

**Fernwärme-Verbindungsleitung (FVLO)
UVP Antragsunterlagen**

Deckblatt

für Änderungen im folgenden Dokument

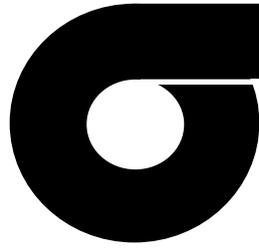
Blockstation Kuhgrabenweg (BSK)

Geotechnischer Bericht Nr. 1

Baugrundbeurteilung

Änderungsübersicht

Wo wurde geändert	Hinweis zu den Änderungen
Ergänzender Bericht	Nachzureichende Unterlagen: Baugrundbeurteilung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
KLEINER ORT 2
28357 BREMEN
TELEFON (0421) 20770-0
TELEFAX (0421) 27 42 55
GLB@GRUNDBAULABOR.DE

Objekt-Nr.: 19 12459
Datum: 20.04.2021
Zeichen: Kru/JBe/(AG)
Datei: O:\19\12459\GTB1.docx

**Blockstation (BS-Kuhgrabenweg), Hochschulring / Kuhgrabenweg,
28359 Bremen**

Geotechnischer Bericht Nr. 1

Baugrundbeurteilung

Bauherr: Wesernetz Bremen GmbH
Theodor-Heuss-Allee 20
28215 Bremen

Tragwerksplanung: STB Sabotke - Timm & Partner
Beratende Ingenieure VBI, PartGmbH
Sonneberger Str. 15
28329 Bremen

INHALTSVERZEICHNIS

1	Anlass der geotechnischen Untersuchungen	4
2	Bauvorhaben (Anlage 1)	4
2.1	Planunterlagen	4
2.2	Baugelände (Anlage 1)	5
2.3	Bauwerk	6
2.4	Geotechnische Kategorien	8
3	Baugrund (Anlagen 2.1 bis 3.4.19)	9
3.1	Geologische und bautechnische Vorgeschichte	9
3.2	Baugrundaufschlüsse (Anlage 2.1)	10
3.3	Baugrundverhältnisse (Anlage 2.1)	10
3.3.1	Ermittlung von Bodenprofilen aus Drucksondierungen (Anlage 2.1)	10
3.3.2	Baugrundsichtung (Anlage 2.1)	12
3.3.3	Baugrundfestigkeit (Anlagen 2.2.1 bis 2.2.5)	13
3.3.4	Verunreinigungen von Boden (Anlagen 3.4.1 bis 3.4.19)	14
3.4	Hauptgrundwasserstockwerk	18
3.4.1	Bemessungsgrundwasserstände	19
3.5	Grundwasserstandsmessungen mittels Datenlogger (Anlagen 2.3.1 und 2.3.2)	20
3.6	Ergebnisse von Laborversuchen (Anlagen 3.1.1 bis 3.4.19)	21
3.6.1	Ergebnisse von bodenmechanischen Laborversuchen (Anlagen 3.1.1 bis 3.2)	21
3.6.2	Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen (Anl. 3.3.0 bis 3.3.10)	22
3.6.3	Ergebnisse der chemischen Analysen von Boden (Anlagen 3.4.1 bis 3.4.19)	24
4	Beurteilung des Baugrundes	26
4.1	Baugrundmodell	26
4.2	Baugrundeigenschaften	26
4.3	Baugrundtragfähigkeit	27
4.4	Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke	28
4.5	Befahrbarkeit	29
4.6	Homogenbereiche (Anlagen 3.5.1 bis 3.5.4)	30
4.7	Bodenkennwerte	31
4.8	Beurteilung des Baugrund- und Gründungsrisikos	32
5	Angaben zur Gründung (Anlagen 4.1.1 bis 4.1.3)	33
5.1	Allgemeine Angaben zu den Gründungsmöglichkeiten	33
5.2	Gründungsvorschlag	33
5.2.1	Gründung der Bauwerkskonstruktion	34
5.3	Erddruckbelastung auf Kelleraußenwände	34
5.4	Grundbruchsicherheit	35
5.5	Setzungen (Anlagen 4.1.1 bis 4.1.3)	35
5.6	Baugrube	37
5.7	Grundwasserabsenkung	38
5.8	Beurteilung der Auswirkungen der Grundwasserabsenkung	41
5.9	Erdarbeiten	42
5.10	Hinweise zur Abdichtung von Bauwerken	44
5.11	Maßnahmen gegen aggressives Grundwasser (Betonangriff)	46
5.12	Überprüfung der Aushub- und Gründungssohlen	47
6	Zusammenfassung	47
7	Anlagenverzeichnis	48



TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Gelände- und Baugrundhöhen.	7
Tabelle 2: Übersicht über die durchgeführten chemischen Bodenanalysen.	17
Tabelle 3: Gemessene entspannte Grundwasserstände im Peilfilter.....	18
Tabelle 4: Bodenmechanische Kennziffern aus Laborversuchen.	21
Tabelle 5: Expositionsklasse der untersuchten Grundwasserproben.	23
Tabelle 6: Eisengehalt in den untersuchten Grundwasserproben.....	23
Tabelle 7: Untersuchungsergebnisse der chemischen Analysen gemäß LAGA M 20 TR Boden Teil Boden.....	24
Tabelle 8: Untersuchungsergebnisse der chemischen Analysen gemäß Deponieverordnung.....	25
Tabelle 9: Untersuchungsergebnisse der chemischen Analysen gemäß Geofakten 25 des LBEG.	25
Tabelle 10: Baugrundeigenschaften der angetroffenen Bodenarten.....	27
Tabelle 11: Einteilung der Homogenbereiche.	30
Tabelle 12: Bodenkennwerte der angetroffenen Bodenarten.	31

1 Anlass der geotechnischen Untersuchungen

Die Wesernetz Bremen GmbH plant den Neubau einer Blockstation am Hochschulring/ Kuhgrabenweg in 28359 Bremen und hat das Grundbaulabor Bremen beauftragt, für die bevorstehende Maßnahme eine Baugrundbeurteilung einschließlich der Baugrundaufschlüsse und Laborversuche sowie Gründungsempfehlung durchzuführen.

Die Baugrundaufschlüsse wurden von uns in Absprache mit der Wesernetz Bremen GmbH unter Berücksichtigung der Kenntnisse über die zu erwartenden Baugrundverhältnisse und des geplanten Bauwerkes festgelegt.

Dieser Geotechnische Bericht Nr. 1 enthält die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse, der Feld- und Laborversuche sowie die rechnerischen Nachweise der zu erwartenden Setzungen.

2 Bauvorhaben (Anlage 1)

2.1 Planunterlagen

Wesernetz GmbH

[U 1] Gebäudebeschreibung, Blockstation Kuhgrabenweg

[U 2] Qualifizierter Lageplan, Maßstab 1 : 500, Neubau Fernwärme-Blockstation, Hochschulring, 28359 Bremen, 09.12.2020

[U 3] Blockstation Kuhgrabenweg Grundriss, Schnitte, vom 15.01.2021, Maßstab 1 : 100

Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau

[U 4] Hochschulring / Kuhgrabenweg, Gemarkung VR, Flur 331, Flurstück 153/61 -
Neubau der Fernwärmeblockstation Kuhgrabenweg, Anfrage Ihres
Entwurfsverfassers vom 14.10.2020 zur Vorklärung „Altlasten /
Kontaminationen“ im Rahmen der Angabepflicht nach § 13 Abs. 2 BremLBO
(Klärung der Geeignetheit des Grundstückes), 04.11.2020

Grundbaulabor Bremen

[U 5] Erläuterungsbericht - Grundwasserabsenkungsmaßnahme für Erd- und
Gründungsarbeiten - Blockstation, (BS-Kuhgrabenweg), Hochschulring /
Kuhgrabenweg, 28359 Bremen. 06.11.2020

2.2 Baugelände (Anlage 1)

Die Baufläche liegt am Hochschulring Ecke Kuhgrabenweg, ca. 370 m südlich des
Kuhgrabensees und ca. 360 m nordöstlich des Naturschutzgebietes „Am Stadtwaldsee
(Uni-Wildnis)“. Einen Lageplan im Maßstab 1 : 25.000 zeigt die Anlage 1.

Auf der Baufläche wurde im Zuge der Baugrunderkundung am 09.10.2020 eine Orts-
besichtigung durchgeführt. Dabei wurde Folgendes festgestellt:

Bei der Baufläche handelt es sich um eine Grünfläche mit dichtem Baum- und
Strauchbewuchs.

2.3 Bauwerk

Die geplante Maßnahme ist ein Neubau einer Blockstation am Hochschulring Ecke Kuhgrabenweg in Bremen.

Es handelt sich bei der Blockstation um ein eingeschossiges Bauwerk in Stahlbetonbauweise mit einem Verblendervormauerwerk [U 1]. Das Gelände liegt unter der Gründungssohle des Erdgeschosses und muss aufgefüllt werden.

Die Blockstation ist zum überwiegenden Teil unterkellert. Der westliche Bereich des Gebäudes ist nicht unterkellert.

Die technischen Daten des Bauwerkes [U 2] + [U 3] sind:

Abmessungen

Bauteil	Länge	Breite	Höhe	Fläche
Blockstation	ca. 31 m	ca. 24 m	ca. 12 m	ca. 730 m ²

Tragwerk

Tragwerksplanung: STB Sabotke - Timm & Partner, Bremen

Baukonstruktion: Stahlbeton

Setzungsempfindlichkeit: durchschnittlich

Charakteristische Lasten

Flächenpressung Summe $G_k = 10,4$ bis $183,4$ kN/m²

Flächenpressung Summe $Q_k = 7,8$ bis $41,2$ kN/m²

Höhen

Die m NHN-Höhen der Sondierpunkte wurden mit einem globalen Navigationssatellitensystem (GNSS-Technik), unter Verwendung der GPS- sowie GLONASS-Satelliten eingemessen (Genauigkeit ca. Lage = 1 bis 2 cm, Höhe = 1,5 bis 3 cm).

Tabelle 1: Gelände- und Baugrundhöhen.

Kanaldeckel Hochschulring	+ 2,44 m NHN
Gelände, min. - BS 6	+ 0,62 m NHN
Gelände, max. - BS 5	+ 1,36 m NHN
Gelände - DS 1	+ 0,78 m NHN
Gelände - DS 2	+ 1,11 m NHN
Gelände – BS/ DS 3	+ 0,97 m NHN
Gelände – BS/ DS 4	+ 1,06 m NHN
Gelände - BS 5	+ 1,36 m NHN
Gelände - DS 5	+ 1,33 m NHN
Gelände - BS 6	+ 0,62 m NHN
Gelände - BS 7	+ 1,18 m NHN
Grundwasserhöchststand lt. hydrologischer Karte GDfB	+ 1,20 m NHN
Grundwasser (BS 3 – 10.03.2021)	+ 0,48 m NHN
Grundwasser (BS 6 – 30.10.2020)	+ 0,28 m NHN
Grundwasser (BS 7 – 10.03.2021)	+ 0,28 m NHN

Bauwerk

OK Erdgeschossfertigfußboden	+ 3,16 m NHN
Oberkante Kellergeschossfertigfußboden	+ 0,10 m NHN
Gründungssohle, max.	+ 1,76 m NHN
Gründungssohle, min.	- 0,40 m NHN

Das Gelände liegt an den Sondieransatzpunkten 1,08 m (BS 5) bis 1,82 m (BS 6) tiefer als die Straße "Hochschulring" und zeigt ein Gefälle von Süd-Ost nach Nord-West.

