Neubau 5. Schleusenkammer in Brunsbüttel

Bodenlager Beldorf

Fachbeitrag zur Entwässerung und Wasseraufbereitung

Auftraggeber	Küster & Petereit Ingenieure GmbH Ingenieurbüro für angewandte Geotechnik Deichstraße 6 25335 Elmshorn 04121 8301815
Ansprechpartner	Kai Petereit
Auftragnehmer	CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH Ausschläger Elbdeich 2 20539 Hamburg Tel.: 040/7888-89574 Fax.: 040/7888-189999
Projektnummer	54019
Projektleiter	Ulf Lankenau
Projektbearbeiter	Sven Christensen
Datei	54019-be01-Wasseraufbereitungsanlage-Final-II
Ort, Datum	Hamburg, den 27. Oktober 2020

Inhaltsverzeichnis

1 Veranlassung 1

2 Verwendete Unterlagen 1

3 Örtliche Gegebenheiten 1

4 Geologische, hydrogeologische und klimatische Verhältnisse 2

5 Geplante Maßnahme 5

6 Herkunft und chemische Zusammensetzung des zu fassenden Dränagewassers 7

7 Mengenermittlung des zu fassenden Oberflächenwassers 11

7.1 Mengenermittlung Haftwasser 11

7.2 Mengenermittlung durchschnittlicher Niederschläge 12

7.3 Mengenermittlung eines Starkregenereignisses 13

8 Feststellungsplanung Speicherbecken/Sandfang mit optionaler Wasseraufbereitungsanlage 14

8.1 Speicherbecken mit Sandfang 15

8.2 Optionale Wasseraufbereitungsanlage 16

9 Zusammenfassung 19

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersichtsplan Bodenlager Beldorf	2
Abbildung 2:	Mächtigkeit des oberflächennahen Grundwasserleiters im Bereich Beldorf (LLUR 2020), ohne Maßstab	3
Abbildung 3:	Mittlere jährliche tatsächliche Verdunstungshöhe in mm/a, ohne Maßstab	4
Abbildung 4:	Grundwasserneubildung in mm/a (hydrologischer Atlas Deutschland)	4
Abbildung 5:	Lageplan Beldorf	6
Abbildung 6:	Lageplan Dyhrrsenmoor, Probenentnahmestellen Sickerwasser	9
Abbildung 6:	Skizzierung eines Querschnitts durch einen der Polder im Bodenlager	12
Abbildung 8:	Unterschiedliche Füllstände im Speicherbecken	15
Abbildung 9:	Verfahrensschema der WAA für das gefaste Oberflächenwasser des Bodenlagers	17
Abbildung 10	Skizzierung der Anlagenkomponenten	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht Größe der Polder 1 bis 8	5
Tabelle 2:	Übersicht Untersuchungsergebnisse Beprobung Sickerwasser Bodenlager Dyhrrsenmoor vom 16.09.2020	9
Tabelle 2:	Durchschnittlich zu erwartende Niederschlagsmengen	13
Tabelle 3:	Mengenermittlung für abfließendes Oberflächenwasser bei einem Starkregenereignis	14

Anlagen

Anlage 1	Fotodokumentation Probenentnahmestellen, (54019-007)
Anlage 2	Probenentnahmeprotokolle GBA vom 16.09.2020, (54019-005)
Anlage 3	Analysenbericht GBA vom 24.09.20, (54019-006)

Literatur

(1) Hydrologischer Atlas Deutschland, Bundesanstalt für Gewässerkunde

(2) W. Schneider: Bautabellen für Ingenieure, Schneider, 14. Auflage

1 Veranlassung

Im Rahmen der Baumaßnahme der 5. Schleusenkammer wurde festgestellt, dass bei den Nassaushubarbeiten mit höheren Bodenmengen zu rechnen ist und somit die Kapazität des für die Aufnahme dieses Bodens vorgesehenen Bodenlagers Dyhrrsenmoor voraussichtlich nicht ausreichen. Aus diesen Gründen plant das WSA Brunsbüttel, im Bereich des ehemaligen Spülfeldes Beldorf ein weiteres Bodenlager herzustellen. Mit der Planung des Bodenlagers Beldorf bis zur Erstellung der Feststellungsunterlagen wurde die Küster und Petereit Ingenieurgesellschaft mbH (KPI) beauftragt. Im Rahmen dieses Auftrages wurde die CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH als Subunternehmer der KPI mit der Planung einer Wasseraufbereitung für das Bodenlager Beldorf beauftragt. Im vorliegenden Bericht werden die für die Feststellung erforderlichen Planungen dargestellt.

2 Verwendete Unterlagen

Für die nachfolgende Ausarbeitung standen folgende Unterlagen zur Verfügung.

[U1] Bau und Betrieb eines alternativen Bodenlagers in Beldorf (05.05.2020)
Funktionale Beschreibung
Küster und Petereit Ing. GmbH
Deichstraße 6, 25335 Elmshorn

[U2] 1. Geotechnischen Stellungnahme (11.06.2020)
Erläuterungsbericht für die Planänderung zum Planfeststelungsbeschluss vom 27.05.2010 Neubau 5. Schleusenkammer., Bodenlager Beldorf

[U3] 2. Geotechnischer Bericht (29.09.2020)
Bodenlagerfläche – Baugrund- und Grundwasserverhältnisse, Gründungsempfehlung
Küster und Petereit Ing. GmbH
Deichstraße 6, 25335 Elmshorn

[U4] Analysenbericht 2020P526982/1 (24.09.2020)
Untersuchungen von vier Sickerwasserproben aus dem Bodenlager Dyhrrsenmoor
GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Flensburger Straße 15
25421 Pinneberg

3 Örtliche Gegebenheiten

Die für das Bodenlager Beldorf geplante Fläche liegt im Bereich eines ehemaligen Spülfeldes, welches für den Kanalausbau und die Kanalunterhaltung von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes genutzt wurde. Das Bodenlager liegt auf der Südseite des NOK zwischen Kkm 33,0 und Kkm 34,1 (Übersichtsplan siehe Abbildung 1). Die Nutzfläche beträgt ca. 13,6 ha.

Für die Herstellung des Bodenlagers Dyhrrsenmoor wurde dem Spülfeld Beldorf Sandboden entnommen. Nach der Entnahme wurde in diesem Bereich die Geländeoberkante geglättet und für den Maisanbau genutzt.

Im Bereich des geplanten Bodenlagers Beldorf liegt die Geländeoberkante auf einer Höhe von ca. 7,5 m NHN bis ca.15 m NHN [U3]. Diese Fläche wird von zum Teil höher gelegenen Dämmen umgeben.

Der Wasserstand im NOK beträgt -0,2 m NHN. Die Wasserstände der im Süden und Osten des geplanten Bodenlagers befindlichen Seen liegen voraussichtlich auf einem ähnlichen Niveau.

