

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

Deckblatt

für Änderungen im folgenden Dokument

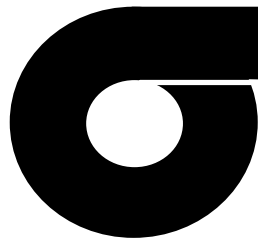
Geotechnischer Bericht Nr. 4A

Grundwasserabsenkungsmaßnahme für Erd- und
Gründungsarbeiten

*Änderungen sind als **Blau**eintrag dargestellt.*

Änderungsübersicht

Wo wurde geändert	Hinweis zu den Änderungen
Seite 3	GTB4A ersetzt GTB4
Seite 16	Ergänzung der Tabelle 2
Seite 21	Ergänzung der Tabelle 5,
Seite 23	Ergänzung der Tabelle 6



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: 07.10.2021
Zeichen: JBe/Kru/Re/ALa
O:\19\12350\GTB4.docx

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

Geotechnischer Bericht Nr. 4A

Grundwasserabsenkungsmaßnahme für Erd- und Gründungsarbeiten

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

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



INHALTSVERZEICHNIS

SEITE

1	Veranlassung	3
2	Bauvorhaben (Anlagen 1.1 bis 1.2.7)	3
2.1	Verwendete Unterlagen	3
2.2	Bauwerk.....	4
3	Baugrund (Anlagen 2.1.1 bis 2.1.10)	5
4	Grundwasserverhältnisse	14
4.1	Hauptgrundwasserstockwerk	14
4.2	Oberes Grundwasserstockwerk	16
5	Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen (Anlagen 3.6.1 bis 3.7.87)	18
6	Grundwasserabsenkungssystem (Anlage GW 1)	21
6.1.1	Grundwasserabsenkung für die offene Bauweise	21
6.1.2	Grundwasserabsenkung für die Stollenbauweise	26
6.2	Mögliche Auswirkungen aus der Grundwasserabsenkung	27
6.3	Hydrologische Berechnung (Anlagen 3.8, 4.1.1 bis 4.14.2).....	30
6.4	Einleitung und Reinfiltration von gefördertem Grundwasser (Anl. GW2).....	31
7	Anlagenverzeichnis	33

TABELLENVERZEICHNIS

SEITE

Tabelle 1: Gemessene Grundwasserstände des Hauptgrundwasserleiters in m und m NHN (Peilfilter)	14
Tabelle 2: Grundwasserstände (niedrigster, mittlerer, höchster) aus der Hydrogeologischen Karte des GDfB.....	16
Tabelle 3: Gemessene Grundwasserstände des oberen Grundwasserleiters in m und m NHN (unverrohrt).....	17
Tabelle 4: Chemische Analyseergebnisse der Grundwasserproben gemäß der Parameter Eisen, Leitfähigkeit und Chlorid.....	18
Tabelle 5: Geplante Gründungssohlen (GS) und Aushubsohlen (AS).....	21
Tabelle 6: Grundwasserabsenkung gegenüber mittlerem Grundwasserstand [m].....	23
Tabelle 7: Angaben zur Stollenbauweise zu Querung der BSAG-Gleise.....	26
Tabelle 8: Grundwasserabsenkung gegenüber mittlerem Grundwasserstand [m] für die Stollenbauweise.....	27

1 Veranlassung

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 Beurteilung des Baugrundes über den gesamten Streckenverlauf einschließlich Angaben zur Gründung, dem Verbau und den Erdarbeiten sowie alle Ergebnisse der Feld- und Laborversuche sind in unserem Geotechnischen Bericht Nr. 2 A vom 14.05.2020 dargestellt.

[Der Geotechnische Bericht Nr. 4A ersetzt den Geotechnischen Bericht Nr. 4.](#) Der Bericht enthält die Erläuterung für die notwendige Grundwasserabsenkung zur Durchführung der Erd- und Gründungsarbeiten in offener Bauweise sowie die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse, der Feld- und Laborversuche und die hydrologischen Berechnungen.

2 Bauvorhaben (Anlagen 1.1 bis 1.2.7)

2.1 Verwendete Unterlagen

Fichtner Water & Transportation GmbH

- [1] Übersichtskarte - Lageplaneinteilung, Plan Nr.: 1.1e, Maßstab 1 : 5.000.
Leistungsphase: V Entwurfsplanung, Vorabzug Stand 24.09.2019.
- [2] Übersichtskarte, Plan Nr.: 1.0, Maßstab 1 : 5.000.
Leistungsphase: Machbarkeitsstudie, Vorabzug Stand 27.11.2018.
- [3] Detailplan Standardbaugruben, Plan Nr.: 4.0, Maßstab 1 : 50.
Leistungsphase: Vorplanung, Vorabzug Stand 22.02.2019.
- [4] Längsschnitte - Abwicklung Fernwärme-Vorlauf,
Plan Nr.: 3.1 bis 3.12 -Vorabzug, Maßstab 1 : 250.
Leistungsphase: Entwurfsplanung, Vorabzug Stand 27.04.2020



- [5] Querschnitt 19.2 – Schw. Ring/H.-H.-Meier-Allee – BSAG Unterquerung:
Stollenbauweise, Plan Nr.: 4.19.2.2, Maßstab 1 : 50, Leistungsphase:
Entwurfsplanung, Vorabzug Stand 15.05.2020
- [6] Schw. Ring/Schw. Heerstr. – BSAG Unterquerung: Stollenbauweise, Plan Nr.:
4.22.6.2, Maßstab 1 : 50, Leistungsphase: Entwurfsplanung, Vorabzug Stand
11.05.2020

Grundbaulabor Bremen GmbH

- [7] Geotechnischer Bericht Nr. 2 A vom 14.05.2020

2.2 Bauwerk

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

Die Fernwärmeverbindungsleitung soll die im Bremer Nord-Osten geplante Blockstation am Hochschulring, Ecke Kuhgrabenweg mit dem Heizwerk Vahr (Emil-Sommer-Straße) verbinden. Die Verbindungsleitung besteht aus zwei Kunststoffmantelrohren (DN 500), die über eine Länge von rd. 7,5 km durch das Stadtgebiet Bremen verlegt werden [1].

Angepasst an die räumliche und verkehrstechnische Situation wird die Leitung überwiegend in offener Bauweise oder im Unterpressungsverfahren verlegt.

In offener Bauweise soll die Verbindungsleitung in einer Tiefe von 2 m unter der jeweiligen Geländeoberkante [3 + 4] verlegt werden. Für die Querung von Gewässern, Straßenbahnstrecken und Verkehrsknotenpunkten werden Start- und Ziel-Baugruben hergestellt und die Leitung unterpresst. Die Tiefe der Baugruben variiert aufgrund von Sicherheitsabständen zu vorhandenen Leitungen zwischen ca. 5 m und 8 m unter Geländeoberkante [2].

3 Baugrund (Anlagen 2.1.1 bis 2.1.10)

Aus den direkten Baugrundaufschlüssen ist die nachstehende Schichtenfolge erkennbar:

Hochschulring (Anlage 2.1.1):

Unter einer 0,30 m bis 0,40 m mächtige Mutterbodenschicht steht eine Auffüllung aus Sanden, z. T. mit schluffigen Beimengungen und Bauschutt an. Unterhalb der Auffüllung in einer Tiefe von 1,00 m bis 2,40 m = + 0,10 m NHN bis + 1,86 m NHN folgen gewachsene Sande, die z. T. schwach schluffige und schwach organische Beimengungen enthalten.

In der Sondierbohrung BS 111 stehen unterhalb des Mutterbodens 0,80 m mächtige sandige Schluffschichten in steifer Konsistenz an. In einer Tiefe von 4,40 m = - 2,24 m NHN ist in die gewachsenen Sande eine 0,20 m mächtige Torfschicht eingelagert.

In der Sondierbohrung BS 125 steht unterhalb der Auffüllung in einer Tiefe von 1,40 m = + 0,45 m NHN eine 0,20 m mächtige tonig, sandige Schluffschicht in weich bis steifer Konsistenz an.

