Verdichtungsfähigkeit auf (Verdichtbarkeitsklasse nach ZTV A-StB 97: V3) und ist sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 09: F3).

Der **Sand** können im Sinne der DIN 18 300 zum Homogenbereich 4 zusammengefasst werden. Das Material kann folgenden Bodenarten und -klassen zugeordnet werden:

- Bodenarten nach DIN 14 688-1: Sa; siSa
- Bodengruppen nach DIN 18 196: SE – SW, SU, SU*
- Bodenklasse für Erdarbeiten nach alter DIN 18 300: 3 – 4

Der Homogenbereich 3 weist eine gute Verdichtungsfähigkeit auf (Verdichtbarkeitsklasse nach ZTV A-StB 97: V1) und ist nicht bis mittel frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 09: F1 – F2).

Die Charakterisierung der Homogenbereiche nach DIN 18 300 ist in Tabelle 5 zusammengefasst.

Nr.	Kennwerte / Eigenschaft	Auffüllung (sandig)	Auffüllung (bindig / gemischtkörnig)	Schluff/Ton	Sand
-	Homogenbereich	1	2	3	4
1	Korngrößenverteilung [% T/U/S/G]	- / 7,4 – 18,6 / 60,4 – 92,0 / 0,5 – 30,9	22,0 / 33,6 / 36,4 / 8,0	4,5 – 18,2 / 49,8 – 83,1 / 9,5 – 25,9 / 0,1 – 6,0	8,6 / 1,4 – 23,0 / 58,6 – 95,2 / 0,1 – 9,8
2	Masseanteil Steine / Blöcke [%]	< 5 / < 1	< 5 / < 1	< 1	< 1
3	Dichte [t/m ³]	1,7 – 1,9 ¹⁾	1,7 – 1,9 ¹⁾	1,7 – 2,1 ¹⁾	1,8 – 2,0 ¹⁾
4	undrännierte Scherfestigkeit [kN/m ²]	0 ¹⁾	5 - 20 ¹⁾	20 - 200 ¹⁾	0 ¹⁾
5	Wassergehalt [%]	4,6 – 14,6	36,4	14,5 – 57,0	12,8 – 21,4
6	Konsistenz	-	weich – steif	weich – halbfest	-
7	Konsistenzzahl I _c	-	n.b.	0,57 - 0,83	-
8	Plastizitätszahl I _p [%]	-	n.b.	18,7 - 26,4	-
9	Lagerungsdichte	locker - mitteldicht	-	-	mitteldicht – sehr dicht
10	Organischer Anteil [%]	< 5 ¹⁾	< 5 ¹⁾	< 1 bis 10 ¹⁾	< 2 ¹⁾
11	Ergänzende Bezeichnung	Auffüllung	Auffüllung	Beckenablagerungen	Fluviatile Sande

n.b. nicht bestimmt / ¹⁾ Erfahrungswerte

4.5 Chemische Untersuchungen

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen der Grundwasserprobe sind in Tabelle 6 und Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 6 Betonaggressivität des Grundwassers nach DIN 4030

Aggressivität Untersuchungs- parameter	GMS 02	GMS 03	XA1 (schwach)	XA2 (mäßig)	XA3 (stark)
pH-Wert	7,1	6,9	6,5 – 5,5	5,5 – 4,5	4,5 – 4,0
kalklösende Koh- lensäure [mg/l]	< 5,0	< 5,0	15 – 40	40 – 100	> 100
Ammonium (NH ₄) [mg/l]	0,26	0,44	15 – 30	30 – 60	60 – 100
Magnesium (Mg) [mg/l]	9,93	16,3	300 – 1000	1000 – 3000	> 3000
Sulfat (SO ₄) [mg/l]	52	71	200 – 600	600 – 3000	3000 – 6000

Demnach kann das untersuchte Grundwasser (GMS 02 und GMS 03) als nicht betonaggressiv eingestuft werden.

Die Beurteilung der Stahlaggressivität von Wässern erfolgt nach DIN 50929. Es werden folgende Bedingungen unterschieden:

Tabelle 7 Stahlaggressivität des Grundwassers nach DIN 50929

Probe	Zone Unterwasserbereich		Zone Wasser/Luft-Grenze	
	Mulden-/Lochkorrosion	Flächenkorrosion	Mulden-/Lochkorrosion	Flächenkorrosion
GMS 02	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering
GMS 03	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering

Demnach kann das untersuchte Grundwasser sowohl hinsichtlich Mulden-/Lochkorrosion als auch Flächenkorrosion als sehr gering stahlaggressiv eingestuft werden.

