

U5 OST - BRAMFELD BIS CITY NORD

Konzept zum Bauwassermanagement

Hamburger Hochbahn AG

21. FEBRUAR 2019



Ansprechpartner

**DIPL.-ING.
JÖRG ORTMÜLLER**
Sachverständiger nach
§18 BBodSchG

T +49 40 23856919 17
M +49 151 17143039
E joerg.ortmueller@arcadis.com

Arcadis Germany GmbH
Beim Strohhouse 27
20097 Hamburg
Deutschland

**M.SC.
CHRISTIAN HECK**
Projektingenieur

M +49 162 4336151
E christian.heck@arcadis.com

Arcadis Germany GmbH
Beim Strohhouse 27
20097 Hamburg
Deutschland

INHALT

1	VERANLASSUNG	6
2	KURZBESCHREIBUNG DES VORHABENS	7
3	DATENGRUNDLAGE	8
3.1	Geologie	8
3.2	Hydrogeologie	9
3.3	Messstellennetz	10
3.4	Wasserqualität	10
3.4.1	Grundwasser	10
3.4.2	Zentratwasser aus Aufbereitung von Bentonitsuspension	12
4	BAUWASSERMANAGEMENT	14
4.1	Abschätzung der abzuleitenden Bauwassermengen	14
4.1.1	Allgemeines	14
4.1.2	Wasserhaltung in Baugruben	14
4.1.3	Lenzwasser	17
4.1.4	Bentonit-Suspensionsaufbereitung	18
4.1.5	Zusammenfassung	19
4.2	Wasserbedarf/Auflastwasser	20
5	WASSERAUFBEREITUNGSTECHNIK	22
6	EINTEILUNG DER WASSERHALTUNGSSYSTEME	23
6.1	Einleitoptionen gereinigtes Bauwasser	23
6.2	Variantenvergleich in den einzelnen Bereichen	25
6.2.1	Gleisdreieck und Nordheimstraße	25
6.2.2	City Nord	25
6.2.3	Steilshoop	26
6.2.4	Bramfeld	27
6.2.4.1	Notausgänge Fabriciusstraße/Gründgenstraße	27
6.3	Zusammenfassung der Vorzugsvarianten	29
	Impressum	31

Unterlagen

Für die Bearbeitung standen nachfolgend aufgeführte relevante Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Abstimmungsunterlage U5 Ost City Nord bis Bramfeld, Hamburger Hochbahn AG, Stand 18.01.2018
- [2] Geotechnisches und hydrogeologisches Gutachten sowie Schadstoffbeurteilung (Teil 1 und Teil 2), Grundbauingenieure Steinfeld und Partner, 01. Dezember 2017, Hamburg

Ermittlung Lenzwassermengen:

- [3] Ermittlung Lenzwassermenge Hst. City Nord (Vorabzug), ZPP Ingenieure AG, Stand 23.04.2018
 - [4] Ermittlung Lenzwassermenge Strecke CN-KAA-SE (Vorabzug), ZPP Ingenieure AG, Stand 23.04.2018
 - [5] Ermittlung Lenzwassermenge Strecke SE-Startschacht (Vorabzug), ZPP Ingenieur AG, Stand 02.05.2018
 - [6] Ermittlung Lenzwassermenge Hst. Nordheimstraße (Vorabzug), ZPP Ingenieur AG, Stand 18.04.2018
 - [7] Ermittlung Lenzwassermenge Hst. Steilshoop (Vorabzug), ZPP Ingenieure AG, Stand 09.08.2018
 - [8] Ermittlung Lenzwassermenge Hst. Bramfelder Dorfplatz (Vorabzug), ZPP Ingenieure AG, Stand 19.12.2017
 - [9] Ermittlung Lenzwassermengen: Startschacht, Notausgänge, Zielschacht, ZPP Ingenieur AG, 06.02.2019
- [10] Bauzeitenplan, handschriftliche Skizze, Herr Köder (HHA), E-Mail vom 05.07.2018

Anlagen

Anlage 1:	Trassenverlauf
Anlage 2.1 – 2.2:	Grundwassermessstellen
Anlage 3.1 – 3.3:	Probenahmeprotokolle
Anlage 4.1 – 4.3:	Chemische Prüfberichte der GBA
Anlage 5.1 – 5.6:	Analysen Tabellarische Übersicht (Stand November 2018)
Anlage 6.1 – 6.3:	Lageplan mit Analyseergebnissen (Stand November 2018)
Anlage 7.1 – 7.6:	Geologische Profilschnitte (Nov/Dez 2018)
Anlage 8:	Stammdaten der Grundwassermessstellen
Anlage 9:	Wasserhaltungssysteme
Anlage 10:	Übersichtslageplan mit Leitungsverlauf

1 VERANLASSUNG

Bürgerschaft und Senat der Freien und Hansestadt Hamburg verfolgen ausweislich der Bürgerschaftsdrucksache 21/1736 vom 29.09.2015 den Bau einer neuen U-Bahn-Linie U5. Sie soll im Osten von Bramfeld und Steilshoop über Sengelmannstraße, die City Nord und Borgweg in die Innenstadt über den Hauptbahnhof und den Knoten Jungfernstieg/Rathaus und von dort zum Siemersplatz führen.

Die durch eine Schienenanbindung entstehende Netzwirkung erhöht die Attraktivität des gesamten Schnellbahnnetzes und verbessert so die Mobilität aller Hamburgerinnen und Hamburger erheblich. Nicht zuletzt können mit einer U-Bahn auch bei langfristig weiterwachsender Fahrgastnachfrage ausreichende Kapazitäten geschaffen werden, ohne dass es in den ohnehin schon begrenzten Straßenräumen zu der Notwendigkeit einer zusätzlichen dauerhaften Flächeninanspruchnahme käme.

Am 21.12.2017 wurde durch den Lenkungskreis die sog. „Alternative Nord“ mit den Stationen City Nord, Sengelmannstraße (Bestandshaltestelle), Nordheimstraße, Steilshoop und Bramfeld beschlossen, die nun als Vorzugsvariante in den weiteren Planungen betrachtet wird.

Träger des U-Bahn Bauvorhabens U5 ist die Hamburger Hochbahn AG, die bereits die vorhandenen U-Bahnlinien in Hamburg betreibt.

Zum Zuge dieses Bauvorhabens werden aus verschiedenen Quellen Wässer anfallen, die kontrolliert gefasst und abgeleitet werden müssen. Gegenstand dieser Unterlage ist das Bauwassermanagement- und Wasserreinigungskonzept.

2 KURZBESCHREIBUNG DES VORHABENS

Die U5 Ost führt von der City Nord in offener Bauweise in Tunnellage mit einer Mittelbahnsteighaltestelle City Nord (vorläufige Endhaltestelle) und nördlich anschließender Kehr- und Abstellanlage in Richtung U-Bahn-Haltestelle Sengelmannstraße (oberirdische Bestandshaltestelle), an der oberirdisch zur vorhandenen Linie U1 umgestiegen werden kann. Die Haltestelle Sengelmannstraße wird modernisiert und so umgebaut, dass ein zusätzlicher Halt für die U5 und ein fahrtrichtungsweise bahnsteiggleicher Umstieg zwischen beiden Linien U1/U5 möglich sein wird. Die Weiterführung der U5 Ost in Richtung Bramfeld erfolgt über ein Brückenbauwerk über die Sengelmannstraße und ein anschließendes Überwerfungsbauwerk U1/ U5. Dieser Bauabschnitt wird oberirdisch hergestellt.

Ab dem so genannten „Gleisdreieck“ südlich der Feuerbergstraße liegen der weitere Streckenverlauf und die drei weiteren Haltestellen Nordheimstraße/ Fuhlsbüttler Straße, Steilshoop und Bramfeld unterirdisch. Westlich vor dem Kreuzungspunkt der U5 Ost mit der Strecke der S-Bahn-Linien S1 und S11 beginnt der Schildvortrieb mit einer Tunnelröhre (2-Gleis-Schild). Der Schildvortrieb wird für die Herstellung des Streckentunnels bis zum Streckenende in Bramfeld durchgeführt. Die in Richtung Osten weiterverlaufende Strecke verbindet die neuen, in offener Bauweise herzustellenden unterirdischen Haltestellen Nordheimstraße/ Fuhlsbüttler Straße, Steilshoop in der Gründgensstraße liegend und die Endhaltestelle Bramfeld im Bereich des Bramfelder Dorfplatzes. Östlich der Endhaltestelle Bramfeld liegt in Richtung Heukoppel eine unterirdische Kehr- und Abstellanlage, die bis zum Zielschacht im Bereich Heukoppel/Jahnkeweg im Schildvortrieb hergestellt wird. Um die Schildvortriebsmaschine zu bergen und des Weiteren den erforderlichen Notausgang am Ende der Kehr- und Abstellanlage zu errichten, wird der Zielschacht in offener Bauweise erstellt. Auf den Streckenabschnitten zwischen den Haltestellen werden ebenfalls Notausgangsbauwerke in offener Bauweise errichtet.

Der gesamte Trassenverlauf mit den neu zu errichtenden Haltestellen sowie dem Start- und Zielschacht ist in Abbildung 1 dargestellt.