In der Sondierbohrung 126 wurden unterhalb der Auffüllung ab einer Tiefe von 2,40 m = + 0,10 m NHN stark organische (organische) Schluffschichten und Torfschichten, die Mächtigkeiten von 0,10 m bis 1,70 m aufweisen, erkundet.

Die Sande wurden in den Endtiefen der Sondierbohrungen, mit Ausnahme der Sondierbohrungen BS 125 und BS 126, nicht durchteuft. Sie stehen erfahrungsgemäß in einer größeren Mächtigkeit an und werden nach der Baugrundkarte Bremen in ca. 15 m Tiefe von Lauenburger Schichten unterlagert.

In den Sondierbohrungen BS 125 und BS 126 wurden die Lauenburger Schichten in einer Tiefe von 14,50 m bis 15,50 m = - 12,65 m NHN bis - 13,00 m NHN erkundet.

Kuhgrabenweg (Anlage 2.1.1):

Unter einer Oberflächenbefestigung aus Asphalt stehen Tragschichten aus Mineralgemisch, Schotter und Sanden mit Mächtigkeiten von 0,25 m bis 1,10 m an. Darunter folgt eine Auffüllung aus Sanden, die z. T. schluffige Beimengungen und Bauschutt aufweisen. Unter der Auffüllung, in einer Tiefe von 0,30 m bis 2,10 m = + 1,16 m NHN bis - 0,27 m NHN, folgen größtenteils Schluff- und Torfschichten. Die tonigen, sandigen Schluffschichten mit organischen Beimengungen weisen eine weiche bis halbfeste Konsistenz auf. Die Torfschichten wurden mit Mächtigkeiten von 0,10 m bis 1,20 m erkundet. Unterhalb der holozänen Weichschichten stehen ab einer Tiefe von 1,50 m bis 3,40 m = + 0,09 m NHN bis - 1,62 m NHN fein- bis grobsandige Mittelsande an, die im Übergangsbereich teilweise schluffige Beimengungen aufweisen.

In den Sondierbohrungen BS 36 und BS 123 wurden keine holozänen Weichschichten erkundet.

In der Sondierbohrung BS 123 wurde in einer Tiefe von 1,10 m = - 0,02 m NHN eine 0,40 m mächtige Schicht aus Holz erbohrt.

In den Sondierbohrungen BS 36, BS 38, BS 40, BS 42 und BS 44 wurde keine Oberflächenbefestigung aus Asphalt angetroffen. Die Oberflächen im Bereich der Sondierbohrungen BS 36 und BS 40 sind provisorisch mit Schotter befestigt. Die Sondierbohrungen BS 38, BS 42, BS 44 und BS 120 bis BS 124 wurden im Randbereich des Kuhgrabenweges ausgeführt, so dass 0,05 m bis 0,70 m mächtige Mutterbodenschichten anstehen.

Die 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. 10 m bis 17 m Tiefe von Lauenburger Schichten unterlagert.

Querung Kuhgraben/ Kleine Wümme (Anlage 2.1.10):

Unter einer 0,20 m bis 0,50 m mächtigen Mutterbodenschicht steht eine Auffüllung aus Sanden mit z. T. schluffige Beimengungen bzw. Schluffen mit sandigen Beimengungen und Bauschuttbeimengungen an. Unterhalb der Auffüllung, in einer Tiefe von 0,30 m bis 2,80 m = + 1,25 m NHN bis + 0,25 m NHN, folgen größtenteils Schluff- und Torfschichten (holozäne Weichschichten). Die tonigen, sandigen Schluffschichten mit organischen Beimengungen weisen eine weiche bis steife, teilweise halb feste Konsistenz auf. Die Torfschichten wurden mit Mächtigkeiten von 0,40 m bis 0,50 m erkundet. In die Schluffschichten sind vereinzelt holozäne Sande mit Mächtigkeiten von 0,15 m bis 1,10 m eingelagert. Unterhalb der holozänen Weichschichten stehen ab einer Tiefe von 1,50 m bis 3,10 m = + 0,01 m NHN bis - 0,72 m NHN fein- bis grobsandige teils kiesige Mittelsande an, die im Übergangsbereich teilweise schluffige Beimengungen aufweisen.

In der Sondierbohrung BS 116 steht eine Oberflächenbefestigung aus Pflastersteinen mit Tragschichten aus Sanden und Sand-Gemischen (hydraulisch verfestigte Tragschicht) an. In der Sondierbohrung BS 115 steht eine Oberflächenbefestigung aus Asphalt mit Tragschichten aus Beton und Sand-Zement-Gemischen (hydraulisch verfestigte Tragschicht) an.

Die 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. 13 m bis 15 m Tiefe von Lauenburger Schichten unterlagert.

Ahornweg (Anlage 2.1.5):

Unter einer Oberflächenbefestigung aus Asphalt bzw. Pflastersteinen stehen Tragschichten aus Bauschutt-Sandgemischen an. Darunter folgt eine Auffüllung aus Sanden, die z. T. schluffige und organische Beimengungen und Bauschutt aufweisen. Bereichsweise stehen aufgefüllte sandige Schluffschichten, z. T. mit Bauschuttbeimengungen, an. Unter der Auffüllung, in einer Tiefe von 0,30 m bis 2,00 m = + 1,74 m NHN bis + 0,09 m NHN, folgen tonig, organische Schluffschichten, z. T. mit sandigen Beimengungen, in weicher bis steifer Konsistenz. In einer Tiefe von 1,20 m bis 2,40 m = + 0,58 m NHN bis - 0,06 m NHN stehen 0,60 m bis 1,40 m mächtige Torfschichten an. Unterhalb der Torfe folgen überwiegend Schluffschichten bzw. Schluff-

Sand-Gemische, die Mächtigkeiten von 0,10 m bis 0,70 m aufweisen, bereichsweise folgen die pleistozänen Sande. Unterhalb der Weichschichten stehen in einer Tiefe von 2,30 m bis 3,30 m = - 0,62 m NHN bis - 1,70 m NHN fein- bis grobsandige Mittelsande an, die z. T. kiesige Beimengungen aufweisen.

In der Sondierbohrung BS 59 wurde eine provisorische Oberflächenbefestigung aus Bauschutt und Sand erkundet. In den Sondierbohrungen BS 55 und BS 56 wurde eine 0,40 m Abdeckung aus Oberboden teilweise Mutterboden erkundet.

Die 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. 12 m bis 28 m Tiefe von Lauenburger Schichten unterlagert.

Lise-Meitner-Straße (Anlage 2.1.6):

Unter einer 0,10 m bis 0,20 m mächtigen Mutterbodenschicht bzw. einer Oberflächenbefestigung aus Mineralgemisch steht eine Auffüllung aus Bauschutt-Sandgemischen und Sanden mit z. T. schluffigen Beimengungen und Bauschuttanteilen an. Unterhalb der Auffüllung, in einer Tiefe von 1,80 m bis 3,50 m = + 0,64 m NHN bis - 1,11 m NHN, folgen gewachsene fein- und grobsandige Mittelsande, die z. T. kiesige Beimengungen aufweisen.

In den Sondierbohrungen BS 100, BS 104 und BS 112 stehen in einer Tiefe von 2,50 m bis 3,50 m = - 0,51 m NHN bis - 1,07 m NHN geringmächtige (0,10 m bis 0,20 m) tonig feinsandige Schluffschichten in weicher bis steifer Konsistenz an.

Die 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. 16 m bis 29 m Tiefe von Lauenburger Schichten unterlagert.

Pferdewiese (Anlage 2.1.2):

Unter 0,20 m bis 0,35 m mächtigem Mutterboden stehen tonige, sandige Schluffschichten mit organischen Beimengungen in weicher bis steifer Konsistenz an. In einer Tiefe von 0,60 m bis 0,70 m Tiefe = + 0,51 m NHN bis + 2,55 m NHN folgen Torfschichten mit Mächtigkeiten von 0,40 m bis 1,10 m. Unterhalb der Torfe folgen z. T. sandige Schluffschichten mit Mächtigkeiten von 0,30 m bis 0,70 m. Ab einer Tiefe von 1,00 m bis 2,00 m = + 0,22 m NHN bis - 0,69 m NHN stehen fein- bis grobsandige, Mittelsande (überwiegend pleistozän) an, die im Übergangsbereich teilweise schluffige Beimengungen aufweisen.