2.4 Geotechnische Kategorien

Nach Eurocode 7 (DIN EN 1997-1 mit DIN 1054: 2010-12) werden bautechnische Maßnahmen in drei geotechnische Kategorien eingestuft. Die geotechnischen Kategorien sind Gruppen, in die bautechnische Maßnahmen nach dem geotechnischen Risiko, das sich nach dem Schwierigkeitsgrad der Konstruktion, der Baugrundverhältnisse und der Wechselbeziehung zur Umgebung richtet, folgendermaßen eingestuft werden:

Die geotechnische Kategorie 1 (GK 1) umfasst kleine einfache Baumaßnahmen bei einfachen und übersichtlichen Baugrundverhältnissen, so dass die Standsicherheit aufgrund gesicherter Erfahrung beurteilt werden kann.

Die geotechnische Kategorie 2 (GK 2) umfasst Baumaßnahmen und Baugrundverhältnisse mittleren Schwierigkeitsgrades, bei denen die Sicherheit zahlenmäßig nachgewiesen werden muss und die eine ingenieurmäßige Bearbeitung mit geotechnischen Kenntnissen und Erfahrungen verlangen.

Die geotechnische Kategorie 3 (GK 3) umfasst Baumaßnahmen mit schwieriger Konstruktion und/oder mit schwierigen Baugrundverhältnissen, die zur Bearbeitung vertiefte geotechnische Kenntnisse und Erfahrungen auf dem jeweiligen Spezialgebiet der Geotechnik verlangen.

Die Baumaßnahme ist in die geotechnische Kategorie 2 einzustufen.

3 Baugrund (Anlagen 2.1 bis 3.4.19)

3.1 Geologische und bautechnische Vorgeschichte

Nach den geologischen Übersichtskarten sind im Bereich der Baufläche Auelehme zu erwarten.

Nach dem Kartenserver des Geologischer Dienst für Bremen (GDfB) ist im Bereich der Baufläche das Bodenprofil 1 kartiert.

Nach dem Profil 1 sind bindige und organische Bodenarten (bis 10,00 m und mächtiger) mit weicher bis steifer Konsistenz über nichtbindigen Bodenarten zu erwarten. Es handelt sich dabei um Schluff und/oder Ton mit wechselnden Anteilen von Sand und/oder organischen Beimengungen, organischen Ablagerungen (z. B. Auelehm, Klei, Torf, Mudde) über Sand und Kies, gemischtkörnig, mit Anteilen bis Blockgröße (Talsande; überwiegend gespanntes Grundwasser).

Die Basis der holozänen Weichschichten (Auelehm, Klei, Torf und Mudde), die im 3D-Strukturmodell des Geologischen Dienstes für Bremen (GDfB) flächenhaft bezogen auf m NN dargestellt wurden, ist auf – 1,00 m NN zu erwarten.

Die Oberfläche der Lauenburger Schichten, die ebenfalls im 3D-Strukturmodell des GDfB dargestellt wurde, ist auf - 13 m NN = ca. 13 m bis 15 m Tiefe zu erwarten.

Die Baufläche liegt außerhalb der gekennzeichneten Erdbebenzonen nach DIN EN 1998-1 / NA: 2011-01.

Die Radonkonzentration in der Bodenluft ist nach der bundeseinheitlichen Datei des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) „Radon in Bauwerken“ in der niedrigsten Belastungsstufe (kleiner 20 kBq/m³) zu erwarten.

3.2 Baugrundaufschlüsse (Anlage 2.1)

Zur Erkundung des Baugrundes wurden von unserem Labor im Oktober 2020 [U 5] und März 2021 folgende Baugrundaufschlüsse durchgeführt:

Direkte Baugrundaufschlüsse:

5 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1, Durchmesser 45 mm bis 80 mm, t = 4 m bis 10 m.

Es ist zu beachten, dass bei dem Bohrverfahren, Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1 mit einem Durchmesser von 45 mm bis 80 mm, Steine > 63 mm nicht erkannt und gefördert werden können.

Indirekte Baugrundaufschlüsse:

5 elektrische Drucksondierungen CPT-E nach DIN EN ISO 22476-1, t = 15 m mit getrennter Messung von Spitzendruck und Mantelreibung.

Die Lage und das Ergebnis der Baugrundaufschlüsse, höhengerecht im Maßstab 1 : 100 als Bodenprofile dargestellt, zeigt die Anlage 2.1.

3.3 Baugrundverhältnisse (Anlage 2.1)

3.3.1 Ermittlung von Bodenprofilen aus Drucksondierungen (Anlage 2.1)

Bei Drucksondierungen (CPT-E) gemäß DIN EN ISO 22476-1 werden der Spitzenwiderstand q_c und die lokale Mantelreibung f_s fortlaufend elektrisch gemessen. Aufgrund der Tatsache, dass bei diesem Sondierverfahren eine physikalische Größe (MN/m^2) gemessen wird, ist versucht worden, mit den Messwerten Zusammenhänge zu anderen bodenphysikalischen Größen zu ermitteln. Dabei wurde in den 50er Jahren von Begemann, Universität Delft, festgestellt, dass das Verhältnis von örtlicher Mantelreibung zum Spitzendruck charakteristisch für eine Bodenart ist und nicht von der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz eines Bodens abhängt. Das Reibungsverhältnis $R_f = (f_s/q_c) \cdot 100$ weist danach bei reinen Sanden niedrige Werte $R_f = 0,5 \%$ bis $1,0 \%$ und bei schluffigen Sanden $R_f = 1,1 \%$ bis $2,0 \%$ auf. In bindigen Böden nimmt die Mantelreibung zu und der Spitzenwiderstand ab, so dass hier Reibungsverhältnisse von $R_f = 2 \%$ bis 4% und bei organischen Bodenarten $R_f = 6 \%$ bis 10% typisch sind.

Das Diagramm von Begemann (entnommen aus Grundbau-Taschenbuch) mit den Bereichen der einzelnen Bodenarten zeigt die Abb. 1.

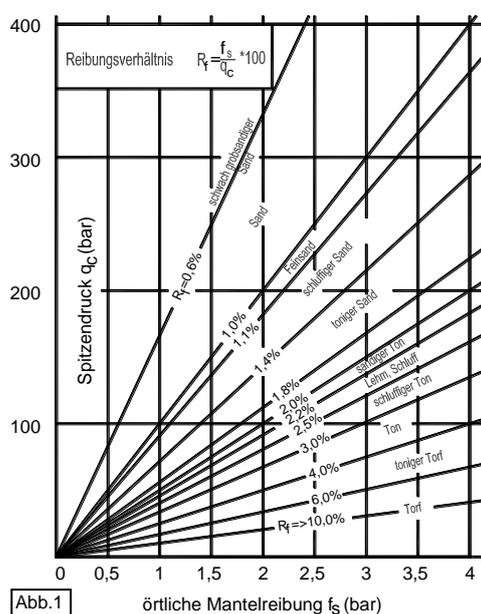


Abb.1

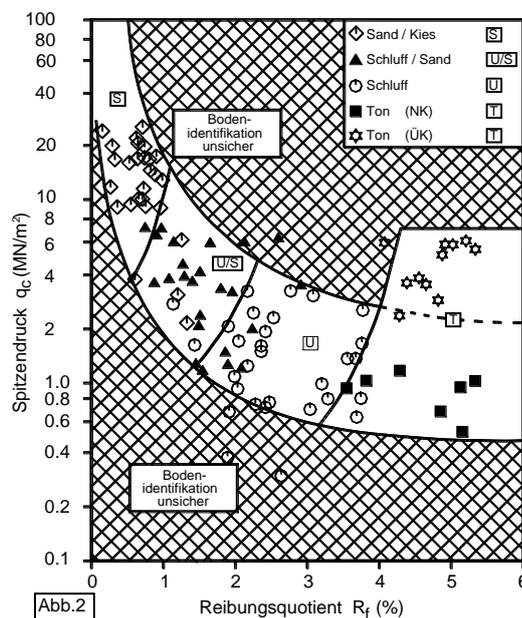


Abb.2

In weiteren Arbeiten wurde angestrebt, neben der reinen Identifikation der Bodenarten auch eine Klassifikation vorzunehmen. Douglas und Olson (1981) zeigten erstmals, dass die Grenzen zwischen den allein nach Körnungslinien eingestufteten Bodenarten keine Geraden sind. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens an der Universität Hannover wurde ein Bodenidentifikationsdiagramm (Abb. 2) erarbeitet, das speziell die Belange für den norddeutschen Bereich berücksichtigt. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist im Artikel „Bodenansprache anhand von CPT-Ergebnissen“ von VON BLOH/HARDER (Fachzeitschrift „Tiefbau, Ingenieurbau, Straßenbau“, 12.88) veröffentlicht.

Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse wurde aufgrund umfangreicher Vergleichsuntersuchungen mit Kernbohrungen und daneben ausgeführten Drucksondierungen im Prüfgelände Mercedes-Benz AG, Papenburg, und im Güterverkehrszentrum Bremen ein eigenes EDV-Programm entwickelt. Nach ingenieurmäßiger Überprüfung wurden damit aus den Drucksondierungen Bodenprofile ermittelt. Dabei sind im Allgemeinen nur die Hauptbodenarten sowie bei Sanden schluffige Beimengungen aus den Drucksondierungen eindeutig erkennbar. Es ist besonders bei geologisch jungen, nicht vorbelasteten Böden nicht genau möglich, zwischen stark organischem Schluff/Ton (Klei) und Torf zu unterscheiden.

Die aus den Drucksondierungen ermittelten Bodenprofile zeigt die Anlage 2.1.

3.3.2 Baugrundsichtung (Anlage 2.1)

Aus den direkten Baugrundaufschlüssen sowie den aus den Drucksondierungen interpretierten Bodenprofilen ist die nachstehende Schichtenfolge erkennbar:

Unter einer 0,08 m bis 0,45 m mächtigen Mutterbodendeckschicht steht eine Auffüllung aus Sanden mit teilweise organischer und schluffiger Beimengung bzw. sandig, tonigen Schluffschichten mit organischen Beimengungen an. Unterhalb der Auffüllung in einer Tiefe von 0,37 m bis 0,88 m = + 0,69 m NHN bis + 0,09 m NHN folgen in den Sondierungen BS/ DS 3 bis BS/ DS 5 fein- bis grobsandige Mittelsande, die z.T. kiesige und schluffige Beimengungen aufweisen. In den Sondierungen DS 1, DS 2, BS 6 und BS 7 stehen unterhalb der Auffüllung in einer Tiefe von 0,10 m bis 0,49 m = + 1,01 m NHN bis + 0,47 m NHN bindige Weichschichten aus tonig, sandigen Schluffen mit organischen Beimengungen in weich bis steifer Konsistenz an. In der Sondierbohrung BS 7 folgt in einer Tiefe von 0,82 m = + 0,36 m NHN eine 0,33 m mächtige Torfschicht. Unterhalb der holozänen Weichschichten stehen ab einer Tiefe von 0,58 m bis 1,15 m = + 0,48 m NHN bis + 0,03 m NHN ebenfalls fein- bis grobsandige Mittelsande mit z.T. kiesigen und schluffigen Beimengungen an.