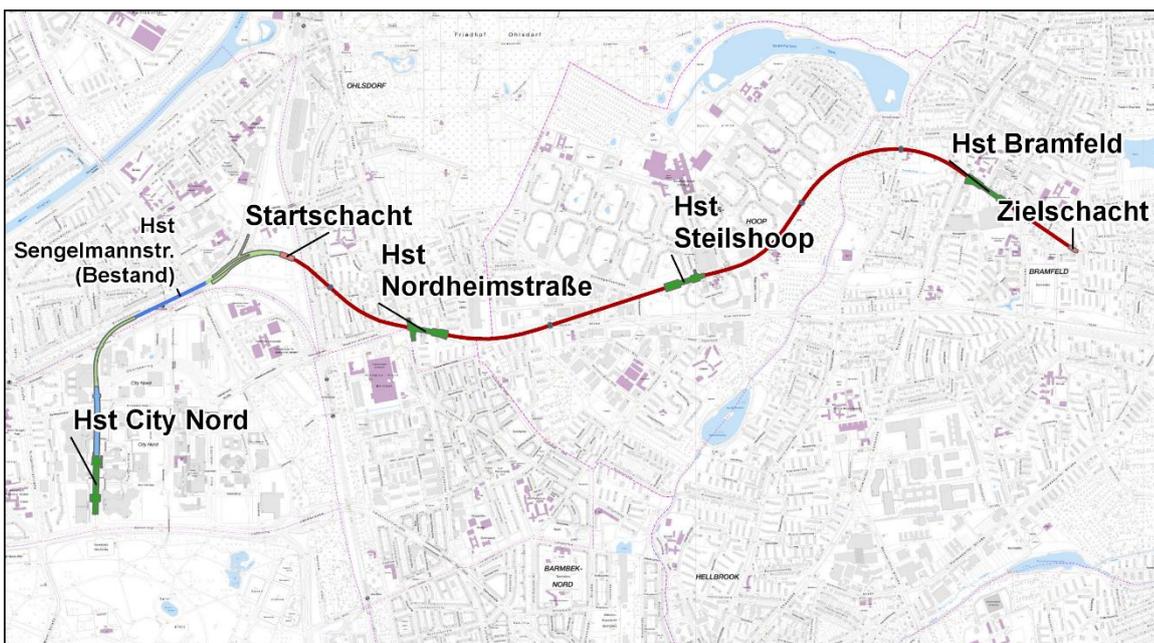


Abbildung 1: Geplante Trasse der U5 – City Nord bis Bramfeld

3 DATENGRUNDLAGE

3.1 Geologie

Die Baugrunderkundung erfolgte durch das Büro Steinfeld und Partner und ist im entsprechenden Geotechnischen Gutachten [2] ausführlich dargestellt.

Es wurden in mehreren Untersuchungskampagnen Baugrundaufschlüsse hergestellt, die teilweise zu Grundwassermessstellen ausgebaut wurden. Die Lage der Messstellen ist in Anlage 2 dargestellt.

Im Zuge der Machbarkeitsuntersuchung wurden im Jahr 2015 acht Aufschlussbohrungen (B1 bis B8) mit je etwa 35 m Tiefe ausgeführt. Diese wurden sämtlich zu Grundwassermessstellen ausgebaut.

Im Zeitraum vom 29.08.2016 bis zum 11.04.2017 wurden weitere 52 Bohrungen (B9 bis B63) über den gesamten Trassenverlauf (Variante Hartzlohplatz) durchgeführt. Die Tiefe betrug max. 65 m u. GOK. Dabei wurden 9 Bohrungen zu Grundwassermessstellen ausgebaut: B10, B14, B16, B25, B30, B43, B46, B59 und B61.

Zur Erkundung der Alternative Nord über die Nordheimstraße wurden in diesem Bereich im Zeitraum vom 18.09.2017 bis zum 11.10.2017 weitere 8 Baugrundaufschlüsse (B64 bis B71) bis in eine Tiefe von max. 65 m u. GOK ausgeführt. Dabei wurden 2 weitere Bohrungen zu Grundwassermessstellen ausgebaut: B67 und B70.

Eine weitere Bohrkampagne wurde in der ersten Hälfte des Jahres 2018 entlang der gesamten Trasse (Nordvariante) durchgeführt.

Der Baugrund besteht aus einer Abfolge glazialer Ablagerungen, insbesondere von geringdurchlässigem Geschiebelehm/ -mergel und stark durchlässigen Schmelzwassersanden und Beckensanden/-schluffen des Saale-Glazials. Der Aufbau kann grundsätzlich wie folgt beschrieben werden (von alt nach jung):

Ablagerungen der Elster-Kaltzeit:

- Grundmoräne (Elster-Till, qe), nur bereichsweise angetroffen
- Schmelzwasserablagerungen (qe), nur bereichsweise angetroffen
- Beckenton und Beckenschluff, z.T. sandig (Lauenburger Ton, qL/qe)

Ablagerungen der Saale-Kaltzeit:

- Schmelzwasserablagerungen (qD(1)), nur bereichsweise angetroffen
- Untere Grundmoräne (Drenthe-Till, qD(1))
- Beckensand und -schluff sowie Schmelzwasserablagerungen (qD(2))
- Obere Grundmoräne (Niendorf-Till, qD(2))
- Geschiebedecksand und Schmelzwasserablagerungen (qWa), nur bereichsweise angetroffen, vor allem im Bereich zwischen Hst. City Nord und Hst. Sengelmannstraße

Ablagerungen des Eem bis Holozän:

- Eemzeitliche Rinnen- und Senkenfüllungen aus Mudden, humosen Sanden, Torf und Kieseinlagen (nur Seebek-Niederung)
- holozäne bis weichselzeitliche Auesediemente mit Torflagen und Schmelzwassersanden (nur Seebek-Niederung, Bramfelder Dorfgraben und City Nord)
- Anthropogene Auffüllungen, meist sandig

Der geplante Schildvortrieb verläuft fast ausschließlich in den pleistozänen Ablagerungen der Saale-Kaltzeit aus bindigen Geschiebeböden (Geschiebemergel), Schmelzwassersand und -kies, Beckensand und Beckenschluff bzw. Beckenton. Nur kurz vor dem Notausgang Gründgensstraße wird auf einer Länge von geschätzt ca. 80-100 m elsterzeitlicher Ton und Schluff (Lauenburger Ton) angeschnitten.

Eine Übersicht über den erkundeten Baugrund mit Stand von Dezember 2018 ist als Profilschnitt in den Anlagen 7.1 bis 7.6 dargestellt.

3.2 Hydrogeologie

Der Haupt-Grundwasserleiter wird gebildet durch Ablagerungen aus Schmelzwassersanden und Beckensanden (qD(2)), die durch eine obere Grundmoräne (Niendorf-Till) und untere Grundmoräne (Drenthe-Till) eingeschlossen werden. Die Mächtigkeit und Tiefenlage variieren über den Trassenverlauf deutlich. Im Mittel beträgt die Mächtigkeit der sandigen Schichten etwa 10-15 m.

Unterhalb des Drenthe-Tills befindet sich ein weiterer tiefer liegender Grundwasserleiter, der aber nur vereinzelt aufgeschlossen wurde. Er wird aus Schmelzwassersanden gebildet.

Nennenswerte Stauwasservorkommen wurden nach Aussage des Baugrundgutachters entlang der Trasse nicht angetroffen.

Im Bereich der Seebek-Niederung wurde ein lokaler Grundwasserhorizont bestehend aus humosen Talsanden und Schmelzwassersanden erkundet, der mit dem oberen Grundwasserleiter verbunden ist.

Im Vorhabengebiet befinden sich keine Wasserschutzgebiete.

Die Grundwasserverhältnisse des Hauptgrundwasserleiters zwischen Niendorf-Till und Drenthe-Till sind bereichsweise frei, bereichsweise gespannt (insbesondere in der Seebek-Niederung).

Zum Stichtag 22.11.2016 lag der Grundwasserstand entlang der Trasse zwischen 5 mNHN im Westen (City Nord) und ca. 18 mNHN im Osten (Bramfeld) [2]. Die Grundwasserfließrichtung ist etwa nach Südwesten in Richtung der Alster gerichtet.

Die Grundwasserverhältnisse im tiefer liegenden Grundwasserleiter unterhalb des Drenthe-Tills sind gespannt.

3.3 Messstellennetz

Im Zuge der Baugrunderkundungen wurden 45 Grundwassermessstellen entlang der geplanten Trasse eingerichtet. Davon liegen 3 Messstellen entlang der Südtrasse, die nach derzeitigem Stand nicht mehr verfolgt wird (Anlage 2).

Die Messstellen sind bevorzugt in der Nähe der geplanten Baugruben (Haltestellen, Notausgänge, etc.) platziert. Mehrheitlich wurden sie in den Schmelzwassersanden und Beckensanden qD(2) verfiltert. Einzelne Messstellen wurden in den tiefer liegenden Schmelzwassersanden qD(1) bzw. in stark sandigen Bereichen des Lauenburger Tons (qe) ausgebaut.

Weiterhin wurden 7 Grundwassermessstellen der BUE Hamburg in die Betrachtungen mit einbezogen, die ebenfalls in den Schmelzwassersanden und Beckensanden qD(2) unterhalb des Nienendorf-Tills verfiltert sind. Weiterhin stand zeitweise eine private Messstelle im Bereich des Bauvorhabens BD64 für Untersuchungen zur Verfügung. Diese wurde zwischenzeitlich rückgebaut.

Nach Aussage des Baugrundgutachters wurden im Untersuchungsgebiet kein Stauwasser angetroffen. Stauwassermessstellen wurden daher nicht eingerichtet.

Insgesamt sind 53 Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet vorhanden. In Anlage 8 sind die Stammdaten der Grundwassermessstellen aufgeführt. Diese wurden den übergebenen Bohrprofilen und Ausbauezeichnungen sowie dem Geotechnischen Gutachten entnommen [2].

3.4 Wasserqualität

3.4.1 Grundwasser

Zur Beschreibung der Grundwasserqualität entlang der Trasse stehen aktuell insgesamt 53 Grundwassermessstellen zur Verfügung. Davon wurden 45 Messstellen im Zuge der Baugrunderkundungen errichtet. Diese wurden jeweils kurz nach der Herstellung zunächst einmalig durch das Bohrunternehmen beprobt.

Für die weiteren Beprobungskampagnen wurde aus den insgesamt 53 Messstellen eine Auswahl getroffen, die in weiteren zwei Kampagnen durch Arcadis beprobt wurden. In der 2. Kampagne (April bis Juli 2018) wurden 42 Messstellen, in der 3. Kampagnen (Okt./Nov. 2018) wurden 43 Messstellen beprobt. Abweichungen im Messstellenumfang resultieren daraus, dass Bohrarbeiten z.T. erst nach der 2. Kampagne abgeschlossen wurden sowie durch eingeschränkte Zugänglichkeit einzelner Messstellen (z.B. Lage auf Parkplatzflächen).

In der ersten Beprobungskampagne wurden in erster Linie die Parameter zur Beurteilung der Beton- und Stahlaggressivität untersucht. In der zweiten und dritten Kampagne wurden die Parameter für eine Einleitung in das Regenwassersiel/Oberflächengewässer analysiert. Zusätzlich wurde eine Auswahl der Proben auf Perfluorcarbone (PFC), Chlor, Chlorid, Huminstoffe und gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) untersucht.

