



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 12350
Datum: 03.08.2020
Zeichen: Kru/ALa
Datei: O:\19\12350\GTB3B.docx

**Fernwärmeverbindungsleitung, Hochschulring (Kuhgrabenweg) bis
Heizwerk Vahr (Richard-Boljahn-Allee), Bremen**

Geotechnischer Bericht Nr. 3B

**Baugrundbeurteilung und Angaben zum Verbau - Unterpressung U5
Kirchbachstraße**

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

Objektplanung: Fichtner Water & Transportation GmbH
Hammerbrookstr. 47b
20097 Hamburg

Tragwerksplanung: Meinke/Mielke Ingenieurgruppe GmbH
Große Fischerstr. 15
27283 Verden/Aller

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Jens Behnke
Dr.-Ing. Gerd von Bloh*
Dipl.-Ing. Thorsten Schultze

*Anerkannter Prüfsachverständiger für Erd-
und Grundbau nach Bauordnungsrecht
Amtsgericht Bremen HRB 22513



INHALTSVERZEICHNIS

1	Anlass der geotechnischen Untersuchungen	4
2	Bauvorhaben (Anlagen 3B-1 und 3B-2.1)	4
2.1	Verwendete Unterlagen	4
2.2	Baugelände (Anlagen 3B-1 und 3B-2.1)	5
2.3	Bauwerk – Unterpressung U5	5
3	Baugrund (Anlagen 3B-2.1 bis 3B-3.7.5)	7
3.1	Geologische und bautechnische Vorgeschichte	7
3.2	Baugrundaufschlüsse (Anlagen 3B-2.1)	7
3.3	Baugrundverhältnisse (Anlage 3B-2.1)	8
3.3.1	Baugrundsichtung (Anlage 3B-2.1)	8
3.3.2	Baugrundfestigkeit	9
3.4	Grundwasserverhältnisse	10
3.4.1	Hauptgrundwasserstockwerk	10
3.4.2	Stauwasserhorizont	11
3.5	Ergebnisse von Laborversuchen (Anlagen 3B-3.1 bis 3B-3.7.5)	12
3.5.1	Ergebnisse von bodenmechanischen Laborversuchen (Anlagen 3B-3.1 bis 3B-3.2.2)	12
3.5.2	Ergebnisse von chemischen Laboruntersuchungen (Anlagen 3B-3.5.1 bis 3B-3.5.5)	13
3.5.3	Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen (Anlagen 3B-3.7.1 bis 3B-3.7.5)	14
4	Beurteilung des Baugrundes	17
4.1	Baugrundmodell	17
4.2	Baugrundeigenschaften	18
4.3	Baugrundtragfähigkeit	19
4.4	Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke	19
4.5	Homogenbereiche - VOB 2016 (Anlagen 3B-4.1 bis 3B-4.3)	20
4.6	Bodenkennwerte	21
4.7	Beurteilung des Baugrundrisikos	22
5	Angaben zum Verbau der Start- und Ziel-Baugruben zum Unterpressen	24
5.1	Gründung der Leitung	24
5.2	Baugrubenverbau der Start- und Ziel-Baugruben	24
5.3	Gründung der Baugrube	25
5.4	Grundwasserabsenkung	27
5.4.1	Grundwasserabsenkung - Allgemeines	28
5.5	Erdarbeiten	30
5.6	Überprüfung der Aushub- und Gründungssohlen	31
6	Zusammenfassung	32
7	Anlagenverzeichnis	33



TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Abmessungen der Start- und Zielbaugrube [5].	6
Tabelle 2: Gemessener Grundwasserstand des Hauptgrundwasserleiters gemessen in m und m NHN (Peilfilter).	10
Tabelle 3: Gemessener Grundwasserstand des gespannten Hauptgrundwasserleiters gemessen in m und m NHN (unverrohrt).	10
Tabelle 4: Grundwasserstände (niedrigster, mittlerer, höchster) aus der Hydrogeologischen Karte des GDfB.	11
Tabelle 5: Gemessener Stauwasserstand gemessen in m und m NHN (unverrohrt).	11
Tabelle 6: Untersuchungsumfang der chemischen Analysen gemäß LAGA M 20 TR Boden Teil Boden und Bauschutt.	13
Tabelle 7: Einstufung der orientierenden Analysen gemäß LAGA M 20 bezogen auf die Homogenbereiche.	13
Tabelle 8: Untersuchungsergebnis der chemischen Analysen der Asphaltprobe gemäß PAK und Phenolindex.	14
Tabelle 9: Chemische Analyseergebnisse der Grundwasserprobe gemäß der Parameter Eisen, Leitfähigkeit und Chlorid.	14
Tabelle 10: Ergebnis der Grundwasseranalyse gemäß Parameterumfang der Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau.	15
Tabelle 11: Einstufung der Bodenarten gemäß ihrer Tragfähigkeit.	19
Tabelle 12: Einteilung der Homogenbereiche.	21
Tabelle 13: Charakteristische Bodenkennwerte für die Homogenbereiche (HB).	22
Tabelle 14: Grundwasserabsenkung für die Herstellung der Start- und Zielbaugrube.	27

1 Anlass der geotechnischen Untersuchungen

Die Wesernetz Bremen GmbH plant die Verlegung einer Fernwärmeverbindungsleitung in Bremen vom im Nord-Osten gelegenen Hochschulring bis zum Heizwerk Vahr. Das Grundbaulabor Bremen wurde beauftragt, für die bevorstehende Maßnahme eine Baugrundbeurteilung einschließlich der Baugrundaufschlüsse und Laborversuche durchzuführen.

Die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse, der Feld- und Laborversuche sowie eine Beurteilung des Baugrundes sowie Angaben zur offenen Bauweise sind im Geotechnischen Bericht Nr. 2A [6] dargestellt.