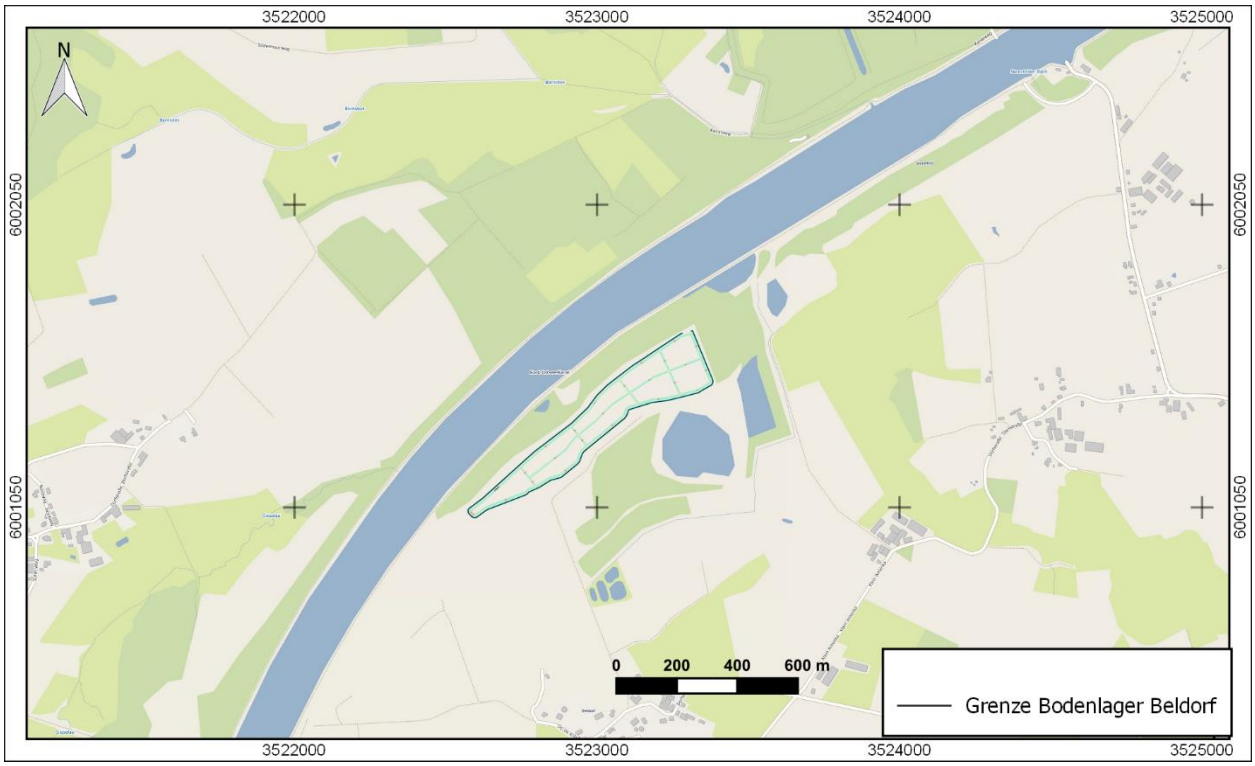

Abbildung 1: Übersichtsplan Bodenlager Beldorf

Der Standort Beldorf steht aus geografischer Sicht im Bereich der Geest. Der Untergrund besteht aus Sanden und Geschiebemergeln, die während der Eiszeiten abgelagert wurden. Damit unterscheidet sich der Standort Beldorf wesentlich vom Standort Dyhrrsenmoor, welcher durch nacheiszeitliches Schwemmland (Marschland) geprägt wird.

4 Geologische, hydrogeologische und klimatische Verhältnisse

Im Rahmen der Erkundung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse wurden im Bereich des geplanten Bodenlagers Beldorf Auffüllungen bis zur Aufschlusstiefe von 8 m u. GOK aufgeschlossen. Die Auffüllungen setzten sich aus überwiegend Sanden mit untergeordneten Anteilen an Geschiebemergeln, Schluffen und Beckenschluffen zusammen. Nur in drei Bohrungen wurden anstehende Gesteine aufgeschlossen (KRB 6: 4,77 m NHN, KRB 8: 3,21 m NHN und KRB 12: 2,94 m NHN). In den Auffüllungen wurde lokal begrenzt auf unterschiedlichen

Niveaus Stauwasser angetroffen. Die Systemdurchlässigkeit der Auffüllungen wurde als durchlässig eingestuft.

Für den Bereich der Geest sind unterhalb der beschriebenen Auffüllungen die im Zuge der Eiszeiten im Wechsel abgelagerten durchlässige Sande und geringdurchlässigen Geschiebemergel im Wechsel zu erwarten. Die Mächtigkeiten dieser Ablagerungen können bis zu 200 m betragen. Durch den Wechsel von durchlässigen und undurchlässigen Schichten haben sich zum Teil verschiedene Grundwasserleiter ausgebildet. Wie in Abbildung 2 dargestellt, wird der im Bereich des Bodenlagers Beldorf zu erwartende ca. 20 m bis 30 m mächtige oberflächennahe Grundwasserleiter nicht von geringleitenden Geschiebemergeln abgedeckt.