4.6 Ergebnisse der Bodenluftmessungen

Die Ergebnisse der Bodenluftmessungen sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 8 Vor-Ort-Parameter Bodenluft

Untersuchungsparameter	KRB01/22	KRB31/22
CO₂ (Vol. %)	0,8	3,0 – 7,6
CH₄ (Vol. %)	n. n.	n. n.
Sauerstoff (Vol. %)	19,9 – 20,1	14,1 – 17,3

Die vor Ort gemessenen Sauerstoffgehalte in der Bodenluft lagen im Bereich zwischen 14,1 und 20,1 Vol.-%.

Kohlendioxid wurde in Gehalten zwischen 0,8 und 3,0 Vol.-% gemessen. In der KRB31/22 wurde ein schwach erhöhter Kohlendioxidgehalt von 7,6 Vol.-% ermittelt.

Methan wurde nicht nachgewiesen (n. n.).

Gemäß Leitfaden der Freien und Hansestadt Hamburg „Sicheres Bauen bei Bodenluftbelastung“ bei Methan aus Weichschichten sind bei Bauvorhaben keine Sicherungsmaßnahmen hinsichtlich Bodenluftbelastungen erforderlich, wenn kein Methan nachgewiesen wird. Da die hier Vor-Ort gemessenen Methan-Konzentrationen unterhalb der BG (0,10 Vol.-%) lagen, sind voraussichtlich keine Sicherungsmaßnahmen hinsichtlich Methans für zukünftige Bauvorhaben erforderlich.

5 Bewertung und Empfehlungen

5.1 Bewertung der geotechnischen Eignung

Nach derzeitigem Planungsstand sind alle Neubauten unterkellert (s. Abschnitt 2.3). Die Aushubsohlen befinden sich demnach zwischen ca. 1,3 m und 2,7 m u. der aktuellen GOK. Im Rahmen der Geländeprofilierung wird die GOK in einigen Bereichen noch aufgeschüttet.

Der teilweise anstehende Oberboden muss vor Beginn der Baumaßnahme abgeschoben werden und wird daher für die folgende Betrachtung vernachlässigt.

Künstliche Auffüllungen mit erhöhten oder grobkörnigen technogenen Anteilen wie z.B. Ziegel- oder sonstige Bauschuttreste verhalten sich nicht volumenkonstant und sind für den Eintrag von Gebäudelasten nicht geeignet. Gleiches gilt für möglicherweise auftretende organische Bodenschichten und bindiges Bodenmaterial mit breiiger bis weicher Konsistenz. Sollten diese Materialien im Bereich der Gründungssohle anstehen, müssen sie gegen ein Gründungspolster ersetzt werden. Einbau und Verdichtung des Bodenaustauschs müssen lagenweise ($d \leq 0,3$ m) erfolgen.

Bei genereller baulicher Eignung des Materials und nicht ausreichender Lagerungsdichte, wie hier beim sandigen Auffüllungsmaterial, ist die Aufbereitung/Siebung und ein anschließender qualifizierter Einbau zu prüfen, um Entsorgungsmengen zu reduzieren.

Für das Gründungspolster empfehlen wir Material der Bodenklassen SW oder GW nach DIN 14 196 aus vorzugsweise gebrochenem Material. Beim Aufbau eines Gründungspolsters ist der Lastabstrahlwinkel von 45° zu beachten. Falls Recyclingmaterial zur Anwendung kommt, muss dieses frei von Schadstoffen sein und darf keine Bestandteile enthalten, die nicht volumenbeständig sind. Die Verdichtung muss $D_{Pr} \geq 100$ % erreichen.

