

Auftraggeber:



Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt  
Brunsbüttel  
Alte Zentrale 4  
25541 Brunsbüttel



## **Neubau 5. Schleusenkammer in Brunsbüttel**

**Bodenlager Beldorf**

**3.Geotechnischer Bericht**

**Wasseraufbereitungsanlage**

**19.10.2020**

## Dokumentenkontrolldaten:

Bauherr:	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes
Auftraggeber:	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes über Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Brunsbüttel
Projektnummer:	2020-019
Beauftragte Leistung:	Erstellung Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung für die geplante Wasseraufbereitungsanlage (WAA) im Bodenlager Beldorf
Bearbeiter bei KPI:	Dipl.-Ing. Volker Küster / B.Eng. Timo Lentfer
Dokumententitel:	3.Geotechnischer Bericht - Wasseraufbereitungsanlage im Bo- denlager Beldorf
Inhalt:	Beschreibung und Auswertung der Baugrund- und Grundwasser- verhältnisse bezogen auf den Bau einer Wasseraufbereitungsan- lage im Bodenlager Beldorf
Status:	Endfassung, Rev. 1: Überarbeitung mit neuer Lage der WAA

## Inhaltsverzeichnis:

1	Veranlassung .....	3
2	Verwendete Unterlagen.....	3
3	Allgemeine Angaben zur Örtlichkeit.....	4
3.1	Beschreibung der Fläche Beldorf .....	4
4	Baugrundbeschreibung und Wasserverhältnisse.....	4
4.1	Erkundungskonzept.....	4
4.2	Baugrundbeschreibung .....	5
4.2.1	HB 1: Humose Auffüllung .....	5
4.2.2	HB 2: Auffüllung Sand .....	5
4.2.3	HB 3: Auffüllung Geschiebemergel.....	5
4.2.4	HB 4: Auffüllung Mudde .....	6
4.2.5	HB 5: Auffüllung Beckenschluff .....	6
4.3	Wasserverhältnisse im Baugrund.....	6
4.3.1	Erkundete Wasserstände (Bohrwasserstände).....	6
4.3.2	Aufgezeichnete Wasserstände.....	6
4.4	Charakteristische Bodenkennwerte und Berechnungsprofil.....	6
5	Beurteilung des Baugrundes .....	8
5.1	Eingangsdaten .....	8
5.2	Zulässige Sohlnormalspannungen und Setzungsabschätzung.....	8
6	Gründungsempfehlung.....	9
6.1	Setzungsabschätzung .....	9
7	Hinweise zur weiteren Planung und Bauausführung.....	10

## Anlagenverzeichnis:

Anlagennummer	Anlagenbezeichnung
1	Lageplan Wasseraufbereitungsanlage, Bestandshöhen, Baugrundaufschlüsse
2	Bohrprofile der Kleinrammbohrungen KRB 10
3	Wasserstände SWM 01
4	Ergebnisse Grundbruchberechnung

## 1 Veranlassung

Zur Sicherung ausreichender Ressourcen für die Unterbringung des Bodenaushubs aus der Maßnahme Neubau 5. Schleusenkammer in Brunsbüttel auch bei außergewöhnlichen Randbedingungen sind der Bau und der Betrieb eines alternativen Bodenlagers auf der ehemaligen Spülfläche der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes am Nord-Ostsee-Kanal (NOK) nahe der Ortschaft Beldorf geplant.

Die in der Fläche des Bodenlagers anfallenden Wässer sind je nach Beschaffenheit kontrolliert zu fassen und einer Wasseraufbereitungsanlage zuzuführen.

Dieser Geotechnische Bericht beschreibt die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse im Bereich der geplanten Wasseraufbereitungsanlage und gibt hierfür eine Gründungsempfehlung.

## 2 Verwendete Unterlagen

Für die Bearbeitung stehen folgende Unterlagen zu Verfügung:

[U1]	Prüfbericht – Nummer 202/06/2020 Schichtenverzeichnisse KRB 10 WPK-Prüfstelle Gold Huuskoppel 4, 25361 Krempe	26.06.2020
[U2]	Vermessungsprotokoll KRB A01 bis KRB 16 Hanack und Partner Alsterkrugchaussee 378, 22335 Hamburg	13.07.2020

## **3 Allgemeine Angaben zur Örtlichkeit**

### **3.1 Beschreibung der Fläche Beldorf**

Die Fläche für das Bodenlager Beldorf liegt auf der Südseite des NOK zwischen Kkm 33,0 und Kkm 34,1 und hat eine Nutzfläche von ca. 13,6 ha. Es handelt sich um ein früher als Spülfeld genutztes Areal der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes.