In der ersten und zweiten Kampagne zeigte sich, dass bei der Beprobung einiger Messstellen unplausible Werte für Eisen und einige Schwermetalle auftraten. Die Beprobung der GWM2 B62-1/17

ergab bspw. einen Wert für Eisen ges. von 94 mg/L, das vollständig als Eisen (III) vorliegt (Eisen (II) <BG). Dies überschreitet die Löslichkeit von Eisen (III) bei weitem. Daher muss das analysierte Eisen in diesen Fällen sorbiert an Feststoffen vorgelegen haben. Diese Annahme wird dadurch unterstützt, dass in diesen Fällen meist eine relativ hohe Trübung festgestellt wurde. Nicht selten lag der Wert für abfiltrierbare Feststoffe über 1.000 mg/L. Aus diesem Grund wurden bei der 3. Kampagne die betreffenden Proben bei der Probenahme filtriert. Im Ergebnis traten die nicht plausiblen Konzentrationen nicht mehr auf, was zeigt, dass die unplausiblen Werte einiger Proben im Zusammenhang mit der erhöhten Trübe stehen und daher nicht repräsentativ für die im Grundwasser gelösten Stoffe sind. In der folgenden Betrachtung und für die Berechnung des Mittelwerts, Minima und Maxima wurden diese Einzelwerte nicht berücksichtigt, sind jedoch in der Übersicht der chemischen Analysen in Anlage 5 dokumentiert.

Unter Berücksichtigung des großräumigen Untersuchungsgebietes entlang der ca. 5,8 km langen Trasse und der Lage der Baugruben, wurde das Untersuchungsgebiet in 5 Bereiche unterteilt, in denen die lokale Hydrochemie des Grundwassers separat ausgewertet wurde. Die Bereiche sind wie folgt bezeichnet: City Nord, Gleisdreieck, Steilshoop, Seebek und Bramfeld. Zu jedem der Bereiche wurden der Mittelwert, Minimum und Maximum aller untersuchten Parameter berechnet (Anlage 5).

Insgesamt ist die Verteilung der Wasserinhaltsstoffe heterogen, da teilweise sogar benachbarte Messstellen große Unterschiede in der Grundwasserqualität anzeigen. Im Mittel zeigen sich in den verschiedenen Bereichen entlang der Trasse jedoch nur relativ geringe Unterschiede. Als maßgebliches Kriterium zur Bewertung der Grundwasserqualität werden die Richtwerte zur Einleitung in das Regen- und Schmutzwassersiel der Stadt Hamburg herangezogen.

Die meisten der untersuchten Grundwasserproben zeigen im Vergleich zu den Richtwerten erhöhte Konzentrationen an Eisen ges. und Eisen (II). Die höchsten Konzentrationen wurden mit 24 mg/L in der Messstelle GWM 27-1/17 und mit 22 mg/L in der Messstelle GWM 8 gemessen. Die übrigen Messwerte liegen meist in einem Bereich zwischen etwa 2 mg/L und 10 mg/L. Im Mittel zeigen sich im Bereich City Nord die höchsten Eisen-Konzentrationen mit durchschnittlich 6,7 mg/L. Das Eisen liegt dabei fast vollständig als Eisen (II) vor. Der Richtwert für Eisen (II) für die Einleitung in das Schmutzwassersiel von 2 mg/L wird i.d.R. überschritten.

Wie auch bei den Eisen-Konzentrationen ist bei den Konzentrationen der verschiedenen Schwermetalle ein Zusammenhang mit der teilweise starken Trübung der Proben feststellbar. Bei Betrachtung aller Analyseergebnisse wurden an 34 von 45 Messstellen der jeweilige Richtwert zur Einleitung in das Regenwassersiel für mindestens einen der Parameter überschritten. Betrachtet man hingegen nur die (filtrierten) Proben der Kampagne aus Oktober und November zeigen nur noch an 18 von 43 Messstellen eine Überschreitung der Richtwerte. Die Überschreitungen betreffen in erster Linie Zink und Nickel. Im Bereich des Zielschachts und NA Rübenkamp zeigen sich lokal Überschreitungen für Quecksilber. Im Bereich Bramfeld und Zielschacht werden in 6 Messstellen die Richtwerte für Kupfer überschritten. In jeweils einer Messstelle werden der Richtwert für Chrom (GWM 707) und Cadmium (GWM 465) überschritten. Die für die untersuchten Schwermetalle gültigen Richtwerte für die Einleitung in das Schmutzwassersiel werden an keiner Stelle überschritten.

In einzelnen Messstellen (insbes. im östlichen Trassenbereich ab NA Fabriciusstraße) wurden erhöhte Werte (bis 63 mg/L) für den Parameter CSB festgestellt. Eine einzelne Messung in der

Messstelle GWM 72/17 ergab einen Wert von 496 mg/L CSB. Dieser Wert wurde in den nachfolgenden Messungen jedoch nicht bestätigt.

Weiterhin wurden in einzelnen Messstelle im westlichen Trassenbereich (zwischen City Nord und Hst. Steilshoop) erhöhte Werte für Sulfat festgestellt. Die durchschnittliche Sulfat-Konzentration liegt in allen Bereichen unterhalb des Richtwertes zur Einleitung in das Regenwassersiel von 200 mg/L. Lokal wurden aber dennoch an verschiedenen Messstellen Überschreitungen festgestellt. Dies betrifft besonders die Messstellen um den Notausgang Steilshoop (GWM 36/17 unten, GWM 70 und GWM 4).

Die höchste Sulfat-Konzentration wurde in der Messstelle 62-1/17 (oben) mit 1.260 mg/L bestimmt. Dieser Wert tritt zusammen mit der höchsten Eisen-Konzentration und einem sehr hohen Wert für abfiltrierbare Stoffe auf und ist daher vermutlich ebenfalls durch die hohe Trübung verursacht. Bei den beiden nachfolgenden Beprobungen im Juli und November 2018 wurden an der gleichen Messstelle Sulfat-Konzentrationen von 95 mg/L und 84 mg/L bestimmt.

Vereinzelt wurden außerdem erhöhte Kohlenstoffdioxid-Konzentration in Bezug auf die Richtwerte zur Einleitung in das Schmutzwassersiel festgestellt.

Der Parameter Ammonium-N zeigt in Bezug auf die Einleitrichtwerte für das Regenwassersiel in keiner Analyse eine Überschreitung.

Einzelne Grundwasserproben wurden auf Wunsch des Planers für den Tunnelvortrieb zusätzlich auf verschiedene PFCs sowie Chlor, Chlorid, Huminstoffe und DOC untersucht. In mehreren Messstellen wurden geringe Konzentrationen von PFC festgestellt. Die höchste gemessene Konzentration lag bei 93 ng/L in der Messstelle GWM 7. In einigen Messstellen wurden außerdem vergleichsweise hohe Chlorid-Konzentrationen festgestellt (bis zu 1040 mg/L in GWM2 B62-1/17). Eine mögliche Ursache hierfür sind insbesondere in unmittelbarer Nähe zu Verkehrswegen anthropogene Salzeinträge.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass unabhängig vom Verbleib des Bauwassers in jedem Fall eine Enteisung notwendig sein wird (siehe Kap. 5 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Bei der Konzeption ist zu berücksichtigen, dass auch Schwermetalle und CSB im Wasser reduziert werden.

Eine wesentliche Veränderung der Wasserqualität beim Durchsickern der Schlitzwände ist nicht zu erwarten. Die Betonqualität der Wände und der Sohle ist entsprechend der erkundeten Expositions-kategorie für Betonkorrosion auszuwählen, sodass das Grundwasser den Beton nicht angreifen kann und damit keine bzw. kaum Betoninhaltsstoffe im Wasser gelöst werden.

3.4.2 Zentratwasser aus Aufbereitung von Bentonitsuspension

Zentratwasser fällt bei der Aufbereitung von ausgeschleuster Bentonitsuspension in der Separieranlage an. Die Bentonitsuspension wird als Stütz- und Transportmedium beim Schildvortrieb eingesetzt. Grundsätzlich stellt das Zentratwasser eine Mischung aus Frischwasser und Grundwasser dar.

Die Qualität des Frischwassers ist hinsichtlich der Auslegung der Wasseraufbereitung unbedenklich und besondere Anforderungen sind dadurch nicht gegeben. Die Qualität des Grundwassers ist

durch die geologischen Verhältnisse (insbes. Mineralzusammensetzung) bestimmt. Die Grundwasserqualität ist im Untersuchungsbereich in weiten Teilen durch das errichtete Messstellenetz bekannt. Dieses erfasst naturgemäß nur die stärker grundwasserleitenden Schichten, wie Sande und Kiese. Im Zuge des Tunnelvortriebs werden aber auch die geringleitenden Schichten (Geschiebelehm/-mergel, Beckenschluff/-ton, etc.) erfasst. Während des Vortriebs werden diese Schichten aufgelockert und mit der Suspension vermischt. Es ist davon auszugehen, dass sich dabei, entsprechend der mineralischen Zusammensetzung der Gesteine, Inhaltsstoffe im Wasser lösen. Ggf. kann dadurch der pH-Wert im Zentratwasser oberhalb von pH 9 liegen, sodass für eine Einleitung eine Neutralisierung erforderlich wird.

Im Zuge der Grundwassererkundung wurden keine Hinweise auf anthropogene Belastungen durch Kohlenwasserstoffe festgestellt. Sollten dennoch Bereiche mit Verunreinigungen durch Kohlenwasserstoffe durchfahren werden, sind diese auch im Zentratwasser zu erwarten. Hierfür werden optional Aktivkohlefilterstufen für die Aufbereitungsanlagen eingeplant (siehe Kap. 5).

Weiterhin zu beachten ist die Zugabe von Flockungsmitteln innerhalb der Zentrifugen der Separieranlage. Es muss davon ausgegangen werden, dass das Zentratwasser nicht ausgeflockte Polymere beinhalten kann. Der genaue Typ des Flockungsmittels und damit der Polymere wird i.d.R. von der ausführenden Firma gewählt und ist aktuell noch nicht bekannt. In den Ausschreibungsunterlagen werden deshalb Vorgaben aufgenommen, dass keine gewässergefährdenden Stoffe eingesetzt werden dürfen und/oder das Abwasser aus der Separieranlage durch den Betreiber vor Übergabe in einer separaten Aufbereitungsanlage zu reinigen ist.