Ausgehend von den Sondierarbeiten und den Angaben aus der Literatur (v. Soos, 2001; DIN 1055-2; ATV-DVWK-A 127) lassen sich folgende mittlere bodenmechanische ableiten:

Tabelle 9: Orientierende Bodenkennwerte

Bodenart Kennwerte: Neue DIN 1054	Auffüllung (nicht bindig)	Auffüllung (bindig)	Schluff (weich - steif)	Sand (mitteldicht – dicht)	Ton (steif - halb- fest)
<i>Reibungswinkel φ'_k bzw. φ_k</i>	30°	22,5°	22,5 - 25°	35°	22,5°
<i>Wichte $\gamma_{r,k}$ [kN/m³]</i>	18	17	17 - 17,5	18,5 - 19	20
<i>Wichte unter Auftrieb γ'_k [kN/m³]</i>	10	7	7 - 7,5	10,5 - 11	10
<i>Kohäsion c'_k [kN/m²]</i>	0	10	10	0	20
<i>Steifemodul E_s [MN/m²]</i>	30	20	15 - 20	50 - 60	20

5.2 Gründungsberatung

5.2.1 Baufeld 1 – Hof A

Im Bereich des Baufeldes 1 ist die Gebäudeunterkante (UKS) bei +6,60 m NHN vorgesehen. Damit liegen die Gründungsniveaus überwiegend in den Schluffen mit überwiegend weicher, zum Teil steifer Konsistenz. Im Bereich der KRB 22/22 und 24/22 liegen die Gründungssohlen in der locker gelagerten Auffüllung, welche unregelmäßig mit Ziegel- und Bauschuttresten durchsetzt ist und eine überwiegend weiche Konsistenz aufweist. In Bereichen, in denen Auffüllungen bzw. breiige oder weiche Schluffe im Bereich der Gründungssohle angetroffen werden, müssen diese nach Möglichkeit komplett, mindestens jedoch bis 0,5 m unter Gründungssohle entfernt und durch ein Gründungspolster ersetzt werden. Wir empfehlen in diesen Bereichen eine Abnahme des Planums durch einen Fachgutachter.

Wird wie oben beschrieben verfahren, kann bei einer Gründung über eine **tragende Bodenplatte** zur Vorbemessung ein Bettungsmodul k_s von 10 – 12 MN/m³ angesetzt werden. An den Plattenrändern kann der 2-fache Wert angesetzt werden.

Für die Gründung über **Einzel- und Streifenfundamente** wird der folgende schematisierte Bodenaufbau angesetzt:

UK [m NHN]	Bodenschicht
+6,1 m	Gründungspolster
+5,5	schwach toniger und schwach feinsandiger bis feinsandiger Schluff
-0,6	Fein- bis Mittelsand, bereichsweise schwach schluffig
< -0,6	Schluff bis Ton, bereichsweise feinsandig

Die zulässigen Lasten für eine Gründung über Streifen- und Einzelfundamente – in Abhängigkeit der prognostizierten Setzungen – sind den Fundamentdiagrammen der Anlage 6.1 zu entnehmen.

Als Beispiel sind in der rechten Graphik bei einem Streifenfundament mit einer Fundamentbreite $b = 0,4$ m ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} \approx 293$ kN/m² angegeben und Setzungen in Höhe von ca. 0,5 cm zu erwarten. Andere zulässige Last-Setzungs-Fundamentbreiten-Kombinationen liegen innerhalb des grauen Bereichs der Graphik.

5.2.2 Baufeld 2 – Hof B

Im Bereich des Baufeldes 2 sind die Gebäudeunterkanten (UKS) bei +6,30 m NHN bzw. +6,55 m NHN vorgesehen. Damit liegen die Gründungsniveaus überwiegend in den Schluffen mit überwiegend weicher, zum Teil steifer Konsistenz. Im Bereich der KRB 06/22, 27/22 und 29/22 liegen die Gründungssohlen in der Auffüllung, welche unregelmäßig mit Ziegel- und Bauschuttresten durchsetzt ist bzw. eine überwiegend weiche Konsistenz aufweist. In Bereichen, in denen Auffüllungen bzw. breite oder weiche Schluffe im Bereich der Gründungssohle angetroffen werden, müssen diese nach Möglichkeit komplett, mindestens jedoch bis 0,5 m unter Gründungssohle entfernt und durch ein Gründungspolster ersetzt werden. Wir empfehlen in diesen Bereichen eine Abnahme des Planums durch einen Fachgutachter.

Wird wie oben beschrieben verfahren, kann bei einer Gründung über eine tragende Bodenplatte zur Vorbemessung ein Bettungsmodul k_s von 10 – 12 MN/m³ angesetzt werden. An den Plattenrändern kann der 2-fache Wert angesetzt werden.