Die Fläche wurde nach der letzten Sandgewinnung im Jahr 2015 profiliert, danach landwirtschaftlich genutzt und liegt umgeben von Dämmen beziehungsweise höher liegendem Gelände derzeit auf einem Niveau deutlich über dem Kanalwasserspiegel zwischen etwa NHN + 8 m im mittleren Bereich und bis zu etwa NHN + 13 m am südwestlichen und nordöstlichen Rand. Die Höhen mit Stand vom 1. Quartal 2016, die etwa den aktuellen Höhen entsprechen, sind dem in Anlage 1 beiliegenden Lageplan Bestandshöhen und Ansatzpunkte Kleinrammbohrungen zu entnehmen.

Die Wasseraufbereitungsanlage ist etwa mittig am nordwestlichen Randdamm (kanalseitig) geplant (siehe Anlage 1).

Die Geländehöhen am geplanten Standort liegen um NHN +7,8 m. Angrenzend Richtung NOK befindet sich der umlaufende Damm mit einer Kronenhöhe von ca. NHN +14 m und einer Böschungsneigung von ca. 1:4.

## **4 Baugrundbeschreibung und Wasserverhältnisse**

### **4.1 Erkundungskonzept**

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse in der Gesamtfläche des Bodenlagers Beldorf wurden diverse Kleinrammbohrungen (KRB) ausgeführt. Für die Wasseraufbereitungsanlage ist hiervon die nächstgelegene Kleinrammbohrung KRB 10 relevant. Objektspezifische Baugrundaufschlüsse wurden bislang nicht durchgeführt, da der genaue Standort der Anlage noch festzulegen ist.

Die Lage der relevanten Baugrundaufschlüsse sind dem in Anlage 1 beiliegenden Lage- und Höhenplan Baugrundaufschlüsse und Wasseraufbereitungsanlage zu entnehmen. Das Bohrprofil der ausgeführten Kleinrammbohrung ist in Anlage 2 dargestellt.

Die Ansatzhöhe der Kleinrammbohrung (KRB 10) im Bereich der Wasseraufbereitungsanlage liegt in Koten von +7,78 m NHN. Die Kleinrammbohrung wurde bis 6,0 muGOK abgeteuft.

## 4.2 Baugrundbeschreibung

Oberflächlich steht zunächst aufgefüllter Sand in Mächtigkeit von 0,50 m als obere Bodenschicht an.

Es folgen zur Tiefe heterogene Auffüllungen, die überwiegend sandig ausgeprägt sind und Geschiebemergel- und Schlufflagen aufweisen. In KRB 10 wurde von 1,5 m bis 3,40 m unter Gelände eine kompakte Schluffschicht – teils als Mudde angesprochen - erkundet.

An einer Bodenprobe aus dieser Muddeschicht wurde der Wassergehalt bestimmt:

**Tabelle 1:** Wassergehaltsbestimmung Bodenprobe Muddeschicht

Bodenprobe	Tiefe in muGOK	Aufschluss	Wassergehalt [%]	Bodenansprache
Probe 10/6	3,0 – 3,4	KRB 10	69,3	U, t, s', o ka++ weich/steif

Die aufgefüllte Mudde in KRB 10 zeigt einen Wassergehalt von 69,3 % bei weicher bis steifer Konsistenz.

Die erkundeten Bodenarten lassen sich für die Erdarbeiten in folgende Homogenbereiche zusammenfassen. Dabei werden mit Blick auf die Genese der erkundeten Böden als Wiederauffüllungen aus einer Sandentnahme ebenfalls die Ergebnisse der restlichen in der Gesamtfläche des Bodenlagers ausgeführten Kleinrammbohrungen berücksichtigt, da die Verteilung der Bestandteile anthropogen und damit sehr heterogen erfolgt sein wird.

### 4.2.1 HB 1: Humose Auffüllung

Unter der Geländeoberkante wurden sandige, leicht humose bis humose Auffüllung mit einer Mächtigkeit von 0,3m angetroffen. Eine Ausnahme zeigt KRB 10, welche eine sandige Auffüllung ohne humose Anteile zeigt. Weiterhin wurden leicht schluffige, schluffige und kiesige Beimengungen in der humosen Auffüllung angesprochen. Zusätzlich wurden anthropogene Beimengungen wie z.B. Betonbruch, Ziegelbruch und Asphaltbruch angetroffen.

### 4.2.2 HB 2: Auffüllung Sand

Eine sandige Auffüllung unterlagert die humose Auffüllung und wurde als Feinsand, mittelsandig bzw. Mittelsand, feinsandig erkundet. Außerdem wurden leicht schluffige, schluffige und mittelsandige Beimengungen angesprochen.

### 4.2.3 HB 3: Auffüllung Geschiebemergel

Mit Ausnahme von KRB 10 wurde die Auffüllung Geschiebemergel als Geschiebemergel-Einlagen in der sandigen Auffüllung erkundet. Die Geschiebemergel-Auffüllungen wurden als Schluffe, stark sandig, leicht tonig und leicht kiesig mit weicher Konsistenz angesprochen. Der Geschiebemergel wurde erwartungsgemäß als stark kalkhaltig erkundet.