In der Sondierbohrung BS 4 wurden in der Auffüllung in einer Tiefe von 0,18 m bis 0,42 m = + 0,88 m NHN bis + 0,64 m NHN Bauschuttbeimengungen erkundet.

In der Sondierbohrung BS 6 wurde in 4,80 m Tiefe = - 4,18 m NHN eine 0,6 m mächtige eingelagerte Sandschicht mit stark organischen Beimengungen erkundet.

In der Drucksondierung DS 1 wurden in einer Tiefe von 5,21 m bis 5,89 m = - 4,34 m NHN bis - 5,11 m NHN organische Weichschichten erkundet.

Die Mittelsande wurden in der Endtiefe der Sondierbohrungen nicht durchteuft. Sie stehen erfahrungsgemäß in einer größeren Mächtigkeit an und werden nach der Baugrundkarte Bremen ab ca. - 13 m NHN von Lauenburger Schichten unterlagert.

Die genaue Schichtenfolge und -mächtigkeit sowie weitere Angaben sind in den Bodenprofilen auf der Anlage 2.1 dargestellt.

3.3.3 Baugrundfestigkeit (Anlagen 2.2.1 bis 2.2.5)

Aus den Sondierwiderständen der Drucksonde (CPT) nach DIN EN ISO 22476-1 kann bei nichtbindigen Böden unmittelbar auf die Baugrundfestigkeit geschlossen werden. Als Festigkeit ist hier die Eigenschaft eines nichtbindigen Bodens bezeichnet, die durch Lagerungsdichte, Korngröße und -rauigkeit gekennzeichnet ist und sich in der Größe des Steifemoduls E_S sowie des Winkels der inneren Reibung φ' äußert. Ferner muss beachtet werden, dass der Eindringwiderstand vom Sondieransatzpunkt bis zu einer Oberflächeneinflusstiefe zunimmt und danach bei sonst gleichen Randbedingungen einen nahezu konstanten Wert aufweist. Dies ist auf den Einfluss des Überlagerungsdruckes auf die Verdrängung des Bodens zurückzuführen. Bei geringer Auflast sind dadurch zunächst auch geringe Schlagzahlen bzw. Spitzendrücke zu erwarten.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass beim Übergang vom festen zum weichen Baugrund der Eindringwiderstand bereits oberhalb der Weichschicht abnimmt, weil eine Verdrängung des festen in den weichen Boden stattfindet. Umgekehrt wird beim Übergang vom weichen zum festen Boden der Eindringwiderstand bereits oberhalb der eigentlichen Schichtgrenze ansteigen.

Unter Berücksichtigung unserer Erfahrungen und eigener Versuche kann bei den vorliegenden Bodenverhältnissen von folgendem Zusammenhang zwischen dem Spitzendruck und der Baugrundfestigkeit ausgegangen werden:

Spitzendruck q_c [MPa]	Benennung der Festigkeit	Lagerung
0 - 2	sehr gering	sehr locker
2 - 4	gering	locker
4 - 10	mittel	mitteldicht
10 - 20	groß	dicht
> 20	sehr groß	sehr dicht

Bei den Sanden ist in den Bodenprofilen jeweils die Lagerung gem. vorstehender Tabelle angegeben.

Die Schichtgrenzen in den Sanden wurden nach den Grenzfestlegungen des Spitzendruckes der vorstehenden Tabelle vorgenommen und können aus den jeweiligen Darstellungen in den Bodenprofilen mit den daneben aufgezeichneten Drucksondierungsdiagrammen entnommen werden.

Die Drucksondierungen zeigen in den Sanden Spitzendruckwerte von $q_c = 2$ MPa bis 37 MPa und weisen auf eine geringe, überwiegend mittlere bis große Festigkeit, z.T. sehr große Festigkeit hin.

Die aus den Drucksondierungen ermittelten Diagramme des Spitzendrucks und der Mantelreibung zeigen die Anlagen 2.2.1 bis 2.2.5.

3.3.4 Verunreinigungen von Boden (Anlagen 3.4.1 bis 3.4.19)

Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau hat mit dem Schreiben vom 04.11.2020 [U 4] bekannt gegeben, dass das Grundstück nicht als kontaminationsverdächtig gilt. Es wurde allerdings auf eine mögliche Versauerung der torfig-schluffigen Weichschichten bei Aushubarbeiten hingewiesen.

Nach den durchgeführten Sondierbohrungen, die natürlich nur "Nadelstiche" im Baugrund darstellen, sind nach der organoleptischen Ansprache Anzeichen von Verunreinigungen der Böden festgestellt worden. In der Auffüllung wurden teilweise Bauschuttbeimengungen angetroffen. Die überwiegende Zahl der Schadstoffe ist jedoch organoleptisch nicht wahrnehmbar. Daher kann ohne chemische Analytik nicht ausgeschlossen werden, dass insbesondere auch in den dazwischen liegenden Bereichen Verunreinigungen vorhanden sind.

Die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall gibt mit der Mitteilung 20 die Vorgaben für einen ländereinheitlichen Vollzug des Abfallrechts heraus. In der M 20 sind die „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen“ vorgegeben.

Bodenmaterial mit mineralischen Fremdbestandteilen (z. B. Bauschutt, Schlacke, Ziegelbruch) bis zu 10 Vol.-% wird gemäß der LAGA M 20 TR-Boden Stand 05.11.2004 analysiert und deklariert. Bodenmaterial mit mineralischen Fremdbestandteilen > 10 Vol.-% wird in den Technischen Regeln unter „Gemische“ behandelt und ebenso wie Bauschutt gemäß der LAGA TR Boden Stand 06.11.1997 untersucht und bewertet.

Abhängig vom Ergebnis der chemischen Untersuchungen wird dem Boden bzw. Bauschutt oder Gemisch eine Einbauklasse gem. LAGA zugeordnet (Z-Klasse). Die Zuordnungswerte mit den Angaben zu der Verwertung bezogen auf die untersuchten Parameter sind nachfolgend aufgeführt:

- Z 0 uneingeschränkter Einbau Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen
- Z 0* uneingeschränkter Einbau in bodenähnlichen Anwendungen bei hydrologisch günstigen Gebieten
- Z1 eingeschränkter offener Einbau
- Z 1.1 in günstigen und ungünstigen hydrogeologischen Gebieten
- Z 1.2 in günstigen hydrogeologischen Gebieten ansonsten Einbauklasse 2
- Z2 eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen
- > Z2 Einbau/Ablagerung in Deponien bzw. gesonderte Entsorgung/ Verwertung

Überschreitet das Bodenmaterial, Gemisch bzw. der Bauschutt die Zuordnungswerte der LAGA M 20 (> Z 2), bedarf es einer Analyse gemäß Deponieverordnung (DepV) für eine anschließende Beseitigung des Materials auf der Deponie. Das Kreislaufwirtschaftsgesetz gibt vor, dass Abfälle nur dann deponiert werden dürfen, wenn keine andere Verwertungsoption mehr möglich ist. Es ist innerhalb der gesetzlichen Richtlinien immer eine Möglichkeit der Wiederverwertung zu prüfen.

Der Mutterboden liegt außerhalb des Gültigkeitsbereiches der LAGA M 20. Mutterboden gilt laut Bundesgesetzbuch als schützenswertes Gut und ist laut § 202 (BauGB) in nutzbarem Zustand zu halten und vor Vernichtung und Vergeudung zu schützen. Es sollte geprüft werden, ob dieser vor Ort gemäß Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) wieder als Mutterboden verwendet werden kann.

Der GDfB stellt ein Kartenwerk über die Verbreitung von (potentiell) sulfatsauren Böden in Bremen und Bremerhaven zur Verfügung. Die Darstellung „sulfatsaure Böden 0 - 2 m“ und „sulfatsaure Böden des tieferen Untergrundes (2 - 15 m, bzw. Holozänbasis)“ wurden auf Basis vorhandener geologischer Karten und einer Auswertung der Bohrdatenbank des GDfB erstellt.

Die Baufläche wird laut Angaben des GDfB durch die Über- und Unterlagerungen von Torf und Ton charakterisiert und ist in die Kategorie GR2.3 einzustufen. Die Gefährdungsklasse GR2.3 gibt ein mittleres bis z.T. hohes Potential für ausgeprägte Versauerung an.

Da bereichsweise organische, bindige Schichten angetroffen wurden, wurden diese stichprobenartig auf ein mögliches Versauerungspotential gemäß den Geofakten des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) analysiert.

Zur chemischen Analyse wurden folgende Proben an das Labor Eurofins Umwelt Nord GmbH gesandt:

Tabelle 2: Übersicht über die durchgeführten chemischen Bodenanalysen.

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Tiefe [m]	Bodenart	Analyse
BS 5	BS 5	0,41 – 0,77	Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig (Auffüllung)	LAGA M20 TR Boden, Mindestumfang Feststoff Tab. II.1.2-2 Eluat Tab. II.1.2-3
BS 6	BS 6	0,15 – 0,58	Schluff, stark organisch, tonig, schwach feinsandig	LAGA M20 TR Boden, Mindestumfang Feststoff Tab. II.1.2-2 Eluat Tab. II.1.2-3
MP BS 3 + BS 4	BS 3 BS 4	0,24 – 0,88 0,18 – 0,42	Auffüllung: Schluff + Sand, schwach organisch	LAGA M20 TR Boden Vollumfang Feststoff Tab. II.1.2-2/4 Eluat Tab. II.1.2-3/5
BS 7 Torf	BS 7	0,82 – 1,15	Torf	LAGA M20 TR Boden Vollumfang Feststoff Tab. II.1.2-2/4 Eluat Tab. II.1.2-3/5 Deponieverordnung ergänzende Parameter zur LAGA M 20 TR Boden
BS 7 Schluff	BS 7	0,49 – 0,82	Schluff, tonig, schwach organisch, schwach feinsandig	Bestimmung des Säurebildungspotenzi als gemäß Geofakten 25 des LBEG

Die Grenzwerte der Zuordnungsklassen sind der Mitteilung 20 der LAGA zu entnehmen und die Vorsorgewerte der Bunde-Bodenschutzverordnung. Des Weiteren sind die angegebenen Verwertungsanforderungen unter Berücksichtigung der Nutzung und der Standortverhältnisse bei der Verwertung zu beachten.

Da es sich bei den Baugrundaufschlüssen um stichprobenartige punktuelle Untersuchungen handelt, können Änderungen in der Materialzusammensetzung und ggf. Schadstoffzusammensetzung sowie bisher unbekannte Verunreinigungen außerhalb der Sondierpunkte üblicherweise nicht ausgeschlossen werden.