4 BAUWASSERMANAGEMENT

Die Herstellung der neuen Haltestellen, Notausgänge, dem Start- und Zielschacht sowie des Kehr- und Abstellgleises nördlich der Haltestelle City Nord erfolgen in offener Bauweise. Da die Arbeiten in grundwassererfüllten Bodenhorizonten stattfinden, fällt im Rahmen der Baumaßnahme Baugrubenwasser aus Wasserhaltungen an. Bei der Herstellung der Baugruben muss sowohl die durch den Verbau eingeschlossene Wassermenge als auch zuströmendes Wasser abgepumpt werden. Die zur Entwicklung eines Bauwassermanagementplans erforderlichen Größen und die verschiedenen Möglichkeiten der Ableitung des Förderwassers werden im Folgenden näher erläutert.

4.1 Abschätzung der abzuleitenden Bauwassermengen

4.1.1 Allgemeines

Im Zuge der Baumaßnahmen fällt Bauwasser zur Aufbereitung aus folgenden Quellen an:

- Wasser aus offener Wasserhaltung (Rest-/Leckagewasser)
- Lenzwasser
- Abwasser aus der Aufbereitung von Bentonit-Suspension (TVM und Schlitzwandbau)

Tagwasser von Bodenlagern und Baustelleneinrichtungsflächen wird nicht gesondert gefasst und abgeleitet. Die Entwässerung dieser Flächen erfolgt über die örtliche Oberflächenentwässerung. Die Bewirtschaftung dieser Flächen hat so zu erfolgen, dass Feststoffeinträge in die Siele vermieden werden.

Das Wasser aus offener Wasserhaltung setzt sich zusammen aus Leckagewasser, das über Undichtigkeiten in den Wand- und Sohlflächen der Baugrube zufließt und Niederschlagswasser.

Lenzvorgänge werden in Baugruben durchgeführt, die nass ausgehoben und über eine Unterwasserbetonsohle abgedichtet wurden. Dabei wird die ausgehobene und wassererfüllte Baugrube innerhalb eines möglichst kurzen Zeitraums entwässert.

Bentonitsuspension wird als Stützflüssigkeit im Schlitzwandbau sowie beim Tunnelvortrieb mit Hydroschild eingesetzt. Bei der Aufbereitung der Bentonitsuspension aus dem Tunnelvortrieb fällt Abwasser an, das ebenfalls über die Wasseraufbereitung abgeleitet werden soll. Das im Zuge des Schlitzwandbaus anfallende Abwasser wird über den Schmutzwasserkanal abgeleitet.

4.1.2 Wasserhaltung in Baugruben

Allgemeines

Die Bauzeiten der einzelnen Baugruben wurden der Unterlage [10] entnommen. Bei der Berechnung der sich zeitlich überlagernden Wassermengen aus den verschiedenen Wasserhaltungen (offene Wasserhaltung, Lenzen) wurden folgende Annahmen getroffen:

- Bei Baugruben ohne Unterwasserbetonsohle (UWBS), in denen also ein trockener Bodenaushub durchgeführt wird, beginnt die Grundwasserabsenkung im geschlossenen Trog nach dem ersten Drittel der angegebenen Bauzeit für den Block „Baugrube“. Der Volumenstrom für diese Grundwasserabsenkung wird mit i. M. 15 m³/h abgeschätzt. Der Beginn der Restwasserhaltung wird nach der Hälfte der Absenkung angesetzt. Der Volumenstrom aus

der Restwasserhaltung ergibt sich aus dem Ansatz einer Leckagerate von $1 \text{ L}/(\text{s} \cdot 1000 \text{ m}^2)$, wie unten beschrieben.

- Wird eine Baugrube mit Unterwasserbetonsohle gelenzt, beginnt der Lenzvorgang nach dem zweiten Drittel der angegebenen Bauzeit für den Block „Baugrube“. Der Beginn der Restwasserhaltung wird nach der Hälfte des Lenzvorgangs angesetzt. Der Volumenstrom der Lenzvorgänge in Baugruben mit UWBS beträgt $80 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Die Restwasserhaltung endet 180 Tage vor dem Ende der angegebenen Bauzeit für den Block „Bauwerk“. Bei den Haltestellen Nordheimstraße und Steilshoop endet die Restwasserhaltung mit dem Ende des Blocks „Bauwerk“ nach der Durchfahrt der Tunnelvortriebsmaschine. Es wird davon ausgegangen, dass zu diesem Zeitpunkt bereits ein wasserdichter Verbau hergestellt wurde.

Eine Unterteilung der Baugruben durch Querschotts ist zum gegenwärtigen Planungsstand noch nicht erfolgt und folglich bei den nachfolgenden Betrachtungen nicht berücksichtigt.

Die errechneten Bauwassermengen je Baugrube sind in Tabelle 1 aufgeführt. Eine grafische Übersicht über die angesetzten Zeiträume für die Wasserhaltung findet sich in Abbildung 2.

Tabelle 1: Bauwassermengen je Baugrube

Baugrube	Leckage- wasser [m ³]	Lenzwasser [m ³]	Leckage [m ³ /h]	Lenzen [m ³ /h]
Hst. City Nord	290.000	12.500	21	15
Kehr- und Abstellanlage (KAA)	320.000	14.000	23	15
Streckentunnel	80.000	1.500	7	15
SE-Startschacht	200.000	38.000	23	80
Startschacht	300.000	22.500	10	80
NA Rübenkamp	60.000	10.000	5	80
Hst. Nordheimstraße	820.000	121.000	45	80
NA Steilshooper Alle	70.000	12.000	6	80
Hst. Steilshoop	360.000	37.500	7-21	15-80
CGV Arbeitsschacht Gründgenstraße	0	0	0	0
NA Gründgenstraße	70.000	12.800	7	80
NA Fabriciusstraße	80.000	14.000	7	11
Hst. Bramfeld	870.000	63.000	38	80
CGV Arbeitsschacht Heu- koppel	10.000	250	0,5	k.A.
Zielschacht	120.000	14.000	9	80
Summe	3.650.000	373.050		

Restwasser- /Leckagewasserhaltung

Die Leckagewassermenge wurden durch das Büro ZPP Ingenieure rechnerisch abgeschätzt ([3] – [9]). Dabei wurde zunächst die wasserbenetzte Wand- und Sohlfläche für jede Baugrube ermittelt. Zur Berechnung der anfallenden Wassermenge wurde eine Leckagerate von 1 L/(s*1000 m²) angesetzt. Die so berechneten Leckagewassermengen liegen zwischen 5 m³/h (NA Rübenkamp) und 45 m³/h (Hst. Nordheimstraße) je Baugrube bzw. 0,5 m³/h in dem für die CGV-Maßnahmen (Compensation-Grouting-Verfahren) notwendigen Arbeitsschacht (Heukoppel). Die Leckagewassermenge beträgt über den gesamten Bauzeitraum **ca. 3.650.000 m³** (Tabelle 1), unter Ansatz der oben beschriebenen Annahmen.

Hinzu kommt das in die offenen Baugruben fallende Niederschlagswasser, das ebenfalls über die offene Wasserhaltung abgeführt wird. Die Menge beträgt bei einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von 800 mm pro Jahr ca. **60.000 m³** über die gesamte Bauzeit.

Zur Ermittlung des Bemessungsregens für ein Starkregenereignis wird eine Dauer von 15 Minuten und eine Wiederkehrzeit von 10 Jahren angesetzt. Die entsprechende Regenspende beträgt für Hamburg 18 mm bzw. 200 L / (s*ha)¹. Sollte im Falle eines Starkregenereignisses die Kapazität der Wasseraufbereitungsanlage erschöpft sein, würde der Wasserstand in der Baugrube ggf. zeitlich begrenzt um max. ca. 2 cm ansteigen und im Anschluss an das Regenereignis sukzessiv über die normale Wasserhaltung abgeführt werden. Auf Grund der vergleichsweise geringen Mengen wurden Niederschlagsereignisse nicht bei der Summierung der einzelnen Volumenströme berücksichtigt.

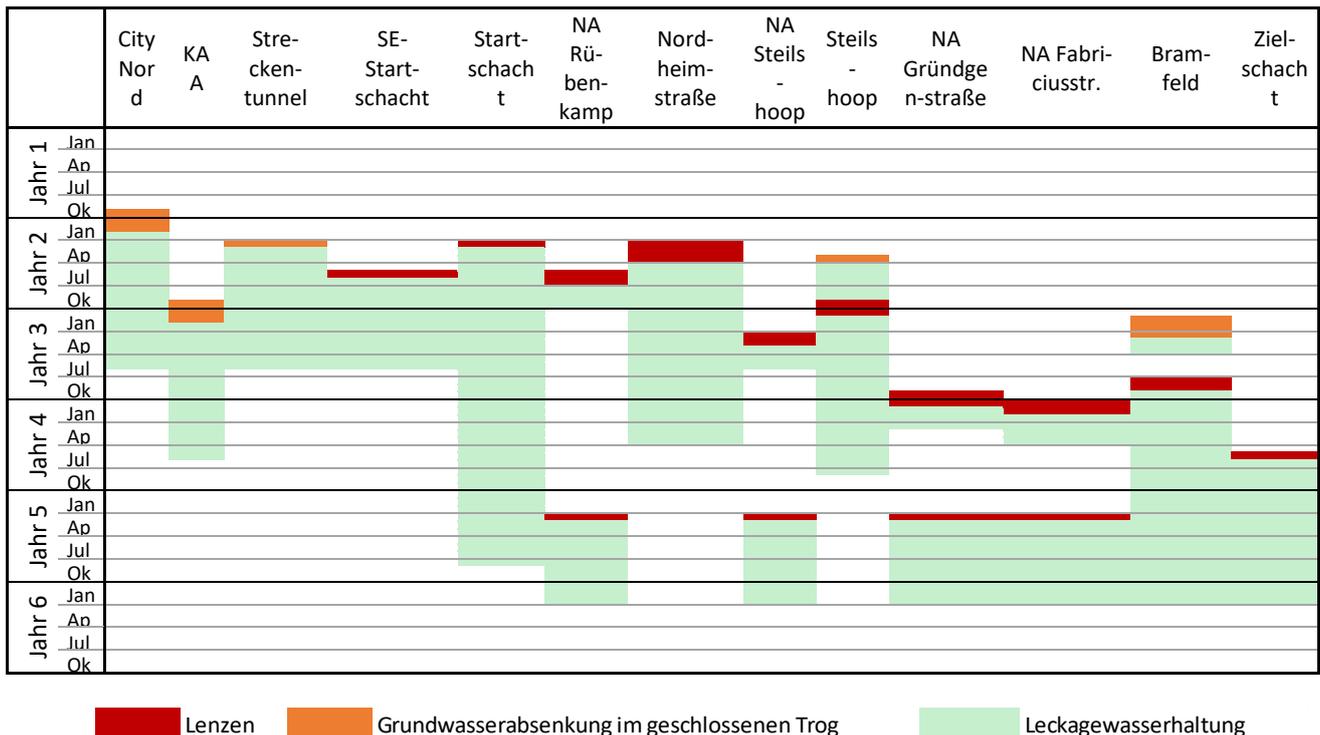


Abbildung 2: Übersichtsdiagramm über die Dauer und den Zeitpunkt der einzelnen Wasserhaltungen in den Baugruben