Die 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. 21 m bis 34 m Tiefe von Lauenburger Schichten unterlagert.

Wendeschleife BS 7 und BS 8 (Anlage 2.1.2):

Unter einer 1,40 m bis 1,60 m mächtigen Auffüllung aus Bauschutt-Sand-Gemischen und Mineralgemisch stehen tonige Schluffschichten in weicher bis steifer Konsistenz an. Ab einer Tiefe von 2,00 m = + 0,63 m NHN bis + 0,66 m NHN folgen 0,40 m bis 0,60 m mächtige Torfschichten. Ab einer Tiefe von 2,40 m bis 2,60 m = + 0,03 m NHN bis + 0,26 m NHN stehen pleistozäne Sande an, die im Übergangsbereich schluffige Beimengungen aufweisen.

Die 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. 23 m Tiefe von Lauenburger Schichten unterlagert.

H.-H.-Meier-Allee (Anlage 2.1.3):

Unter einer Oberflächenbefestigung aus Asphalt stehen Tragschichten aus Mineralgemisch, Recyclingmaterial, Schotter und teilw. hydraulisch verfestigten Tragschichten (Sandzement) an. Unterhalb der Tragschichten ab einer Tiefe von 0,25 m bis 0,50 m steht eine mächtige Auffüllung aus Sanden und Sand-Schluff-Gemischen z. T. mit Bauschuttbeimengungen an. Unterhalb der Auffüllung, ab einer Tiefe von 0,70 m bis 1,90 m = + 0,74 m NHN bis + 3,20 m NHN, folgen sandige, tonige Schluffschichten mit z. T. organischen Beimengungen in überwiegend weich bis steifer, teilweise steif bis

halbfester Konsistenz. In die Schluffschichten sind vereinzelt holozäne Sande mit Mächtigkeiten von 0,15 m bis 1,40 m eingelagert. In einer Tiefe von 2,10 m bis 3,10 m = + 0,14 m NHN bis + 1,31 m NHN stehen Torfschichten mit Mächtigkeiten von 0,15 m bis 2,00 m an. Ab einer Tiefe von 2,00 m bis 5,10 m = - 1,45 m NHN bis + 1,40 m NHN folgen pleistozäne Sande, die im Übergangsbereich z. T. schluffige und organische Beimengungen aufweisen.

Die Weichschichten wurden in der Endtiefe der Sondierbohrungen BS 27, BS 31, BS 33 und BS 34 nicht durchteuft.

Die pleistozänen Sande wurden in der Endtiefe der Sondierbohrungen BS 14 bis BS 26, BS 28 bis BS 30 und BS 32 nicht durchteuft. Sie stehen erfahrungsgemäß in einer größeren Mächtigkeit an und werden nach der Baugrunderkarte Bremen in ca. 19 m bis 24 m Tiefe von Lauenburger Schichten unterlagert.

Schwachhauser Ring (Anlage 2.1.4):

Unter 0,30 m bis 0,50 m mächtigem Mutterboden, der überwiegend mit Bauschutt durchsetzt ist, steht überwiegend eine Auffüllung aus Sanden z. T. mit Bauschuttbeimengungen an. Unterhalb der Auffüllung bzw. des Mutterbodens folgen in einer Tiefe von 0,30 m bis 1,30 m = + 2,71 m NHN bis + 3,98 m NHN sandig, tonige Schluffschichten mit z. T. organischen Beimengungen mit weich bis steifer, teilweise halbfester Konsistenz. Ab einer Tiefe von 0,70 m bis 2,00 m = + 1,87 m NHN bis + 3,38 m NHN stehen holozäne Sande mit z. T. schluffigen Beimengungen an. Darunter folgen in einer Tiefe von 2,60 m bis 3,00 m = + 0,97 m NHN bis + 1,64 m NHN holozäne Weichschichten. Die sandig, tonigen Schluffschichten, z. T. mit organischen Beimengungen, stehen in weich bis steifer Konsistenz an. Die Torfschichten, die Mächtigkeiten von 0,20 m bis 1,00 m aufweisen, stehen in einer Tiefe von 2,90 m bis 3,80 m = + 0,58 m NHN bis + 1,44 m NHN an. Unterhalb der Weichschichten folgen ab einer Tiefe von 3,60 m bis 4,60 m = - 0,43 m NHN bis + 0,48 m NHN pleistozäne Sande, die im Übergangsbereich z. T. schluffige Beimengungen aufweisen.

In der Sondierbohrung BS 54 wurde oberhalb der Torfschichten in einer Tiefe von 2,60 m = + 1,48 m NHN eine 0,4 m starke Schicht aus altem Holz und Sand erkundet.

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. 23 m Tiefe von Lauenburger Schichten unterlagert.

Die Sondierungen wurden nach Absprache in den Nebenanlagen ausgeführt. Zum Höhenvergleich wurden unter Abs. 2.3 die Kanaldeckelhöhen der Straße mit aufgeführt.

Kirchbachstraße (Anlage 2.1.7):

Unter einer Oberflächenbefestigung aus Asphalt stehen Tragschichten aus Mineralgemisch bzw. hydraulisch verfestigten Tragschichten (Sandzement) an. Unterhalb der Tragschichten, ab einer Tiefe von 0,26 m bis 0,45 m, steht eine Auffüllung aus Sanden und bereichsweise Schluff z. T. mit Bauschuttbeimengungen an.

Unterhalb der Auffüllung, ab einer Tiefe von 0,80 m bis 1,70 m = + 1,66 m NHN bis + 3,28 m NHN, folgen sandige, tonige Schluffschichten mit z. T. organischen Beimengungen in überwiegend weich bis steifer, teilweise fester Konsistenz. In die Schluffschichten sind vereinzelt holozäne Sande mit Mächtigkeiten von 0,30 m bis 1,60 m eingelagert. In einer Tiefe von 2,30 m bis 3,20 m = - 0,10 m NHN bis + 1,08 m NHN stehen pleistozäne Sande, die im Übergangsbereich z. T. schluffige Beimengungen aufweisen.

In der Sondierbohrung BS 63 wurde in einer Tiefe von 2,40 m eine 0,20 m mächtige Torfschicht angetroffen.

Die Sondierbohrung BS 69 wurde aufgrund von zu geringer Eindringung, vermutlich bedingt durch ein Hindernis, abgebrochen.

Die Sondierbohrungen BS 63 und BS 64 wurden nach Absprache mit der Wesernetz GmbH, aufgrund der verkehrstechnisch erschwerten Lage, aus dem Kreuzungsbereich in die Nebenanlagen verschoben.

Die pleistozänen Sande wurden in der Endtiefe der Sondierbohrungen nicht durchteuft. Sie stehen erfahrungsgemäß in einer größeren Mächtigkeit an und werden nach der

Baugrundkarte Bremen in ca. 27 m bis 30 m Tiefe von Lauenburger Schichten unterlagert.

Kurfürstenallee (Anlage 2.1.8):

Unter einer Oberflächenbefestigung aus Asphalt stehen Tragschichten aus Mineralgemisch bzw. hydraulisch verfestigten Tragschichten (Sandzement) an. Unterhalb der Tragschichten steht eine Auffüllung aus Sanden, vereinzelt Schluff z. T. mit Bauschuttbeimengungen an. Unterhalb der Auffüllung, ab einer Tiefe von 0,55 m bis 2,00 m = + 1,28 m NHN bis + 3,89 m NHN, folgen sandige, tonige Schluffschichten mit z. T. organischen Beimengungen in überwiegend weicher bis steifer, teilweise fester Konsistenz.

In die Schluffschichten sind vereinzelt holozäne Sande mit Mächtigkeiten von 0,30 m bis 1,10 m eingelagert. In die Schluffschichten sind bereichsweise in einer Tiefe von 2,00 m bis 2,50 = + 1,38 m NHN bis + 1,89 m NHN Torfschichten mit Mächtigkeiten von 0,30 m bis 0,70 m eingelagert. In einer Tiefe von 1,40 m bis 4,20 m = - 0,20 m NHN bis + 2,11 m NHN stehen Sande an, die im Übergangsbereich z. T. schluffige Beimengungen aufweisen.