Dieser Geotechnische Bericht 3B enthält die Angaben zur Herstellung der Start- und Zielbaugrube für die Unterpressung U5 in der Kirchbachstraße.

2 Bauvorhaben (Anlagen 3B-1 und 3B-2.1)

2.1 Verwendete Unterlagen

Fichtner Water & Transportation GmbH

- [1] Übersichtskarte - Lageplaneinteilung, Plan Nr.: 1.1, Maßstab 1 : 5.000.
Leistungsphase: Vorplanung, Vorabzug Stand 12.04.2019.
- [2] Übersichtskarte, Plan Nr.: 1.0, Maßstab 1 : 5.000. Leistungsphase:
Machbarkeitsstudie, Vorabzug Stand 27.11.2018.
- [3] WESERNETZ BREMEN GMBH Fernwärmeleitung - Hochschulring bis Heizwerk
Vahr - Entwurfsplanung Baugruben H.-H.-Meier-Allee und Kirchbachstraße,
Projekt-Nr. 618-1180Oktober 2019, Stand 09.10.2019, Fichtner Water &
Transportation GmbH, per Mail erhalten am 14.10.2019 von Wesernetz GmbH.
- [4] Längsschnitte – Abwicklung Fernwärmeverlauf Knotenpunkt 283-340,
Entwurfsplanung, Maßstab 1 : 250, Plan Nr. 3.8, Stand 27.04.2020, Fichtner
Water



Wesernetz GmbH

[5] 20191014_FVLO_WN_Unterpressungen_TrasseF1_V07, per Mail erhalten am 18.12.2019.

Grundbaulabor Bremen GmbH

[6] Baugrundbeurteilung und Angaben zur Gründung und zum Verbau. Fernwärmeverbindungsleitung, Hochschulring (Kuhgrabenweg) bis Heizwerk Vahr (Richard-Boljahn-Allee), Bremen - Geotechnischer Bericht Nr. 2A, 14.05.2020.

2.2 Baugelände (Anlagen 3B-1 und 3B-2.1)

Der Trassenverlauf der Fernwärmeverbindungsleitung ist auf der Planunterlage [1] bzw. auf dem Übersichtslageplan (Anlage 1.1) der Planunterlage [6] dargestellt.

Im Bereich der geplanten Leitungstrasse wurde im Vorfeld bzw. im Zuge der Baugrunderkundung eine Ortsbesichtigung durchgeführt. Dabei wurde Folgendes festgestellt:

Die Kirchbachstraße ist eine asphaltierte Straße mit beidseitig angelegtem Grünstreifen, gepflastertem Geh- und Radweg und angrenzender Wohn- und Geschäftsbebauung. In der Straßenmitte der überwiegend vierspurigen Straße verläuft eine Straßenbahnlinie der BSAG AG. Der Sondierabschnitt ist auf der Anlage 3B-1 und dem Lageplan der Anlage 3B-2.1 dargestellt.

2.3 Bauwerk – Unterpressung U5

Die Objektplanung wird ausgeführt von der Fichtner Water & Transportation GmbH.

Für die Querung der BSAG Gleisanlage ist in der Kirchbachstraße die Herstellung einer Start- und Ziel-Baugrube für die Unterpressung U5 geplant [3 bis 5]. Die Fernwärmeleitung (DN 900) soll über eine Länge von ca. 46 m unterpresst werden.

Abmessungen

Tabelle 1: Abmessungen der Start- und Zielbaugrube [5].

	Länge [m]	Breite [m]	Tiefe [m]	Station aus Lageplan
Startgrube	ca. 10,50	ca. 6,00	≈ 5,55	4+769.039
Zielgrube	ca. 4,00	ca. 6,00	≈ 5,60	4+825.821

Höhen

Die m NHN-Höhen der Sondierpunkte wurden mit einem satellitengestützten Positionssystem via GNSS-Technik (GPS/GLONASS) eingemessen (Genauigkeit ca. horizontal = 1 bis 2 cm, vertikal = 1,5 bis 3 cm).

Der aktuell gültige Höhenbezug Normalhöhennull (NHN) entspricht in der betrachteten Region mit geringen Abweichungen im Millimeterbereich dem früheren Normalnull (NN). In einigen Kartenwerken sind die Angaben noch auf NN bezogen. Die regionalen Abweichungen liegen im Bereich der Messtoleranzen, so dass für den Geotechnischen Bericht alle Daten mit NHN bezeichnet werden.

Kirchbachstraße (Anlagen 3B-1 und 3B-2.1)

Gelände, max.	(BS 65)	+	3,40 m NHN
Gelände, min.	(BS 66)	+	3,06 m NHN
Grundwasser	(BS 65: 22.07.2019)	+	0,96 m NHN
Grundwasserhöchststand lt. Hydrogeologischer Karte GDfB	ca.	+	2,50 m NHN
UK-Leitung	(BS 65)	-	1,40 m NHN
UK-Leitung	(BS 66)	-	1,79 m NHN
Baugrubensohle	(BS 65)	-	2,15 m NHN
Baugrubensohle	(BS 66)	-	2,54 m NHN

3 Baugrund (Anlagen 3B-2.1 bis 3B-3.7.5)

3.1 Geologische und bautechnische Vorgeschichte

Nach der geologischen Übersichtskarte, Blatt Bremen, sind im Bereich der Baufläche humose (organische) Sande zu erwarten.

Nach der Baugrundkarte Bremen, Blatt Stadtmitte, ist im Bereich der beiden Bauflächen 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) dargestellt wurden, ist zwischen + 1,30 m NN zu erwarten.

Die Oberfläche der Lauenburger Schichten, die ebenfalls im 3D-Strukturmodell des GDfB dargestellt wurde, ist auf – 26 m NN = ca. 29 m Tiefe zu erwarten.