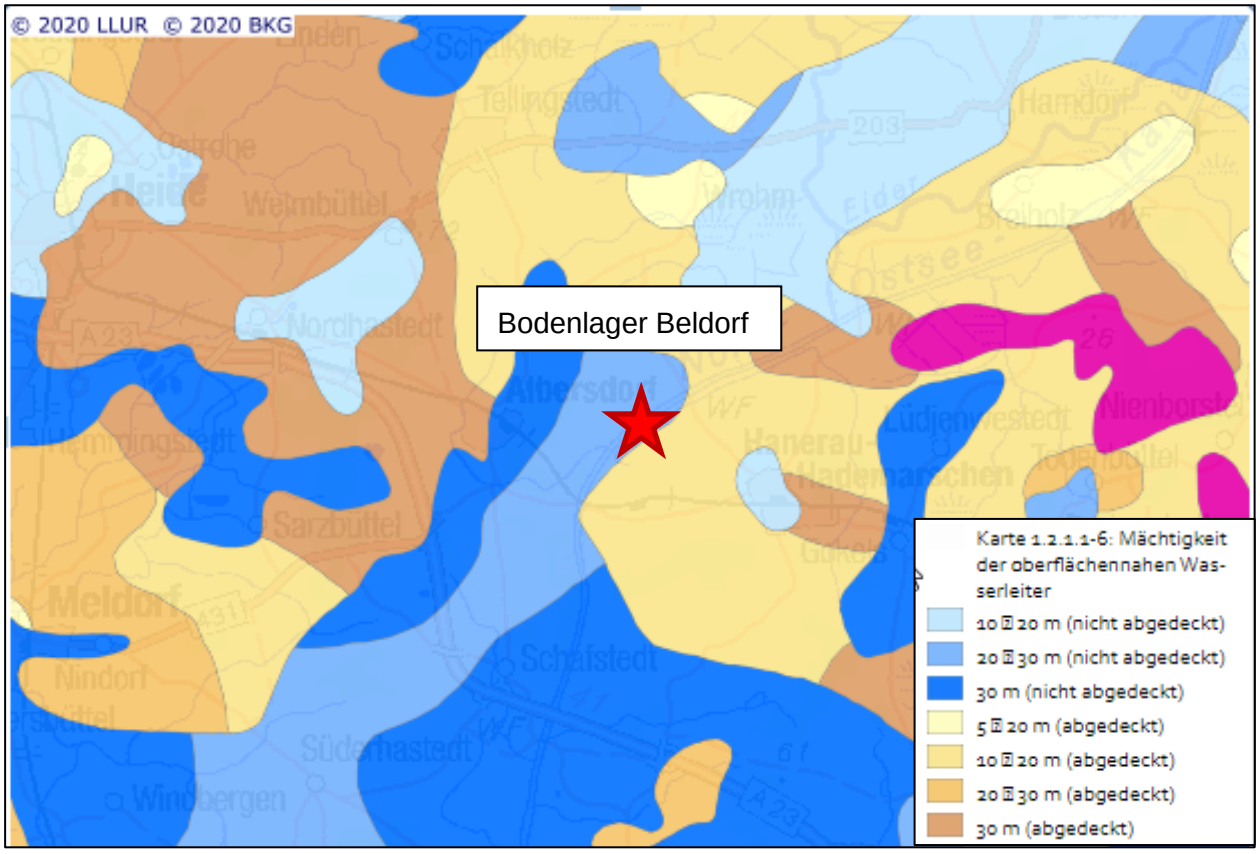

Abbildung 2: Mächtigkeit des oberflächennahen Grundwasserleiters im Bereich Beldorf (LLUR 2020), ohne Maßstab

Es kann daher davon ausgegangen werden, dass im Bereich Beldorf die Grundwasseroberfläche mit dem Wasserstand des NOK (-0,20 m NHN) korrespondiert und somit auf gleichem Niveau liegt. Das der NOK im Bereich Beldorf als Vorflut des Grundwassers fungiert, kann nicht ausgeschlossen werden. Der Grundwasserflurabstand im Bereich des Bodenlagers Beldorf beträgt ca. 7,5 m bis ca. 15 m.

Im langjährigen Mittel fallen im Bereich Beldorf ca. 900 mm/a Niederschlag (hydrologischer Atlas Deutschland). Wie aus Abbildung 3 ersichtlich, verdunsten von dem Niederschlag bis zu 525 mm/a (ca. 58 %). Die jährliche Grundwasserneubildung liegt im Umfeld von Beldorf bei ca. 150 mm/a (ca. 17 %, siehe Abbildung 4).

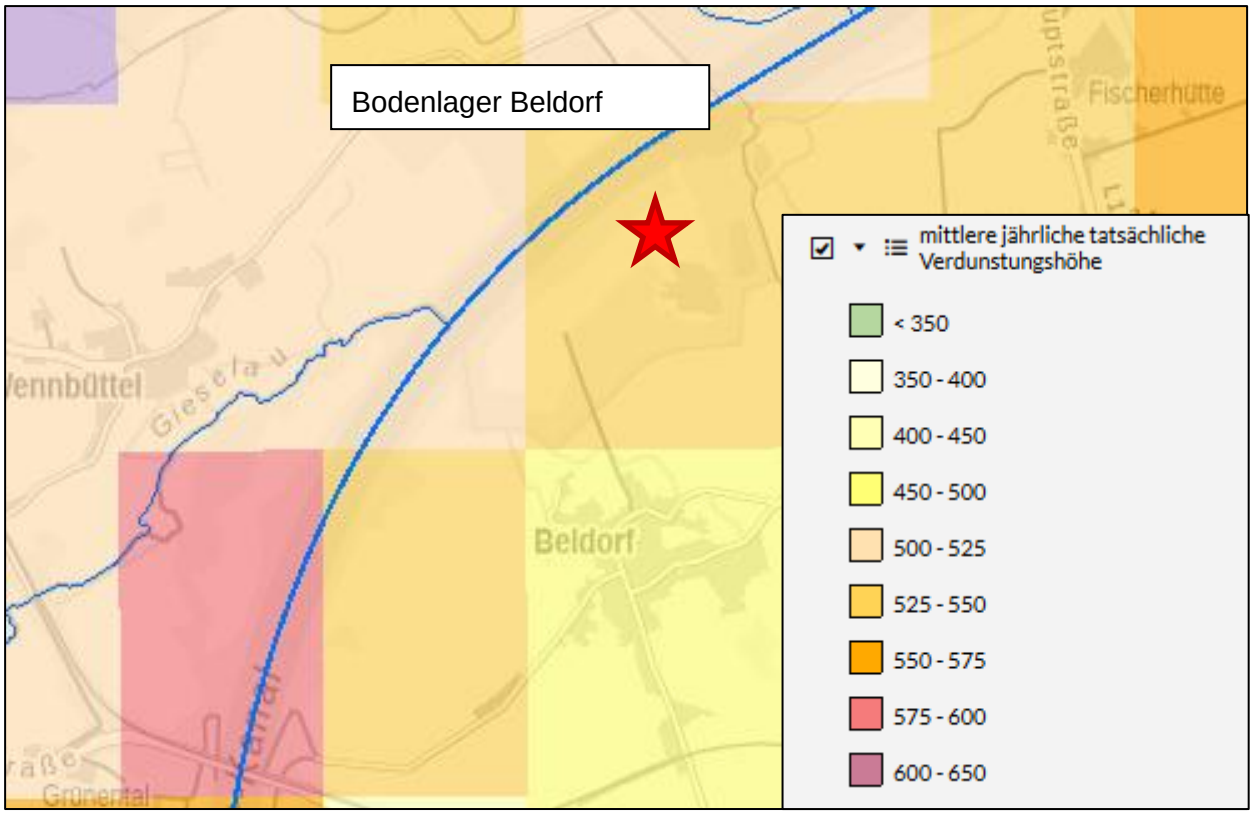

Abbildung 3: Mittlere jährliche tatsächliche Verdunstungshöhe in mm/a, ohne Maßstab