Die durchgeführten Untersuchungen dienen einer ersten Einschätzung der chemischen Bodenbeschaffenheit und haben somit einen orientierenden Charakter. Liegt die anfallende Kubatur fest, sind ggf. verdichtende Untersuchungen gemäß LAGA PN 98 erforderlich. Daher ist im Vorfeld des Bodenaushubs die Wiederverwendung bzw. die Entsorgung mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

Bei der Deponierung oder ggf. Wiederverwendung des Materials ist zu beachten, dass die beigelegten Prüfberichte nur eine begrenzte Gültigkeit besitzen. In der Regel werden die Analysen zwischen 3 bis 6 Monate teilweise bis ein Jahr von den Annahmestellen akzeptiert. Nach Ablauf dieser Zeit müssen unter Umständen erneute chemische Untersuchungen des Aushubmaterials vorgenommen werden.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen im Detail inklusive Deklaration gemäß LAGA M 20 sind auf den Anlagen 3.4.1 bis 3.4.19 dargestellt.

3.4 Hauptgrundwasserstockwerk

Nach den durchgeführten Baugrundaufschlüssen sind die tlw. schluffigen, kiesigen Mittelsande der Grundwasserleiter des Hauptgrundwasserstockwerkes. Den Grundwassernichtleiter bilden die Lauenburger Schichten.

Aufgrund der Mächtigkeit der schwach durchlässigen Weichschichten ist ein z. T. gespannter Grundwasserspiegel vorhanden.

In die Kleinrammbohrungen BS 3, BS 6 und BS 7 wurde je ein Peilfilter eingebaut, dessen Filterstrecke in den Sanden des Hauptgrundwasserleiters liegt. Folgende Grundwasserspiegel wurden in Ruhe eingemessen:

Tabelle 3: Gemessene entspannte Grundwasserstände im Peilfilter.

Sondierung	Datum	Gemessener Grundwasserstand	
		[m]	[m NHN]
BS 3	10.03.2021	0,49	+ 0,48
BS 6	30.10.2020	0,34	+ 0,28
BS 7	10.03.2021	0,90	+ 0,28

Vom Geologischen Dienst für Bremen (GDfB) wurden die Grundwasserverhältnisse des Hauptgrundwasserstockwerkes in einem umfangreichen Grundwassermessstellennetz im Zeitraum von Dezember 1962 bis Januar 2012 beobachtet.

Aus diesen Grundwasserbeobachtungen wurde die Hydrologische Karte für die Stadtgebiete Bremen und Bremerhaven erstellt, aus der die Grundwasserstände bezogen auf m NN abgelesen werden können. Danach wird im Bereich der Baufläche folgender Grundwasserstand des Hauptgrundwasserstockwerkes angegeben:

Höchster Grundwasserstand:	+ 1,2 m NHN
Mittlerer Grundwasserstand:	+ 0,3 m NHN
Niedrigster Grundwasserstand:	- 0,6 m NHN

Im Bereich der bindigen und organischen Bodenschichten ist insbesondere bei sandigen Zwischenschichten oder darüber lagernden Auffüllungen mit stauendem Sickerwasser in Abhängigkeit von Niederschlägen zu rechnen. Bei lang anhaltenden Niederschlägen ist im ungünstigsten Fall davon auszugehen, dass sich Sickerwasser kurzfristig bis zur Geländeoberkante bzw. auf der Geländeoberfläche anstaut.

3.4.1 Bemessungsgrundwasserstände

Unter Berücksichtigung der vorstehend beschriebenen hydrologischen Verhältnisse sowie unserer hydrologischen Erfahrungen werden für das Bauvorhaben folgende Bemessungsgrundwasserstände festgelegt:

Hauptgrundwasserstockwerk

Maximaler Grundwasserstand:	+ 1,5 m NHN
-----------------------------	-------------

3.5 Grundwasserstandsmessungen mittels Datenlogger (Anlagen 2.3.1 und 2.3.2)

Der Grundwasserspiegel unterliegt im Jahresverlauf als Folge unterschiedlicher Witterungsbedingungen kurz- und mittelfristigen Schwankungen. Für die Grundwasserstandsmessungen wurde ein Pegel in der Sondierbohrung BS 6 hergestellt. Im Zuge des zweiten Sondiertermins im März 2021 wurde die Messstelle in der Sondierbohrung BS 6 rückgebaut und in die Sondierbohrung BS 7 umgesetzt. Die Standorte der Messstellen wurden durch unser Labor vorgegeben.

Der in die Kleinrammbohrung BS 6 bzw. BS 7 eingebaute Peilfilter dient als temporäre Grundwassermessstelle für das obere Hauptgrundwasserstockwerk.

Die Grundwassermessstelle BS 6 wurde am 10.09.2020 mit einem Datenlogger zur Aufzeichnung der Grundwasserstände ausgerüstet. Die Grundwasserstände wurden in einem Messtakt von 10 Minuten erfasst und gespeichert (s. Anlage 2.3.1). Am 10.03.2021 wurde die Messstelle BS 6 in die Sondierbohrung BS 7 umgebaut und der Datenlogger zur Aufzeichnung der Wasserstände wieder eingesetzt (s. Anlage 2.3.2).

Die folgende Tabelle zeigt die im Messzeitraum aufgezeichneten minimalen, mittleren und maximalen Grundwasserstände sowie die größte gemessene Amplitude.

Messstelle	Messzeitraum	Wasserstände [m NHN] im Messzeitraum			max. Amplitude [m]
		min	mittel	max	
GWM 6	09.10.2020 bis 10.03.2021	+ 0,12	+ 0,39	+ 0,65	0,53
GWM 7	10.03.2021 bis 23.03.2021	+ 0,46	+ 0,59	+ 0,66	0,20

Die durchgeführten Messungen zeigen im Messzeitraum mittlere Wasserstände zwischen + 0,39 m NHN (GWM 6) und + 0,59 m NHN (GWM 7). Die minimal gemessenen Wasserstände liegen zwischen + 0,12 m NHN (GWM 6) und + 0,46 m NHN (GWM 7) und die maximal gemessenen Wasserstände zwischen + 0,65 m NHN (GWM 6) und + 0,66 m NHN (GWM 7). Die maximale Amplitude der Grundwasserschwankungen reicht von 0,20 m (GWM 7) bis 0,53 m (GWM 6).

Die in der Messstelle GWM 6 gemessenen Grundwasserstände liegen 0,50 m unter Geländeoberkante (GOK) bis 0,03 m oberhalb der GOK. In der Messstelle GWM 7 wurden die Grundwasserstände in 0,72 m unter GOK bis 0,52 m unter GOK gemessen.

Eine Übersicht der gesamten Ganglinien aller aufgezeichneten Grundwasserstände zeigen die Anlagen 2.3.1 und 2.3.2.

3.6 Ergebnisse von Laborversuchen (Anlagen 3.1.1 bis 3.4.19)

3.6.1 Ergebnisse von bodenmechanischen Laborversuchen (Anlagen 3.1.1 bis 3.2)

Die entnommenen gestörten Bodenproben wurden nach den Methoden der DIN EN ISO 14688-1 bodenmechanisch im Feld und Labor angesprochen. An ausgewählten Bodenproben wurden klassifizierende Laborversuche durchgeführt und folgende bodenmechanische Kennziffern ermittelt:

Tabelle 4: Bodenmechanische Kennziffern aus Laborversuchen.

Weichschichten:	
Schluff, tonig, organisch, schw. sandig	
Bodengruppe (DIN 18196)	UA/ OU
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1) w_n	42,3 % - 70,4 %

Sande, z.T. stark organisch, schw. schluffig bis schluffig, schw. tonig	
Bodengruppe (DIN 18196)	SE – SU*/ OH
Korngrößenverteilung (DIN 18123)	
Feinstes d < 0,002 mm	9 % - 10 %
Schluffkorn d = 0,002 – 0,06 mm	0 % - 25 %
Sandkorn d = 0,06 – 2,0 mm	74 % - 99 %
Kieskorn d ≥ 2,0 mm	0 % - 7 %
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1) w _n	45,9 %

Nach der überschlägigen Abschätzung gemäß der Bodenansprache ist für die Sande mit einem Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) zwischen 10^{-3} m/s bis 10^{-5} m/s, überwiegend 10^{-4} m/s zu rechnen.

Für den bereichsweise anstehenden Schluff (bindige Weichschichten) liegt der k_f -Wert zwischen 10^{-6} m/s und 10^{-9} m/s.

3.6.2 Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen (Anl. 3.3.0 bis 3.3.10)

Während der Baugrunderkundungen wurden in die Kleinrammbohrungen BS 6 und BS 7 Peilfilter eingebaut und nach dem Klarpumpen Grundwasserproben entnommen. Der Untersuchungsumfang erfolgt nach den Vorgaben der DIN 4030-1 zur Einordnung in eine Expositionsklasse. Zusätzlich wurden die Grundwasserproben auf die Parameter Huminsäuren, Chloride und Eisen untersucht. Die Analysen wurden durch das chemische Labor Eurofins Umwelt Nord GmbH, Oldenburg ausgeführt und hatten folgendes Ergebnis:

Tabelle 5: Expositionsklasse der untersuchten Grundwasserproben.

Sondierung	Datum	Unterkante Peilfilter [m NHN]	Expositionsklasse
BS 6	09.10.2020	- 5,07	XA 1
BS 6	30.10.2020	- 5,07	XA 1
BS 7	30.10.2021	- 5,35	XA 1

Die Grundwasserprobe aus der Sondierbohrung BS 7 wurde zusätzlich gemäß den Einleitwerten von Grundwasser in Gewässer und in die Kanalisation, die durch die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau, Bremen, (Stand vom 21.11.2016) festgelegt wurden, untersucht. Der Grenzwerte für den chemischen Sauerstoffbedarf und den Eisengehalt wird für die Einleitung in Oberflächengewässer bzw. Niederschlagswasserkanäle überschritten. Der pH-Wert liegt außerhalb des Grenzwertbereiches für die Wiedereinleitung in den Untergrund und die Einleitung in Oberflächengewässer bzw. Niederschlagswasserkanäle. Die Grenzwerte für die Einleitung in Schmutz- bzw. Mischwasserkanal wurden eingehalten, sind allerdings im Einzelfall von der Behörde zu prüfen.

Zur weiteren Untersuchung der auffällig hohen Eisenwerte aus der Grundwasserprobe der Sondierbohrung BS 6 vom 09.10.2020 [U 5] wurden weitere Grundwasserproben aus den Peilfiltern der BS 6, BS 3 und BS 7 entnommen und auf ihren Eisengehalt untersucht.

Tabelle 6: Eisengehalt in den untersuchten Grundwasserproben.

Sondierung	Datum der Entnahme	Eisengehalt [mg/l]
BS 3	10.03.2021	39
BS 6	09.10.2020	227
BS 6 Referenzprobe	09.10.2020	231
BS 6	30.10.2020	210
BS 6	10.03.2021	192
BS 7	10.03.2021	11,8

Eine Erklärung für die zum Teil außergewöhnlich hohen Eisengehalte (> 100 mg/l) liegt z.Z. noch nicht vor.

Bei der Einleitung von Grundwasser in Oberflächengewässer und Niederschlagswasserkanäle ist für Eisen ein Grenzwert von 5 mg/l einzuhalten.