3.2 Baugrundaufschlüsse (Anlagen 3B-2.1)

Zur Erkundung des Baugrundes wurden von unserem Labor im Juli 2019 folgende Baugrundaufschlüsse durchgeführt:

Direkte Baugrundaufschlüsse:

2 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1, Durchmesser 45 mm bis 80 mm, t = 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:

2 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 (DPH), t = 10 m.

Die Lage und das Ergebnis der Baugrundaufschlüsse, höhengerecht im Maßstab 1 : 100 als Bodenprofile mit den Sondierdiagrammen dargestellt, zeigt die Anlage 3B-2.1.

Die Lage der Baugrundaufschlüsse ist auf dem Lageplan der Anlage 3B-2.1 dargestellt.

3.3 Baugrundverhältnisse (Anlage 3B-2.1)

3.3.1 Baugrundsichtung (Anlage 3B-2.1)

Aus den direkten Baugrundaufschlüssen ist die nachstehende Schichtenfolge erkennbar:

Unter einer Oberflächenbefestigung aus Asphalt stehen Tragschichten aus Mineralgemisch bzw. hydraulisch verfestigte Tragschichte (Sandzement) an. Unterhalb der Tragschichten ab einer Tiefe von 0,38 m bis 0,40 m steht eine Auffüllung aus Sanden mit z.T. schluffigen Beimengungen an. Unterhalb der Auffüllung ab einer Tiefe von 1,40 m bis 1,70 m = + 1,66 m NHN bis + 1,70 m NHN folgen sandige, tonige Schluffschichten mit z.T. humosen Beimengungen in überwiegend weich bis steifer teilweise fester Konsistenz. In die Schluffschichten sind holozäne Sande mit Mächtigkeiten von 0,30 m bis 0,40 m eingelagert. In einer Tiefe von 2,30 m bis 2,40 m = + 0,76 m NHN bis + 1,00 m NHN stehen pleistozäne Sande an, die im Übergangsbereich z.T. schluffige Beimengungen aufweisen.

Die pleistozänen Sande wurden in der Endtiefe der Sondierbohrungen nicht durchteuft. Sie stehen erfahrungsgemäß in einer größeren Mächtigkeit an und werden nach der Baugrunderkarte Bremen in ca. 29 m Tiefe von Lauenburger Schichten unterlagert.

Das Ergebnis der Baugrunderaufschlüsse, höhengerecht im Maßstab 1 : 100 als Bodenprofile mit den Sondierdiagrammen dargestellt, zeigt die Anlage 3B-2.1.

3.3.2 Baugrunderfestigkeit

Aus den Sondierwiderständen der schweren Rammsonde (DPH) nach DIN EN ISO 22476-2, kann bei nichtbindigen Böden unmittelbar auf die Baugrunderfestigkeit 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. Es kann von folgendem Zusammenhang zwischen den Schlagzahlen n_{10} und der Baugrunderfestigkeit ausgegangen werden:

Schlagzahlen n_{10}		Benennung der Festigkeit	Lagerung
0	1	sehr gering	sehr locker
1	- 2	gering	locker
2	- 5	mittel	mitteldicht
5	- 10	groß	dicht
>	10	sehr groß	sehr dicht

Die Rammsondierungen DPH 65 und DPH 66 zeigen in den Tragschichten sehr große Festigkeiten. In der Auffüllung weisen die Schlagzahlen von $n_{10} = 8$ bis > 10 auf große bis sehr große Festigkeiten hin. In den Schluffschichten sind sehr geringe bis geringe Festigkeiten zu erwarten. Die unterhalb der Weichschichten anstehenden pleistozänen Sande zeigen mit Schlagzahlen von $n_{10} = 2$ bis 14 geringe bis überwiegend mittlere bis große Festigkeiten, z.T. sehr große Festigkeiten.

3.4 Grundwasserverhältnisse

3.4.1 Hauptgrundwasserstockwerk

Nach den durchgeführten Baugrundaufschlüssen sind die Sande unterhalb der Weichschichten der Grundwasserleiter des Hauptgrundwasserstockwerkes. Den Grundwassernichtleiter bilden die in größerer Tiefe anstehenden Lauenburger Schichten.

Aufgrund der z.T. sehr gering durchlässigen Weichschichten kann sich ein gespannter Grundwasserspiegel einstellen bzw. ist ein gespannter Grundwasserspiegel vorhanden.

Es wurde in der beiden Kleinrammbohrung BS 65 ein Peilfilter eingebaut, dessen Filterstrecke in den Sanden des Hauptgrundwasserleiters liegt. Während der Sondierarbeiten wurde folgender Grundwasserspiegel eingemessen:

Tabelle 2: Gemessener Grundwasserstand des Hauptgrundwasserleiters gemessen in m und m NHN (Peilfilter).

Sondierbohrung	Datum	Grundwasserstand in Ruhe	
		[m]	[m NHN]
BS 65	22.07.2019	2,44	+ 0,96

Der gespannte Grundwasserstand wurde in den unverrohrten Sondierbohrungen BS 66 angetroffen. Es ist jedoch zu beachten, dass in den unverrohrten Sondierbohrungen das Grundwasser nicht eindeutig eingemessen werden kann.

Tabelle 3: Gemessener Grundwasserstand des gespannten Hauptgrundwasserleiters gemessen in m und m NHN (unverrohrt).

Sondierbohrung	Datum	Grundwasserstand in Ruhe	
		[m]	[m NHN]
BS 66 (unverrohrt)	22.07.2019	2,40	+ 0,66

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 sind im Bereich der Baufläche folgende Grundwasserstände des Hauptgrundwasserstockwerkes angegeben:

Tabelle 4: Grundwasserstände (niedrigster, mittlerer, höchster) aus der Hydrogeologischen Karte des GDfB.