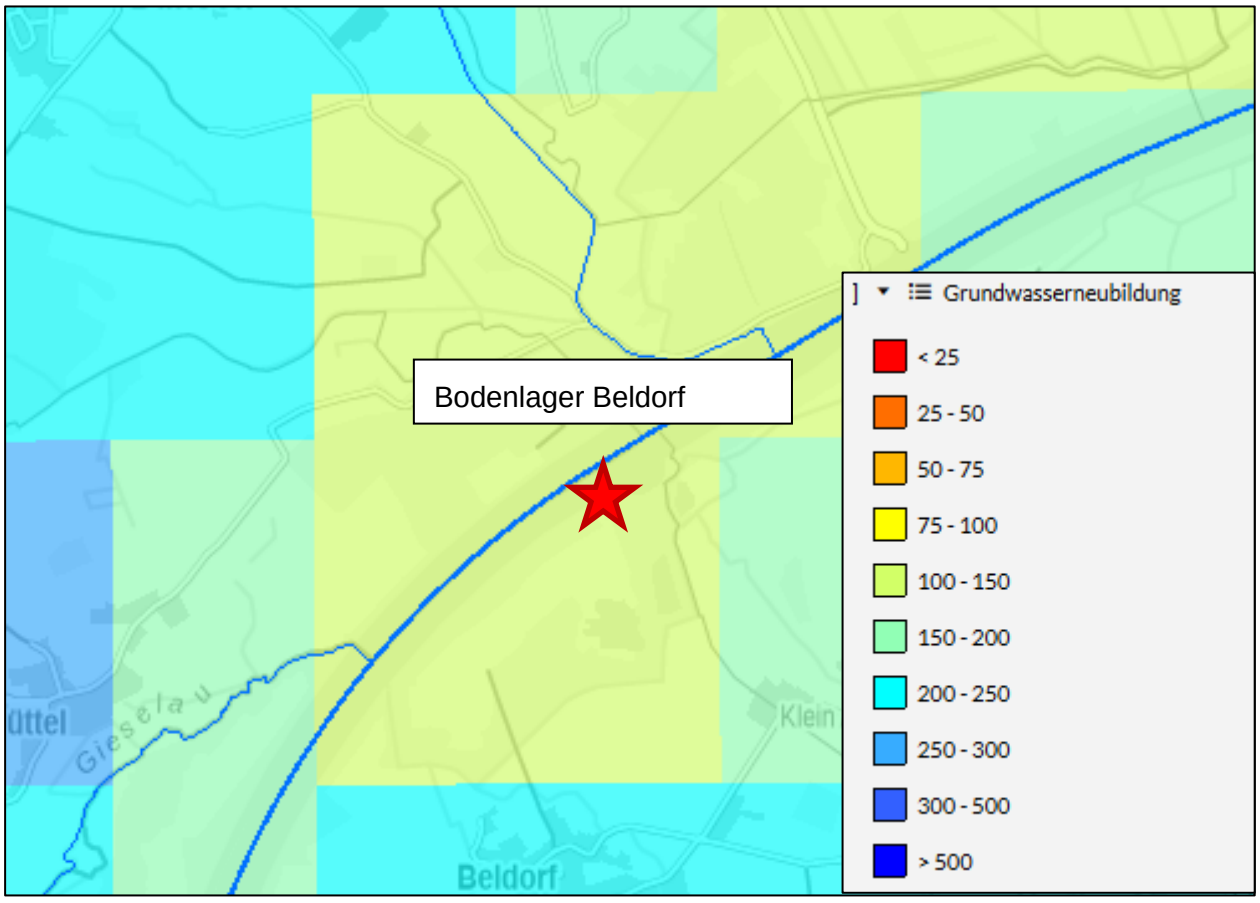

Abbildung 4: Grundwasserneubildung in mm/a (hydrologischer Atlas Deutschland)

Das restliche Niederschlagswasser fließ Oberflächengewässern als ober- und unterirdischer Abfluss zu und beträgt ca. 225 mm/a (ca. 25%).

5 Geplante Maßnahme

Das Bodenlager Beldorf umfasst inklusive Bereitstellungsflächen, Fahrwegen, Boden- und Sandlagern eine Fläche von insgesamt ca. 136.000 m^2. Die gesamte Fläche ist unbefestigt, nur die Fahrwege werden bei Bedarf mit Stahlplatten temporär befestigt.

Die Einlagerung des Bodens erfolgt über die in Abbildung 5 dargestellten neun Polder. Deren Gesamtfläche ca. 82.440 m^2 beträgt. In Tabelle 1 sind die Flächen der jeweiligen Polder einzeln aufgeführt.

Tabelle 1: Übersicht Größe der Polder 1 bis 8

Polder	Fläche (m²)
B1	12.040
B2	12.600
B3	9.870
B4	7.810
B5	7.880
B6	7.100
B7	8.730
B8	8.580
B9	7.830
Gesamt	**82.440**

Aus naturschutzfachlichen Gründen werden jährlich nur maximal 55% der Polderflächen betrieben. Wobei mindestens jeweils ein Polder für den Einbau von stichfesten und für flüssigen Boden genutzt wird. Der Bodeneinbau erfolgt nur über das Sommerhalbjahr. Es ist geplant, jährlich bis zu 150.000 m^3 Boden und insgesamt bis zu 500.000 m^3 Boden einzubauen.

Die Basis der Polder wird mit einem Gefälle von mindestens 1% in Richtung von Entwässerungsmulden hergestellt. Die Funktion der Entwässerungsmulden wird über den gesamten Einbauvorgang sichergestellt.

Der einzulagernde Boden wird in die Polder lagenweise mit einer Mächtigkeit von 1 m eingebaut. Nach einer Konsolidierungsphase von mindestens 6 Monaten erfolgt dann der Einbau der nächsten Lage. Vor dem Einbau wird die Basis der Polder dann wieder mit einem Gefälle von mindestens 1% in Richtung der Entwässerungsmulden aufgebaut. Es ist geplant, maximal sieben Schichten in einen Polder einzubauen.

Wie in Abbildung 5 dargestellt, führen die Entwässerungsmulden das gefasste Oberflächenwasser in einen zentralen Graben, der das Wasser in ein Sammelbecken leitet. Von dort aus kann das Wasser über eine Wasseraufbereitungsanlage in den NOK gepumpt werden.

Bei dem einzubauenden Bodenmaterial handelt es sich um sandigen Klei, der im Rahmen des Nassaushubs der Schleusenkammerbaustelle Brunsbüttel entnommen wird. Die Konsistenz des Kleis ist weich und breiig bis flüssig. Der Klei ist nicht anthropogen verunreinigt und wird unter Berücksichtigung geogener Belastungen als Z 1.1 - Material eingestuft. Auf der Grundlage von im Bodenlager Dyhrrsenmoor am einzubauenden Bodenmaterial durchgeführten bodenmechanischen Versuchen wird die Durchlässigkeit des eingebauten Materials als gering durchlässig beurteilt.