Bei der Grundwasseranalyse ist zu beachten, dass es sich um Werte aus dem „ruhenden“ Grundwasserleiter handelt. Bei Grundwasserabsenkungen ist mit einer Veränderung der Werte durch zufließendes Grundwasser aus dem Absenktrichter und aus tieferen Schichten zu rechnen. Dadurch kann es zu einer Veränderung der Inhaltsstoffe kommen.

Die detaillierten Analyseergebnisse sind in den Anlagen 3.3.0 bis 3.3.10 dargestellt.

3.6.3 Ergebnisse der chemischen Analysen von Boden **(Anlagen 3.4.1 bis 3.4.19)**

Zur chemischen Analyse gemäß LAGA M 20 wurden folgende Proben an das Labor Dr. Döring bzw. Eurofins Umwelt Nord gesandt:

Tabelle 7: Untersuchungsergebnisse der chemischen Analysen gemäß LAGA M 20 TR Boden Teil Boden.

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Tiefe [m]	Bodenart	Einstufung gemäß LAGA M 20
BS 5	BS 5	0,41 – 0,77	Mittelsand, feinsandig, schw. grobsandig (Auffüllung)	Z 0
BS 6	BS 6	0,15 – 0,58	Schluff, stark organisch, tonig, schw. feinsandig	> Z 2
MP BS 3 + BS 4	BS 3 BS 4	0,24 – 0,88 0,18 – 0,42	Auffüllung: Schluff + Sand, schw. organisch	> Z 2
BS 7 Torf	BS 7	0,82 – 1,15	Torf	> Z 2

Die Torfprobe der Sondierbohrung BS 7 wurde ergänzend gemäß Deponieverordnung (DepV) analysiert:

Tabelle 8: Untersuchungsergebnisse der chemischen Analysen gemäß Deponieverordnung.

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Tiefe [m]	Bodenart	Einstufung gemäß DepV
BS 7 Torf	BS 7	0,82 – 1,15	Torf	> DK III

Zusätzlich zu den Analysen nach LAGA M 20 und der Deponieverordnung wurde folgende Proben der anstehenden organischen Schluffschichten auf ihr Potenzial zur Versauerung analysiert.

Tabelle 9: Untersuchungsergebnisse der chemischen Analysen gemäß Geofakten 25 des LBEG.

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Tiefe [m]	Bodenart	Einstufung gemäß Geofakten 25
BS 7 Schluff	BS 7	0,49 – 0,82	Schluff, tonig, schw. organisch, schw. feinsandig	keine Versauerung auf pH-Werte unter 4 zu erwarten

Die untersuchten Sande und sind gemäß der LAGA M 20 für den Wiedereinbau mit den für die jeweilige angegebene Zuordnungsklasse vorgegebenen technischen Sicherungsmaßnahmen geeignet.

Die untersuchten Schluff- und Torfböden sind nicht im Geltungsbereich der LAGA M 20 wiederzuverwenden. Im Falle einer möglichen Wiederverwendung in der durchwurzeltten Bodenzone sind die Böden hinsichtlich BBodSchV zu prüfen.

4 Beurteilung des Baugrundes

4.1 Baugrundmodell

Die ausgeführten Baugrundaufschlüsse geben eine exakte Aussage über die Baugrundsichtung nur für den jeweiligen Untersuchungspunkt. Für die dazwischen liegenden Bereiche sind nur Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich.

Für die nachfolgende Baugrundbeschreibung wurden neben den Baugrundaufschlüssen auch Informationen aus Baugrundkarten und geologischen Karten herangezogen. Weiterhin wurden die Erfahrungen aus geotechnischen Untersuchungen nahegelegener Bauvorhaben berücksichtigt. Unter Einbeziehung dieser Unterlagen und Erkenntnisse sind folgende Baugrundverhältnisse im Bereich der Baufläche zu erwarten:

Unter einer durchwurzelter Oberbodenschicht (Mutterboden) [Homogenbereich A] stehen bereichsweise bindige Weichschichten [Homogenbereich B] über holozänen und pleistozänen Sanden [Homogenbereich C] an.

Die Baugrundaufschlüsse zeigen insgesamt regelmäßige Baugrundverhältnisse, die den allgemeinen Erwartungen mit den üblichen Schwankungsbereichen entsprechen.

4.2 Baugrundeigenschaften

Die entnommenen gestörten Bodenproben wurden nach den Methoden der DIN EN ISO 14688-1 bodenmechanisch im Feld und Labor angesprochen. An ausgewählten Bodenproben wurden klassifizierende Laborversuche durchgeführt und folgende bodenmechanische Kennziffern ermittelt:

Tabelle 10: Baugrundeigenschaften der angetroffenen Bodenarten.

Weichschicht: Schluff, organisch, tonig, sandig, z.T. Torf	
Konsistenz:	weich bis steif
Scherfestigkeit:	gering
Zusammendrückbarkeit:	groß
Wasserempfindlichkeit:	groß
Wasserdurchlässigkeit:	schwach bis sehr schwach durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V3 nach ZTV A-StB 97/06, Torf ist nicht verdichtbar
Ramm- und Rüttelbarkeit:	leicht bis mittelschwer
Frostempfindlichkeit:	F 3 nach ZTVE-StB 17
Sand	
Scherfestigkeit:	mittel bis groß
Zusammendrückbarkeit:	gering
Wasserempfindlichkeit:	gering
Wasserdurchlässigkeit:	durchlässig bis stark durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V1 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	mittelschwer bis schwer
Frostempfindlichkeit:	F 1 bis F 2 nach ZTVE-StB 17

4.3 Baugrundtragfähigkeit

Die angetroffenen Bodenarten können in ihrer Tragfähigkeit wie folgt eingestuft werden:

Bodenart	Tragfähigkeit
Weichschichten, Schluff, organisch, tonig, sandig, z.T. Torf	sehr gering bis gering tragfähig
Sande	gut bis sehr gut tragfähig

4.4 Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke

Von den auszuhebenden Böden sind für bautechnische Zwecke wiederverwendbar:

Die Sande können zur Auffüllung verwandt werden.

Die vorhandenen Schluff- und Torfschichten sind nicht verwendbar und sind abzufahren.

Die Wiederverwendbarkeit von den Klei- und Torfböden ist geregelt in der *Handlungsempfehlung zur Bewertung des Versauerungspotentials von Aushubmaterial durch reduzierte anorganische Schwefelverbindungen* der Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, sowie Geologischer Dienst für Bremen (GDfB), 03.11.2009.

Mutterboden gilt laut Bundesgesetzbuch als schützenswertes Gut und ist laut § 202 (BauGB) in nutzbarem Zustand zu halten und vor Vernichtung und Vergeudung zu schützen. Er kann vor Ort wieder als Mutterboden verwendet werden.

Bei der Wiederverwendung bzw. Verwendung an einem anderen Standort sind Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen gemäß den Technischen Regeln der Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20 zu berücksichtigen.

4.5 Befahrbarkeit

Durch den Baubetrieb werden von den Baufahrzeugen und -maschinen große punktförmige und dynamisch wirkende Kräfte in den Baugrund eingeleitet, die zu entsprechenden Verformungen führen. Diese Verformungen können nach Überschreiten der Scherfestigkeit so groß werden, dass das Planum nicht mehr befahrbar wird.

Es ist daher erforderlich, zur Reduzierung der Verformungen Baustraßen zu erstellen, die mit ihren Tragschichten eine ausreichende Lastverteilung erzielen. Die Dimensionierung der Baustraßen ist neben der Belastung auch von dem Zustand des Planums nach dem Herrichten abhängig.

Bei stark niederschlagsreichen Jahreszeiten ist wegen des bindigen Baugrundes ein Zuschlag für die Tragschichten erforderlich.

Es wird empfohlen, die Baustraßen im Bereich der geplanten Verkehrsflächen anzuordnen. Dabei sollten der Straßenunterbau und die Tragschicht vollständig hergestellt werden und als Baustraße benutzt werden.

Für auf Ketten laufende Erdbaumaschinen mit mittleren Bodenpressungen sind keine besonderen Befestigungen erforderlich.

4.6 Homogenbereiche (Anlagen 3.5.1 bis 3.5.4)

In der VOB 2016 werden die jahrzehntelang geltenden Klassifizierungen in Boden- und Felsklassen durch Homogenbereiche vollständig ersetzt. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für das jeweilige Gewerk vergleichbare Eigenschaften aufweist. Betrachtet werden die Eigenschaften im Zustand vor dem Lösen, also in durch die Baumaßnahme ungestörter Lagerung. Sind umweltrelevante Inhaltsstoffe zu beachten, sind diese bei der Einteilung in Homogenbereiche zu berücksichtigen. In der VOB 2016, sind die anzugebenden Eigenschaften und Kennwerte für den Erdbau und alle Spezialtiefbauarbeiten aufgeführt.

Einige Angaben werden auf Basis von Erfahrungen abgeschätzt. Bei größeren Baumaßnahmen oder zur engeren Erfassung von Schwankungsbreiten sind ggf. zusätzliche Baugrund- und Laboruntersuchungen erforderlich.

Nach den Vorgaben der aktuellen VOB 2016 werden die Eigenschaften/ Kennwerte unter Berücksichtigung der festgelegten Homogenbereiche für die nachfolgenden Gewerke auf den Anlagen 3.5.1 bis 3.5.4 dargestellt:

- DIN 18300 Erdarbeiten
- DIN 18320 Landschaftsbauarbeiten

Tabelle 11: Einteilung der Homogenbereiche.

Anlage	Homogenbereich	Bezeichnung
Anl. 3.5.1	A	Oberboden
Anl. 3.5.2	B1	Holozäne Weichschicht: Schluff
Anl. 3.5.3	B2	Holozäne Weichschicht: Torf
Anl. 3.5.4	C	Holozäne und pleistozäne Sande

Die Schichtgrenzen der Homogenbereiche sind in den Bodenprofilen auf der Anlage 2.1 dargestellt.

4.7 Bodenkennwerte

Aufgrund der Versuchsergebnisse der Labor- und Feldversuche und nach Erfahrungswerten mit vergleichbaren Bodenarten können für erdstatische Berechnungen folgende charakteristische Bodenkennwerte angesetzt werden:

Tabelle 12: Bodenkennwerte der angetroffenen Bodenarten.

Bodenart	BG n. DIN 18196	Wichte		Steife- modul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	Scherfestigkeit	
		γ_k [kN/m ³]	γ'_k		ϕ'_k [°]	c_k [kN/m ²]
Auffüllung	SE - SU*/ UL - UA/OU	16 - 19	8 - 11	3 - 20	25,0 - 35,0	0 - 2,5
Weichschicht: Schluff	UL - UA/OU	17 - 20	7 - 10	1,5 - 3,5	20,0 - 25,0	5 - 10
Weichschicht: Torf	HN - HZ	10 - 13	1 - 3	0,2 - 1,0	15,0 - 20,0	2 - 5
Sande	SE - SU*	18 - 21	10 - 11	10 - 90	35,0 - 37,5	0

Die vorstehenden Werte gelten für die beschriebenen Bodenschichten im ungestörten Zustand. Bei baustellenbedingten Auflockerungen oder Verwässerungen der Bodenschichten muss mit entsprechenden Verschlechterungen gerechnet werden.

4.8 Beurteilung des Baugrund- und Gründungsrisikos

Da Bodenaufschlüsse immer nur eine exakte Aussage für den eigentlichen Untersuchungspunkt ergeben, sind für die dazwischen liegenden Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich.