#### **4.2.4 HB 4: Auffüllung Mudde**

In KRB 10 wurde aufgefüllte Mudde angetroffen. Diese wurde als Schluff, sandig, tonig und organisch stark kalkhaltig angesprochen. Die erkundeten Mächtigkeiten der aufgefüllten Mudde betragen 0,4 m.

#### **4.2.5 HB 5: Auffüllung Beckenschluff**

In KRB 10 wurde aufgefüllter Schluff angetroffen. Dieser wurde als Schluff, feinsandig, tonig, stark kalkhaltig erkundet und weist eine weiche Konsistenz auf. Die erkundete Mächtigkeit beträgt 1,5 m.

### **4.3 Wasserverhältnisse im Baugrund**

#### **4.3.1 Erkundete Wasserstände (Bohrwasserstände)**

In neun Kleinrammbohrungen wurden Bohrwasserstände protokolliert. Die angebohrten Wasserstände liegen zwischen + 3,35 m NHN minimal und + 6,38 m NHN maximal. Ein Wasseranstieg nach Bohrende wurde in vier Kleinrammbohrungen gemessen. Durchschnittlich stieg der Wasserstand nach Bohrende um 0,60 m an. Der höchste Anstieg wurde mit 1,1 m in KRB 13 gemessen. Der kleinste Anstieg mit 0,2 m erfolgte in KRB 09. Über das gesamte Baufeld wurde ein mittlerer Bohrwasserstand von + 5,34 m NHN gemessen.

#### **4.3.2 Aufgezeichnete Wasserstände**

Neben den erkundeten Bohrwasserständen wurden zwei Grundwassermessstellen in KRB 15 und KRB 16 geplant. Ein Datenlogger wurde in KRB 15 eingesetzt. In KRB 16 konnte kein Datenlogger eingesetzt werden, da die Messstelle zu wenig Wasser führte und trocken gefallen ist.

Die gemessene Ganglinie der KRB 15 kann Anlage 3 entnommen werden.

Nach Auswertung der Wasserstandsdaten handelt es sich in KRB 15 um eine Stauwassermessstelle. Der maximale Wasserstand betrug + 4,82 m NHN, der minimale + 4,17 m NHN und der mittlere Wasserstand betrug + 4,47 m NHN. Über einen Messzeitraum von 68 Tagen (23.06.202 bis 02.09.2020) wurde ein stetiges Absinken des Wasserstands beobachtet. Allerdings liegt der Beobachtungszeitraum in einer Phase mit sehr geringen Niederschlägen und andauernder Trockenheit.

Für die Bemessung der Gründung der Wasseraufbereitungsanlage wird der maximal gemessene Wasserstand von +4,82 m NHN angesetzt.

### **4.4 Charakteristische Bodenkennwerte und Berechnungsprofil**

Auf Grundlage der Ergebnisse der Kleinrammbohrungen, der ausgeführten Laborversuche und unter Berücksichtigung unserer Erfahrungen mit vergleichbaren Böden können die in Tabelle 2 aufgeführten charakteristischen Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen herangezogen werden.

**Tabelle 2:** Charakteristische Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen.

Bodenart	$\gamma_k/\gamma_k'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E_s$ ( $\sigma_{ref} = 100$ kN/m <sup>2</sup> )	$k_v$ [m/s]	$\varphi'_k / c'_k$ [°/kN/m <sup>2</sup> ]
Humose Auffüllung	17/9	15	$1,0 \cdot 10^{-5}$	28/ -
Auffüllung Sand	18/ 10	30	$1,0 \cdot 10^{-4}$	32,0/ -
Auffüllung Geschiebemergel, weich	21/ 11	15	$1 \cdot 10^{-8}$	30/ 10
Auffüllung Geschiebemergel, steif	22/ 12	30	$1 \cdot 10^{-8}$	30/ 25
Auffüllung Mudde	13/ 3	3-5	$1 \cdot 10^{-9}$	20/ 5
Auffüllung Beckenschluff	19/ 9	20	$1 \cdot 10^{-8}$	22,5/ 10

Das in Tabelle 3 aufgeführte Berechnungsprofil wird den erdstatischen Berechnungen zugrunde gelegt.

**Tabelle 3:** Berechnungsprofil (KRB 10)

Bodenart	Tiefe [m NHN]
Auffüllung Sand	+6,28
Auffüllung Beckenschluff	+4,78
Auffüllung Mudde	+4,38
Auffüllung Sand	+1,78

## 5 Beurteilung des Baugrundes

Für den Bericht der Wasseraufbereitungsanlage im Bodenlager Beldorf wurden die Kleinrammbohrung KRB 10 ausgewertet sowie ein Berechnungsprofil und ein Bemessungswasserstand festgelegt.