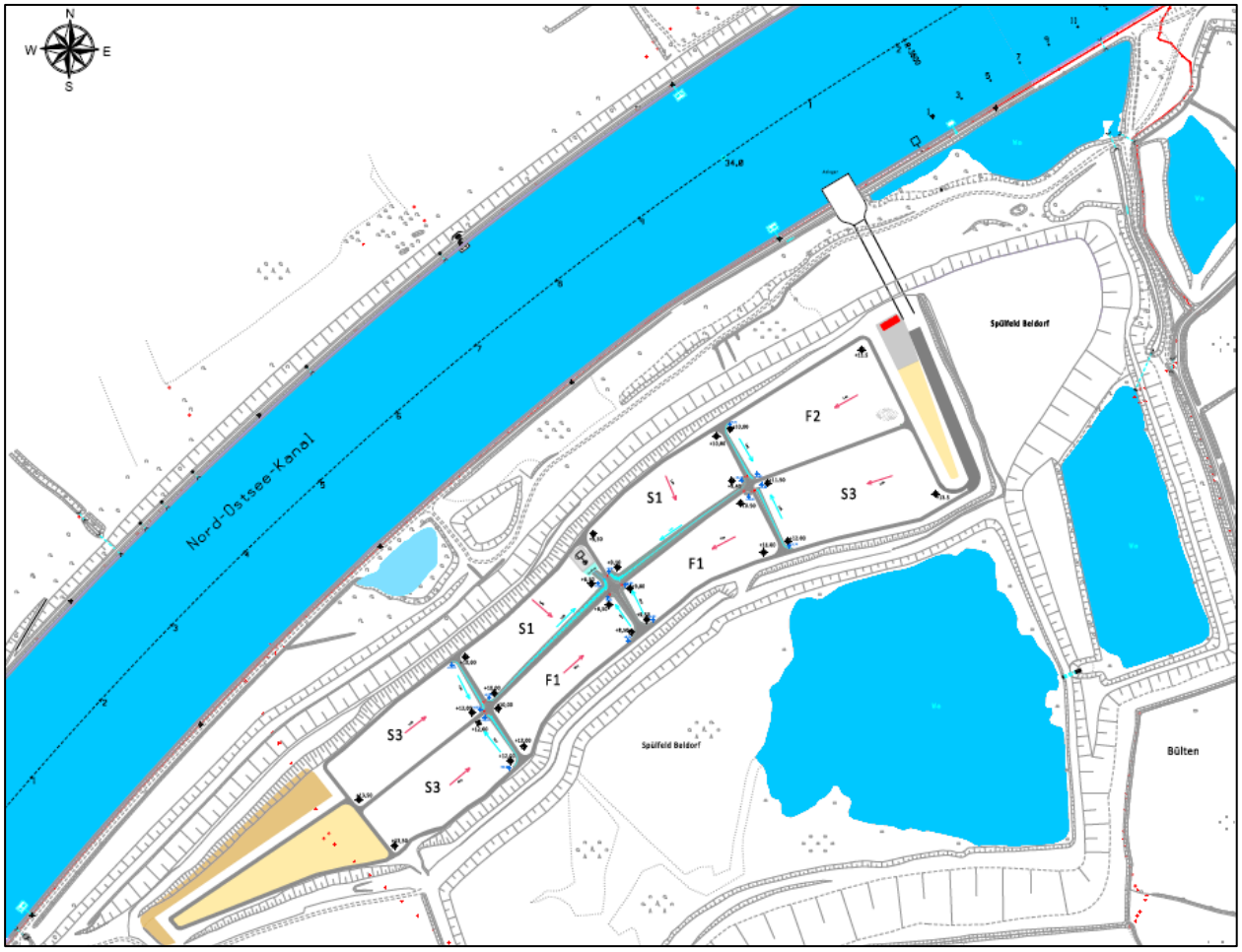

Abbildung 5: Lageplan Beldorf

Bei dem Nassaushub des Bodens haftet dem Boden Wasser an (Haftwasser). Auf Grundlage der Erfahrungen im Bodenlager Dyhrrsenmoor wird die Menge des Wassers mit ca. 3% des Aushubvolumens abgeschätzt (ca. 4.500 m^3/a), ca. 50% des Haftwassers können bereits vor Einbringen in das Bodenlager abgeschlagen werden. Der somit noch in das Bodenlager eingebrachte Anteil an Haftwasser von bis zu 2.250 m^3/a wird hauptsächlich verdunsten, über die Entwässerungsmulden der Wasseraufbereitungsanlage zu geführt oder zu geringem Anteil versickern.

Der auf das Bodenlager niedergehende Regen wird auf den unbefestigten Flächen des Bodenlagers entsprechend den in Kapitel 4 beschriebenen Pfaden, wie bislang auch, verdunsten, versickern und abfließen.

Im Bereich der Polder wird durch den Einbau des gering durchlässigen Bodenmaterials die Versickerung von Niederschlag in den Untergrund reduziert. Der sich hiermit einstellende Effekt ist vergleichbar mit Bereichen in der Geest, in denen Geschiebemergel an der Geländeoberkante anstehen. Üblicherweise kann die Versickerung von Niederschlägen (Grundwasserneubildung) für diese Bereiche mit ca. 75 mm/a abgeschätzt werden (ca. 8%). Durch diese verringerte Versickerung von Niederschlägen erhöht sich im Bereich der Polder der oberirdische Abfluss auf rund 30%.

Um den höheren oberirdisch abfließenden Niederschlag zu fassen und die Versickerung von Niederschlag in das eingelagerte Bodenmaterial zu minimieren, werden alle Einbauflächen mit einem Gefälle von mindestens 1% in Richtung von Entwässerungsmulden hergestellt und das abfließende Wasser wie oben beschrieben gefasst.

Wie oben erläutert, werden in einem Jahr jeweils nur 55% der Polderflächen für den Bodeneinbau genutzt. Im ersten Betriebsjahr werden somit auf den verbleibenden 45 % der Polderflächen noch die durchlässigen Bodenschichten des ehemaligen Spülfeldes Beldorf anstehen. Es ist geplant, im ersten Betriebsjahr das anfallende Oberflächenwasser aus den Polderflächen im Bereich dieser Restflächen zu versickern. Im zweiten Betriebsjahr ist dann die Ableitung des gefassten Oberflächenwassers in den NOK geplant. Ob in diesem Zusammenhang die Installation einer Wasseraufbereitungsanlage erforderlich ist, wir auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse aus dem ersten Betriebsjahr entschieden.

Nach Abschluss der Bodeneinlagerung werden die Polderflächen nivelliert und begrünt. Diese Maßnahmen werden zu einer Reduzierung des oberirdischen Abflusses führen, sodass eine Wasseraufbereitungsanlage spätestens in diesem Stadium nicht mehr erforderlich sein wird.

6 Herkunft und chemische Zusammensetzung des zu fassenden Dränagewassers

In das Bodenlager Beldorf werden Wässer mit unterschiedlichen chemischen Zusammensetzungen eingebracht. Diese Wässer sollen an der Oberfläche gefasst und in den NOK (ggf. über eine Wasseraufbereitungsanlege) abgeleitet werden oder auf dem Bodenlagergelände versickert werden.

In Hinblick auf die Auslegung der Wasseraufbereitungsanlage wurden am 16.09.2020 vier Probenentnahmen auf dem bereits in Betrieb befindlichen Bodenlager Dyhrrsenmoor durchgeführt.

Die Auswahl der Probenentnahmestellen erfolgte anhand folgender Kriterien.

- Im Bodenlager Dyhrrsenmoor werden Böden eingebracht, wie sie auch in Zukunft in Beldorf eingebaut werden sollen.

- Das im Bodenlagen Dyhrrsenmoor gefasste Wasser setz sich aus Niederschlagwasser, Haftwasser und Porenwasser zusammen. Das Porenwasser wird aus dem das Bodenlager unterlagernden Klei durch Verdichtung ausgepresst und beinhaltet hinsichtlich der Einleitung in den NOK relevante Ammonium- und Eisenkonzentrationen.

- Im Bodenlager Beldorf fällt kein Porenwasser an (Stichwort: Geest). Die Probenentnahmestellen waren daher so herzustellen, dass nur Niederschlagwasser und Haftwasser gefasst werden.

- Der Anteil des Haftwassers am zu fassenden Oberflächenwasser ist je nach Lagerungsart des Bodens unterschiedlich, dies war bei der Installation der Probenentnahmestellen zu berücksichtigen.

- Probenentnahmestelle Absetzbecken Anleger: Vor der Entleerung der Schuten wird zunächst das Haftwasser aus den Schuten entnommen und im Absetzbecken gesammelt. Im Absetzbecken befand sich somit nur Haftwasser.