Abschnitt	Grundwasserstand (aufgerundet) [m NHN]		
	niedrigster	mittlerer	höchster
Kirchbachstraße	+ 0,80	+ 1,10	+ 2,50

3.4.2 Stauwasserhorizont

Die eingelagerten bindigen Schichten wirken als Grundwasserstauer für ein Stauwasserhorizont, für den die überlagernden Sande der Auffüllung den Grundwasserleiter bilden.

Der Grundwasserspiegel des Stauwasserhorizontes wurde in der unverrohrten Sondierbohrung BS 65 angetroffen. Es ist jedoch zu beachten, dass in den unverrohrten Sondierbohrungen das Grundwasser nicht eindeutig eingemessen werden kann.

Tabelle 5: Gemessener Stauwasserstand gemessen in m und m NHN (unverrohrt).

Sondierbohrung	Datum	Grundwasserstand in Ruhe	
		[m]	[m NHN]
BS 65 (unverrohrt)	22.07.2019	1,70	+ 1,70

Im Bereich der bindigen und humosen/organischen Schluffschichten ist insbesondere bei sandigen Zwischenschichten oder darüber lagernden Auffüllungen mit stauendem Sickerwasser in Abhängigkeit von Niederschlägen zu rechnen. Bei langanhaltenden Niederschlägen ist im ungünstigsten Fall davon auszugehen, dass sich Sickerwasser bis nahe zur Geländeoberkante anstaut.



3.5 Ergebnisse von Laborversuchen (Anlagen 3B-3.1 bis 3B-3.7.5)

3.5.1 Ergebnisse von bodenmechanischen Laborversuchen (Anlagen 3B-3.1 bis 3B-3.2.2)

Von den gestörten Bodenproben wurden in unserem Labor folgende bodenmechanische

Auffüllung:

Sand, schw. schluffig **[HB-B]**

Bodengruppe (DIN 18196) **SU**

Korngrößenverteilung (DIN 18123)

Schluffkorn	$d \leq 0,06$	mm	=	13	%
Sandkorn	$d = 0,06 - 2,0$	mm	=	84	%
Kieskorn	$d \geq 2,0$	mm	=	3	%

Holozäne Weichschicht:

Schluff, feinsandig, tonig, schw. humos **[HB-C1]**

Bodengruppe (DIN 18196) **UL - UA**

Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1) $w_n = 16,2 - 31,5$ %

Pleistozäne Sande,

schw. schluffig bis schluffig **[HB-D]**

Bodengruppe (DIN 18196) **SU - SU***

Korngrößenverteilung (DIN 18123)

Schluffkorn	$d \leq 0,06$	mm	=	10	-	19	%
Sandkorn	$d = 0,06 - 2,0$	mm	=	81	-	91	%
Kieskorn	$d \geq 2,0$	mm	=	0			%

3.5.2 Ergebnisse von chemischen Laboruntersuchungen (Anlagen 3B-3.5.1 bis 3B-3.5.5)

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

Tabelle 6: Untersuchungsumfang der chemischen Analysen gemäß LAGA M 20 TR Boden Teil Boden und Bauschutt.

Probenart	Entnahmestelle	Tiefe [m]	Bodenart	Untersuchungsumfang LAGA
Einzelprobe	BS 66	0,40 - 1,00	Sand (aufgefüllt)	Boden Mindestumfang

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 und dessen Umlagerung mit der zuständigen Bodenbehörde ein Bodenmanagement zu erarbeiten.

Die orientierenden chemischen Analysen haben folgende Einschätzung ergeben:

Tabelle 7: Einstufung der orientierenden Analysen gemäß LAGA M 20 bezogen auf die Homogenbereiche.

Homogenbereich	Probenart	Entnahmestelle	Tiefe [m]	Bodenart	Einbauklasse für analysierte Proben
B	Einzelprobe	BS 66	0,40 - 1,00	Sand (aufgefüllt)	Z2

Weitere Angaben zur Wiederverwertung von Böden, Gemischen und Bauschutt sind in Planunterlage [6] gegeben.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen der Proben im Detail einschließlich der Deklaration sind auf den Anlagen 3B-3.5.1 bis 3B-3.5.5 dargestellt.

Es wurden folgende Proben der Oberflächenbefestigung aus Asphalt zur Analyse an das Labor Dr. Döring gesandt:

Tabelle 8: Untersuchungsergebnis der chemischen Analysen der Asphaltprobe gemäß PAK und Phenolindex.

Entnahmestelle	Tiefe [m]	PAK nach EPA [mg/kg]	Phenolindex [µg/l]	Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)
BS 65	0,00 - 0,23	92,27	< 10	17 03 01*

Die untersuchten Oberflächenbefestigung sind gemäß den Vorgaben der RuVA-StB 01-2005 zu verwerten bzw. zu entsorgen.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen der Asphaltprobe im Detail sind auf den Anlagen 3B-3.5.1 bis 3B-3.5.3 dargestellt.

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.

3.5.3 Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen (Anlagen 3B-3.7.1 bis 3B-3.7.5)

Während der Baugrunderkundungen wurde in der Kleinrammbohrung BS 65 ein Peilfilter eingebaut und nach dem Klarpumpen eine Grundwasserprobe entnommen. Die chemische Analyse der Grundwasserproben durch das chemische Labor Dr. Döring hatte folgendes Ergebnis:

Tabelle 9: Chemische Analyseergebnisse der Grundwasserprobe gemäß der Parameter Eisen, Leitfähigkeit und Chlorid.

Entnahmestelle	Entnahmedatum	Tiefe [m]	Eisen [mg/l]	Leitfähigkeit µS/cm	Chlorid [mg/l]
BS 65	22.07.2019	3,00 - 5,00	21	1090	190

Bei der Einleitung von Grundwasser in Oberflächengewässer und Niederschlagswasserkanäle ist für Eisen ein Grenzwert von 5 mg/l, für Chlorid von 400 mg/l (Sommer) bzw. 1.500 mg/l (Winter) und für die Leitfähigkeit von 2.200 µS/cm (Sommer) bzw. 5.000 µS/cm (Winter) einzuhalten. In der untersuchten Probe werden die vorgegebenen Grenzwerte mit Ausnahme von Eisen eingehalten.