4.1.3 Lenzwasser

Die Lenzwassermenge wurden durch das Büro ZPP Ingenieure ermittelt ([3] – [9]). Die gesamte Lenzwassermenge für die offenen Baugruben City Nord, Kehr- und Abstellanlage, Trogstrecke City Nord, Hst. Nordheimstraße, Hst. Steilshoop, Hst. Bramfeld, die Notausgänge, Start- und Zielschacht sowie den Arbeitsschacht für die CGV-Maßnahme beträgt demnach **ca. 375.000 m³**. Der größte Teil mit ca. 121.000 m³ entfällt auf die Baugrube der Hst. Nordheimstraße (Tabelle 1).

Hierin enthalten sind auch die Wassermengen, die im Rahmen der Grundwasserabsenkung in den geschlossenen Trogbaugruben ohne Unterwasserbetonsole anfallen. Hierbei handelt es sich um die Baugruben Hst. City Nord, Kehr- und Abstellanlage, Streckentunnel und das Dock 1 der Hst. Steilshoop, die im geringdurchlässigen Geschiebeböden ausgehoben werden.

¹ Pasche & Geissler (2003): „Bemessungsregen, Regenreihen der Freien und Hansestadt Hamburg“, Freie und Hansestadt Hamburg – Amt für Bau und Betrieb (Hrsg.).

4.1.4 Bentonit-Suspensionsaufbereitung

Tunnelvortriebsmaschine (TVM)

Beim Tunnelvortrieb mit Hydroschild wird eine Bentonitsuspension als Stützflüssigkeit eingesetzt. Zum einen dient das Bentonit der Stabilisierung des Gebirges während des Vortriebs, zum anderen wird es als Transportmedium eingesetzt, um das gelöste Gestein an die Oberfläche zu fördern. Die Bentonitsuspension kann erfahrungsgemäß, abhängig von den anstehenden Bodenarten, mehrfach eingesetzt werden. Danach wird die Suspension aus dem Kreislauf ausgeschleust und in Feststoff und Abwasser getrennt. Das bei dieser Suspensionsaufbereitung anfallende Abwasser (Zentratwasser) wird anschließend der Wasseraufbereitung zugeführt.

Wie oft die Suspension genutzt werden kann hängt vor allem von den gelösten Stoffen im Grundwasser und den Bodeneigenschaften ab (z.B. Kornform, Lagerungsdichte und Dispergierung). Die Qualität der Suspension wird regelmäßig geprüft. Bei Bedarf wird Suspension aus dem Kreislauf ausgeschleust und durch Frischsuspension ersetzt. Der Schwankungsbereich liegt zwischen keinerlei und vollständigem Austausch. Die mittlere Austauschrate wird von IMM Maidl & Maidl mit 15-80 m³ pro Vortriebszyklus (d.h. 2 m) angegeben. Bei einer Vortriebsleistung der TVM von 8 m bis 22 m pro Tag entspricht dies zwischen 60 m³/d und 880 m³/d bzw. 2,5 m³/h bis 37 m³/h, einen unterbrechungsfreien 3-Schichtbetrieb vorausgesetzt. Zusätzlich fallen im Rahmen des Schildvortriebs weitere Abwassermengen z.B. durch Reinigung der TVM, Sperrwasser der Pumpen und Niederschlagswasser an, die zum jetzigen Zeitpunkt nicht genau beziffert werden können bzw. abgeschätzt werden müssen. Zusätze, wie z.B. Tenside werden nicht verwendet. Einschließlich dieser Abwassermengen, sowie um ggf. auftretende Spitzen bei der Ausschleusung von verbrauchter Suspension aufzufangen, wird für die weitere Planung eine Kapazität von 50 m³/h für die Wasseraufbereitung angesetzt.

Als gesamte Abwassermenge aus der Suspensionsaufbereitung TVM kann von **600.000 m³** ausgegangen werden. Gemäß Bauzeitenplan [10] fällt diese Wassermenge etwa im Zeitraum zwischen Anfang Baujahr 3 bis Mitte Baujahr 5 an.

Schlitzwandbau

Beim Schlitzwandbau wird Bentonitsuspension als Stützflüssigkeit eingesetzt. Schlitzwände werden im Bereich der offenen Baugruben (Haltestellen, Notausgänge, etc.) zur Baugrubenabdichtung hergestellt. Die Suspension kann mehrfach verwendet werden, verliert jedoch nach einiger Zeit ihre Stützfunktion. Dann wird die Suspension teilweise (oder vollständig) ausgeschleust. Erfahrungsgemäß kann die Suspension durchschnittlich 2,5 Mal eingesetzt werden. Üblicherweise wird die ausgeschleuste Bentonit-Suspension vor Ort in einer Separieranlage mit Hilfe von Zentrifugen und der Zugabe von Flockungsmitteln weitgehend von den Feststoffen abgetrennt. Dabei fällt Zentrifugenschlamm und Abwasser zur Entsorgung an.

Die Tiefe der Schlitzwände wurde anhand der geologischen Profile und den darin enthaltenen Bauwerksumrissen in Anlage 7 grob abgeschätzt. Bei einer durchschnittlichen Breite der Schlitzwände von 1,2 m beträgt das gesamte Volumen der Schlitzwände etwa 280.000 m³ (Tabelle 2). Demnach ergibt sich ein Abwasservolumen aus der Aufbereitung der Bentonit-Suspension beim Schlitzwandbau von ca. **112.000 m³**. Als max. Volumenstrom wird in der weiteren Planung 20 m³/h angesetzt.

Mit Ausnahme der Aufbereitungsanlage im Bereich der Baugruben City Nord wird zum Zeitpunkt des Abwasseranfalls aus Schlitzwandbau noch keine Wasseraufbereitungsanlage betrieben. Auf Grund der vergleichsweise geringen Mengen und weit auseinander liegenden Baugruben wäre der Aufbau der Wasseraufbereitung in diesem frühen Stadium des Bauvorhabens nicht verhältnismäßig. Daher wird empfohlen diese Abwasserteilströme über das Schmutzwassersiel abzuleiten.

Tabelle 2: Volumen der Schlitzwände (Breite der Schlitzwände $\varnothing 1,2$ m)

Baugrube	Umfang (m)	Tiefe Schlitzwand (m)	Volumen (m ³)
City Nord	936	35	39.292
KAA	711	35	29.862
Trogstrecke	830	35	34.860
Sengelmanstraße-Startschacht	1.339	35	56.250
Startschacht	174	40	8.340
NA Rübenkamp	73	40	3.525
Hst Nordheimstraße	580	40	27.827
NA Steilshooper Allee	74	40	3.538
Hst Steilshoop	498	50	29.897
NA Fabriciusstraße	73	40	3.532
NA Gründgenstraße	74	40	3.526
Hst Bramfeld	590	50	35.400
Zielschacht	119	30	4.267
Summe			280.115

4.1.5 Zusammenfassung

Gemäß den Ausführungen aus den vorstehenden Kapiteln fällt insgesamt **ca. 4.825.000 m³** Bauwasser an. Diese Menge setzt sich zusammen aus dem Wasser der Leckagewasserhaltung, Lenzwasser, Niederschlagswasser sowie Wasser aus der Aufbereitung von Bentonit-Suspension aus dem Tunnelvortrieb und dem Schlitzwandbau. Als Sicherheitszuschlag werden 20% angesetzt. Dementsprechend ergibt sich eine gesamte Wassermenge von **ca. 5.800.000 m³**.

4.2 Wasserbedarf/Auflastwasser

In Baugruben, in denen ein Nassaushub des Bodens stattfindet, ist während der Phase des Bodenaushubs eine Möglichkeit zur Zugabe von Auflastwasser vorzuhalten. Im Sinne der Ressourcenschonung sollte dazu möglichst gereinigtes Abwasser aus den Wasseraufbereitungen genutzt werden. Dies ist aber nur möglich, wenn zur Zeit des Bodenaushubs in einer Baugrube, ein Lenzvorgang oder eine Leckagewasserhaltung in einer anderen Baugrube betrieben wird und die beiden Baugruben über ein Leitungsnetz miteinander verbunden sind.

Sind diese Voraussetzungen nicht gegeben, bestehen grundsätzlich weiterhin die Möglichkeiten das nötige Wasser aus einem Oberflächengewässer (z.B. Alster oder Bramfelder See), aus einem zu errichtenden Brunnen oder aus einem Hydranten zu entnehmen.

Gegen die Entnahme von Wasser auf dem Bramfelder See sprechen die örtlichen Gegebenheiten. Die Wassertiefe beträgt an der tiefsten Stelle nur etwa 3 m. Für die Entnahme von schätzungsweise 50 m³/h Auflastwasser je Nassaushub wären entsprechend große Pumpen notwendig. Um die erforderliche Wasserüberdeckung für Pumpen dieser Größe zu gewährleisten, müssten diese idealerweise an der tiefsten Stelle des Sees, vermutlich mittig, installiert werden und der Aufwand für die Montage wäre entsprechend hoch. Weiterhin wäre eine lange Leitungsführung von den betreffenden Baugruben bis zum Bramfelder See notwendig. Aus diesen Gründen wird eine Entnahme von Oberflächenwasser aus dem Bramfelder See nicht empfohlen.