Für die Gründung über Einzel- und Streifenfundamente wird der folgende schematisierte Bodenaufbau angesetzt:

UK [m NHN]	Bodenschicht
+5,8 m bzw. +6,05	Gründungspolster
+5,6	schwach toniger und schwach feinsandiger bis feinsandiger Schluff
-1,1	Fein- bis Mittelsand, bereichsweise schwach schluffig
< -1,1	Schluff bis Ton, bereichsweise feinsandig

Die zulässigen Lasten für eine Gründung über Streifen- und Einzelfundamente – in Abhängigkeit der prognostizierten Setzungen – sind den Fundamentdiagrammen der Anlage 6.2 zu entnehmen.

Als Beispiel sind für eine Gründungstiefe bei +6,30 m NHN in der rechten Graphik bei einem Streifenfundament mit einer Fundamentbreite $b = 0,4$ m ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes zwischen $\sigma_{R,d} \approx 314$ kN/m² angegeben und Setzungen in Höhe von ca. 0,4 cm zu erwarten. Für das Gründungsniveau bei +6,55 m NHN wird für die gleiche Fundamentbreite ein Bemessungswert des Sohlwiderstands von $\sigma_{R,d} \approx 326$ kN/m² und Setzungen in Höhe von ca. 0,5 cm berechnet. Andere zulässige Last-Setzungs-Fundamentbreiten-Kombinationen liegen jeweils innerhalb des grauen Bereichs der Graphik.

5.2.3 Baufeld 3 – Hof C

Im Bereich des Baufeldes 3 sind die Gebäudeunterkanten (UKS) bei +6,20 m NHN bzw. +6,55 m NHN vorgesehen. Damit liegen die Gründungsniveaus in unterschiedlichen Schichten. Im Bereich der KRB 09/22, 10/22 und 32/22 liegen die Gründungssohlen in den mindestens mitteldicht gelagerten Sanden, in denen nach einer Nachverdichtung der Aushubsohle unmittelbar gegründet werden kann. Im östlichen Teil des Baufeldes (KRB 16/22, 31/22 und 33/22) liegen die Gründungssohlen in der Auffüllung, welche unregelmäßig mit Ziegel- und Bauschuttresten durchsetzt ist oder teilweise eine weiche Konsistenz aufweist. In Bereichen, in denen Auffüllungen bzw. breiige oder weiche Schluffe im Bereich der Gründungssohle angetroffen werden, müssen diese nach Möglichkeit komplett,

mindestens jedoch bis 0,7 m unter Gründungssohle entfernt und durch ein Gründungspolster ersetzt werden. Wir empfehlen in diesen Bereichen eine Abnahme des Planums durch einen Fachgutachter.

Wird wie oben beschrieben verfahren, kann bei einer Gründung über eine tragende Bodenplatte zur Vorbemessung ein Bettungsmodul k_s von 10 – 12 MN/m³ angesetzt werden. An den Plattenrändern kann der 2-fache Wert angesetzt werden.

Für die Gründung über Einzel- und Streifenfundamente werden die folgenden Varianten für den schematisierten Bodenaufbau angesetzt:

UKS bei +6,20 mNHN (östliches Baufeld)

UK [m NHN]	Bodenschicht
+5,7	Gründungspolster
+4,9	Bindige Auffüllungen und/oder schwach toniger und schwach feinsandiger bis feinsandiger Schluff
-0,5	Fein- bis Mittelsand, bereichsweise schwach schluffig
< -0,5	Schluff bis Ton, bereichsweise feinsandig

UKS bei +6,55 mNHN

UK [m NHN]	Bodenschicht
+0,2	Fein- bis Mittelsand, bereichsweise schwach schluffig
< +0,2	Schluff bis Ton, bereichsweise feinsandig

Die zulässigen Lasten für eine Gründung über Streifen- und Einzelfundamente – in Abhängigkeit der prognostizierten Setzungen – sind den Fundamentdiagrammen der Anlage 6.3 zu entnehmen.