Danach stehen in der Baufläche prinzipiell gut tragfähige Böden an, so dass das Bauwerk der Wasserbehandlungsanlage flach gegründet werden kann.

Nach aktuellem Planungsstand ist von einer mobilen, zum Beispiel in Containern installierten Technik auszugehen, die mit fortschreitender Einlagerung höhenmäßig versetzt werden kann.

Für den Fall, dass wider Erwarten doch ein Stahlbetonbauwerk für die Aufnahme der Aufbereitungstechnik erforderlich/geplant werden sollte, werden nachfolgend Angaben zur Planung und Bemessung einer Flachgründung aufgeführt.

Nach Festlegung des Standorts wären die Angaben für einen Gründung auf Stahlbetonfundamenten durch die Ausführung weiterer, standortspezifischer Baugrundaufschlüsse zu bestätigen bzw. zu modifizieren.

Unter Ansatz des Berechnungsprofils wird die zulässige Sohlnormalspannung berechnet. Die Berechnungen erfolgen mit effektiven Scherparametern unter Benutzung des Berechnungsprogrammes Footing 9, GGU Braunschweig geführt.

Die Berechnungsergebnisse sind der Anlage 4 zu entnehmen.

### 5.1 Eingangsdaten

- Grundbruchsicherheit und Durchstanzsicherheit gem. DIN 4017:2006
- Bemessungswasserstand gem. Punkt 4.6 auf 4,82 m NHN
- Geländehöhe gemäß [U2]
- Berechnung mit effektiven Scherparametern  $\varphi'_k, c'_k$
- Berechnungen der Bemessungssituationen BS-P

### 5.2 Zulässige Sohlnormalspannungen und Setzungsabschätzung

In Tabelle 4 sind Variantenstudien von Einzelfundamenten mit zulässiger Sohlnormalspannung und den zugehörigen Setzungen für die Bemessungssituationen BS-P aufgeführt.

**Tabelle 4: Zulässige Sohlnormalspannungen und Setzungsabschätzung BS-P**

a [m]	b [m]	zul $\sigma$ [kN/m <sup>2</sup> ]	zul R [kN]	s [cm]	cal $\phi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{\bar{u}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$t_g$ [m]	UK LS [m]	$k_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]
1.00	1.00	176.4	176.4	0.88	27.5 *	3.94	18.11	6.84	8.38	1.84	20.0
1.50	1.50	202.7	456.2	1.69	26.3 *	5.85	18.32	6.84	8.38	2.48	12.0
2.00	2.00	188.0	751.9	2.19	24.7 *	6.20	18.36	6.84	8.38	3.05	8.6
2.50	2.50	172.9	1080.8	2.54	24.9 *	4.21	17.02	6.84	8.38	3.74	6.8
3.00	3.00	169.5	1525.1	2.95	25.0 *	3.33	16.11	6.84	8.38	4.41	5.7
3.50	3.50	170.5	2088.6	3.38	25.0 *	2.83	15.41	6.84	8.38	5.08	5.0
4.00	4.00	174.1	2785.1	3.83	25.0 *	2.47	14.85	6.84	8.38	5.76	4.5
4.50	4.50	177.5	3594.0	4.26	25.0 *	2.20	14.39	6.84	8.38	6.43	4.2
5.00	5.00	182.6	4564.5	4.70	25.0 *	1.97	14.01	6.84	8.38	7.10	3.9

\* phi wegen 5° Bedingung abgemindert

$$\text{zul } \sigma = \sigma_{\text{of,k}} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{\text{of,k}} / (1.40 \cdot 1.50) = \sigma_{\text{of,k}} / 2.10$$

$$\text{Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 1.00$$

Der für die Berechnung angesetzte Reibungswinkel wurde aufgrund der Reibungswinkelunterschiede von > 5° programmseitig abgemindert.

## 6 Gründungsempfehlung

Sollten die Technikteile der Wasseraufbereitung in einem oder mehreren Containern montiert werden, können diese flach auf einer 30 cm dicken Sandschicht, die mit Stahlplatten belegt wird, aufgestellt werden.

Für den Fall der Gründung auf Stahlbetonfundamenten wird eine Flachgründung innerhalb der anstehenden Böden mit den berechneten zulässigen Sohlnormalspannungen  $\geq 170 \text{ kN/m}^2$  in Form von Punkt-, Einzelfundamenten, Streifenfundamenten bzw. einer Sohlplatte empfohlen.

### 6.1 Setzungsabschätzung

Die Setzungen der Wasseraufbereitungsanlage werden wie folgt abgeschätzt:

Gründung auf Stahlbetonfundamenten auf anstehendem Gelände	1-3 cm	
Mobile Anlage im Container	auf anstehendem Gelände Gründung auf Einlagerungs- schichten, je Schicht.	1-3 cm + 2 cm

## 7 Hinweise zur weiteren Planung und Bauausführung

Die Wasseraufbereitungsanlage kann am geplanten Standort voraussichtlich flach, das heißt auf Einzel- und/oder Streifenfundamenten oder auch auf einer bewehrten Betonplatte gegründet werden.