Die Grundwasserprobe aus den Sondierbohrungen BS 65 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. Die Grenzwerte für eine Wiedereinleitung in den Untergrund und in Oberflächengewässer bzw. Niederschlagswasserkanäle wurden teilweise überschritten und sind von der Behörde zu prüfen.

Tabelle 10: Ergebnis der Grundwasseranalyse gemäß Parameterumfang der Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau.

Parameter	Einheit	BS 65 3,00 m - 5,00 m	Überschreitung der Grenzwerte
Mineralöl-KW	µg/l	< 100	
BTEX	µg/l	0,7	
Benzol	µg/l	< 0,1	
LHKW _{Summe}	µg/l	14,8	Wiedereinleitung
LHKW _{Einzel}	µg/l	13	Wiedereinleitung Oberflächengewässer Niederschlagswasserkanal
PAK _{Summe} EPA, ohne Naphthalin	µg/l	0,06	
Naphthalin	µg/l	< 0,1	
PAK _{Summe} EPA ,mit Naphthalin	µg/l	0,06	
AOX	µg/l	180	Oberflächengewässer Niederschlagswasserkanal
Cadmium	µg/l	< 0,2	
Arsen	µg/l	13	Oberflächengewässer Niederschlagswasserkanal
Chrom/Kupfer/Nickel	µg/l	1,0/ < 2,0/ 1,80	

Blei	µg/l	< 0,2	
Zink	µg/l	5,7	
Ammonium (NH ₄ -N)	mg/l	1,8	
Phosphor (P _{ges.})	mg/l	4,6	Oberflächengewässer Niederschlagswasserkanal
CSB	mg/l	20	
Eisen	mg/l	21	Oberflächengewässer Niederschlagswasserkanal
Chlorid	mg/l	190	
Sulfat	mg/l	40	
pH-Wert	mg/l	7,3	
Leitfähigkeit	µS/cm	1090	
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	< 10	

Die Werte werden in jedem Einzelfall im Rahmen der Antragsbearbeitung festgelegt. Die Werte finden im Regelfall Anwendung bei begrenzten Einleitungsmengen. Für größere Einleitungsmengen (> 10.000 m³) und bei besonderen Gegebenheiten können verschärfte Einleitwerte festgelegt werden. Die Entnahme von Grundwasser und die Wiedereinleitung bzw. die Einleitung in ein Oberflächengewässer bedarf einer Erlaubnis durch die Wasserbehörde. Die Einleitung von Grundwasser in die öffentliche Kanalisation bedarf einer Erlaubnis durch die hanseWasser.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen der Proben im Detail sind auf den Anlagen 3B-3.7.1 bis 3B-3.7.5 dargestellt.

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 zu fließendes Grundwasser aus dem Absenktrichter und aus tieferen Schichten zu rechnen. Dadurch kann es zu einer Veränderung der Inhaltsstoffe kommen.

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 Oberflächenbefestigung aus Asphalt stehen Tragschichten aus Mineralgemisch bzw. hydraulisch verfestigte Tragschichte (Sandzement) an. Unterhalb der Tragschichten folgt eine Auffüllung aus Sanden mit z.T. schluffigen Beimengungen [Homogenbereich B]. Darunter stehen holozäne Weichschichten aus Schluffen [Homogenbereich C1], in die bereichsweise holozäne Sande [Homogenbereich D] eingelagert sind, an. Unter den holozänen Weichschichten folgen pleistozäne Sande [Homogenbereich D].

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

4.2 Baugrundeigenschaften

Die angetroffenen Bodenarten weisen folgende Baugrundeigenschaften auf:

Auffüllung: Sand, tlw. schw. schluffig

[HB-B]

Dichte:	locker bis sehr dicht
Scherfestigkeit:	mittel bis groß
Zusammendrückbarkeit:	gering
Wasserempfindlichkeit:	gering
Wasserdurchlässigkeit:	schwach durchlässig bis stark durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V1 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	mittel bis schwer, z. T. sehr schwer
Frostempfindlichkeit:	F1 nach ZTVE-StB 09

Holozäne Weichschicht:

Schluff, tonig, schw. sandig

[HB-C1]

Konsistenz:	weich bis steif
Scherfestigkeit:	gering bis sehr gering
Zusammendrückbarkeit:	groß bis sehr groß
Wasserempfindlichkeit:	groß bis sehr groß
Wasserdurchlässigkeit:	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V2 bis V3 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	leicht bis mittel
Frostempfindlichkeit:	F3 nach ZTVE-StB 09

Holozäne Sande

[HB-D]

Dichte:	locker bis mitteldicht
Scherfestigkeit:	mittel bis groß
Zusammendrückbarkeit:	gering
Wasserempfindlichkeit:	gering
Wasserdurchlässigkeit:	durchlässig bis stark durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V1 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	leicht bis mittelschwer
Frostempfindlichkeit:	F 1 bis F 2 nach ZTVE-StB 09

Pleistozäne Sande**[HB-D]**

Dichte:	locker bis dicht, z.T. sehr dicht
Scherfestigkeit:	groß
Zusammendrückbarkeit:	gering
Wasserempfindlichkeit:	gering
Wasserdurchlässigkeit:	durchlässig bis stark durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V1 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	mittel bis schwer
Frostempfindlichkeit:	F 1 nach ZTVE-StB 09

4.3 Baugrundtragfähigkeit

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

Tabelle 11: Einstufung der Bodenarten gemäß ihrer Tragfähigkeit.