Die Wahrscheinlichkeit einer Aussage über den Aufbau oder bestimmte für die geotechnische Beurteilung maßgebliche Eigenschaften von Boden wächst mit dem Untersuchungsumfang, d.h., mit der Anzahl der Aufschlüsse und nimmt ab mit der Wechselhaftigkeit des Baugrundes. Es bleibt daher immer ein Risiko, dass im Baugrund Abweichungen von den zu erwartenden zu den tatsächlichen Baugrundverhältnissen vorhanden sind. Dieses Risiko wird als Baugrundrisiko bezeichnet.

Unter Baugrundrisiko versteht man auch die Gefahr, dass bei jeder Bebauung von Baugrund trotz vorhergehender, den Regeln der Technik entsprechender bestmöglicher Untersuchung und Beschreibung der Boden- und Wasserverhältnisse, unvorhersehbare Erschwernisse auftreten können.

Alles unerwartet im Baugrund Vorgefundene wird ebenfalls vom Begriff des „Baugrundrisikos“ generell ausgefüllt: so etwa Kellergewölbe, Fundamentreste, Holzpfähle, Findlinge, Geheimgänge, Wurzeln, Stollen, Bunker, Reste früherer Kulturen wie Gräber, Hafengebiefestigungen, alte Tanks, Kanäle, Versorgungsleitungen aller Art, mit Altlasten verunreinigte oder sonstige kontaminierte Bereiche, Einlagerungen aller Art, um nur einige Beispiele aus der Baupraxis und der Rechtsprechung anzuführen.

Ein restliches Baugrundrisiko kann daher auch durch eingehende geotechnische Untersuchungen nicht völlig ausgeschaltet werden, da kleinräumige Inhomogenitäten des Baugrundes nicht restlos zu erfassen sind. Ferner werden die bodenmechanischen Kennwerte an faustgroßen Proben ermittelt, die nicht immer repräsentativ für die gesamte Schicht sind. Die Werte der Baugrundparameter streuen in gewissen Bandbreiten und manche Eigenschaften des Baugrundes können mit angemessenem Aufwand nicht festgestellt werden.

Aufgabe der geotechnischen Untersuchungen von Boden als Baugrund ist es, das Baugrundrisiko im Hinblick auf die Aufgabenstellung des jeweiligen Projektes einzugrenzen.

Das Baugrundrisiko wird im vorliegenden Fall durch die teilweise sehr geringe Tragfähigkeit der Weichschichten geprägt. Bei einer zu hohen und direkten Belastung dieser Weichschichten ist ein hohes Baugrundrisiko vorhanden, so dass Maßnahmen erforderlich werden, um das Baugrundrisiko auf ein vertretbares Maß zu reduzieren.

Nach dem Aushub der Weichschichten ist ein geringes Baugrundrisiko vorhanden.

5 Angaben zur Gründung (Anlagen 4.1.1 bis 4.1.3)

5.1 Allgemeine Angaben zu den Gründungsmöglichkeiten

Bei einer Flachgründung in oder über den gering tragfähigen unterschiedlich mächtigen organischen Weichschichten, sind Setzungen zu erwarten, die von dem Bauwerk nicht mehr ohne Schaden tragbar sind. Es wird daher im nicht unterkellerten Bereich ein Bodenaustausch der organischen Schluffschichten untersucht mit dem Ziel, die Setzungen dadurch auf ein tragbares Maß zu reduzieren.

Im Bereich des geplanten Kellers liegt die Gründungssohle in den Sanden.

5.2 Gründungsvorschlag

Aufgrund der geotechnischen Untersuchungen wird unter besonderer Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit folgender Gründungsvorschlag gemacht:

5.2.1 Gründung der Bauwerkskonstruktion

Nach einem Vollaustausch der organischen Weichschicht werden die Bauwerkslasten über eine Stahlbetongrundplatte mit einer Mindeststärke (nicht unterkellertes Bereich) $d = 0,4 \text{ m}$ und (unterkellertes Bereich) $d = 0,5 \text{ m}$ über die Sandauffüllung bzw. die vorhandenen Sande in den Baugrund abgetragen. Die Stahlbetongrundplatte sollte im Bereich des Kellers als wasserundurchlässiger Beton in Verbindung mit den Stahlbetonkelleraußenwänden als "Weiße Wanne" ausgeführt werden. Die "Weiße Wanne" ist für einen Bemessungswasserstand bis $+ 1,5 \text{ m NHN}$ zu bemessen.

Bei der Bemessung der Grundplatte auf elastischer Bettung kann ein Bettungsmodul von $K = 15 \text{ MN/m}^3$ zugrunde gelegt werden. Die mit Bettungsmodulverfahren berechneten Plattenverformungen dürfen nicht als Setzungen des Baugrundes interpretiert werden.

In dem nicht unterkellerten Bereich ist an der Stahlbetongrundplatte umlaufend an der Außenseite eine Frostschräge, $t = 0,8 \text{ m}$, unter Gelände vorzusehen.

5.3 Erddruckbelastung auf Kelleraußenwände

Für die Kelleraußenwände ist der erhöhte aktive Erddruck ($0,5 E_o + 0,5 E_a$) zugrunde zu legen. Für die Erddruckermittlung können bei der Verfüllung der Arbeitsräume mit nichtbindigem Boden folgende charakteristische Bodenkennwerte in Rechnung gestellt werden:

Bodenkennwerte Verfüllung Arbeitsraum			
		intensive Verdichtung	leichte Verdichtung
Verdichtungsgrad	$D_{pr} \geq$	98 %	95 %
Raumgewicht	$\gamma_k/\gamma'_k =$	19/11 kN/m ³	18/10 kN/m ³
Reibungswinkel	$\varphi'_k =$	35 °	32,5 °
Kohäsion	$c'_k =$	0 kN/m ²	0 kN/m ²
Erddruckneigungswinkel	$\delta_k =$	$2/3 \varphi'_k$	$2/3 \varphi'_k$

Zusätzlich ist der Verdichtungserddruck gemäß DIN 4085:2017-08, Abschnitt 11, abhängig von der Intensität der Verdichtung sowie ggf. der Arbeitsraumbreite zu berücksichtigen.

5.4 Grundbruchsicherheit

Bei der Ausbildung einer Grundplatte ist eine ausreichende Grundbruchsicherheit vorhanden.

5.5 Setzungen (Anlagen 4.1.1 bis 4.1.3)

Der Baugrund setzt sich durch die Belastung aus dem Bauwerk entsprechend seiner Kompressibilität. Die Setzungen wurden gemäß DIN 4019 nach folgender Formel ermittelt:

$$s = \frac{\sigma \cdot h}{E_{s,k}}$$

Darin bedeuten:

- s = Setzung der Bodenschicht (cm)
- σ = Bodenpressung aus der Bauwerkslast in der Bodenschicht (kN/m²)
- h = Mächtigkeit der Bodenschicht (cm)
- E_{s,k} = Steifemodul der Bodenschicht (kN/m²)

Zur Berechnung der Setzung unterhalb eines Punktes hervorgerufen durch die Bauwerksbelastung ist eine Berechnung der vertikalen Spannung σ_z in dem betrachteten Punkt notwendig. Die Spannungsausbreitung wurde nach DIN 4019 (5 : 2016) "Baugrund - Setzungsberechnungen -" mit dem Modell des homogenen isotropen elastischen Halbraums ermittelt. Die Berechnung der Vertikalspannungen im Boden ist in den Anhängen der Norm aufgeführt. Die dabei zu verwendenden mathematischen Beziehungen sind von der Geometrie der Fundamentfläche und der Form der Belastung abhängig.

Bei der Setzungsberechnung wurde zusätzlich zu den Bauwerkslasten die Belastung durch die Auffüllung des Geländes berücksichtigt.

Aufgrund der bodenmechanischen Untersuchungen und der Auswertung der Drucksondierungen wurden die nachstehend aufgeführten Steifemoduln in Rechnung gestellt:

Bodenart	Steifemodul (MN/m²)
Sandauffüllung	$E_{s,k} = 40$
Sande	$E_{s,k} = 10 \text{ bis } 90$

Das Ergebnis der Setzungsberechnung zeigt die Anlage 4.1.1. Es wurden Setzungen $s = 1,7 \text{ cm bis } 3,7 \text{ cm}$ ermittelt.

Dabei handelt es sich um die Endwerte der Baugrundverformungen. Bei nichtbindigem Lastboden treten die Setzungen unmittelbar nach der Lastaufbringung als Sofortsetzungen auf. Bei bindigem und organischem Baugrund erstrecken sich die Setzungen je nach Mächtigkeit und Entwässerungsmöglichkeit über einen längeren Zeitraum.

Im vorliegenden Fall, bei dem die hauptsächlichen Setzungen aus dem nichtbindigen Lastboden resultieren, sind nach Fertigstellung des Rohbaus ca. 50 % der Setzungen zu erwarten. Die restlichen Setzungen treten nach dem Aufbringen der Verkehrslast auf.

Bei allen Setzungsberechnungen ist zu berücksichtigen, dass nach DIN 4019 "Setzungsberechnung" wegen der vereinfachenden Annahmen und der oft notwendigen Mittelbildungen derartige Berechnungen nur zu Schätzungen der Setzungen führen können, die nicht selten bis zu 50 % unterschritten, in Ausnahmefällen auch überschritten werden. Die Überschreitung ist vor allen Dingen bei geologisch jungen, nicht vorbelasteten Böden möglich. Ferner ist zu berücksichtigen, dass zwischen den aus den Baugrunderkundungen bekannten Bodenprofilen auch noch ungünstigere Baugrundverhältnisse vorhanden sein können, die in der Setzungsberechnung nicht erfasst sind.

Die rechnerisch ermittelten Setzungen und Setzungsunterschiede können nach DIN EN 1997-1 (Eurocode 7), Anhang H, von dem Bauwerk ohne Beeinträchtigung der Standsicherheit aufgenommen werden. Aufgrund der näherungsweise Ermittlung der Setzungen und deren möglichen Schwankungen infolge des Baugrundrisikos kann nicht ausgeschlossen werden, dass aus den Setzungen und Setzungsunterschieden Risse in dem Bauwerk auftreten. Dies gilt insbesondere in Bereichen mit Überlagerungen aus anderen Beanspruchungen, die sich rechnerisch auch nicht erfassen lassen.

Die sogenannten Schönheitsrisse sind auch durch verstärkten konstruktiven Aufwand in der Gründung und in dem Bauwerk nicht mit absoluter Sicherheit zu verhindern und sollten unter dem Gesichtspunkt einer wirtschaftlichen Bauweise in Kauf genommen werden.

Das Risiko, dass Risse auftreten, ist aus geotechnischer Sicht als gering anzusehen und ist außer von Setzungsunterschieden auch von der gewählten Bauwerkskonstruktion, den Baustoffen und der ausgeführten Qualität abhängig.

5.6 Baugrube

Die Gründungssohle des Bauwerkes liegt im unterkellerten Bereich bei – 0,4 m NHN, ca. 1,5 m bis 1,8 m unter Gelände bzw. ca. 2,9 m unter der südlich gelegenen Straßenoberkante.