Auch die Herstellung von Entnahmebrunnen erscheint auf Grund der verhältnismäßig geringen Wassermengen nicht als verhältnismäßig. Die Tiefe der Brunnen müsste je nach Standort etwa 100 m betragen, da eine oberflächennahe Grundwasserabsenkung im innerstädtischen Bereich Auswirkungen auf das direkte Umfeld (Gebäude, Bäume etc.) haben kann und in diesem Fall nicht vertretbar wäre. Der Bau von Tiefbrunnen ist mit entsprechend hohen Herstellungs- und Betriebskosten verbunden.

Im Bereich des System West werden insbesondere im Baujahr 2 mehrere Baugruben gleichzeitig hergestellt. Darunter fallen auch die Baugruben im Bereich zwischen Hst. City Nord und Sengelmannstraße, in denen kein Auflastwasser benötigt wird. Daher ist dort unter dem beschriebenen Ansatz genügend Bauwasser vorhanden, das als Auflastwasser genutzt werden kann. Sollte dennoch zusätzliches Wasser benötigt werden, kann dies aus der Alster entnommen werden.

Im System Steilshoop kann ein Teil des Auflastwassers über das dort anfallende Baugrubenwasser gedeckt werden. Da dies jedoch nicht ausreicht, muss der übrige Teil des Wassers über Frischwasser gedeckt werden.

In den Systemen Seebek-Niederung I+II fällt während des Aushubs kein Baugrubenwasser an, sodass das Auflastwasser durch Frischwasser abgedeckt werden muss.

Im Bereich Bramfeld steht für den Aushub des Zielschachtes voraussichtlich genügend Baugrubenwasser aus der Haltestelle Bramfeld als Auflastwasser zur Verfügung. Das Auflastwasser für den Aushub der Haltestelle Bramfeld sollte aus den oben beschriebenen Gründen auch hier über Frischwasser gedeckt werden.

Die nötigen Kapazitäten zur Entnahme von Frischwasser stehen gemäß Prüfung durch die Hamburger Hochbahn in ausreichender Größe zur Verfügung.

Diese Aussagen sollten anhand eines detaillierten Bauablaufplans geprüft werden.

Für die Entnahme von Wasser aus einem Oberflächengewässer ist eine Wasserrechtliche Erlaubnis einzuholen.

5 WASSERAUFBEREITUNGSTECHNIK

Nach derzeitigem Stand ist mindestens eine Enteisung des anfallenden Wassers nötig. Eine derartige Anlage kann z.B. aus folgenden Komponenten bestehen:

- Belüftungsbecken/Vorlagebecken
- Dosierstation
(ggf. für Oxidationsmittel, Flockungsmittel und/oder pH-Wert-Anpassung)
- Kiesfiltereinheit
- Reinwasserbecken
- Schlammstapelbecken

Das Vorlagebecken dient der Belüftung zwecks Oxidation des gelösten Eisens über die Zuführung von Luftsauerstoff. Die durchschnittliche Verweilzeit des Wassers im Becken sollte dabei mindestens 30 Minuten betragen. Ggf. kann der zusätzliche Einsatz von Oxidationsmitteln (z.B. Wasserstoffperoxid), Flockungsmitteln und/oder Natronlauge (zur pH-Wert-Anhebung) notwendig sein. Dazu sind Dosierstationen einzuplanen. Den Belüftungsbecken werden Sedimentationsbecken mit integrierter Druckerhöhungsstufe nachgeschaltet.

Die Entfernung des oxidierten Eisens erfolgt durch Tiefenfiltration in Kiesfiltern.

Optional sollte die Installation einer Aktivkohlefiltereinheit vorgesehen werden. Diese dient der Entfernung ggf. auftretender organischer Stoffe. Die Kontaktzeit je Filter sollte mindestens 15 min betragen.

Die Kiesfilter müssen in regelmäßigen Abständen gespült werden. Dies erfolgt mit klarem Wasser, das den Reinwasserbecken entnommen wird. Der bei der Rückspülung anfallende Dünnschlamm wird in Schlammstapelbecken gesammelt, durch Sedimentation getrennt und der Schlammanteil bei Bedarf abgefahren und entsorgt.

Die hier beschriebene Anlage dient vorrangig der Entfernung von Eisen. Im Zuge der Oxidation im Vorlagebecken werden zudem aber auch Organische Stoffe abgebaut, was zu einer Reduzierung des Parameters CSB führt. „Abfiltrierbare Stoffe“ werden in den vorgesehenen Kiesfiltereinheiten entfernt. Ggf. auftretende erhöhte Schwermetall-Konzentrationen können im Zuge der Enteisung durch Anlagerung an die Eisenflocken ebenfalls entfernt werden.

Das gereinigte Wasser wird aus den Reinwasserbecken bevorzugt in das Regenwassersiel oder ein Oberflächengewässer geleitet bzw. als Auflastwasser genutzt.

6 EINTEILUNG DER WASSERHALTUNGSSYSTEME

Da das Bauwasser nicht entlang der gesamten Trasse, sondern nur in den Bereichen der offenen Baugruben (Haltestellen, Notausgänge, etc.) und der Aufbereitung von Bentonit-Suspension anfällt, ist unter Berücksichtigung der Streckenlänge und der Lage im innerstädtischen Bereich eine dezentrale Wasseraufbereitung über mehrere Anlagen zu bevorzugen. Dadurch wird verhindert, dass Zu- und Ablaufleitungen entlang der gesamten Trasse verlegt werden müssen. Weiterer Vorteil mehrerer dezentraler Anlagen ist die Möglichkeit verschiedene Wasserqualitäten bei der Auslegung der einzelnen Anlagen berücksichtigen zu können und die vorgehaltenen Kapazitäten besser dem tatsächlichen Bedarf anzupassen. In wie weit die Wasserströme aus den einzelnen Baugruben zusammengefasst werden können ist abhängig vom Bauablauf, den Wassermengen, dem zur Verfügung stehenden Platz auf BE-Flächen und den Einleitoptionen.

Der Bauablauf und die anfallenden Wassermengen sind den Unterlagen [3] bis [10] zu entnehmen. Die BE-Flächen sind in Anlage 11 dargestellt. Im folgenden Kapitel werden die Einleitoptionen näher betrachtet.

6.1 Einleitoptionen gereinigtes Bauwasser

Zur Ableitung des aufbereiteten Bauwassers stehen grundsätzlich folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

1. Versickerung des Wassers im Untergrund
2. Einleitung in ein Oberflächengewässer
3. Einleitung in das Regen-, Misch- oder Schmutzwassersiel

Die Frage der Ableitung des Wassers ist im Wesentlichen vom Ort des Wasseranfalls und vom Standort der Wasseraufbereitungsanlage(n) abhängig. Eine Ableitung möglichst nah an der Anlage und damit eine kurze Leitungsführung sind generell zu bevorzugen.

Weiterhin ist die Qualität des anfallenden Wassers entscheidend. Eine Einleitung bspw. in ein Oberflächengewässer oder das Regenwassersiel erfordert eine höhere Wasserqualität und damit ggf. einen höheren Aufbereitungsaufwand als eine Einleitung in das Schmutzwassersiel. Allerdings sind für eine Einleitung in das Schmutzwassersiel deutlich höhere Gebühren zu zahlen.

Eine Versickerung des Bauwassers ist auf Grund der örtlichen Gegebenheiten (wenig Platz), der hydrogeologischen Verhältnisse und der großen Wassermengen nicht möglich.

In der Nähe des Bauvorhabens liegen mehrere Oberflächengewässer. Im westlichen Bereich verläuft die Alster, die für eine Einleitung prinzipiell geeignet ist. Im östlichen Bereich liegen der Bramfelder See sowie ein Fischteich. Weiterhin verläuft zwischen Steilshoop und Bramfeld die Seebek. Der Fischteich ist auf Grund der Nutzung für eine Einleitung nicht geeignet. Die Seebek ist auf Grund der geringen Größe ebenfalls nicht geeignet. Für den Bramfelder See wurde vom zuständigen Bezirksamt Wandsbek eine mögliche Einleitung in Aussicht gestellt.

Im Bereich Startschacht bis Hst. Nordheimstraße stehen nur Mischwassersiele zur Verfügung. Im übrigen Bereich sind generell getrennte Regen- und Schmutzwassersiele vorhanden.

Siele zur Entwässerung von Bundesstraßen, die in der Baulast des Bundes liegen („freie Strecken“), sind im Ergebnis durchgeführter Recherchen im Bereich des Bauvorhabens lediglich in der Sengelmannstraße, nördlich der Alster vorhanden und damit nicht sinnvoll nutzbar.

Zusammenfassend kommen als Einleitmöglichkeit die Oberflächengewässer Alster und Bramfelder See sowie das Sielnetz (bevorzugt Regenwassersiel) in Betracht. Für die Einleitung in ein Oberflächengewässer und die Einleitung in das Regenwassersiel gelten die gleichen Richtwerte, die teilweise schon im geförderten Wasser eingehalten werden. Überschreitungen betreffen vor allem die Parameter Eisen, lokal Schwermetalle und abfiltrierbare Stoffe. Alle diese Parameter können grundsätzlich mit der oben beschriebenen Anlagentechnik auf die erforderlichen Richtwerte gesenkt werden.

Voraussetzung für eine Sielbenutzung ist das Vorhandensein ausreichender Kapazitäten, die beim zuständigen Sielbezirk angefragt wurden. Die geforderte Einleitqualität für das gereinigte Bauwasser ist, wie oben beschrieben, für Oberflächengewässer und Regenwassersiel identisch. I.d.R. ist im vorliegenden Fall zur Einleitung in ein Gewässer aber eine längere Leitungsführung nötig. Ggf. können die zusätzlichen Kosten aber durch die geringeren Einleitgebühren kompensiert werden. Dies wird in den folgenden Kapiteln im Einzelfall geprüft. Dabei werden folgende Kostensätze angenommen:

- Die Kosten für eine aufgeständerte Wasserleitung werden mit 200 € pro lfd. m angenommen.
(Bei der Leitungslänge wird nur die Leitung zur Einleitstelle vom nächstgelegenen Punkt der Baugrube betrachtet. Interne Leitungsführungen innerhalb der Baugruben werden nicht berücksichtigt)
- Die Einleitgebühren in das Schmutzwassersiel betragen 1,065 €/m³ (Ermäßigung für Bauwasser: 50% vom regulären Gebührensatz von 2,13 €²)
- Die Einleitgebühren in das Regenwassersiel betragen 0,213 €/m³ (Ermäßigung für Bauwasser: 10% vom regulären Gebührensatz von 2,13 €²)
- Für eine Einleitung in ein Oberflächengewässer fallen keine Gebühren an (Gebührenfreiheit für Sondernutzungen im Zusammenhang mit Bauarbeiten an U-Bahn-Verkehrswegen³)

Für die Genehmigung einer Einleitung in das Alstersystem ist die Behörde für Umwelt und Energie der FHH zuständig. Für eine Einleitung in den Bramfelder See ist der Bezirk Wandsbek zuständig. Kontakt zu den zuständigen Stellen wurde bereits aufgenommen. In beiden Fällen wurde grundsätzlich die Genehmigungsfähigkeit einer Direkteinleitung in Aussicht gestellt.