Als Beispiel sind für eine Gründungstiefe bei +6,20 m NHN in der rechten Graphik bei einem Streifenfundament mit einer Fundamentbreite $b = 0,4$ m ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes

zwischen $\sigma_{R,d} \approx 312 \text{ kN/m}^2$ angegeben und Setzungen in Höhe von ca. 0,5 cm zu erwarten. Für das Gründungsniveau bei +6,55 m NHN wird aufgrund der unterschiedlichen Baugrundverhältnisse für die gleiche Fundamentbreite ein Bemessungswert des Sohlwiderstands von $\sigma_{R,d} \approx 432 \text{ kN/m}^2$ sowie Setzungen von ca. 0,5 cm berechnet. Andere zulässige Last-Setzungs-Fundamentbreiten-Kombinationen liegen jeweils innerhalb des grauen Bereichs der Graphik.

5.2.4 Baufeld 4 – Hof D

Im Bereich des Baufeldes 4 sind die Gebäudeunterkanten (UKS) bei +6,70 m NHN vorgesehen. Damit liegen die Gründungsniveaus in unterschiedlichen Schichten. Im Bereich der 32/22 liegen die Gründungssohlen in den mindestens mitteldicht gelagerten Sanden und im Bereich der KRB 1/22 (Kita) und der KRB 34/22 oberhalb der aktuellen GOK im Niveau einer noch herzustellenden Anschüttung. In beiden Fällen kann bei einer Nachverdichtung der Aushubsohlen bzw. einem ordnungsgemäßen Aufbau der Anschüttung unmittelbar gegründet werden.

Im Bereich der KRB 11/22 und 15/22 liegen die Gründungssohlen in der Auffüllung, welche unregelmäßig mit Ziegel- und Bauschuttresten durchsetzt ist oder teilweise eine weiche Konsistenz aufweist und im Bereich der KRB 12/22 und 35/22 im Bereich der Schluffe mit überwiegend weicher und z.T. steifer Konsistenz. In diesen Abschnitten, in denen Auffüllungen bzw. breiige oder weiche Schluffe im Bereich der Gründungssohle angetroffen werden, müssen diese nach Möglichkeit komplett, mindestens jedoch bis 0,5 m unter Gründungssohle entfernt und durch ein Gründungspolster ersetzt werden. Wir empfehlen in diesen Bereichen eine Abnahme des Planums durch einen Fachgutachter.

Wird wie oben beschrieben verfahren, kann bei einer Gründung über eine tragende Bodenplatte zur Vorbemessung ein Bettungsmodul k_s von 10 – 12 MN/m³ angesetzt werden. An den Plattenrändern kann der 2-fache Wert angesetzt werden.

Für die Gründung über Einzel- und Streifenfundamente wird der folgende schematisierte Bodenaufbau angesetzt:

UK [m NHN]	Bodenschicht
+6,2	Gründungspolster oder Anschüttung
+5,8	schwach toniger und schwach feinsandiger bis feinsandiger Schluff
-1,3	Fein- bis Mittelsand, bereichsweise schwach schluffig
< -1,3	Schluff bis Ton, bereichsweise feinsandig

Die zulässigen Lasten für eine Gründung über Streifen- und Einzelfundamente – in Abhängigkeit der prognostizierten Setzungen – sind den Fundamentdiagrammen der Anlage 6.4 zu entnehmen.

Als Beispiel sind in der rechten Graphik bei einem Streifenfundament mit einer Fundamentbreite $b = 0,4 \text{ m}$ ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} \approx 244 \text{ kN/m}^2$ angegeben und Setzungen in Höhe von ca. $0,3 \text{ cm}$ zu erwarten. Andere zulässige Last-Setzungs-Fundamentbreiten-Kombinationen liegen innerhalb des grauen Bereichs der Graphik.

5.2.5 Baufeld 5 – Hof E

Im Bereich des Baufeldes 5 sind die Gebäudeunterkanten (UKS) bei $+6,55 \text{ m NHN}$ vorgesehen. Damit liegen die Gründungsniveaus in den mindestens mitteldicht gelagerten Sanden, in denen nach einer Nachverdichtung der Aushubsohle unmittelbar gegründet werden kann.

Im Bereich der KRB 20/22, 36/22 und 38/22 liegen die Gründungssohlen in den Schluffen mit überwiegend weicher, zum Teil steifer Konsistenz. In Bereichen, in denen breiige oder weiche Schluffe im Bereich der Gründungssohle angetroffen werden, müssen diese nach Möglichkeit komplett, mindestens jedoch bis $0,5 \text{ m}$ unter Gründungssohle entfernt und durch ein Gründungspolster ersetzt werden. Wir empfehlen in diesen Bereichen eine Abnahme des Planums durch einen Fachgutachter.