Die Sondierbohrungen BS 107, BS 131 und BS 132 wurden gemäß dem geplanten Trassenverlauf in den Nebenanlagen ausgeführt, so dass die Oberflächenbefestigung aus Bauschutt und Sanden besteht.

In den Sondierbohrungen BS 107 und BS 131 stehen unterhalb der Auffüllung keine Schluffschichten, sondern direkt die gewachsenen Sande an.

Die Sondierbohrung BS 72 musste aufgrund eines Hindernisses in einer Tiefe von 1,0 m u. GOK abgebrochen werden.

Die Sande wurden in der Endtiefe der Sondierbohrungen nicht durchteuft. Sie stehen erfahrungsgemäß in einer größeren Mächtigkeit an und werden nach der Baugrundkarte Bremen in ca. 25 m bis 30 m Tiefe von Lauenburger Schichten unterlagert.

Richard-Boljahn-Allee (Anlage 2.1.9):

Unter einer Oberflächenbefestigung aus Pflastersteinen steht eine Auffüllung aus Sanden z. T. mit Bauschuttbeimengungen an. Unterhalb der Auffüllung ab einer Tiefe von 0,80 m bis 1,50 m = + 1,28 m NHN bis + 2,58 m NHN folgen sandige, tonige Schluffschichten mit z. T. organischen Beimengungen in überwiegend weich bis steifer, teilweise halbfester Konsistenz. Ab einer Tiefe von 1,20 m bis 2,10 m = + 1,14 m NHN bis + 2,29 m NHN stehen Sande mit z. T. kiesigen Beimengungen an. Teilweise stehen die Sande direkt unterhalb der Auffüllung an und weisen z. T. im Übergangsbereich schluffige Beimengungen auf.

Die Sondierbohrung BS 95 musste aufgrund eines Hindernisses in einer Tiefe von 1,5 m u. GOK abgebrochen werden.

Die 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. 14 m bis 21 m Tiefe von Lauenburger Schichten unterlagert.

Auf den Anlagen der Bodenprofile wird für die Bezeichnung der fein zersetzten organischen Substanz eines Bodens die Begriffe humos und organisch benutzt. Die Begriffe sind in ihrer Bedeutung gleichzusetzen.

Die genaue Schichtenfolge und -mächtigkeit sowie weitere Angaben sind in den Bodenprofilen auf den Anlagen 2.1.1 bis 2.1.10 dargestellt.

4 Grundwasserverhältnisse

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 teilweise ein gespannter Grundwasserspiegel vorhanden.

Es wurden in ausgewählte Kleinrammbohrungen Peilfilter eingebaut, deren Filterstrecken in den Sanden des Hauptgrundwasserleiters liegen. Während der Sondierarbeiten wurden folgende Grundwasserspiegel eingemessen:

Tabelle 1: Gemessene Grundwasserstände des Hauptgrundwasserleiters in m und m NHN (Peilfilter)

Sondierbohrung	Datum	Grundwasserstand in Ruhe		Anlage
		[m]	[m NHN]	
BS 9	28.03.2019	0,54	+ 0,85	2.1.2
BS 12	29.03.2019	0,42	+ 0,78	2.1.2
BS 17	09.05.2019	2,54	+ 0,86	2.1.3
BS 26	13.05.2019	2,97	+ 0,77	2.1.3
BS 29	16.05.2019	2,75	+ 0,90	2.1.3
BS 36	06.05.2019	1,16	+ 0,30	2.1.1
BS 44	07.05.2019	1,11	+ 0,37	2.1.1
BS 47	27.05.2019	3,05	+ 0,69	2.1.4
BS 51	28.05.2019	3,55	+ 0,83	2.1.4
BS 54	29.05.2019	3,14	+ 0,94	2.1.4
BS 62	12.06.2019	1,40	+ 0,38	2.1.5
BS 63	02.09.2019	3,10	+ 0,98	2.1.7
BS 65	22.07.2019	2,44	+ 0,96	2.1.7
BS 68	23.07.2019	2,66	+ 0,96	2.1.7
BS 71	29.07.2019	3,58	+ 0,98	2.1.8
BS 74	29.07.2019	3,18	+ 0,98	2.1.8

BS 77	30.07.2019	2,29	+ 1,51	2.1.8
BS 80	30.07.2019	2,47	+ 1,11	2.1.8
BS 83	31.07.2019	2,62	+ 0,74	2.1.8
BS 86	31.07.2019	2,45	+ 1,04	2.1.8
BS 90	05.08.2019	2,36	+ 1,11	2.1.9
BS 92	06.08.2019	2,50	+ 1,15	2.1.9
BS 98	07.08.2019	2,16	+ 1,07	2.1.9
BS 103	17.07.2019	2,28	+ 0,15	2.1.6
BS 108	16.09.2019	1,13	+ 0,18	2.1.1
BS 111	16.09.2019	1,98	+ 0,18	2.1.1
BS 116	05.12.2019	2,22	+ 0,38	2.1.10
BS 119	05.12.2019	1,23	+ 0,29	2.1.10
BS 120	18.02.2020	1,12	+ 0,06	2.1.1
BS 121	18.02.2020	0,99	+ 0,84	2.1.1
BS 124	18.02.2020	0,85	+ 0,30	2.1.1
BS 125	17.02.2020	1,46	+ 0,39	2.1.1
BS 126	17.02.2020	2,14	+ 0,36	2.1.1
BS 132	19.02.2020	1,45	+ 1,77	2.1.8

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 2: Grundwasserstände (niedrigster, mittlerer, höchster) aus der Hydrogeologischen Karte des GdFB.

Abschnitt	Grundwasserstand (aufgerundet) [m NHN]		
	niedrigster	mittlerer	höchster
Hochschulring	- 0,60	+ 0,30	+ 1,20
Kuhgrabenweg (Nord)	- 0,60	+ 0,30	+ 1,20
Kuhgrabenweg (Süd)	+ 0,20	+ 0,30	+ 1,10
Anschluss-Querung Kuhgraben/ Kleine Wümme	+ 0,20	+ 0,40	+ 1,10
Pferdewiese	± 0,00	+ 0,60	+ 1,40
Wendeschleife	± 0,00	+ 0,70	+ 1,50
H.-H.-Meier-Allee (Nord)	± 0,00	+ 0,70	+ 1,50
H.-H.-Meier-Allee (Süd)	+ 0,70	+ 1,00	+ 2,00
Schwachhauser Ring (West)	+ 0,70	+ 1,00	+ 2,00
Schwachhauser Ring (Ost)	+ 0,70	+ 1,00	+ 2,40
Ahornweg	± 0,00	+ 0,40	+ 1,15
Lise-Meitner-Straße	± 0,00	+ 0,40	+ 1,30
Kirchbachstraße (West)	+ 0,70	+ 1,10	+ 2,40
Kirchbachstraße (Ost)	+ 1,00	+ 1,20	+ 2,60
Kurfürstenallee (West)	+ 1,10	+ 1,20	+ 2,60
Kurfürstenallee (Ost)	+ 1,30	+ 1,40	+ 2,35
Richard-Boljahn-Allee	+ 1,20	+ 1,30	+ 2,30

4.2 Oberes Grundwasserstockwerk

Nach den durchgeführten Baugrundaufschlüssen sind die Sande der Auffüllung, bzw. die holozänen Sande, der Grundwasserleiter des oberen Grundwasserstockwerkes. Den Grundwassernichtleiter bilden die anstehenden Weichschichten (Schluff- und Torfschichten).

Der Grundwasserspiegel des oberen Grundwasserstockwerkes wurde in den unverrohrten Sondierbohrungen angetroffen. Es ist jedoch zu beachten, dass in den

unverrohrten Sondierbohrungen das Grundwasser nicht eindeutig eingemessen werden kann.

Tabelle 3: Gemessene Grundwasserstände des oberen Grundwasserleiters in m und m NHN (unverrohrt).