Die Baugrube kann bei ausreichenden Grenzabständen frei abgeböscht werden. Ohne gesonderten Nachweis der Standsicherheit darf bei Einhaltung der Voraussetzungen dabei ein Böschungswinkel $\alpha = 45^\circ$ nach DIN 4124 nicht überschritten werden. Es ist zu beachten, dass die ersten 2,00 m von der Böschungskrone nicht belastet werden dürfen. Bei einer Belastung der Böschungskrone durch Verkehrs- und Lagerlasten oder Erdaufschüttung sowie einer steileren Abböschung oder Leitungen und anderen baulichen Anlagen ist ein Nachweis der Böschungsbruchsicherheit erforderlich.

5.7 Grundwasserabsenkung

Für die Gründungsarbeiten ist bei einer minimalen Gründungssohle auf – 0,4 m NHN eine Grundwasserabsenkung erforderlich. Nach den vorliegenden Unterlagen liegt das Absenkziel auf ca. – 0,7 m NHN, so dass eine maximale Grundwasserabsenkung gegenüber dem mittleren Grundwasserstand von + 0,3 m NHN um 1 m erforderlich wird.

Es wird empfohlen, in der Ausschreibung eine Bedarfsposition für eine Grundwasserabsenkung von einem maximalen Grundwasserstand von + 1,2 m NHN mit Spülfiltern einer Vakuumanlage vorzusehen. Im Zuge der Baustelleneinrichtung sollte der aktuelle Grundwasserstand ermittelt werden, um danach zu entscheiden, in welchem Umfang eine Grundwasserabsenkung erforderlich wird.

Für die Bemessung ist in der Regel das tiefgelegenste Bauteil maßgebend. Es ist daher zu überprüfen, ob eventuelle Vertiefungen nicht geringer ausgebildet werden können, um den Umfang der Grundwasserabsenkungen dadurch zu reduzieren.

Es wird empfohlen, das Grundwasser mit Spülfiltern einer Vakuumanlage abzusenken. Die Kontrolle des Absenkzieles erfolgt durch Peilbrunnen in der Mitte der Baugrube bzw. der tiefsten Absenkung. Zur Beweissicherung ist die Wassermenge durch eine Wasseruhr täglich zu messen und die Absenkung auch außerhalb der Baugrube durch mindestens 2 Peilfilter zu kontrollieren. Es ist darauf zu achten, das Absenkziel auf das technisch erforderliche Maß zu beschränken, um die Gesamtfördermenge des Grundwassers zu minimieren.

Bei der Ausschreibung und Durchführung der Grundwasserabsenkung sind die ATV "Wasserhaltungsarbeiten", DIN 18305, zu beachten.

Jede Grundwasserabsenkung ist nach dem Bremischen Wassergesetz erlaubnispflichtig und muss bei der zuständigen Wasserbehörde beantragt werden. Es muss mit einer Bearbeitungszeit von mindestens 4 Wochen gerechnet werden.

Nach dem Bremischen Wassergesetz ist zu beachten, dass in der sogenannten vegetationsreichen Zeit vom 01.03. bis zum 30.09. eines jeden Jahres eine Wasserbehördliche Erlaubnis in der Regel nur mit Auflagen wegen der Auswirkung auf die Vegetation erteilt wird.

Für die Abführung des abgepumpten Grundwassers ist die Kapazität des Kanales mit den zuständigen Behörden abzuklären und eine entsprechende Genehmigung einzuholen. Dabei ist zu klären, in welchem Umfang Gebühren für die Einleitung des Grundwassers zu entrichten sind. Außerdem ist auch abzuklären, welche Auflagen hinsichtlich der Einleitung zu erwarten sind.

Von der Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau, Bremen, sind folgende Einleitwerte von Grundwasser in Gewässer und in die Kanalisation angegeben (Stand vom 21.11.2016):

Parameter		Wiedereinleitung in den Untergrund	Einleitung in Oberflächengewässer bzw. Niederschlagswasserkanal	Einleitung in Schmutz- bzw. Mischwasserkanal
Mineralöl-KW	µg/l	100	400	10.000
BTEX	µg/l	15	50	100
Benzol	µg/l	1	5	
LHKW _{Summe}	µg/l	5	20	50
LHKW _{Einzel}	µg/l	1	5	Bewertung im Einzelfall
PAK _{Summe EPA, ohne Naphthalin}	µg/l	0,1	0,4	
Naphthalin	µg/l	1	4	
PAK _{Summe EPA, mit Naphthalin}	µg/l			0,5 je Verbindung
AOX	µg/l		150	500
Cadmium	µg/l		5	Bewertung im Einzelfall
Arsen	µg/l		10	Bewertung im Einzelfall
Chrom/Kupfer/Nickel	µg/l		Je 50	Bewertung im Einzelfall
Blei	µg/l		40	Bewertung im Einzelfall
Zink	µg/l		300	Bewertung im Einzelfall

Parameter		Wiederein- leitung in den Untergrund	Einleitung in Oberflächen- gewässer bzw. Nieder- schlagswasserkanal	Einleitung in Schmutz- Mischwasserkanal bzw.
Ammonium (NH ₄ -N)	mg/l		5	
Phosphor (P _{ges.})	mg/l		2	
CSB	mg/l		50	
Eisen	mg/l		5 ¹	
Chlorid	mg/l	400 ²	400 ^{1,3} 01.11. - 15.03. 1.500 ^{1,3}	
Sulfat	mg/l	200 ²	400 ^{1,3}	500
ph-Wert	mg/l	6,5 - 9,5 ²	6,5 - 9,5	
Leitfähigkeit	µS/cm	2.000 ²	2.200 ^{1,4} 01.11. - 15.03. 5.000 ^{1,4}	
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l		100	

¹ Gilt nicht bei Einleitung in Weser, Lesum und Wümme.

² In Abhängigkeit von der Vorbelastung des anstehenden Grundwasserleiters (Wiedereinleitung < = Vorbelastung).

³ Kann entfallen, wenn die Leitfähigkeit festgesetzt wird.

⁴ Bei 25°C.

Aufgrund der Untersuchung des Eisengehaltes, bei denen wir das Grundwasser mehrfach untersucht haben und starke Schwankungen des Eisengehaltes festgestellt haben (siehe Tab. 7) mit Eisengehalten zwischen 11,8 bis 231 mg/l wird empfohlen, das Wasser in den Kanal einzuleiten.

Hierfür sind entsprechende Gebühren einzukalkulieren.

Zur Reduzierung der Kanaleinleitungsgebühren besteht die Möglichkeit, das abgepumpte Grundwasser über eine Reinfiltration in den Grundwasserleiter zu infiltrieren. Es sollte im Vorfeld mit den Fachfirmen abgestimmt werden, ob mit den hohen Eisengehalten eine Einleitung überhaupt möglich ist. Bei diesem Verfahren wird das abgepumpte Grundwasser gezielt über flexibel einsetzbare Spüllanzen zurück in den Baugrund infiltriert. Das Grundwasser sollte dabei mit möglichst großem Abstand von den Entnahmestellen innerhalb des Absenktrichters wieder eingeleitet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Bereich der Reinfiltration höhere Grundwasserstände auftreten können, als der maximal natürliche höchste Grundwasserstand. Es muss daher überprüft werden, dass keine baulichen Anlagen usw. hierdurch negativ beeinflusst werden.

Die Lanzen können dabei entsprechend der Bodenverhältnisse und des Baufortschrittes ohne erheblichen Aufwand umgesetzt werden. Die Bemessung des Absenk- und Reinfiltrationssystems ist von dem Auftragnehmer unter Berücksichtigung der Grundwasserstände und der geologischen Verhältnisse allein verantwortlich zu bemessen.

Bei der Durchführung der Reinfiltration ist ein Notüberlauf mit Anschluss an den Kanal herzustellen. Die Menge des eingeleiteten Grundwassers ist täglich über geeichte Wasseruhren zu protokollieren.

5.8 Beurteilung der Auswirkungen der Grundwasserabsenkung

Bei der Beurteilung der Auswirkung von Grundwasserabsenkungen muss berücksichtigt werden, dass das Grundwasser keine konstante Höhe hat, sondern jahreszeitlichen und langjährigen Schwankungen je nach Zu- und Ablauf unterliegt. Eine Beeinträchtigung ist durch eine Grundwasserabsenkung immer erst dann gegeben, wenn durch die Grundwasserabsenkung Wasserstände erzeugt werden, die unterhalb des niedrigsten natürlichen Grundwasserstandes liegen.

Durch die Absenkung des Grundwassers verändern sich die Gewichts- und Druckverhältnisse in den entwässerten und den darunter liegenden Bodenschichten. Bei durchlässigem, nichtbindigem Baugrund, wie Sand und Kies, ist ein freier Grundwasserspiegel vorhanden. Durch die Absenkung des Grundwassers im nichtbindigen Baugrund erhöhen sich die Bodenpressungen durch den Wegfall des Auftriebes um die Differenz des Raumgewichtes über und unter Grundwasser.

Bei 1,00 m Grundwasserabsenkung beträgt die zusätzliche Bodenpressung aus der Grundwasserabsenkung $\sigma = 8 \text{ kN/m}^2$. Dies ist im Verhältnis zu den zulässigen Bodenpressungen bei nichtbindigen Böden von $\sigma = 250$ bis 500 kN/m^2 ein sehr geringer Wert. Daher sind die Setzungen aus Grundwasserabsenkungen im nichtbindigen Baugrund im Allgemeinen auch sehr gering.

Bei einer genaueren Ermittlung der Setzungen muss von dem niedrigsten jemals vorgekommenen Grundwasserstand, auch infolge vorhergehender Grundwasserabsenkungen, ausgegangen werden, da die Setzungen bei nichtbindigen Böden als Sofortsetzungen auftreten.

Schäden an Gebäuden entstehen im Allgemeinen nur aus Setzungsdifferenzen, nicht jedoch aus absoluten Setzungen. Da die Absenkkurven einer Grundwasserabsenkung außerhalb der Baugrube im Allgemeinen sehr flach verlaufen, ergeben sich für Nachbarbauwerke gleichmäßige Erhöhungen der Bodenpressungen und somit bei homogenem Untergrund auch gleichmäßige Setzungen. Die Setzungsunterschiede werden daher bei Gebäuden auf nichtbindigem Baugrund im Absenkungsbereich gering bleiben.

Im vorliegenden Fall wird das Grundwasser für die Erd- und Gründungsarbeiten der Blockstation um 1,0 m gegenüber dem mittleren Grundwasser (+ 0,3 m NHN) abgesenkt. Der abgesenkte Grundwasserstand liegt 0,1 m unter dem niedrigsten natürlichen Grundwasserstand NNW (- 0,6 m NHN).

Das Risiko, dass aus der Grundwasserabsenkung an den umliegenden Gebäuden Risse auftreten, wird als sehr gering angesehen.

5.9 Erdarbeiten

Bei der Ausschreibung und Durchführung der Erdarbeiten sind die ATV "Erdarbeiten" - DIN 18300 - zu beachten.