Bodenart	Tragfähigkeit
Auffüllung	gut tragfähig
Holozäne Weichschicht: Schluff	gering tragfähig
Holozäne Weichschicht: Torf	gering bis sehr gering tragfähig
Holozäne Sande	gut tragfähig
Pleistozäne Sande	gut bis sehr gut tragfähig

4.4 Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke

Von den auszuhebenden Böden sind für bautechnische Zwecke wiederverwendbar:

Die holozänen und pleistozänen Sande können zur Auffüllung wiederverwandt werden. Sofern die schlufffreien Teile (Schluffkornanteil von $\leq 6\%$) des Sandes separat gelagert werden, können diese als frostunempfindliches Material für die Wiederverfüllung unter den Verkehrsflächen eingebaut werden.

Die vorhandenen Schluffschichten sind nicht verwendbar und sind abzufahren.

Der Geologische Dienst für Bremen (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.

Der geplante Start- und Zielbaugrube ist laut Angaben des GDfB durch die Über- und Unterlagerungen von Torf und Ton bzw. Schluff 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.

Potenziell sulfatsaure Böden sollten möglichst wenig transportiert werden und es sollte ein rascher schichtenkonformer Wiedereinbau in den reduzierten Bereich des Untergrundes erfolgen. Bei der Umlagerung und dem Abtransport von potenziell sulfatsauren Böden sollten die „Ablagerungsstrategien von (potenziell) sulfatsaurem Bodenaushub“ der Geofakten 25 des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie beachtet werden.

Bei der Wiederverwendung bzw. Verwendung der Aushubböden 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 Homogenbereiche - VOB 2016 (Anlagen 3B-4.1 bis 3B-4.3)

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 3B-4.1 bis 3B-4.3 dargestellt:

DIN 18300	Erdarbeiten
DIN 18304	Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
DIN 18319	Rohrvortriebsarbeiten
DIN 18320	Landschaftsbauarbeiten

Tabelle 12: Einteilung der Homogenbereiche.

Anlage	Homogenbereich	Bezeichnung
Anl. 3B-4.1	B	Auffüllung
Anl. 3B-4.2	C1	Holozäne Weichschicht: Schluff, Schluff + Sand
Anl. 3B-4.3	D	Holozäne und pleistozäne Sande

Die Schichtgrenzen der Homogenbereiche sind in den Bodenprofilen auf der Anlage 3B-2.1 dargestellt.

4.6 Bodenkennwerte

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

Tabelle 13: Charakteristische Bodenkennwerte für die Homogenbereiche (HB).

Homogenbereich	Bodenart	BG nach DIN 18196	Wichte		Steife-modul	Scherfestigkeit		Durchlässig-keit
			γ_k	γ'_k	$E_{s,k}$	ϕ'_k	c_k	k-Wert
			[kN/m ³]	[kN/m ³]	[MN/m ²]	[°]	[kN/m ²]	[m/s]
B	Auffüllung	SE-SU/ GE-GW	18 - 20	8 - 11	0 - 30	25 - 35	0	1*10 ⁻² bis 1*10 ⁻⁴
D	Holozäne Sande	SE-SU	18 - 19	10 - 11	10 - 50	32,5 - 35	0	1*10 ⁻³ bis 1*10 ⁻⁵
C1	Weichschicht: Schluff	UL-UA/ OU	17 - 20	7 - 10	2 - 5	22,5 - 27,5	5 - 10	1*10 ⁻⁵ bis 1*10 ⁻⁸
D	Pleistozäne Sande	SE-SU/ GE-GW	18 - 21	10 - 11	20 - 90	35 - 37,5	0	1*10 ⁻² bis 1*10 ⁻⁵

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

4.7 Beurteilung des Baugrundrisikos

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 Wasser- und Setzungsempfindlichkeit der Weichschichten geprägt.

5 Angaben zum Verbau der Start- und Ziel-Baugruben zum Unterpressen

5.1 Gründung der Leitung

Die geplante Leitungssohle liegt im Bereich der Sondierbohrungen BS 65 und BS 66 in den mitteldicht bis dicht, z.T. sehr dicht gelagerten Sanden.

Für die Bemessung der Rohre können folgende charakteristische Steifemodule E_s herangezogen werden:

Überschüttung über dem Rohrscheitel,

nichtbindiger Boden

$$E_s = 20 \text{ MN/m}^2$$

Leitungszone seitlich des Rohres,

nichtbindiger Boden

$$E_s = 15 \text{ MN/m}^2$$

Boden unter dem Rohr,

nichtbindiger Boden

$$E_s = 25 \text{ MN/m}^2$$

5.2 Baugrubenverbau der Start- und Ziel-Baugruben

Im Bereich der Kirchbachstraße muss die Fernwärmeverbindungsleitung im Unterpressungsverfahren verlegt werden, um die Gleisanlagen der BSAG zu queren. Für die Unterpressungen müssen „tiefe“ Baugruben (Start- und Ziel-Baugruben) hergestellt werden.

An folgenden Untersuchungsstandorten sind Start- und Ziel-Baugruben mit folgenden Tiefen geplant:

Baugrube	BS-Nr.	GOK [m NHN]	Baugrubensohle	
			[m u. GOK]	[m NHN]
Start	65	+ 3,40	≈ 5,55	- 2,15
Ziel	66	+ 3,06	≈ 5,60	- 2,54

5.3 Gründung der Baugrube

Die geplante Baugrubensohle der Start- und Zielgrube liegt auf ca. – 2,15 m NHN bzw. – 2,54 m NHN = ca. 5,6 m unter Geländeoberkante und somit ca. 4,65 m bzw. 5,04 m unter dem max. Grundwasserspiegel und 3,25 m bzw. 3,64 m unter dem mittleren Grundwasserspiegel.

Aufgrund des erheblichen Eingriffes in den Grundwasserhaushalt und der damit verbundenen Grundwasseraufbereitung sowie der zu befürchtenden negativen Auswirkungen an den direkt angrenzenden Gebäuden wird eine Lösung empfohlen, bei der die Auswirkung auf dem Grundwasserstand auf ein Mindestmaß reduziert wird.