- Probenentnahmestelle Zwischenlager Feld: Der aus den Schuten entnommene Boden wird zu nächst auf dem Zwischenlager gelagert. Dort entwässert der Boden und wird anschließend ins Bodenlager eingebaut. Im Zwischenlager war Niederschlagswasser mit einem hohen Haftwasseranteil zu erwarten.

- Probenentnahmestellen Bodenlager: Der im Zwischenlager entwässerte Boden wird im Bodenlager eingebaut. Das im Bodenlager anfallende Wasser setzt sich hauptsächlich aus Niederschlagswasser zusammen, der Haftwasseranteil ist gering.

Die Probenentnahmestellen wurde oberflächennah in den Bodenköper eingebaut, sodass diesen Probenentnahmestellen oberirdischer und unterirdischer Niederschlagsabfluss sowie Haftwasser zuströmen konnte. Das aus dem tieferen Untergrund zuströmende Porenwasser sollte mit diesen Entnahmestellen nicht erfasst werden. Die Probenentnahmestellen sind in Abbildung 6 der Lage nach dargestellt und in Anlage 1 in einer Fotodokumentation beschrieben.

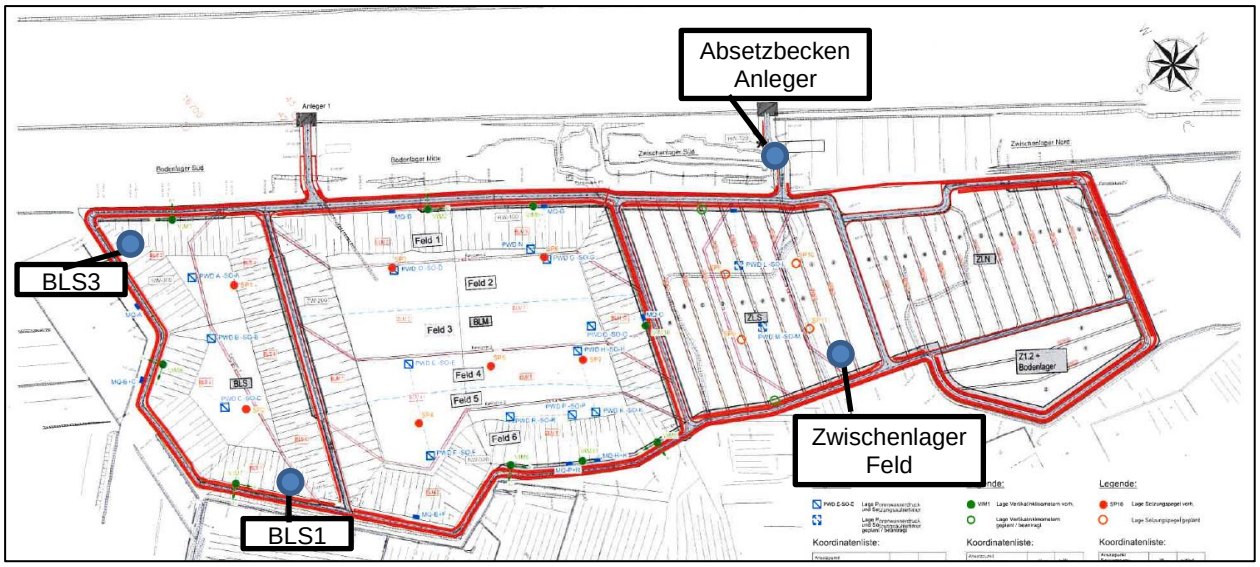

Abbildung 6: Lageplan Dyhrrsenmoor, Probenentnahmestellen Sickerwasser

Die Probenentnahme wurde vom chemischen Labor GBA am 16.09.20 durchgeführt. Die Probenentnahmeprotokolle sind in Anlage 2 diesem Bericht beigelegt. Vor der Probenentnahme hatte es nur wenig geregnet und die Tagestemperaturen waren für die Jahreszeit vergleichsweise hoch. Vermutlich aus diesen Gründen war in der Probenentnahmestelle BLS1 nur sehr wenig Wasser, sodass diese Probenentnahmestelle nicht fachgerecht beprobt werden konnte und die Untersuchungsergebnisse als nicht repräsentativ beurteilt werden.

Die Analysenberichte für die entnommenen Wasserproben sind in Anlage 3 und die Ergebnisse tabellarisch in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Übersicht Untersuchungsergebnisse Beprobung Sickerwasser Bodenlager Dyhrrsenmoor vom 16.09.2020

Parameter	Einheit	BLS1	Absetzbecken Anleger	Zwischenlager Feld	BLS3
Eisen, ges.	mg/L	1,8	1,6	14	1,7
CSB	mg/L	72	33	40	<15
Ammonium	mg/L	0,074	0,18	0,032	0,13
Chlorid	mg/L	467	1.560	1.080	4,3
Sulfat	mg/L	720	340	880	17
Sulfid, l. freis.	mg/L	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
pH-Wert		7,6	8,8	7,6	7,9
Leitfähigkeit (Labor, 25 °C)	µS/cm	2.820	5.410	4.700	216

Unter Berücksichtigung der für das Bodenlager Dyhrrsenmoor geltenden Grenzwerte für die Einleitung von Wasser in den NOK (Eisen ges. = 2 mg/L, CSB = 80 mg/L, Ammonium = 10 mg/L) werden die Ergebnisse wie folgt bewertet.

In den Wasserproben BLS 1, BLS 3 und Absetzbecken Anleger liegen **die Eisen ges.-Konzentrationen** geringfügig unterhalb des Einleitgrenzwertes. Nur in der Wasserprobe Zwischenlager Feld wurden deutlich höhere Eisen ges.-Konzentrationen nachgewiesen. Die hohen Eisen ges.- Konzentrationen in der Probe Zwischenlager Feld sind unseres Erachtens darauf zurückzuführen, dass mit der Probenentnahmestelle auch Porenwasser erfasst wurde. In Hinblick auf die Bewertung der zu erwartenden Eisen ges.-Konzentrationen im Wasser des Bodenlagers Beldorf wird diese Probe als nicht repräsentativ bewertet.

Die **CSB-Konzentrationen** sind im Vergleich zu natürlichen Gewässern hoch, liegen aber in allen untersuchten Wasserproben unterhalb des Einleitgrenzwert für den NOK.

Die Ammonium-Konzentrationen in den untersuchten Wasserproben liegen unterhalb von 1 mg/L und damit deutlich unterhalb des Einleitgrenzwertes für den NOK.

Der in den Wasserproben gemessene **pH-Wert** liegt im neutralen bis leicht basischen für eine Einleitung in den NOK unproblematischen Bereich.

Die **Chlorid- und Sulfatkonzentrationen** in den von Haftwasser beeinflussten Wasserproben „Absetzbecken Anleger“ und „Zwischenlager Feld“ sind deutlich höher als in der Wasserprobe BLS 3 aus dem Bodenlager. Die Wasserprobe BlS 1 wird aus oben genannten Gründen als nicht repräsentativ bewertet.

Im Zusammenhang mit der geplanten Einleitung der gefassten Wässer in den NOK sind die nachgewiesenen Chlorid- und Sulfatkonzentrationen in den Wasserproben als nicht maßgeblich zu bewerten, da der NOK Brackwasser mit hohen Chlorid- und Sulfatkonzentrationen führt und somit mit einer Einleitung keine Verschlechterung herbeigeführt werden würde.