Sondierbohrung	Datum	Grundwasserstand (unverrohrt)		Anl.
		[m]	[m NHN]	
BS 8 (Wendeschleife)	04.04.2019	0,50	+ 2,13	2.1.2
BS 16	09.05.2019	1,10	+ 1,93	2.1.3
BS 18	14.05.2019	1,20	+ 2,32	2.1.3
BS 19	14.05.2019	1,10	+ 2,38	2.1.3
BS 20	15.05.2019	1,35	+ 2,07	2.1.3
BS 26	13.05.2019	1,40	+ 2,34	2.1.3
BS 29	16.05.2019	1,10	+ 2,55	2.1.3
BS 30	13.05.2019	1,70	+ 1,99	2.1.3
BS 32 (Filter) *	20.05.2019	2,41	+ 1,55	2.1.3
BS 35	06.05.2019	1,40	+ 0,87	2.1.1
BS 37	06.05.2019	1,10	+ 0,45	2.1.1
BS 47	27.05.2019	2,00	+ 1,87	2.1.4
BS 51	28.05.2019	2,50	+ 1,88	2.1.4
BS 52	29.05.2019	2,10	+ 2,24	2.1.4
BS 54	29.05.2019	2,00	+ 2,08	2.1.4
BS 55	11.06.2019	1,5	+ 0,21	2.1.5
BS 64	02.09.2019	2,30	+ 1,75	2.1.7
BS 65	22.07.2019	1,70	+ 1,70	2.1.7
BS 68	23.07.2019	1,20	+ 2,42	2.1.7
BS 70	29.07.2019	1,60	+ 3,09	2.1.8
BS 71	29.07.2019	2,40	+ 3,09	2.1.8
BS 75	30.07.2019	2,00	+ 1,69	2.1.8
BS 85	31.07.2019	1,10	+ 2,54	2.1.8
BS 87	31.07.2019	1,00	+ 2,48	2.1.8
BS 117	05.12.2019	1,70	+ 0,46	2.1.10
BS 123	18.02.2020	0,60	+ 0,48	2.1.1

* verrohrte Einmessung des Grundwasserstandes des oberen Grundwasserstockwerkes im Pegelrohr

Im Bereich der bindigen und humosen Deckschichten 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 bzw. auf der Geländeoberkante (Pferdewiese) anstaut.

5 Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen (Anlagen 3.6.1 bis 3.7.87)

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

Tabelle 4: Chemische Analyseergebnisse der Grundwasserproben gemäß der Parameter Eisen, Leitfähigkeit und Chlorid.

Entnahmestelle	Entnahmedatum	Tiefe [m]	Eisen [mg/l]	Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm}$	Chlorid [mg/l]
BS 9	28.03.2019	2,00 - 4,00	7,2	734	55
BS 12	29.03.2019	2,00 - 4,00	15	857	160
BS 17	09.05.2019	3,00 - 5,00	6,6	929	110
BS 26	13.05.2019	3,50 - 4,70	13	864	140
BS 29	16.05.2019	5,00 - 7,00	24	721	77
BS 32	20.05.2019	1,50 - 2,50	4,6	1430	300
BS 36	06.05.2019	2,00 - 4,00	7,3	879	100
BS 44	07.05.2019	3,00 - 4,00	14	729	45
BS 47	27.05.2019	4,00 - 6,00	7,6	798	71
BS 51	28.05.2019	4,00 - 6,00	46	970	140
BS 54	31.05.2019	4,00 - 6,00	< 0,05	2390	720
BS 63	02.09.2019	4,00 - 6,00	26	2210	720
BS 65	22.07.2019	3,00 - 5,00	21	1090	190
BS 68	23.07.2019	3,00 - 5,00	20	1220	260
BS 71	29.07.2019	3,40 - 5,40	21	1490	370
BS 74	29.07.2019	4,00 - 6,00	16	670	52
BS 77	30.07.2019	4,00 - 6,00	13	792	67

BS 80	30.07.2019	3,00 - 5,00	8,3	630	87
BS 83	31.07.2019	3,00 - 5,00	3,1	872	97
BS 86	31.07.2019	3,00 - 5,00	0,64	423	55
BS 90	05.08.2019	3,00 - 5,00	3,7	464	40
BS 92	06.08.2019	3,00 - 5,00	4,5	1870	55
BS 98	07.08.2019	3,00 - 5,00	7,8	1050	95
BS 108	16.09.2019	3,00 - 4,00	21	688	46
BS 111	16.09.2019	3,00 - 5,00	3,8	344	19
BS 116	05.12.2019	4,00 - 5,00	9,77	1220	170
BS 119	05.12.2019	4,00 - 5,00	7,05	1260	190
BS 125	17.02.2020	3,00 - 5,00	3,03	491	35
BS 127	25.02.2020	2,00 - 4,00	22,3	657	37
BS 132	19.02.2020	3,00 - 5,00	18,7	985	130

Bei der Einleitung von Grundwasser in Oberflächengewässer und Niederschlagswasserkanäle ist für Eisen ein Grenzwert von 5 mg/l einzuhalten. Die Proben der Sondierbohrungen BS 32, BS 54, BS 83, BS 86, BS 90, BS 92, BS 111 und BS 125 halten den Grenzwert ein, alle anderen untersuchten Proben überschreiten den Grenzwert teilweise um ein Vielfaches. Aufgrund der gemessenen Eisengehalte ist eine Enteisungsanlage vorzuhalten bzw. zu betreiben.

Der Grenzwert für Chlorid, zur Einleitung von Grundwasser von 400 mg/l (Sommer) bzw. 1.500 mg/l (Winter), wurde bei den analysierten Proben eingehalten, mit Ausnahme der Proben der Sondierbohrungen BS 54 und BS 63. Der Grenzwert für die Leitfähigkeit zur Einleitung von Grundwasser von 2.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Sommer) bzw. 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Winter) wurde bei den analysierten Proben ebenfalls mit Ausnahme der Proben der Sondierbohrungen BS 54 und BS 63 eingehalten.

Eine Übersicht über die durchgeführten Grundwasseranalysen mit Angabe der ausschlaggebenden Parameter ist auf den Anlagen 3.6.1 und 3.6.2 dargestellt.

Die Grundwasserproben aus den Sondierbohrungen BS 54, BS 63, BS 65, BS 68, BS 125 und BS 132 wurden 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. Die Grenzwerte für die Einleitung in Schmutz- bzw. Mischwasserkanal wurden eingehalten, sind allerdings im Einzelfall von der Behörde zu prüfen.

Die in den Anwohnerinformationsschreiben der Senatorin für das Gebiet „Buchenstraße“ angegebenen erhöhten Werte für BTEX (s. Kapitel 3.4.1) wurden in der untersuchten Probe nicht angetroffen. Der gemessene Wert für LHKW in der BS 65 überschreitet zwar den Grenzwert für die Wiedereinleitung in den Untergrund, jedoch liegt er unter dem Geringfügigkeitsschwellenwert der LAWA.

Die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) wird gemäß LAWA als Konzentration definiert, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteten Werten eingehalten werden.

Eine Übersicht über die durchgeführten Grundwasseranalysen gem. Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau, Bremen, für die Wiedereinleitung (Stand vom 21.11.2016), ist auf den Anlagen 3.6.3 und 3.6.4 dargestellt.

Die Grundwasserprobe der Sondierbohrung BS 108 wurde zusätzlich auf den Parameter PAK untersucht, da im Abstrom der Altablagerung A1.341.0001 am Riensberg zeitweise erhöhte PAK-Gehalte gemessen wurden.

Die untersuchte Probe weist einen PAK-Gehalt unterhalb der Nachweisgrenze auf und liegt damit unterhalb des Geringfügigkeitsschwellenwertes (GFS) von 0,2 µg/l der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).

Die Ergebnisse der chemischen Analysen von den Grundwasserproben im Detail sind auf den Anlagen 3.7.1 bis 3.7.87 dargestellt.

Bei der Grundwasseranalyse ist zu beachten, dass es sich um Werte aus dem „ruhenden“ Grundwasserleiter handelt. Bei Grundwasserabsenkungen ist mit einer Verände-

rung der Werte durch zufließendes Grundwasser aus dem Absenktrichter und aus tieferen Schichten zu rechnen. Dadurch kann es zu einer Veränderung der Inhaltsstoffe kommen.