Aufgrund des heterogenen Baugrunds bestehend aus nichtbindigen und bindigen Auffüllungen überwiegend weicher Konsistenz sind im Zuge der Ausführungsplanung **für den Fall einer Gründung der Wasseraufbereitungsanlage auf Stahlbetonfundamenten** detailliertere Baugrundaufschlüsse und ggf. weitere Laborversuche im Bereich der geplanten Wasseraufbereitungsanlage durchzuführen. Die anstehende humose Auffüllung ist in diesem Fall vor Baubeginn bis auf den aufgefüllten Sand abzutragen.

Sofern die Technik der **Wasseraufbereitungsanlage in mobilen Containern** montiert wird, können diese flach auf einer 30 cm dicken Sandschicht, die mit Stahlplatten belegt wird, gegründet werden. In diesem Fall sind die Anschlussleitungen flexibel auszubilden.

Elmshorn, den 19.10.2020



Volker Küster

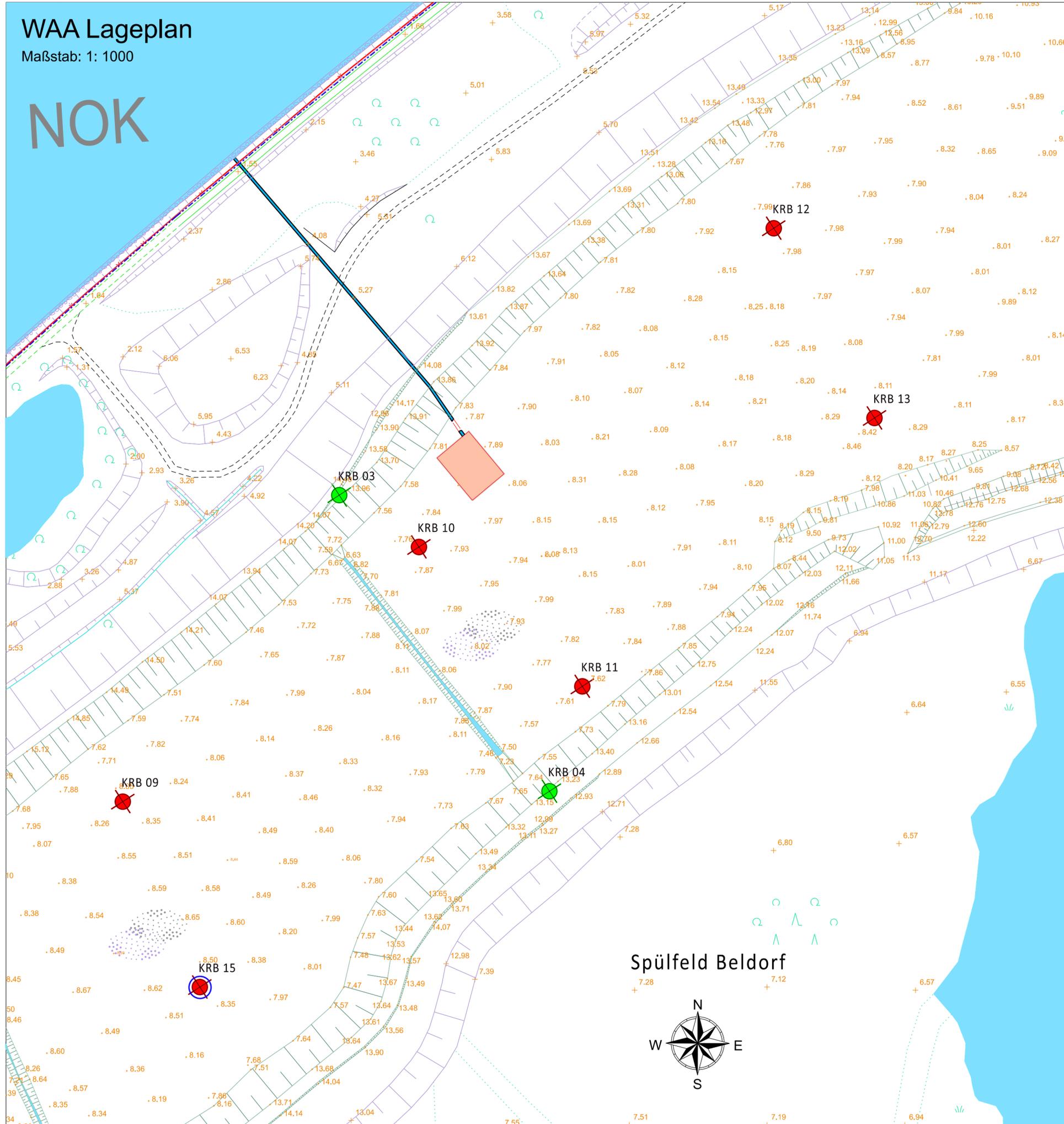


i.A. Timo Lentfer

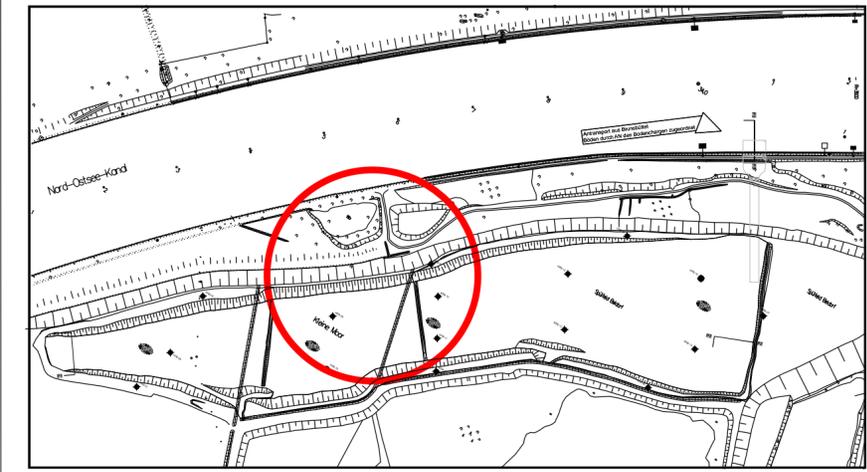
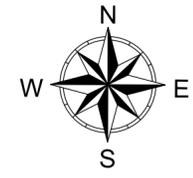
# WAA Lageplan

Maßstab: 1: 1000

# NOK



Spülfeld Beldorf

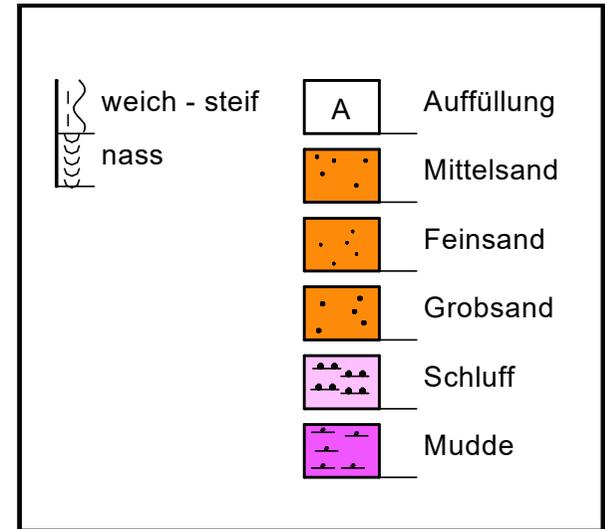
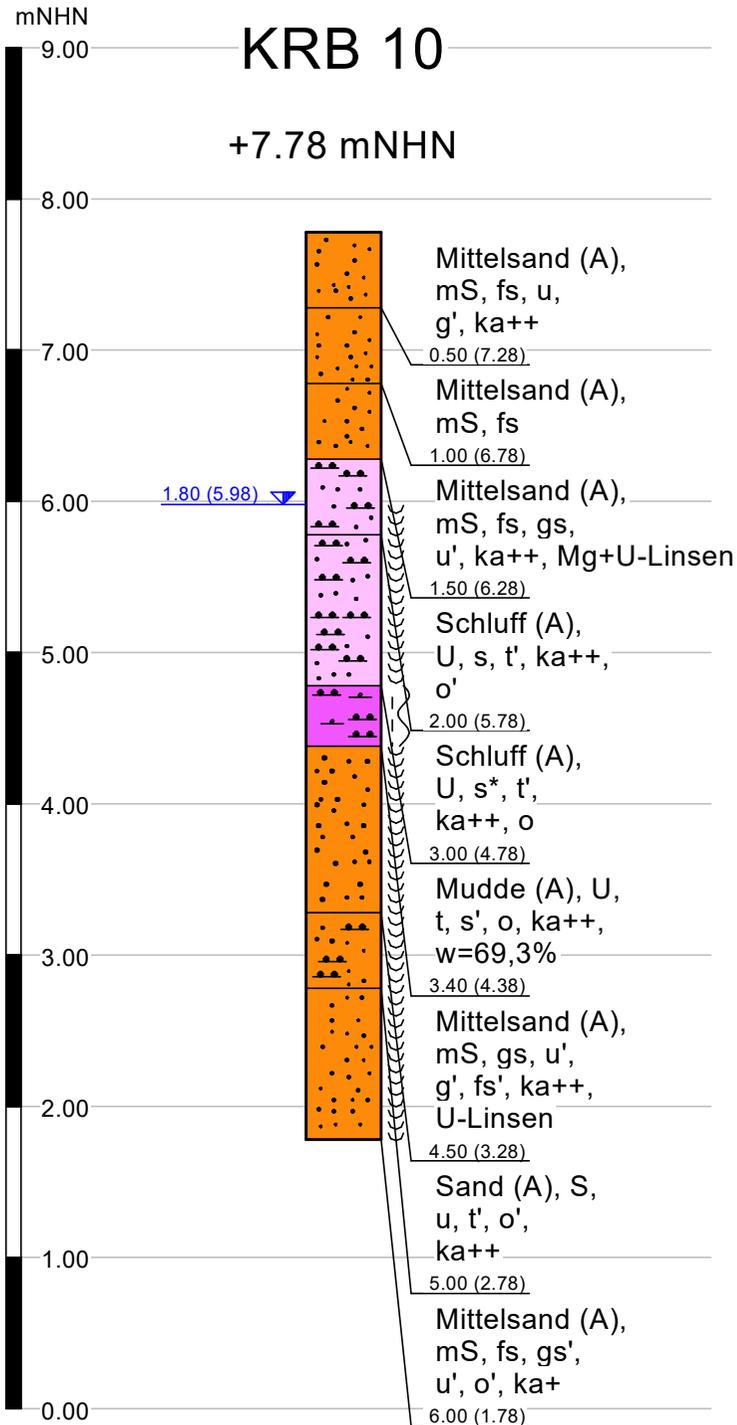