Der Vorteil einer Einleitung in ein Oberflächengewässer sind vor allem die entfallenden Einleitgebühren. Im Allgemeinen sind die Entfernungen bis zum nächstgelegenen Oberflächengewässer jedoch deutlich größer, was zu einer entsprechend längeren Wasserleitung mit damit verbundenen höheren Kosten führt. Da die Leitungen entlang von Straßen und Wegen geführt werden, müssen

² §15 Abs. 3 des Sielabgabengesetz in der Fassung vom 12. Juli 2005 (HmbGVBl. 2008, S. 292), letzte berücksichtigte Änderung vom 20. April 2012 (HmbGVBl. S. 149)

³ §11 Abs. 2 Umweltgebührenordnung (UmwGebO) vom 05. Dezember 1995 (HmbGVBl. 1995, S. 365), letzte berücksichtigte Änderung vom 06. Februar 2018 (HmbGVBl. S. 38)

diese i.d.R. aufgeständert werden. Da im Falle einer Einleitung in ein Oberflächengewässer nur die einmaligen Kosten für die Aufstellung der Wasserleitung fällig werden, hat diese Variante eine größere Kostensicherheit. Die tatsächliche Höhe der eingeleiteten Wassermenge spielt in der Kostenbetrachtung keine Rolle. Nachteil einer langen Wasserleitung ist das erhöhte Risiko des Einfrierens bei Frost.

Die in den Variantenvergleichen angesetzten Wassermengen wurden auf Grundlage der Bauzeiten und den Sickerwassermengen errechnet (Kapitel 4.1).

Es wird darauf hingewiesen, dass für die Entnahme und Einleitung des Wassers in jedem Fall eine wasserrechtliche Erlaubnis bzw. eine Einleitungsgenehmigung eingeholt werden muss. In den Fällen, in denen eine Einleitung in ein Oberflächengewässer als Vorzugsvariante verfolgt wird, sollte sofern verfügbar zusätzlich eine Genehmigung zur Einleitung in das Regenwassersiel eingeholt werden, um im Notfall, z.B. bei Einfrieren der Leitung, eine Ausweichoption zur Verfügung zu haben.

6.2 Variantenvergleich in den einzelnen Bereichen

Auf Grund zeitlicher und räumlicher Nähe wurden die Wasserhaltungen der einzelnen Baugruben in 5 Bereiche zusammengefasst. Diese Bereiche sind: City Nord, Gleisdreieck und Nordheimstraße, Steilshoop, Seebek und Bramfeld. Für diese Bereiche wurden im Folgenden die zur Verfügung stehenden Varianten zur Ableitung des Bauwassers (Sielnetz oder Oberflächengewässer) geprüft.

6.2.1 Gleisdreieck und Nordheimstraße

Im Bereich des Gleisdreiecks liegen die Baugruben Sengelmannstraße-Startschacht und Startschacht. Weiterhin findet hier die Reinigung des Wassers aus der Bentonit-Suspensionsaufbereitung Tunnelbau statt. Da im Bereich der Haltestelle Nordheimstraße und dem Notausstieg Rübenkamp keine Flächen für eine Wasseraufbereitungsanlage zur Verfügung stehen, muss dieses Wasser ebenfalls im Bereich des Startschachtes aufbereitet werden. Insgesamt fallen dort daher relativ große Wassermengen an, die an dieser Stelle nicht (vollständig) vom Sielnetz aufgenommen werden können. Der maximale Volumenstrom beträgt ca. 207 m³/h und die Wassermenge insgesamt ca. 2.100.000 m³ (inkl. Abwasser aus der Aufbereitung der Bentonit-Suspension).

Daher bleibt an dieser Stelle nur die Variante der Einleitung in die Alster. Dies stellt auch die wirtschaftlichste Variante dar (Leitungslänge zur Alster ca. 830 m = 166.000 € vs. Einleitgebühren Regenwassersiel von 447.300 €).

6.2.2 City Nord

Im Bereich City Nord (Hst. City Nord, Kehr- und Abstellanlage und Trogstrecke) stehen ausreichende Sielkapazitäten am Manilaweg und am Jahnring zur Verfügung. Alternativ besteht die Möglichkeit das Bauwasser im Bereich Gleisdreieck gemeinsam mit dem dort anfallenden Wasser aufzubereiten.

Die einzuleitende Wassermenge aus dem Bereich City Nord beträgt ca. 700.000 m³. Die nötige Leitungslänge bis zur Aufbereitungsanlage im Bereich des Gleisdreiecks beträgt ca. 490 m; die Leitung zum nächstgelegenen Siel hat eine Länge von ca. 320 m.

Die Kosten für die Variante 1 (Einleitung RW-Siel) betragen demnach 213.100 €, die Kosten für die Variante 2 (Einleitung Alster) betragen 122.500 € (Tabelle 3). Die Einleitung des Bauwassers in die Alster ist daher zu favorisieren.

Tabelle 3: Kostenschätzung der beiden Varianten zur Ableitung des Bauwassers im Bereich City Nord

Position	Einleitung RW-Siel (Variante 1)	Einleitung Alster (Variante 2)
Leitungsführung	64.000 € (320 m)	122.500 € (490 m)
Einleitgebühren	149.100 €	0 €
Summe	213.100 €	122.500 €

6.2.3 Steilshoop

Für die Ableitung des gereinigten Bauwassers aus dem Bereich Haltestelle und Notausgang Steilshoop besteht die Möglichkeit der Einleitung in das Sielnetz vor Ort oder die Einleitung in den Bramfelder See.

Die verfügbare Kapazität für die Nutzung des Regenwassersiels beträgt an dieser Stelle 18 m³/h. Zeitweise liegt die benötigte Kapazität jedoch höher. Während der Lenzvorgänge wird eine Kapazität von max. 107 m³/h benötigt. Während der Leckagewasserhaltung beträgt die Wassermenge bis zu 27 m³/h. Die überschüssigen Wassermengen können in das Schmutzwassersiel abgegeben werden, wodurch jedoch höhere Kosten für die Einleitung entstehen.

Rechnerisch ergibt sich eine Menge von 100.000 m³, die in das Schmutzwassersiel abgegeben werden muss. Das übrige Wasser (370.000 m³) kann in das Regenwassersiel eingeleitet werden.

Die Leitungslänge von der Aufbereitungsanlage bis zum Bramfelder See beträgt etwa 1.700 m. Als Leitungslänge von der Aufbereitungsanlage bis zum Einleitpunkt in das Sielnetz werden 100 m angesetzt. Die Leitung vom Notausgang Steilshoop bis zur Aufbereitungsanlage wird hier nicht betrachtet, da diese Leitung in jedem Fall notwendig wäre.

Die Kosten für Variante 1 (Einleitung in das Sielnetz vor Ort) sind mit ca. 205.000 € deutlich günstiger als die Einleitung in den Bramfelder See (Tabelle 4) mit der damit verbundenen Leitungsführung und damit als Vorzugsvariante weiter zu betrachten.

Tabelle 4: Kostenschätzung der beiden Varianten zur Ableitung des Bauwassers im Bereich Steilshoop

Position	Einleitung RW- und SW-Siel (Variante 1)	Einleitung Bramfelder See (Variante 2)
Leitungsführung	20.000 € (100 m)	340.000 € (1.700 m)
Einleitgebühren	SW-Siel: 106.500 € RW-Siel: 78.810 € Summe: 185.310 €	0 €
Summe	205.310 €	340.000 €

6.2.4 Bramfeld

Im Bereich Bramfeld fällt Bauwasser aus den Baugruben Hst Bramfeld und dem Zielschacht an. Die gesamte Wassermenge beträgt ca. 1.000.000 m³. Im Regenwassersiel in der Straße „Im Soll“ stehen ausreichende Kapazitäten zur Einleitung des gereinigten Bauwassers zur Verfügung (bis 270 m³/h).

Für eine Ableitung des Wassers zum Bramfelder See ist eine Leitung von ca. 1.100 m Länge erforderlich. Das Regenwassersiel verläuft in unmittelbarer Nähe zum geplanten Anlagenstandort. Es wird von einer nötigen Leitungslänge von ca. 100 m ausgegangen. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 5 dokumentiert. Die Kosten für Variante 1 (Rw-Siel) betragen 233.000 €, für Variante 2 (Bramfelder See) betragen die Kosten 220.000 € (Tabelle 5). Beide Varianten sind also als kostenmäßig gleichwertig zu bewerten. Aus Gründen der Betriebssicherheit und um Beeinträchtigungen von Anwohnern durch die Installation und Vorhaltung einer langen zu vermeiden, wird die Variante 1 (Einleitung Regenwassersiel) als Vorzugsvariante empfohlen.

Tabelle 5: Kostenschätzung der beiden Varianten zur Ableitung des Bauwassers im Bereich Bramfeld

Position	Einleitung RW-Siel (Variante 1)	Einleitung Bramfelder See (Variante 2)
Leitungsführung	20.000 € (100 m)	220.000 € (1.100 m)
Einleitgebühren	213.000 €	0 €
Summe	233.000 €	220.000 €

6.2.4.1 Notausgänge Fabriciusstraße/Gründgenstraße

Für das Bauwasser aus den Baugruben für die Notausgänge Gründgenstraße und Fabriciusstraße besteht grundsätzlich sowohl die Möglichkeit der Ableitung des Wassers in Richtung des Zielschachts zur gemeinsamen Aufbereitung des Bauwassers dort, als auch die gesonderte Aufbereitung in kleineren Container-Anlagen in der Nähe der Notausgänge und der Einleitung des Wassers in den Bramfelder See oder das Regenwassersiel.