6 Grundwasserabsenkungssystem (Anlage GW 1)

6.1.1 Grundwasserabsenkung für die offene Bauweise

Für die Erd- und Gründungsarbeiten der Fernwärmeverbindungsleitung ist in Teilbereichen eine Grundwasserabsenkung des Hauptgrundwasserleiters notwendig.

Nach den vorliegenden Unterlagen sind gem. nachfolgender Tabelle folgende Gründungssohlen (GS) und Aushubsohlen (AS) für die Verlegung der Fernwärmeleitungen herzustellen:

Tabelle 5: Geplante Gründungssohlen (GS) und Aushubsohlen (AS)

Abschnitt	Abschnitt Sondierungen BS Nr.	GS [m NHN]		AS [m NHN]	
		min.	max.	min.	max.
Hochschulring	109 - 111 + 126	+ 0,09	+ 0,50	+ 0,09	+ 0,50
Kuhgrabenweg (Nord)	35 - 39, 120, 125	- 0,82	+ 0,27	- 0,85	- 0,25
Kuhgrabenweg (Süd)	40 - 45, 121-124	- 0,92	- 0,17	- 1,15	- 0,39
Anschluss-Querung Kuhgraben/ Wümme	113 + 119	- 0,49	- 0,48	- 0,50	- 0,50
Ahornweg West (Querung Druckrohrleitung)	58	- 1,91	- 0,68	- 1,91	- 0,75
Ahornweg Ost	59 - 62	- 0,43	- 0,22	- 1,10	- 0,65
Hildegard-von- Bingen-Straße	99 - 105	+ 0,39	+ 0,45	+ 0,39	+ 0,45
Lise-Meitner-Straße	106, 112, 108, 127, 128	- 0,69	+ 0,35	- 0,69	+ 0,35
Pferdewiese	3-6, 9 - 13, 129, 130	- 0,89	- 0,44	- 1,00	- 0,44
Wendeschleife	7, 8	+ 0,63	+ 0,66	+ 0,05	+ 0,30

Abschnitt	Abschnitt Sondierungen BS Nr.	GS [m NHN]		AS [m NHN]	
		min.	max.	min.	max.
H.-H.-Meier-Allee	14 - 18	+ 0,39	+ 1,52	- 0,25	+ 1,40
H.-H.-Meier-Allee	19 - 26	+ 1,21	+ 1,74	+ 0,70	+ 1,69
H.-H.-Meier-Allee	27 - 30	+ 1,65	+ 1,85	+ 1,15	+ 1,50
H.-H.-Meier-Allee	31 - 32	+ 1,89	+ 1,96	+ 0,95	+ 1,89
H.-H.-Meier-Allee	33 - 34	+ 1,94	+ 2,10	+ 0,90	+ 1,10
Schwachhauser Ring (Stollen)	46 - 47	+ 0,51	+ 0,51	+ 0,41	+ 0,41
Schwachhauser Ring	48	+ 1,87	+ 1,87	+ 1,87	+ 1,87
Schwachhauser Ring	49 - 51	+ 2,28	+ 2,38	+ 2,28	+ 2,38
Schwachhauser Ring	52 - 54	+ 2,08	+ 2,34	+ 2,08	+ 2,34
Kirchbachstraße (Stollen)	63 - 64	+ 0,74	+ 0,74	+ 0,64	+ 0,64
Kirchbachstraße	65 - 67	+ 1,06	+ 1,40	+ 0,60	+ 1,00
Kirchbachstraße/ Kurfürstenallee	68 - 73	+ 1,62	+ 2,69	+ 1,60	+ 2,56
Kurfürstenallee	74 - 79	+ 1,63	+ 2,16	+ 0,80	+ 1,45
Kurfürstenallee	80 - 82	+ 1,51	+ 1,58	+ 1,40	+ 1,52
Kurfürstenallee	83 - 89, 107, 131, 132	+ 1,20	+ 1,86	+ 0,95	+ 1,49
Richard-Boljahn-Allee	90 - 99	+ 0,93	+ 1,65	+ 0,93	+ 1,65

Es wird empfohlen, das Grundwasser in Haltungslängen von 50 m mit Spülfiltern einer Vakuumanlage abzusenken (Ausnahme Tunnelvortrieb im Schwachhauser Ring und in der Kirchbachstraße, da Haltungslängen von ca. 20 m). Die Kontrolle des Absenkzieles erfolgt durch Peilbrunnen in der Baugrube bzw. der tiefsten Absenkung. Zur Beweissicherung ist die Wassermenge durch eine Wasseruhr zu messen und die Absenkung auch außerhalb der Baugrube durch 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. Für die Verlegung der Fernwärmeleitung sollte das Grundwasser bis 0,3 m unter geplanter Gründungssohle abgesenkt werden.

Für die Grundwasserabsenkung des Teilbodenaustausches sind in Teilbereichen nur geringe GW-Absenkungen erforderlich. Beim Aushub in der jeweiligen Teilfläche muss das Grundwasser nur so weit abgesenkt werden, dass einwandfrei die Aushubsohle erkannt wird.

Unter Berücksichtigung der o. g. Bedingungen ist eine Absenkung des Grundwassers gegenüber dem mittleren Grundwasserstand (MW) in den betroffenen Bereichen von 0,1 m bis 1,79 m (Pferdewiese) notwendig.

Die folgende Tabelle 6 zeigt zusammengefasst die erforderliche Absenktiefe in den einzelnen Abschnitten:

Tabelle 6: Grundwasserabsenkung gegenüber mittlerem Grundwasserstand [m]

Abschnitt	Abschnitt Sondierungen BS Nr.	Anlage	GW-Absenkung gegenüber MW (GDfB) [m]			
			GS (offene Baugrube) - 0,3 m		AS (offene Baugrube)	
			min	max	min	max
Hochschulring	109 - 111 + 126	2.1.1	0,1	0,51	0,1	0,51
Kuhgrabenweg (Nord)	35 - 39, 120, 125	2.1.1	0,33	1,42	0,55	1,15
Kuhgrabenweg (Süd)	40 - 45, 121-124	2.1.1	0,99	1,52	0,69	1,45
Anschluss-Querung Kuhgraben/ Kleine Wümme	113 - 119	2.1.10	0	1,19	0	0,9
Ahornweg West (Querung Druckrohrleitung)	58	2.1.5	0	1,61	1,15	2,31
Ahornweg Ost	59 - 62	2.1.5	0,92	1,13	1,05	1,5
Hildegard-von-Bingen-Straße	99 - 105	2.1.6	0,35	0,41	0,35	0,41
Lise-Meitner-Straße	106, 112, 108, 127, 128	2.1.6	0,35	1,39	0,35	1,39
Pferdewiese	3-6, 9 - 13, 129, 130	2.1.2	1,34	1,79	1,04	1,6

Abschnitt	Abschnitt Sondierungen BS Nr.	Anlage	GW-Absenkung gegenüber MW (GDfB) [m]			
			GS (offene Baugrube) - 0,3 m		AS (offene Baugrube)	
			min	max	min	max
Wendeschleife	7, 8	2.1.2	0,34	0,37	0,4	0,65
H.-H.-Meier- Allee	14 - 18	2.1.3	0	0,61	0	0,95
H.-H.-Meier- Allee	19 - 26	2.1.3	0	0	0	0
H.-H.-Meier- Allee	27 - 30	2.1.3	0	0	0	0
H.-H.-Meier- Allee	31 - 32	2.1.3	0	0	0	0
H.-H.-Meier- Allee	33 - 34	2.1.3	0	0	0	0,1
Schwachhauser Ring	46 - 48	2.1.4	0	0	0	0
Schwachhauser Ring	49 - 51	2.1.4	0	0	0	0
Schwachhauser Ring	52 - 54	2.1.4	0	0	0	0
Kirchbachstraße	63 - 67	2.1.7	0	0,34	0	0,5
Kirchbachstraße/ Kurfürstenallee	68 - 73	2.1.7 + 2.1.8	0	0	0	0
Kurfürstenallee	74 - 79	2.1.8	0	0	0,05	0,7
Kurfürstenallee	80 - 82	2.1.8	0,02	0,09	0,12	0,2
Kurfürstenallee	83 - 89, 107, 131, 132	2.1.8 + 2.1.9	0	0,5	0,21	0,75
Richard-Boljahn- Allee	90 - 98	2.1.9	0	0,67	0	0,67

Eine tabellarische Übersicht über die durchzuführenden Grundwasserabsenkungen ist auf der Anlage GW 1 dargestellt.