In Hinblick auf die im Bodenlager Beldorf stattfindende Versickerung von Niederschlags- und Haftwasser sind die nachgewiesenen Chlorid- und Sulfatkonzentrationen jedoch in Bezug auf den Grundwasserpfad wie folgt einzuordnen.

- Chlorid und Sulfat wird nur über das Haftwasser in das Bodenlager Beldorf eingetragen.
- Gemäß den in Kapitel 5 beschriebenen Annahmen gelangen jährlich bis zu 2.250 m^3 Haftwasser in das Bodenlager Beldorf.
- Die Gesamtfläche des Bodenlagers Beldorf beträgt ca. 136.000 m^2. Wird für die Gesamtfläche des Bodenlagers, – auf der sicheren Seite liegend – eine reduzierte Grundwasserneubildung von 75 mm/a angesetzt, sickert dem Grundwasser über die gesamte Bodenlagerfläche ca. 8.025 m^3/a Niederschlag zu. Im Bereich des Bodenlagers versickern somit ca. 8% des Niederschlages.
- Unter der Annahme, dass das jährlich eingetragene Haftwasser, wie auch der Niederschlag, zu ca. 8% in den Untergrund versickert. Fließen jährlich ca. 180 m^3 Haftwasser dem Grundwasser zu.

- Wird für die Konzentration des Haftwassers die ermittelte Konzentration von 1.560 mg/L Chlorid angesetzt. Ergibt sich eine Chloridfracht von ca. 290 kg/a.
- Die jährliche Chloridfracht von 290 kg/a wird über eine Gesamtsickerwassermenge von ca. 8.205 m^3/a aus dem Bodenlager ins Grundwasser ausgetragen. Dies entspricht einer Konzentration von rund. 30 mg/L Chlorid.

Wie die oben aufgeführten, auf der sicheren Seite liegenden Abschätzungen exemplarisch für den Parameter Chlorid zeigen, sickern die über das Haftwasser in das Bodenlager eingebachten Chloride und Sulfate mit dem Niederschlagswasser dem Grundwasser zu. Die hierbei zu betrachtenden Chloridkonzentrationen liegen deutlich unterhalb des Schwellenwertes der Grundwasserverordnung von 250 mg/L Chlorid. Die dargelegten Abschätzungen werden durch die Analysenergebnisse der im Bereich des Bodenlagers entnommenen Wasserprobe BLS 3 (Chloridkonzentration 4,3 mg/L) bestätigt.

Vor der Einleitung des im Bodenlager Beldorf gefassten Niederschlags- und Haftwassers empfehlen wir das Wasser mittels einer Belüftungsanlage mit anschließender Filtration zu behandeln, um die hohen CSB- und Eisen ges.- Konzentrationen zu minimieren und eine dauerhafte Unterschreitung der Einleitgrenzwerte für den NOK zu gewährleisten.

Auf Grund des großen Flurabstandes im Bereich des Bodenlagers Beldorf wird Sickerwasser auf dem Weg ins Grundwasser mit Sauerstoff angereichert. Dies wird zu einer deutlichen Verringerung der in den Wasserproben festgestellten CSB- und Eisenkonzentrationen führen. Da zu dem – wie erläutert – die Chlorid-Frachten in Relation zur Gesamtmenge des gefassten Oberflächenwassers gering sind, wäre alternativ zur Einleitung in den NOK bzw. nach der Fertigstellung des Bodenlagers auch eine Versickerung des Oberflächenwassers möglich.

7 Mengenermittlung des zu fassenden Oberflächenwassers

Wie in Kapitel 6 erläutert, wird sich das zu fassende Oberflächenwasser im Bodenlager Beldorf aus Haftwasser und Niederschlagswasser zusammensetzen. Aufgrund der Lage des Bodenlagers Beldorf in der Geest ist ein Zustrom aus den unterlagernden Kleischichten wie in Dyhrrsenmoor (Stichwort Marsch) in das zu fassende Oberflächenwasser ausgeschlossen. Für den Fall, dass das gefasste Oberflächenwasser in den NOK abgeleitet werden soll, ist – wie in Kapitel 6 erläutert eine Wasseraufbereitungsanlage erforderlich. In den nachfolgenden Kapiteln erfolgt eine Abschätzung der abzureinigenden Wassermengen, auf deren Grundlage die Wasseraufbereitungsanlagen ausgelegt wird.

7.1 Mengenermittlung Haftwasser

Es ist geplant, jährlich bis zu 150.000 m^3 Aushub in das Bodenlager Beldorf einzulagern. Mit dem Einbau des Bodens gelangen bis zu 2.250 m^3/a Haftwasser in das Bodenlager (siehe Kapitel 5). Unter der Annahme, dass das eingebrachte Haftwasser – analog zum Verhalten des Niederschlagswassers – zu einem Anteil von ca. 30 % oberirdisch abströmt, sind als Oberflächenwasser 675 m^3/a Haftwasser zu fassen. Mit durchschnittlich rund 2 m^3/d kann die

Haftwassermenge in Hinblick auf die Auslegung einer Aufbereitungsanlage vernachlässigt werden.

7.2 Mengenermittlung durchschnittlicher Niederschläge

Wie in Kapitel 4 erläutert, beträgt die langjährige mittlere Niederschlagsmenge im Bereich Beldorf 900 mm. Der auf der Geländeoberfläche niedergehende Regen kommt nur zum Teil zum Abfluss. Ein Großteil der Niederschlagsmengen verdunstet, versickert ins Grundwasser oder fließt ober- und unterirdisch einem Vorfluter zu. Die Berechnung des zu fassenden Abflusses (Oberflächenwassers) erfolgt mittels eines Abflussbeiwertes anteilig zur Niederschlagsmenge (2).

Für die unbefestigten Polderflächen wurde ein Abflussbeiwert von 0,2 angesetzt. In der Berechnung des Abflusses für das Bodenlager Beldorf wurde außerdem berücksichtigt, dass die Einbauflächen in den Poldern des Bodenlagers ein Gefälle von etwa 1 % aufweisen. Für unbefestigte Flächen mit einem befestigten Anteil von ca. 10 % und einem Gefälle < 10% beträgt der Abflussbeiwert = 0,09. Summarisch ergibt sich somit für die Berechnung des Oberflächenwassers bezogen auf Jahresmittelwerte ein Abflussbeiwert von annähernd 0,3.

Die folgende Abbildung 7 skizziert einen Querschnitt durch einen Polder im Bodenlager. Der größte Anteil des Wassers wird durch Verdunstung (ca. 60 %), Versicherung (ca. 8%) und ober- und unterirdischen Abfluss (ca. 32%) aus dem Bodenlager ausgetragen werden (siehe auch Kapitel 4 und 6).