Wird wie oben beschrieben verfahren, kann bei einer Gründung über eine tragende Bodenplatte zur Vorbemessung ein Bettungsmodul k_s von $10 - 12 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden. An den Plattenrändern kann der 2-fache Wert angesetzt werden.

Für die Gründung über Einzel- und Streifenfundamente wird der folgende schematisierte Bodenaufbau angesetzt:

UK [m NHN]	Bodenschicht
+6,05	Gründungspolster
-0,2	Fein- bis Mittelsand, bereichsweise schwach schluffig
< -0,2	Schluff bis Ton, bereichsweise feinsandig

Die zulässigen Lasten für eine Gründung über Streifen- und Einzelfundamente – in Abhängigkeit der prognostizierten Setzungen – sind den Fundamentdiagrammen der Anlage 6.5 zu entnehmen.

Als Beispiel sind in der rechten Graphik bei einem Streifenfundament mit einer Fundamentbreite $b = 0,4$ m ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} \approx 410$ kN/m² angegeben und Setzungen in Höhe von ca. 0,4 cm zu erwarten. Andere zulässige Last-Setzungs-Fundamentbreiten-Kombinationen liegen innerhalb des grauen Bereichs der Graphik.

5.2.6 Mobility Hub

Im Bereich des Mobility Hub ist die Gebäudeunterkante (UKS) bei +6,23 m NHN vorgesehen. Damit liegt das Gründungsniveau in den Schluffen mit überwiegend weicher, zum Teil steifer Konsistenz. In Bereichen, in denen breiige oder weiche Schluffe im Bereich der Gründungssohle angetroffen werden, müssen diese nach Möglichkeit komplett, mindestens jedoch bis 0,5 m unter Gründungssohle entfernt und durch ein Gründungspolster ersetzt werden. Wir empfehlen in diesen Bereichen eine Abnahme des Planums durch einen Fachgutachter.

Wird wie oben beschrieben verfahren, kann bei einer Gründung über eine tragende Bodenplatte zur Vorbemessung ein Bettungsmodul k_s von 10 – 12 MN/m³ angesetzt werden. An den Plattenrändern kann der 2-fache Wert angesetzt werden.

Für die Gründung über Einzel- und Streifenfundamente wird der folgende schematisierte Bodenaufbau angesetzt:

UK [m NHN]	Bodenschicht
+5,73	Gründungspolster
-0,5	Fein- bis Mittelsand, bereichsweise schwach schluffig
< -0,5	Schluff bis Ton, bereichsweise feinsandig

Die zulässigen Lasten für eine Gründung über Streifen- und Einzelfundamente – in Abhängigkeit der prognostizierten Setzungen – sind den Fundamentdiagrammen der Anlage 6.6 zu entnehmen.

Als Beispiel sind in der rechten Graphik bei einem Streifenfundament mit einer Fundamentbreite $b = 0,4$ m ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} \approx 348$ kN/m² angegeben und Setzungen in Höhe von ca. 0,4 cm zu erwarten. Andere zulässige Last-Setzungs-Fundamentbreiten-Kombinationen liegen innerhalb des grauen Bereichs der Graphik.

5.3 Wasserhaltung

Für die derzeit geplanten Gebäude mit Gründungstiefen zwischen ca. 6,2 m und 6,6 m NHN ist sind voraussichtlich nur temporäre und geringfügige Grundwasserabsenkungen erforderlich.

Im Bereich der Höfe A, B, C, E und Mobility Hub liegen die Aushubsohlen für den Bodenaustausch 0,30 m bis 0,80 m unterhalb des Bemessungswasserstandes für die Bauzeit, bei den Höfen A und C liegen auch die Gründungstiefen niedriger als der Bemessungswasserstand (s. Tabelle 10). Grundsätzlich ist bei Aushubarbeiten in den wassersperrenden Schluff- und Tonschichten aufgrund der drückenden Grundwasserverhältnisse die Auftriebssicherheit der Aushubsohlen zu überprüfen.

Es wird empfohlen, als Bemessungswasserstand während der Bauzeit für die einzelnen Bereiche des Untersuchungsgrundstückes die nachfolgenden Werte anzusetzen (s. Tabelle 10).