### Legende:

-  KRB, t= 6m (2020)
-  KRB, t= 8m (2020)
-  KRB, t= 8m (2020)  
2" Rammpegel
-  Voraussichtlicher Standort Wasseraufbereitungsanlage (WAA)

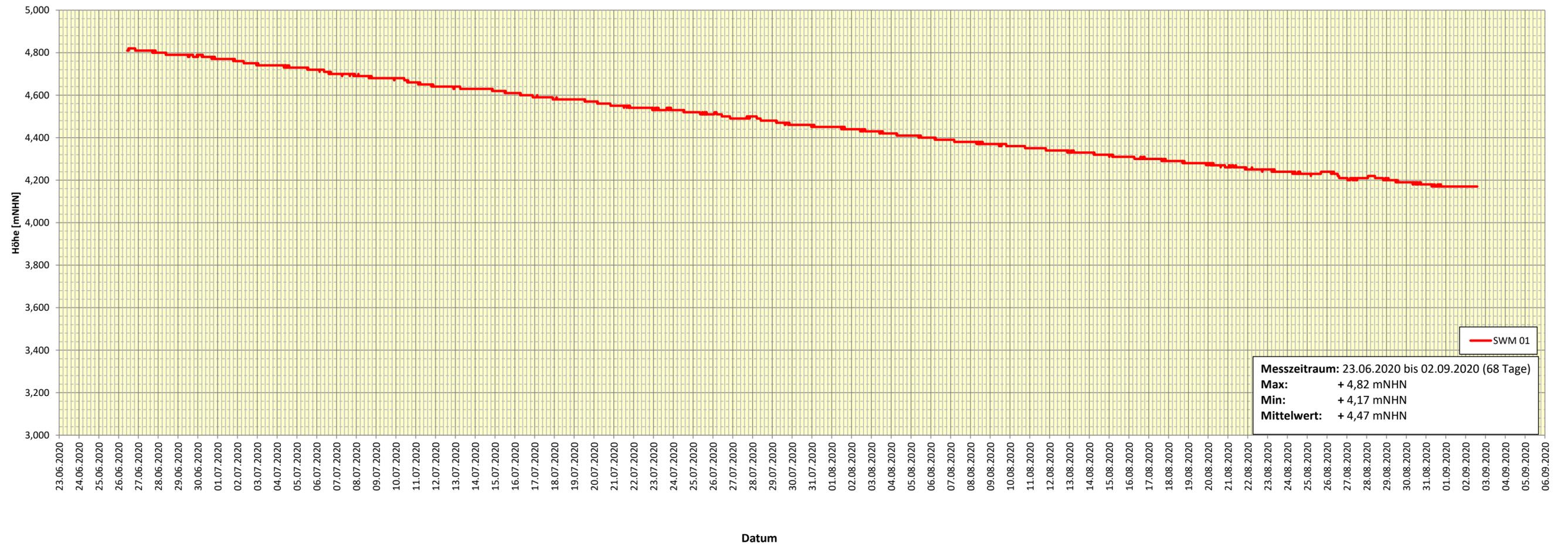
### Baugrund

Auftraggeber:  <b>Wasserstraßen- und Schiffahrtsamt Brunsbüttel</b>	
<h2>Neubau 5. Schleusenkammer Spülfeld Beldorf</h2>	
<h3>Wasseraufbereitungsanlage Lageplan - Baugrundaufschlüsse</h3>	
bearbeitet : <b>K.El Nabouch</b>	Planerstellung:  <b>KÜSTER &amp; PETEREIT</b> Ingenieurbüro für angewandte Geotechnik Küster & Peterreit Ingenieure GmbH Deichstraße 6, 25336 Elmshorn Tel. +49 4121 2628 402 Fax. +49 4121 2625 429
gezeichnet : <b>K.El Nabouch</b>	Zeichnungs-Nr. : <h2>Anlage 1</h2>
Projekt-Nr. : 2020 - 19	Datei-Nr. : .....
Datum : 26.10.2020	Maßstab : 1:1000
Blattgröße : 594 x 420	Datum : 26.10.2020