Um das Bauwasser am Zielschacht aufzubereiten wäre eine ca. 1,5 km lange Leitung von der Gründgenstraße bzw. eine ca. 800 m lange Leitung von der Fabriciusstraße nötig. Dies steht in

keinem vertretbaren Verhältnis zu den anfallenden Wassermengen und den Kosten für den Aufbau von zwei Container-Anlagen in der Nähe der Baugruben.

Zur Einleitung des Bauwassers aus der Baugrube NA Fabriciusstraße in den Bramfelder See wäre eine Leitungslänge von ca. 200 m notwendig. Dahingegen steht ein Regenwassersiel in unmittelbarer Nähe zur Verfügung. Die Bauwassermenge beträgt insgesamt ca. 87.000 m³.

Die Kosten für die Leitungsverlegung und die Einleitgebühren sind in Tabelle 6 aufgeführt. Demnach ist die Einleitung in das Regenwassersiel mit ca. 28.000 € die kostengünstigste Variante. Da für den Da im Bereich NA Gründgenstraße bei vergleichbaren Wassermengen eine deutlich längere Wasserleitung zum Bramfelder See nötig wäre, ist dort ebenfalls die Einleitung in das Regenwassersiel zu favorisieren (Tabelle 7).

Tabelle 6: Kostenschätzung der beiden Varianten zur Ableitung des Bauwassers im Bereich NA Fabriciusstraße

Position	Einleitung RW-Siel (Variante 1)	Einleitung Bramfelder See (Variante 2)
Leitungsführung	10.000 € (50 m)	40.000 € (200 m)
Einleitgebühren	18.318 €	0 €
Summe	28.318 €	40.000 €

Tabelle 7: Kostenschätzung der beiden Varianten zur Ableitung des Bauwassers im Bereich NA Gründgenstraße

Position	Einleitung RW-Siel (Variante 1)	Einleitung Bramfelder See (Variante 2)
Leitungsführung	10.000 € (50 m)	180.000 € (900 m)
Einleitgebühren	18.318 €	0 €
Summe	28.318 €	180.000 €

Für die Einleitung in das Regenwassersiel am NA Fabriciusstraße wurde nur eine Einleitkapazität von 5 L/s (= 18 m³/h) in Aussicht gestellt. Damit kann der Wasseranfall von ca. 7 m³/h während der Leckagewasserhaltung abgeleitet werden. Das Lenzen dieser Baugrube kann jedoch nicht wie bei den anderen Baugruben angesetzt mit einem Volumenstrom von 80 m³/h erfolgen, sondern muss auf ca. 11 m³/h begrenzt werden. Bei einem wassererfüllten Baugrubenvolumen von 7.000 m³ ergibt sich eine Dauer für den Lenzvorgang von ca. 27 Tagen.

Im Bereich des Notausgangs Gründgenstraße steht eine Einleitkapazität von 125 m³/h zur Verfügung. Damit ergeben sich hier keine Einschränkungen bzgl. eines Lenzwasserstroms von 80 m³/h.

6.3 Zusammenfassung der Vorzugsvarianten

Wie in Kap. 4 bereits dargestellt, fällt Bauwasser aus 13 verschiedenen Baugruben entlang der gesamten Trasse an (Restwasser, Lenzwasser und Niederschlag). Hinzu kommt Wasser aus der Aufbereitung von Bentonit-Suspension aus dem Schildvortrieb und dem Schlitzwandbau.

Diese Wassermengen fallen zu unterschiedlichen Zeiten, Orten und in variabler Menge an. In einem ersten Schritt wurden diese Wassermengen aufgrund zeitlicher und räumlicher Nähe in 5 Bereichen zusammengefasst, wobei auch die im Vorfeld abgefragten und geprüften lokal verfügbaren Sielkapazitäten einbezogen wurden. Zu jedem dieser Bereiche wurde ein Variantenvergleich durchgeführt, um zu prüfen, welche Einleitungsmöglichkeit (Oberflächengewässer oder Sielnetz) zu favorisieren ist. Dabei wurde für die Bereich City Nord sowie Gleisdreieck und Nordheimstraße die Ableitung in die Alster als kostengünstigste Alternative ermittelt. Daher wird empfohlen eine gemeinsame Wasseraufbereitung für diese Bereiche in der Nähe des Startschachtes zu platzieren und von dort aus in die Alster abzuleiten.

Im Bereich der Seebek-Niederung befinden sich die beiden geplanten Notausgänge Gründgenstraße und Fabriciusstraße. Die Wassermengen aus den Wasserhaltungen der beiden Baugruben sind vergleichsweise klein. Aus diesem Grund und aufgrund der isolierten Lage der beiden Baugruben wird dort jeweils eine Wasseraufbereitungsanlage in Containerbauweise vorgesehen. Das aufbereitete Wasser wird in das nahegelegene Regenwassersiel abgeleitet. Für die beiden übrigen Wasseraufbereitungen in Steilshoop und Bramfeld wird eine Einleitung in das Sielnetz empfohlen. Insgesamt sind demnach 5 verschiedene Wasserhaltungssysteme mit jeweils einer Wasseraufbereitungsanlage vorgesehen (Tabelle 8). Der zeitliche Verlauf des Wasseranfalls je System wird in Abbildung 3 dargestellt.

Tabelle 8: Bauwassermengen nach Systemen

System	Baugruben	Durchsatz
West	City Nord, KAA, Streckentunnel, Sengelmannstraße-Startschacht, Startschacht, Nordheimstraße, NA Rübenkamp	5 – 203 m ³ /h (Lenz- und Restwasser) inkl. 50 m ³ /h Aufbereitung Bentonit-Suspension
Steilshoop	NA und Hst Steilshoop	6 – 107 m ³ /h
Seebek Niederung I	NA Gründgenstraße	7 – 87 m ³ /h
Seebek Niederung II	NA Fabriciusstraße	7 – 18 m ³ /h
Bramfeld	Hst Bramfeld, Zielschacht, CGV-Arbeitsschacht	15 – 127 m ³ /h

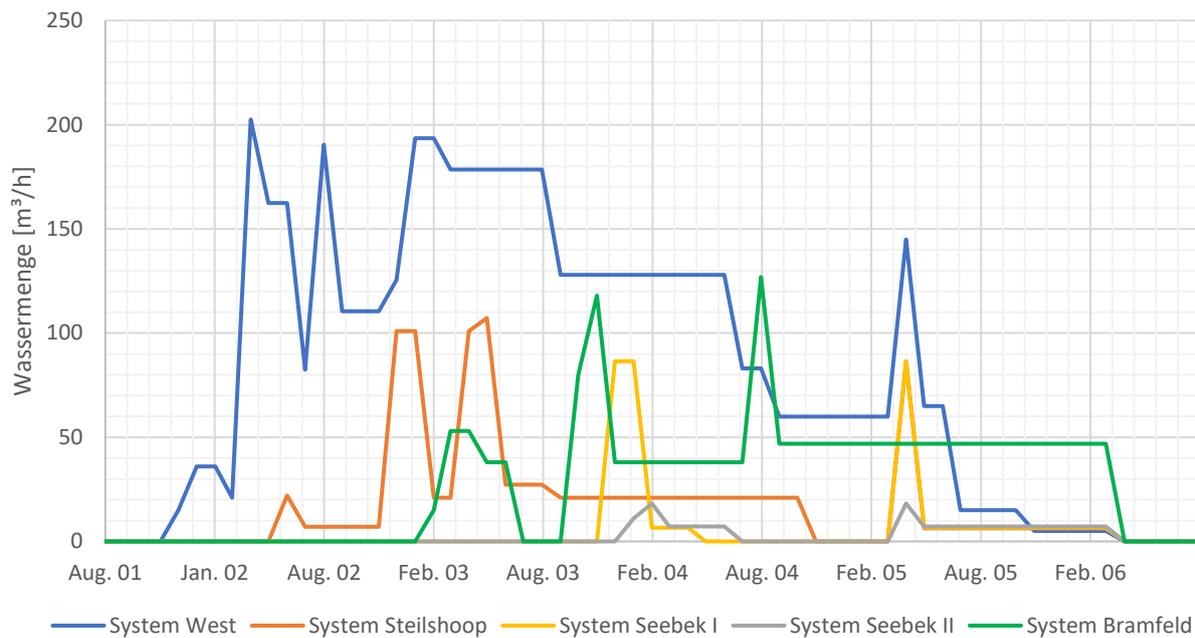


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf des Wasseranfalls je System

Die geplanten Standorte der Wasseraufbereitungsanlagen sowie der jeweilige Platzbedarf sind in Anlage 11 dargestellt. Der Platzbedarf einer Wasseraufbereitungsanlage ist abhängig von der Durchsatzmenge und der Ausrüstung bzw. den benötigten Aufbereitungsstufen. Insgesamt werden 5 Wasseraufbereitungsanlagen mit einem max. Durchsatz zwischen 18 m³/h und 203 m³/h benötigt. Diese Wasseraufbereitungsanlagen haben einen Platzbedarf zwischen ca. 100 m² und ca. 3.000 m². Der Verlauf der Zu- und Ablaufleitungen der Aufbereitungsanlagen ist in Anlage 12 dargestellt.

Das hier vorgestellte Konzept muss dem Planungsfortschritt entsprechend bzw. bei Konkretisierungen und Änderungen im geplanten Bauablauf überprüft und ggf. angepasst werden.

Aufgestellt:

Hamburg, 21.02.2019


i.V.
Dipl.-Ing. Jörg Ortmüller
Sachverständiger nach § 18 BBodSchG


i.A.
Christian Heck, M.Sc.
Projektingenieur

IMPRESSUM

U5 OST - BRAMFELD BIS CITY NORD
KONZEPT ZUM BAUWASSERMANAGEMENT

AUFTRAGGEBER

Hamburger Hochbahn AG

AUTOR

Jörg Ortmüller

PROJEKTNUMMER

DE0117.001520

DATUM

21. Februar 2019

Arcadis Germany GmbH

Beim Strohause 27
20097 Hamburg
Deutschland
040 2385619-0

www.arcadis.com