Tabelle 10: Lage der Bauabschnitte in Bezug auf den Bemessungswasserstand für die Bauphase

Gebäudegruppen	Bemessungswasserstand Bauzeit [m NHN]	Gründungstiefe [m NHN]	Empfohlener Bodenaustausch bis [m NHN]
Hof A	+6,80	+6,60	+6,10
Hof B	+6,10	+6,30	+5,80
Hof C	+6,30	+6,20	+5,50
Hof D inkl. Kita	+5,80	+6,70	+6,20
Hof E inkl. Mobility Hub	+6,50	+6,55	+6,05

Grau hinterlegt: Abschnitte, die zumindest teilweise unter dem Bemessungswasserstand liegen

Hinsichtlich der Abdichtung der Gebäude sind die in Abschnitt 4.3 benannten Bemessungswasserstände für den Endzustand zu berücksichtigen. Alle Gebäudeteile, die unterhalb des Bemessungswasserstands HGW liegen, sind gegen drückendes Wasser gem. DIN 18 533 abzusichern.

5.4 Wasserdurchlässigkeit

Bei 11 Bodenproben der Sand-Schluff-Gemische und 8 Proben der Schluff-Ablagerungen wurden im Labor auf Grundlage der Kornverteilung die Durchlässigkeitsbeiwerte k_f abgeschätzt (s. Anlage 5).

Die Sand-Schluff-Gemische zeigen k_f -Werte von $6,3 \cdot 10^{-6}$ bis $9,9 \cdot 10^{-5}$ m/s (im Durchschnitt ca. $3,5 \cdot 10^{-5}$ m/s). Sie sind daher als durchlässig zu bezeichnen.

Die Schluff-Ablagerungen zeigen k_f -Werte von $7,9 \cdot 10^{-9}$ bis $2,2 \cdot 10^{-7}$ m/s (im Durchschnitt ca. $4,1 \cdot 10^{-8}$ m/s). Sie sind daher als schwach bis sehr schwach durchlässig zu bezeichnen.

Gemäß dem DWA-Merkblatt A 138 muss für die Bemessung von Versickerungsanlagen ein Bemessungs- k_f -Wert ($k_{f,bem}$) angesetzt werden. Dafür ist der im Labor aus Kornverteilungen bestimmte Wert mit einem Faktor von 0,2 zu korrigieren. Demnach ergeben sich für die Sand-Schluff-Gemische Durchlässigkeitsbeiwerte $k_{f,bem}$ zwischen ca. $1,3 \cdot 10^{-6}$ und $2,0 \cdot 10^{-5}$ m/s (im Durchschnitt ca. $7,0 \cdot 10^{-6}$ m/s; durchlässig). Für die Schluff-Ablagerungen ergeben sich Durchlässigkeitsbeiwerte

$k_{f,bem}$ zwischen ca. $1,6 \cdot 10^{-9}$ und $4,4 \cdot 10^{-8}$ m/s (im Durchschnitt ca. $8,2 \cdot 10^{-9}$ m/s; sehr schwach durchlässig).

5.5 Verkehrsflächen

Gemäß der aktuellen Höhenplanung befindet sich die OKFF zwischen ca. 9,5 m und 10 m NHN, d.h. mindestens 0,3 m über der aktuellen GOK, lokal auch über 1,0 m. Demnach wird sich das Erdplanum der Verkehrsflächen im geplanten Aufschüttungsbereich befinden. In diesem Bereich ist mit einer mindestens mitteldichten Lagerung und F1-Material zu rechnen (zum Beispiel Tragschichtmaterial 0/8 oder 0/16. Besteht der Untergrund unmittelbar unter dem Oberbau aus Boden der Frostempfindlichkeitsklasse F1, kann die Frostschutzschicht entfallen, wenn die Tiefe 1,3 m bei Frosteinwirkungszone II unter der Fahrbahnoberfläche beträgt.

Unterhalb des geplanten Aufschüttungsbereiches ist mit bindigem Auffüllungsmaterial, sowie nicht-bindigen Auffüllungsbereichen aus Recyclingbruch, teilweise mit Ziegel- und Schlackeresten. Bei den bindigen Auffüllungen und den Schluffablagerungen handelt es sich um stark frostempfindliches F3-Material.

Das Bauvorhaben liegt gemäß RStO 12 in der Frosteinwirkungszone II. Die Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus über F2- und F3-Böden in Abhängigkeit der verschiedenen Verkehrsklassen kann der Tabelle 11 entnommen werden.