Der Aushub der Baugrube erfolgt von Oberkante Gelände mit einem Hydraulik-tieflöffelbagger. Der Bagger sollte eine gerade Schneide haben, um eine zusätzliche Auflockerung in der Aushubsohle zu vermeiden. Ein Aushub mit gummibereiften bzw. kettengetriebenen Frontladern ist nicht zulässig.

Der Aushub ist nach den Baugrundaufschlüssen im Bereich des nicht unterkellerten Gebäudes bis zur Unterkante der organischen Weichschichten zu führen. Die Aushubsohlen sind in den Bodenprofilen mit einem roten Strich gekennzeichnet.

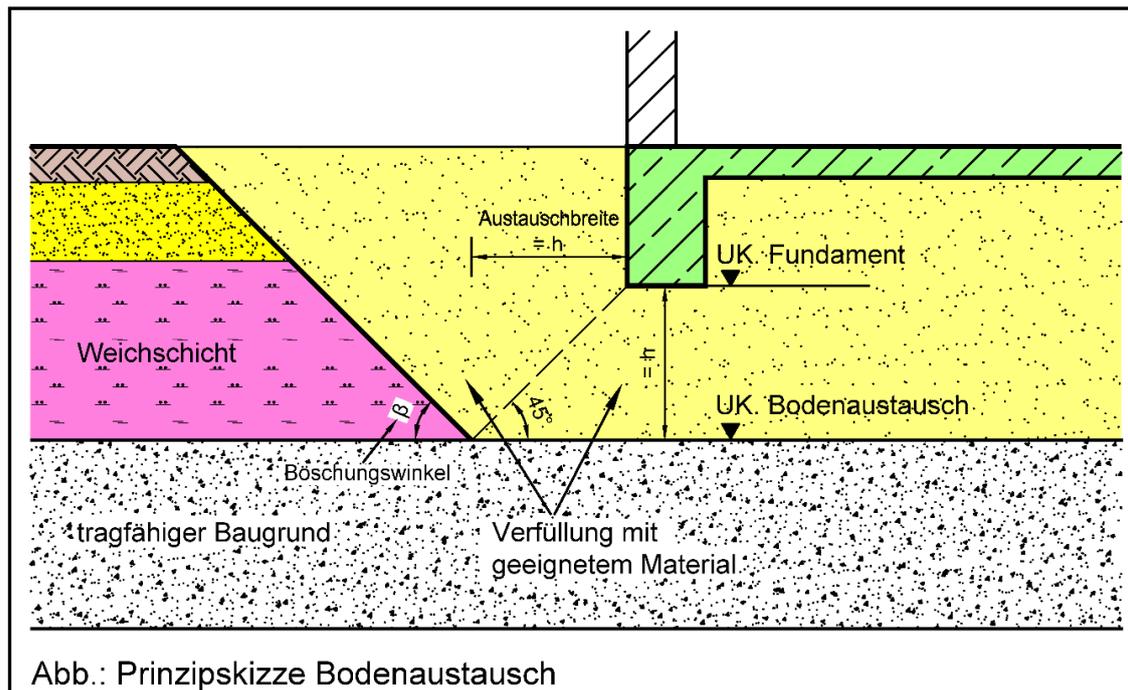
Nach den Baugrundaufschlüssen und geotechnischen Berechnungen sind folgende Aushubsohlen zu erwarten:

DS-Nr.	Aushubsohle [m NHN]
1	+ 0,1
4	+ 0,6
BS 6	± 0,0

Im Bereich des Bauwerkes ist ein vollständiger Bodenaustausch der organischen Weichschichten durchzuführen. Die Aushubsohle ist mit einem mittelschweren Verdichtungsgerät (z.B. AT 2000) im zweimaligen, kreuzweisen Übergang nachzuverdichten.

Beim Bodenaustausch ist im nicht unterkellerten Bereich von Unterkante der Fundamente ein Lastausstrahlungswinkel $\alpha = 45^\circ$ zu berücksichtigen. Der einzubauende Füllsand für den Bodenaustausch und die Arbeitsraumverfüllung sollte den Bodengruppen SE nach DIN 18196 entsprechen (Schluffkorn $d \leq 0,063$ mm ≤ 10 %), einen k_f -Wert $> 10^{-4}$ m/s aufweisen und ist auf eine Lagerungsdichte $D = 0,4$ zu verdichten.

Die Verdichtung ist als Fremdüberwachung nachzuweisen durch 6 Stück Rammsondierungen, $t = 2$ m.



Bei der Bauausführung wird empfohlen, eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten durchzuführen. Dabei ist besonders zu vergleichen, ob die angetroffenen Böden mit dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung übereinstimmen, da Abweichungen des Baugrundes von den Baugrundaufschlüssen nicht auszuschließen sind (siehe auch Hinweise zum Baugrundrisiko).

5.10 Hinweise zur Abdichtung von Bauwerken

Die DIN 18195 "Abdichtung von Bauwerken - Begriffe" enthält die Aufteilung von Bauwerksabdichtungen in fünf Anwendungsbereiche (DIN 18531 bis DIN 18535) und legt Begriffe, Abkürzungen und Bezeichnungen fest.

Die Abdichtung von erdberührten Bauteilen ist in der DIN 18533 (2017-07) geregelt. Die DIN 18533 Teil 1-3 gilt für die Planung, Wahl und Ausführung der Abdichtung von erdberührten Bauteilen mit bahnenförmigen und flüssig zu verarbeiteten Abdichtungsmitteln.

In Teil 1, Ziffer 5 werden die Einwirkungen und Nutzungsklassen geregelt:

5.1 Wassereinwirkung

5.2 Lasteinwirkung

5.3 Sonstige äußere Einwirkungen

5.4 Einwirkung aus dem Untergrund - Risse/Rissklassen

5.5 Raumnutzungsklassen

Unter 5.1 Wassereinwirkung werden in Tabelle 1 die Wassereinwirkungsklassen unterschieden:

DIN 18533-1:2017-07

Tabelle 1 — Wassereinwirkungsklassen

Nr.	1	2	3	4
	Klasse	Art der Einwirkung	Beschreibung	Abdichtung nach
1	W1-E	Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser	5.1.2.1	8.5
2	W1.1-E	Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden	5.1.2.2	8.5.1
3	W1.2-E	Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung	5.1.2.3	8.5.1
4	W2-E	Drückendes Wasser	5.1.3.1	8.6
5	W2.1-E	Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe	5.1.3.2	8.6.1
6	W2.2-E	Hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Eintauchtiefe	5.1.3.3	8.6.2
7	W3-E	Nicht drückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken	5.1.4	8.7
8	W4-E	Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden	5.1.5	8.8

Aufgrund der vorhandenen Baugrundverhältnisse und des Bemessungswasserstands sind folgende Wassereinwirkungsklassen anzuwenden:

W2.1-E *Mäßige Einwirkung bei drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe:* Tiefe des abzudichtenden Bauteils unter dem Bemessungswasserstand ≤ 3 m.

Gesamter Bereich:

W4-E *Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden: Gilt für Wände, Fundamente und Bodenplatten bis 20 cm unterhalb und bis 30 cm oberhalb der Geländeoberkante, die durch Spritz-, Sicker- sowie kapillar aufsteigendes Wasser ohne hydrostatischen Druck belastet werden.*

In der DIN 18533 sind nähere Einzelheiten auch in Bildern dargestellt.

Die Festlegung der Rissklassen erfolgt durch den Tragwerksplaner und die Festlegung der Raumnutzungsklassen durch den Objektplaner.

Wirkung und Bestand der Abdichtung von erdberührten Bauteilen hängen nicht nur von ihrer fachgerechten Planung und Ausführung ab, sondern auch von der abdichtungstechnisch zweckmäßigen Planung, Dimensionierung und Ausführung der Bauteile, auf die die Abdichtung aufgebracht wird. Die Wirkung und der Bestand der Abdichtung hängen von der aufeinander abgestimmten Planung aller Beteiligten ab.

Diese Hinweise zur Bauwerksabdichtung ersetzen nicht die Planung der Bauwerksabdichtungsmaßnahmen nach DIN 18533.

5.11 Maßnahmen gegen aggressives Grundwasser (Betonangriff)

Nach den Ergebnissen der chemischen Untersuchung ist das Grundwasser nach DIN 4030-1 in die Expositionsklasse XA 1 einzustufen, was einer chemisch schwach angreifenden Umgebung nach DIN EN 206 entspricht.

Als Schutz gegen aggressives Grundwasser sind betontechnologische Maßnahmen gemäß DIN 1045-2 in Verbindung mit DIN EN 206 erforderlich.

5.12 Überprüfung der Aushub- und Gründungssohlen

Bei der Bauausführung wird empfohlen, eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten durchzuführen. Dabei ist besonders zu vergleichen, ob die angetroffenen Böden mit dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung übereinstimmen, da Abweichungen des Baugrundes von den Baugrundaufschlüssen nicht auszuschließen sind (siehe auch Hinweise zum Baugrundrisiko).

In Zweifelsfällen bitten wir um unverzügliche Benachrichtigung durch die örtliche Bauleitung.

6 Zusammenfassung

Die geplante Blockstation ist ein teilunterkellertes eingeschossiges Bauwerk.

Der Baugrund besteht unter einer unterschiedlich mächtigen, organischen Schluffschicht aus Sanden, die z.T. schluffige Beimengungen aufweisen.

Nach einem Vollaustausch der humosen Schluffschichten und einer Sandauffüllung kann der nicht unterkellerte Bereich flach gegründet werden. Der unterkellerte Bereich liegt in den vorhandenen Sanden. Für die Bemessung der Stahlbetongrundplatten kann ein Bettungsmodul von $K = 15 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden:

Weitere Einzelheiten sowie die Ergebnisse der Setzungsermittlungen sind im Bericht gegeben.

Bei einer wesentlichen Planungsänderung, insbesondere einer Änderung der Lage oder Höhenanordnung des Bauwerkes, bitten wir um eine Information, damit überprüft werden kann, ob und welche Auswirkungen sich für die Gründungskonstruktion ergeben.



Dipl.-Ing. Jens Behnke
Geschäftsführender Gesellschafter



i. A. M. Sc. Geow. Imke Krull



Verteiler:

Bauherr:	Wesernetz Bremen GmbH Theodor-Heuss-Allee 20 28215 Bremen	digital
Tragwerksplanung:	STB Sabotke - Timm & Partner Beratende Ingenieure VBI, PartGmbB Sonneberger Str. 15 28329 Bremen	digital

7 Anlagenverzeichnis

I N H A L T	Anlage Nr.	
	von	bis
1. <u>Lageplan</u>	1	
2. Felduntersuchungen		
2.1 Bodenprofile aus Sondierbohrungen und Drucksondierungen	2.1	
2.2 Drucksondierungsdiagramme	2.2.1	2.2.5
2.3 Grundwasserganglinien	2.3.1	2.3.2
3. Laboruntersuchungen		
3.1 Korngrößenverteilungen	3.1.1	3.1.3
3.2 Bodenmechanische Kennziffern	3.2	
3.3 Chemische Analysen – Grundwasser	3.3.0	3.3.10
3.4 Chemische Analysen – Boden	3.4.1	3.4.19
3.5 Homogenbereiche	3.5.1	3.5.4
4. Gutachten		
4.1 Setzungsberechnungen	4.1.1	4.1.3