In Teilbereichen ist eine Grundwasserentspannung des Hauptgrundwasserstockwerkes in den Sanden erforderlich. Die Grundwasserentspannung ist erforderlich, um eine ausreichende Auftriebssicherheit der Restschichtmächtigkeit der Weichschichten

(Schluff und Torf) unterhalb der Leitungssohle zu erreichen. Es wird empfohlen, die Entspannung bis zur Aushubsohle vorzunehmen.

Zur Reduzierung der Kanaleinleitungsgebühren besteht die Möglichkeit, das abgepumpte Grundwasser über eine Reinfiltration in den Grundwasserleiter zu infiltrieren. 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 angrenzenden Gebäude vernässet werden. Die sich einstellenden Grundwasserstände sowie auch die Infiltrationsmengen zu prüfen und dokumentieren.

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.

Aufgrund der Wechsellagerung von bindigen und nichtbindigen Böden müssen die Spülfilter in vorgebohrte Löcher eingebracht werden und auf ganzer Länge mit Filtersand, dessen Körnung auf den anstehenden Boden abzustimmen ist, umgeben werden. Aufgrund der geringen Durchlässigkeiten müssen in solchen Bereichen sehr kleine Filterabstände gewählt werden. Bei solchen Böden, die das Wasser nur sehr schwer abgeben, ist eine entsprechende Vorlaufzeit von mindestens 8 Tagen zur Erreichung einer ausreichenden Entwässerung des Baugrundes erforderlich.

Für die Erd- und Gründungsarbeiten der Fernwärmeverbindungsleitung ist z. T. mit Stau- bzw. Schichtenwasser zu rechnen (s. Abs. 4.2), das abzuführen ist. Es wird empfohlen, das Stauwasser mit einer offenen Wasserhaltung abzupumpen. Dafür ist

zuerst ein Pumpensumpf herzustellen und anfallendes Stauwasser fortlaufend mit einer schwimmergeschalteten Tauchpumpe abzuführen. Mit den Aushubarbeiten ist fortschreitend von diesem Pumpensumpf aus eine Dränageleitung in der Bettung zu verlegen und erforderlichenfalls weitere Pumpensümpfe herzustellen. Das über die Dränagerohre gesammelte Stau- bzw. Schichtenwasser ist den Pumpensümpfen zuzuführen und mittels schwimmergeschalteten Tauchpumpen fortlaufend abzupumpen. Ist der Stauwasserandrang in den Sandzwischen-schichten zu groß sind zur Unterstützung Spülfilter einer Vakuumanlage einzubauen.

Die für die Unterpressung notwendigen Start- und Ziel-Baugruben liegen z. T. mehrere Meter tief im Grundwasser. Die Baugruben werden in einer absenkungsarmen bzw. absenkungsfreien Lösung hergestellt.

6.1.2 Grundwasserabsenkung für die Stollenbauweise

Im Bereich der Kreuzung H.-H.-Meier-Alle und Schwachhauser Ring sowie im Bereich der Kreuzung Schwachhauser Ring und Schwachhauser Heerstraße ist die Unterquerung der BSAG-Gleise mittels Stollenbauweise (Tunnelvortrieb-Kölner-Bauweise) geplant.

Die Tiefe der Baugruben ist so gewählt, dass die Stützkonstruktion in den sandigen Bodenschichten liegt. Gemäß den Planunterlagen [5 + 6] liegen folgende Angaben zu den geplanten Baugruben vor:

Tabelle 7: Angaben zur Stollenbauweise zu Querung der BSAG-Gleise.

Abschnitt	Abschnitt Sondierungen	Ansatzhöhe Sondierung	Tiefe der Baugrube für die Stollenbauweise	
	BS Nr.	[m NHN]	[m]	[m NHN]
H.-H.-Meier-Alle – Schwachhauser Ring	46	+ 4,01	3,69	+ 0,32
H.-H.-Meier-Alle – Schwachhauser Ring	47	+ 3,87	3,69	+ 0,18

Schwachhauser Ring – Schwachhauser Heerstraße	63	+ 4,08	3,00	+ 1,08
Schwachhauser Ring – Schwachhauser Heerstraße	64	+ 4,05	3,00	+ 1,05

Die geplante Unterquerung in der H.-H.-Meier-Alle – Schwachhauser Ring hat eine Länge von ca. 16 m Länge und im Schwachhauser Ring – Schwachhauser Heerstraße beträgt die Länge ca. 18 m.

Nach den vorliegenden Unterlagen sind gem. nachfolgender Tabelle folgende Gründungssohlen (GS) sowie die erforderliche Absenktiefe für die Herstellung der Stützen für die Stollenbauweise herzustellen:

Tabelle 8: Grundwasserabsenkung gegenüber mittlerem Grundwasserstand [m] für die Stollenbauweise

Sondierungen	Grundwasserstand (aufgerundet) GDfB MW [m NN]	GS [m NHN]	GW-Absenkung gegenüber MW (GDfB) [m] GS (Stollen) - 0,3 m
46 - 47	+ 0,90	+ 0,41	0,8
63 - 64	+ 1,10	+ 0,64	0,8

Eine tabellarische Übersicht über die durchzuführenden Grundwasserabsenkungen ist auf der Anlage GW 1 dargestellt.

6.2 Mögliche Auswirkungen aus 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.

Falls oberhalb von grundwasserführendem, durchlässigem Baugrund jedoch wasserundurchlässige Böden vorhanden sind, die tiefer reichen als die Grundwasser Oberfläche, ist gespanntes Grundwasser vorhanden. Bei einer Absenkung des Grundwassers bis zur Grenzschicht zwischen undurchlässigem und durchlässigem Boden findet lediglich eine Entspannung, d. h. eine Druckverminderung statt. Die grundwasserführenden Sande bleiben nach wie vor vollständig grundwassergesättigt.

Für den undurchlässigen Boden entsteht durch den Wegfall des Auftriebes eine zusätzliche Belastung dieser Bodenschichten von $\sigma = 10 \text{ kN/m}^2$ je m Grundwasserabsenkung. Bei stark kompressiblen, bindigen oder humosen Böden ist eine Ermittlung der Setzungen anhand von Bodenkennwerten erforderlich.

Wenn durch die Grundwasserabsenkung die Unterseite der bindigen Schicht trockengelegt und die Absenkung über eine längere Zeit betrieben wird, können gegebenenfalls auch zusätzliche Setzungen bei einem stark zusammendrückbaren Boden aus Schrumpfungen auftreten.

Bei vorbelasteten bindigen Böden treten merkbare Setzungen nur ein, wenn die Vorbelastung durch die Auftriebsminderung überschritten wird. Da Grundwasserabsenkungen in der Regel nur kurze Laufzeiten haben, sind in diesen Fällen Auswirkungen erfahrungsgemäß nur von geringer Bedeutung. Vorsicht ist geboten bei jungen Klei-, Torf- oder Faulschlammschichten, insbesondere wenn diese unregelmäßig im Untergrund eingelagert sind. Im Allgemeinen sind Bauwerke bei solchen Baugrundverhältnissen aber auf Pfählen in den unteren Sanden gegründet oder bei geringen Mächtigkeiten von Weichschichten ist damit zu rechnen, dass diese ausgehoben und durch Füllsande ersetzt sind.