Die für die Durchpressungsarbeiten erforderliche Grundwasserabsenkung kann vermieden werden, wenn ein allseitig geschlossener wasserdichter Spundwandverbau mit Aussteifung oder Verankerung und eine Unterwasserbetonsohle hergestellt wird.

Nach Herstellung der Baugrube ist eine einmalige Erstförderung erforderlich, um das Grundwasser innerhalb der auszuhebenden Baugrube auf das entsprechende Niveau abzusenken.

Nach der Erstförderung ist eine temporäre Wasserhaltung bis zur Fertigstellung der Unterpressung erforderlich, um das anfallende Niederschlagswasser sowie das durch die Dichtsohle und den Spundwandverbau (mit Schlosdichtung) einsickernde Grundwasser zu fördern und abzuleiten (Restwasserhaltung).

Es wird empfohlen, das einsickernde Grundwasser mit einer offenen Wasserhaltung zu fassen und abzuleiten. Dafür ist zuerst ein Pumpensumpf herzustellen und anfallendes Grundwasser fortlaufend mit einer schwimmergeschalteten Tauchpumpe

abzuführen. Mit den Aushubarbeiten ist fortschreitend von diesem Pumpensumpf aus eine Dränageleitung am Böschungsfuß zu verlegen und erforderlichenfalls weitere Pumpensümpfe herzustellen.

Nach Erreichen der Aushubendtiefe ist im Bereich des Arbeitsraumes umlaufend eine Dränageleitung in ausreichender Tiefe herzustellen und das Grundwasser in ausreichend dimensionierten Pumpensümpfen mittels schwimmergeschalteten Tauchpumpen fortlaufend abzupumpen. Abhängig vom Wasserandrang ist ggf. ein Dränagestrang in Baugrubenachse erforderlich.

Alternativ kann das anstehende Grundwasser in der Baugrube auch über Tiefbrunnen entnommen werden.

Die im Rahmen der Restwasserhaltung anfallende Wassermenge kann nur auf Grundlage von Erfahrungswerten aus vergleichbaren Maßnahmen abgeleitet werden bzw. aus der Fachliteratur entnommen werden (z. B. Grundbautaschenbuch, Teil 3, 8. Auflage). Für Baugruben, die mit schlossgedichteten Spundwänden hergestellt werden und über eine tiefliegende Dichtsohle verfügen, kann folgende Restdurchlässigkeit abgeschätzt werden:

Restdurchlässigkeit ca. 1,5 l/s bis 5 l/s je 1.000 m² benetzter Fläche

Die benetzte Fläche setzt sich zusammen aus der Sohlfläche und dem ins Grundwasser eintauchenden Teil der Verbauwandfläche.

Es ist zu beachten, dass es sich hierbei lediglich um eine Abschätzung handelt und der tatsächliche Wasseranfall u.a. abhängig von der Ausführungsqualität, der Grundwasserstände zum Zeitpunkt der Bauausführung und den anfallenden Niederschlägen abhängt.

Die Kontrolle des Absenkzieles erfolgt durch einen Peilbrunnen in 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.

Es wird für die Baugrubensicherung empfohlen, zur Reduzierung der Verformungen einen erhöhten aktiven Erddruck ($0,75 \cdot E_a + 0,25 \cdot E_o$) in Rechnung zu stellen.

Falls verformungsempfindliche Ver- und Entsorgungsleitungen bzw. Bauwerke im Einflussbereich des Gleitkörpers liegen, muss eine Abstufung oder Rückverankerung erfolgen. Für diese Konstruktion ist der erhöhte Erddruck ($0,25 \cdot E_a + 0,75 \cdot E_o$) in Rechnung zu stellen.

Für die Berechnung der Baugrubensicherung können die unteren Bodenkennwerte gemäß Abschnitt 4.7 (Bodenkennwerte) entsprechend der Baugrundsichtung angesetzt werden.

Für die Bemessung der Baugrubensicherung sind die Vorgaben der Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB - 5. Auflage) zu beachten.

5.4 Grundwasserabsenkung

Die für die Unterpressung notwendigen Start- und Ziel-Baugruben liegen z. T. mehrere Meter tief im Grundwasser. Folgende Absenktiefen gegenüber dem mittleren Grundwasserstand wären erforderlich:

Tabelle 14: Grundwasserabsenkung für die Herstellung der Start- und Zielbaugrube.

Ab-schnitt	GW gemessen (Filter) [m NHN]	mittleres GW (GDfB) [m NHN]	Baugrubensohle [m NHN]	GW-Absenkung gegenüber mittlerem GW (GDfB) [m] Baugrubensohle – 0,3 m
BS 65	+ 0,96	+ 1,10	- 2,15	3,55
BS 66	/	+ 1,10	- 2,54	3,94

Bei der Durchführung einer Grundwasserabsenkung bis in die angegebenen Tiefen ist mit einem übergroßen Einflussbereich der Absenkung und damit verbundenen hohen Risiko von Schäden an den umliegenden Bebauungen zu rechnen.

Ferner ist der Eingriff in den Grundwasserhaushalt so groß, dass mit erheblichen Auflagen durch die Wasserbehörde gerechnet werden muss.

Es wird empfohlen, die Baugruben in einer absenkungsarmen bzw. absenkungsfreien Lösung herzustellen.

Die für die Erd- und Gründungsarbeiten erforderliche Grundwasserabsenkung kann vermieden werden, wenn ein allseitig geschlossener wasserdichter Spundwandverbau mit Aussteifungen hergestellt wird und die Sohle innerhalb des Spundwandverbaus durch eine auftriebssichere Unterwasserbetonsohle abgedichtet wird. Die Unterwasserbetonsohle kann ggf. auch rückverankert werden, um die Betonmächtigkeit zu reduzieren.