Tabelle 11: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus unter Berücksichtigung der Mehr- bzw. Minderdicken nach RStO 12

Frostempfindlichkeitsklasse	Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus in cm	
	Bk3,2 bis Bk1,0	Bk0,3
F2	55	45
F3	65	55

Die nicht-bindigen Auffüllungen, die keine erhöhten Ziegel- und Schlackeanteile aufweisen, sind prinzipiell für die Gründung der Verkehrsflächen geeignet. In diesen Abschnitten gehen wir davon

aus, dass die Anforderungen an das Erdplanum mit $EV_2 \geq 45 \text{ MN/m}^2$ durch Nachverdichten der Aushubsohlen erreicht werden können.

Abschnitte, in denen bindige Auffüllungen angetroffen wird, lassen Planums-Steifigkeiten $EV_2 < 45 \text{ MN/m}^2$ erwarten. In diesen Abschnitten empfehlen wir, die bindigen Auffüllungsschichten möglichst komplett zu ersetzen.

Wir weisen darauf hin, dass generell Bereiche mit hohen Anteilen von Ziegel- und Bauschuttresten nicht verdichtungsfähig und auszutauschen sind. Im Zweifel empfehlen wir die freigelegte Gründungsebene durch einen Fachgutachter abnehmen zu lassen, um festzulegen, ob das Material vor Ort verbleiben kann oder ggf. ausgetauscht werden muss.

Wir empfehlen, die Kontrolle des Verformungsmoduls auf dem so vorbereiteten Planum durch Lastplattendruckversuche gem. DIN 18 134 durchzuführen. Eine Vernässung (Niederschlags-einwirkung), Austrocknung und Frosteinwirkung auf dem Erdplanum während der Baumaßnahme ist zu vermeiden.

5.6 Baugrubenverbau, Aushub und Verfüllung

Baugruben mit einer Tiefe von mehr als 1,25 m müssen mit abgeböschten Wänden oder einem Baugrubenverbau hergestellt werden. Gemäß den Informationen vom AG soll die Baugrube voraussichtlich geböschert hergestellt werden.

Falls unbelastete Baugrubenböschungen zur Ausführung kommen sollten (keine Verkehrsbelastungen, etc.), können diese mit einem Böschungswinkel von maximal 45° angelegt werden. Die Böschungen sind durch geeignete Maßnahmen vor Witterungseinflüssen (Durchnässung, Frost, Austrocknung) zu schützen.

Ohne Böschungen kann bis maximal 1,25 m Tiefe gearbeitet werden bei Lagerung des Aushubs mit mindestens 60 cm Abstand zur Aushubkante. Stapellasten oder Lasten aus Hebegeräten und schweren Fahrzeugen müssen einen Mindestabstand von 2 m von der Böschungskante einhalten.

Generell gelten für die Verdichtung die Anforderungen der ZTVE-StB 09 bzw. der ZTVA-StB 97. Im Rahmen der Aushubarbeiten sind im Nahbereich von Verkehrsflächen ggf. Sicherungsmaßnahmen vorzunehmen.

Wir empfehlen den Aushub mit Tieflöffel-Bagger im Rückwärtseinschnitt durchzuführen.

5.7 Weitere Hinweise zum Aufbau der Gründungsebene

Aufgrund der prinzipbedingt punktförmigen Informationen, kann es zu Abweichungen vom hier beschriebenen Untergrundaufbau kommen. Bei Abweichungen von den beschriebenen Verhältnissen sollte die freigelegte Gründungsebene durch einen Fachgutachter abgenommen werden.

In jeden Fall ist das Planum und insbesondere **locker gelagerte, nicht bindige** Böden im Bereich der Gründungssohle **nachzuverdichten** und **aufgeweichte bindige Schichten** auszutauschen und der Verdichtungserfolg zu kontrollieren.

Sofern in der Gründungssohle Bereiche mit erhöhtem organischen Anteil auftreten, sind diese auszutauschen, da sie nicht volumenbeständig und nicht ausreichend tragfähig sind. Im Zweifel empfehlen wir, nach dem Freilegen der Gründungsebene einen Sachverständigen hinzuzuziehen, der geeignete und ungeeignete Bereiche voneinander abgrenzt.

Hannover, 04.10.2022