Im vorliegenden Fall wird das Grundwasser um ca. 0,1 m bis 1,79 m gegenüber dem mittleren Grundwasser abgesenkt. Der abgesenkte Grundwasserstand liegt überwiegend über dem niedrigsten Grundwasserstand, der aus dem Kartenwerk des Geologischen Dienstes für Bremen entnommen wurde. Im Bereich des Kuhgrabenweges und dessen Querung liegt der Grundwasserstand bei Absenkung zwischenzeitlich bis ca. 0,5 m bis ca. rd. 1,3 m unterhalb des niedrigsten Grundwasserstandes. Im Bereich des Ahornweges, der Lise-Meitner-Straße und der Pferdewiese liegt der Grundwasserstand bereichsweise ca. 0,7 m bis 1,2 m niedriger als der niedrigste Grundwasserstand aus den Kartenwerken. Im Bereich der Kurfürstenallee (BS 83-89, 107, 131 + 132) und der Richard-Boljahn-Allee liegt der abgesenkte Grundwasserstand zwischenzeitlich ca. 0,4 m bis rd. 0,6 m unterhalb des niedrigsten Grundwasserstandes.

Die wirksame Reichweite ist auf der Anlage GW 2 dargestellt. Innerhalb des wirksamen Radius liegen teilweise Wohngebäude. Vor Durchführung der Grundwasserabsenkung

ist in dem berechneten Absenkradius eine Feststellung des Zustandes vorhandener Gebäude durch einen vereidigten Gutachter durchzuführen und das Ergebnis in einem Bauzustandsgutachten (Beweissicherungsverfahren) festzuhalten.

Sollten die Auswirkungen der Absenkung über die errechneten Absenkradien hinausgehen ist die Absenkung zu drosseln, bis eine Beweissicherung an den neu betroffenen Gebäuden durchgeführt wurde.

Mit den Umweltbetrieben sind zum Schutz der grundwasserabhängigen Vegetation Maßnahmen zur Bewässerung abzustimmen. Während der Vegetationszeit (1. März bis 30. September) ist ein Bewässerungskonzept zu erstellen, um nachteilige Auswirkungen der Gewässerbenutzung auf die Vegetation auszuschließen.

6.3 Hydrologische Berechnung (Anlagen 3.8, 4.1.1 bis 4.16.2)

Für die Ermittlung der zu erwartenden Fördermengen und zur Bestimmung der durch die Absenkung beeinflussten Bereiche wurden hydrologische Berechnungen auf Grundlage der Veröffentlichung von *Herth, Arndts - "Theorie und Praxis der Grundwasserabsenkung"* durchgeführt, mit folgenden Annahmen:

- Das Absenkziel liegt 0,3 m unter der Gründungssohle oder auf Höhe der geplanten Aushubsohle (s. Tab. 6)
- Der Durchlässigkeitswert von $k = 1,0 \cdot 10^{-3}$ m/s wurde auf Grundlage der durchgeführten Siebanalysen ermittelt (rechnerische Ermittlung nach gängigen Methoden. Eine Übersicht zeigt die Anlage 3.8)
- Haltungslänge für die Grundwasserabsenkung = 50 m
- Bei der Ermittlung der Fördermenge im Bereich Kuhgrabenweg und der Kleinen Wümme wurde ein abgeschätzter Zuschlag von 25 % für eine evtl. Beeinflussung aus dem offenen Gewässer mitberücksichtigt.

Nach den durchgeführten hydrologischen Berechnungen ist mit Fördermengen in den betroffenen Bereichen von ca. 25 m³/h bis 61 m³/h zu rechnen.

Der durch die Absenkung entstehende Absenkradius gegenüber dem mittleren Grundwasserstand (MW) liegt zwischen ca. 30 m bis 161 m (beeinflusster Bereich).

Der Absenkradius für die wirksame Reichweite (Bereich, der unter dem bisher niedrigsten gemessenen Grundwasserstand (NW) beeinflusst wird) liegt zwischen 8 m und 84 m.

Die detaillierten hydrologischen Berechnungen, mit Angaben zu der max. Fördermenge und den max. Absenkradien, sind auf den Anlagen 4.1.1 bis 4.16.2 dargestellt.

In Teilbereichen der Kurfürstenallee sind Absenkungen von weniger als 0,2 m erforderlich. Für die geringen Absenktiefen wird empfohlen, eine offene Wasserhaltung mit Pumpensumpf und Tauchpumpen durchzuführen. Die daraus resultierenden Fördermengen sind mit 1 m³/h bis 5 m³/h abgeschätzt worden.

Eine tabellarische Übersicht über die Grundwasserstände, Absenkziele und Ergebnisse der hydrologischen Berechnungen zeigt die Anlage GW 1.

Die Absenkradien (beeinflusster Bereich und die wirksame Reichweite) sowie Entnahmemengen $Q_{\max.}$ und $Q_{\min.}$ sind übersichtlich auf der Anlage GW 2 dargestellt.

6.4 Einleitung und Reinfiltration von gefördertem Grundwasser (Anl. GW2)

Das durch die Absenkung geförderte Grundwasser kann in die Oberflächengewässer (Kuhgraben, Kleine Wümme, Vahrer Fleet) bzw. Niederschlagswasserkanäle eingeleitet werden. Grundvoraussetzung dafür ist die Einhaltung der Einleitwerte von Grundwasser im Gewässer gemäß den Auflagen der Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau, Bremen (siehe unseren Geotechnischen Bericht Nr. 2A vom 14.05.2020, Absatz 5.5.1). Des Weiteren besteht die Möglichkeit der Einleitung des geförderten Grundwassers in die Schmutz- bzw. Mischwasserkanäle.

Die Einleitung des Grundwassers in öffentliche Gewässer ist beim Deichverband und die Einleitung in das Kanalnetz ist bei der hanseWasser anzuzeigen.

Bei einer Wiederversickerung des Grundwassers durch Reinfiltration können die nahegelegenen öffentlichen Grünflächen in Abstimmung mit den entsprechenden Betreibern bzw. Besitzern genutzt werden.

Mögliche und offensichtliche Flächen zur Reinfiltration sind die Grünflächen (Uniwildnis) angrenzend zum Kuhgraben, am Ahornweg kann das abgepumpte Grundwasser ggf. in dem Parallelweg reinfiltrierte werden. Im Bereich der Pferdewiese kann die Reinfiltration an der Grenze von Pferdewiese zu Kleingartengebiet vorgenommen werden. In der Kirchbachstraße Kreuzung Schwachhauser Heerstraße ist aus Platzgründen keine Reinfiltration möglich. Hier muss das abgesenkte Grundwasser in den Kanal eingeleitet werden. Hierfür ist eine Genehmigung durch die hanseWasser Bremen GmbH erforderlich. Im Bereich der Kurfürstenallee Kreuzung In der Vahr kann das Grundwasser in der Parkanlage reinfiltrierte werden. In der Richard-Boljahn-Allee ist die Reinfiltration in den Grünanlagen vor der Ferdinand Lasalle-Straße möglich.

Die möglichen Flächen zur Reinfiltration sind auf der Anlage GW 2 ein skizziert.

Kann das bei der Absenkung geförderte Grundwasser nicht komplett reinfiltrierte werden, ist der überschüssige Anteil nach Erlaubnis der hanseWasser Bremen GmbH in die Kanalisation einzuleiten.

Durch die Ausführung einer Reinfiltration sind in der Regel keine negativen Auswirkungen auf die natürlichen Grundwasserschwankungen (NNW bis HW) zu erwarten. Wird der maximale Grundwasserstand (GDfB) bei der Reinfiltration nicht überschritten ist nicht mit einer Vernässung der Bebauung zu rechnen.

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

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

7 Anlagenverzeichnis

INHALT	Anlage Nr.	
	von	bis
1. Lageplan		
1.1 Übersichtslageplan	1.1	
1.2 Lagepläne	1.2.1	1.2.7
2. Felduntersuchungen		
2.1 Bodenprofile	2.1.1	2.1.10
3. Laboruntersuchungen		
Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen		
3.6 Übersicht über die Ergebnisse der Grundwasseranalysen	3.6.1	3.6.4
3.7 Ergebnisse der chemischen Analysen im Detail	3.7.1	3.7.87
3.8 Auswertung Siebanalysen	3.8	
4. Gutachten		
4.1 Hydrologische Berechnungen	4.1.1	4.16.2
4.2 Hydrologische Daten	GW1	
4.3 Übersichtslageplan hydrologische Berechnung	GW2	