Für die Durchpressungsarbeiten ist anschließend der Spundwandkasten durch einen Tiefbrunnen (Schwerkraftbrunnen) zu leeren und danach nur noch für eine Restwasserhaltung zu betreiben.

5.4.1 Grundwasserabsenkung - Allgemeines

Die Grundwasserabsenkung ist gem. VOB Teil C (DIN 18305) Abschnitt 3.2.1 von dem Auftragnehmer auch unter Berücksichtigung des maximalen Grundwasserstandes alleinverantwortlich zu bemessen. Bei der Ausschreibung und Durchführung der Grundwasserabsenkung sind die ATV „Wasserhaltungsarbeiten“ DIN 18305 zu beachten. Es ist zu beachten, dass die Grundwasserabsenkung erlaubnispflichtig ist und bei der zuständigen Wasserbehörde beantragt werden muss.

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 Vorfluters bzw. Kanals mit den zulässigen 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	Einheit	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
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	

Fußnoten:

- 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.

Nach den durchgeführten Grundwasseruntersuchungen (siehe Abschnitt 3.5.3 „Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen“) wurden die vorgegebenen Grenzwerte nur teilweise eingehalten.

Es ist zu berücksichtigen, dass es sich aufgrund der geringen entnommenen Grundwassermenge um einen „stationären“ Zustand handelt. Bei Entnahme größerer Grundwassermengen, wie sie durch die Grundwasserabsenkung erfolgt, kann es zu einer Veränderung der Grundwasserinhaltsstoffe kommen.

Bei der Planung und Ausführung der Grundwasserabsenkung sind besonders schluffige Sande zu berücksichtigen (Versandung von Filtermaterial und Pumpen).

5.5 Erdarbeiten

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

Im Zuge der Ausschreibung, spätestens jedoch vor der Vergabe der Erdarbeiten sind die Verbringungsmöglichkeiten für den Aushubboden zu klären. Hierfür sind mit dem Auftragnehmer für die Erd- und Gründungsarbeiten eindeutige vertragliche Regelungen, erforderlichenfalls auf der Grundlage vorliegender bzw. noch zu veranlassender Schadstoffuntersuchungen des Aushubbodens, zu treffen (s. Hinweise in Abschn. 3.5.2).

Die Baugruben sind im Schutze eines Verbaus herzustellen (siehe Abschnitt 5.2).

Der Bagger sollte eine gerade Schneide haben, um eine zusätzliche Auflockerung der Aushubsohle zu vermeiden. Die Baugrubensohle ist in den Bodenprofilen mit einem roten Strich gekennzeichnet.

Die verwendeten Füllsande sollten der Bodengruppe SE, SW oder SU nach DIN 18196 entsprechen (Schluffkorn $d \leq 0,063 \text{ mm} \leq 10 \%$) und entsprechend den Vorgaben des Arbeitsblattes DWA-A 139 bzw. für die Rohrgrabenverfüllung im Straßenraum (Planum, Oberbau) der ZTVA-StB 12 verdichtet werden. Die Verdichtung der Rohrgrabenverfüllung ist als Fremdüberwachung zu überprüfen.

5.6 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 Wesernetz Bremen GmbH plant die Neuverlegung der Fernwärmeverbindungsleitung vom Hochschulring bis zur Heizwerk Vahr in Bremen.

Die Verlegung der Fernwärmeverbindungsleitung an der Kirchbachstraße erfolgt über eine Unterpressung. Dafür wird eine tiefere Start- und Ziel-Baugrube im Schutze eines Verbaus hergestellt. Die Baugruben sind „wasserdicht“ mit einer allseitig umschließenden Spundwand und einer Unterwasserbetonsohle herzustellen.

Der Baugrund besteht unter einer Oberflächenbefestigung aus Asphalt und Tragschichten aus Mineralgemisch bzw. Sandzement aus einer Auffüllung aus Sanden mit z.T. schluffigen Beimengungen. Darunter stehen holozäne Weichschichten aus Schluffschichten an, in die bereichsweise holozäne Sande eingelagert sind. Unterhalb der Weichschichten folgen bis zur Erkundungstiefe pleistozäne Sande.

Bei einer wesentlichen Planungsänderung bitten wir um eine Information, damit überprüft werden kann, welche Auswirkungen sich ergeben.

Weitere Einzelheiten sowie die Ergebnisse der Feld- und Laborversuche sind im Bericht gegeben.



Dipl.-Ing. Jens Behnke
Geschäftsführender Gesellschafter



i. A.
M. Sc. Geow. Imke Krull
Verteiler und Anlagen ...



Verteiler:

Bauherr:	Wesernetz Bremen GmbH Theodor-Heuss-Allee 20 28215 Bremen	digital
Objektplanung:	Fichtner Water & Transportation GmbH Hammerbrookstr. 47b 20097 Hamburg	digital

7 Anlagenverzeichnis

I N H A L T	Anlage Nr.	
	von	bis
1. Lageplan		
1.2 Übersichtslageplan	3B-1	
2. Felduntersuchungen		
2.2 Bodenprofile aus Sondierbohrungen und Rammsondierungsdiagramme	3B-2.1	
3. Laboruntersuchungen		
Ergebnisse von bodenmechanischen Laborversuchen		
3.1 Korngrößenverteilungen	3B-3.1	
3.2 Bodenmechanische Kennziffern	3B-3.2.1	3B-3.2.2
Ergebnisse von chemischen Laborversuchen		
3.5 Ergebnisse der chemischen Analysen im Detail	3B-3.5.1	3B-3.5.5
Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen		
3.7 Ergebnisse der chemischen Analysen im Detail	3B-3.7.1	3.7.5
4. Gutachten		
4.1 Homogenbereiche	3B-4.1	3B-4.3