	Projektnummer:	2020-019
	Datum:	19.10.2020
Maßstab der Höhe: 1:50		Maßstab der Länge : 1:100
Bauvorhaben: <b>Ersatzbodenlager Beldorf</b>		
Anlagenbezeichnung: Kleinrammbohrung KRB 10		Anlagennummer: 2

Anlage 3

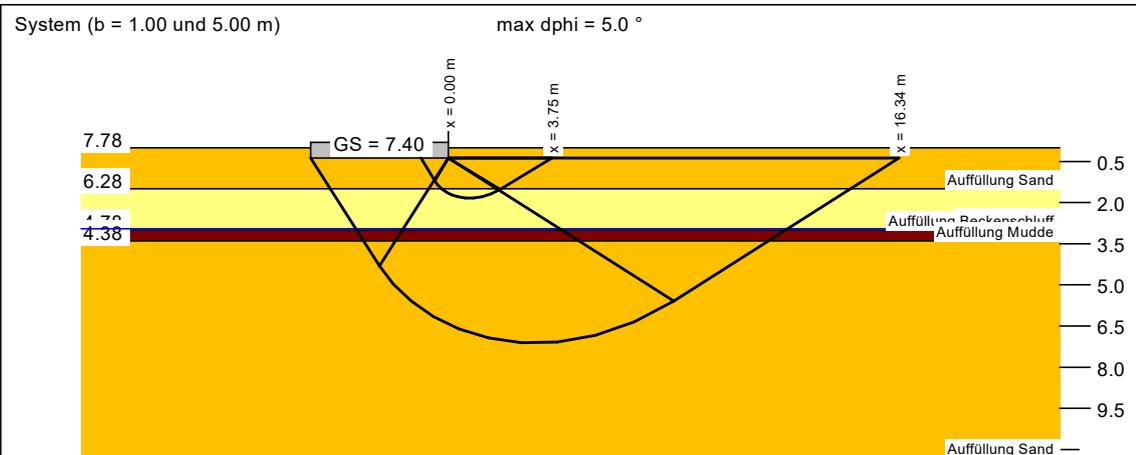


Boden	Tiefe [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	6.28	18.0	8.0	32.0	0.0	30.0	Auffüllung Sand
	4.78	19.0	9.0	22.5	10.0	20.0	Auffüllung Beckenschluff
	4.38	13.0	3.0	20.0	5.0	1.00	Auffüllung Mude
	<4.38	18.0	10.0	32.0	0.0	30.0	Auffüllung Sand

Oberkante Gelände = 7.78 m

a [m]	b [m]	zul $\sigma$ [kN/m <sup>2</sup> ]	zul R [kN]	s [cm]	cal $\phi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_0$ [kN/m <sup>2</sup> ]	t <sub>g</sub> [m]	UK LS [m]	k <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]
1.00	1.00	219.3	219.3	1.10	27.5 *	3.94	18.11	6.84	8.38	1.84	20.0
1.50	1.50	251.9	566.8	2.10	26.3 *	5.85	18.32	6.84	8.38	2.48	12.0
2.00	2.00	233.6	934.3	2.72	24.7 *	6.20	18.36	6.84	8.38	3.05	8.6
2.50	2.50	214.9	1342.9	3.16	24.9 *	4.21	17.02	6.84	8.38	3.74	6.8
3.00	3.00	210.6	1895.1	3.67	25.0 *	3.33	16.11	6.84	8.38	4.41	5.7
3.50	3.50	211.9	2595.4	4.21	25.0 *	2.83	15.41	6.84	8.38	5.08	5.0
4.00	4.00	216.3	3460.8	4.76	25.0 *	2.47	14.85	6.84	8.38	5.76	4.5
4.50	4.50	220.5	4465.9	5.29	25.0 *	2.20	14.39	6.84	8.38	6.43	4.2
5.00	5.00	226.9	5671.8	5.84	25.0 *	1.97	14.01	6.84	8.38	7.10	3.9

\* phi wegen 5° Bedingung abgemindert  
zul  $\sigma = \sigma_{of,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{of,k} / (1.30 \cdot 1.30) = \sigma_{of,k} / 1.69$   
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 1.00



**Bodenlager Beldorf**  
**Zulässige Sohnnormalspannungen**  
Wasseraufbereitungsanlage