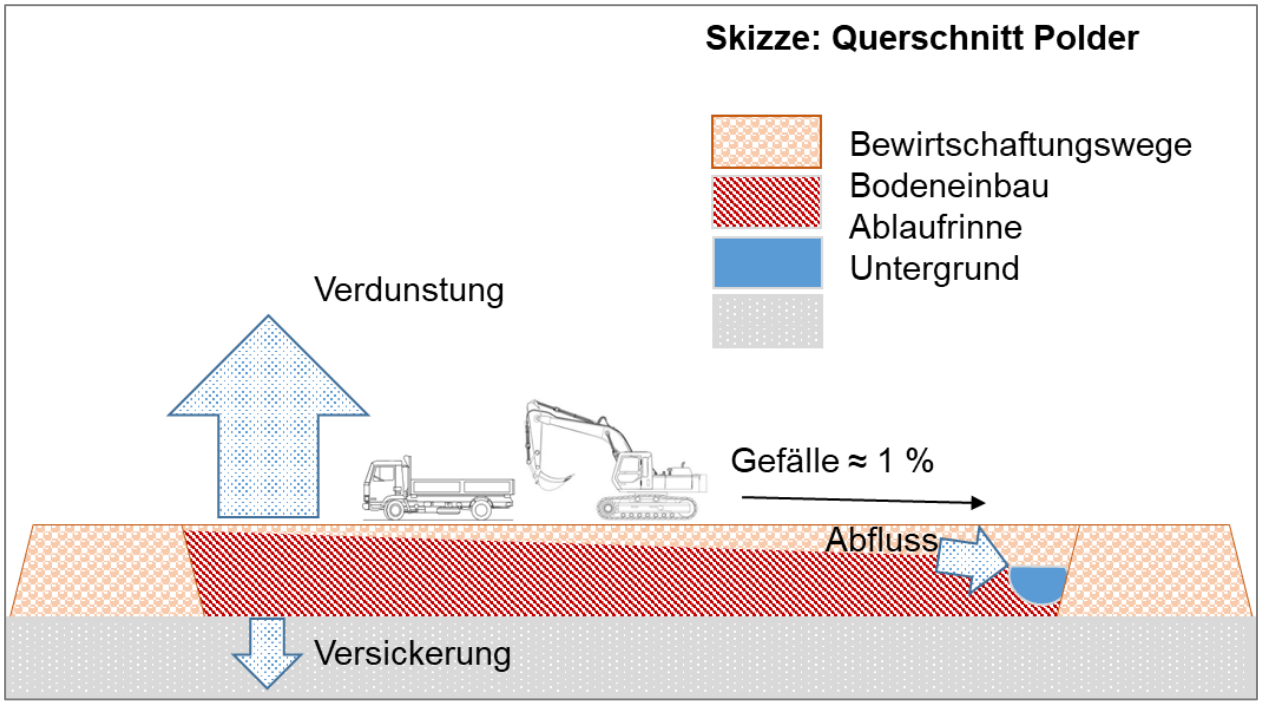

Abbildung 7: Skizzierung eines Querschnitts durch einen der Polder im Bodenlager

In der folgenden Tabelle sind die Flächen der Polder und die jährlich erwarteten Niederschlagsmengen im Bodenlager Beldorf bei einem jährlichen Niederschlag von 900 mm/a aufgelistet.

Tabelle 3: Durchschnittlich zu erwartende Niederschlagsmengen

Durchschnitt Niederschlagsmenge Bodenlager Beldorf

Polder Bezeichnung	Fläche		Ø Niederschlag bei 900* mm/a *(hydrologischer Atlas)	
BLB1	12.040	m²	10.836	m³/a
BLB2	12.600	m²	11.340	m³/a
BLB3	9.870	m²	8.883	m³/a
BLB4	7.810	m²	7.029	m³/a
BLB5	7.880	m²	7.092	m³/a
BLB6	7.100	m²	6.390	m³/a
BLB7	8.730	m²	7.857	m³/a
BLB8	8.580	m²	7.722	m³/a
BLB9	7.830	m²	7.047	m³/a
Summe	82.440	m²	74.196	m³/a
Summe	8,24	ha	9.004	m³/ha

Durchschnittlich abfließendes Oberflächenwasser mit Abflussbeiwert 0,3 ≈ 61 m³/d

Aus dem gesamten jährlichen Niederschlag von 74.196 m³/a im Bodenlager Beldorf und dem Abflussbeiwert von 0,3, ergibt sich ein durchschnittlicher Volumenstrom von ca. 22.260 m³/a. Diese Menge entspricht dem durchschnittlich zu fassenden Oberflächenwasser von ca. 61 m³/d. Unter Berücksichtigung dieser Wassermengen ist die Wasseraufbereitungsanlage ist mit einer Aufbereitungsleistung von 5 m³/h herzustellen.

7.3 Mengenermittlung eines Starkregenereignisses

Bei der Berechnung der zu fassenden Oberflächenwassermenge im Bodenlager Beldorf bei einem Starkregenereignis, ist von der nachfolgend skizzierten Situation ausgegangen worden.

Für die Berechnung von einem Starkregenereignis wurde von einer Wetterlage ausgegangenen, die einmalig in fünf Jahren für 10 Minuten eintritt. Während dieser 10 Minuten werden kontinuierlich 200 Liter Regen pro Sekunde und Hektar auf das Bodenlager Beldorf niedergehen (KOSTRA DWD-Tabellen).

Der Abflussbeiwert für unbefestigten Flächen wurde mit 0,2 gewählt (2). Unter Berücksichtigung des Gefälles der Einbauflächen in den Poldern wurde der Spitzenabflussbeiwert auf 0,3 erhöht. In der folgende Tabelle 4 ist die Mengenberechnung für das abfließende Oberflächenwasser bei einem Starkregenereignis im Bodenlager Beldorf dargestellt.

Tabelle 4: Mengenermittlung für abfließendes Oberflächenwasser bei einem Starkregenereignis

Starkregenereignis Bodenlager Beldorf (alle 5 Jahre für 10 min ein Niederschlag von 200 l/s*ha / KOSTRA DWD-Tabellen)		
Rahmenbedingungen der Berechnung:		
Spitzenabflussbeiwert bei unbefestigten Flächen und Neigung < 10 % :		0,3
Parameter für die Berechnung:		
Fläche	A	8,24 ha
Niederschlagsmenge	V_R	0,2 m³ / s*ha
Spitzenabflussbeiwert	Ψ	0,3
Zeitraum Starkregenereignis	t	600 s
Berechnung: A*VR*Ψ*t = abfließendes Oberflächenwasser = 297 m³		

Das während eines Starkregenereignisses in den Poldern anfallende Oberflächenwasser strömt über die Entwässerungsmulden und Gräben dem Speicherbecken für die Wasseraufbereitungsanlage zeitverzögert zu. Unter Abschätzung des durch die Mulden und Gräben bereits vorhandenen Speichervolumens ist für das Speicherbecken ein Volumen von ca. 220 m³ vorzuhalten.

8 Feststellungsplanung Speicherbecken/Sandfang mit optionaler Wasseraufbereitungsanlage

Das über Mulden und Gräben gefasste Oberflächenwasser wird einem zentralgelegenen Speicherbecken mit Sandfang zugeführt und von dort über eine ggf. erforderliche Wasserbereitungsanlage in den NOK geleitet.

Bei Bedarf ist vor einer Einleitung in den NOK eine Wasseraufbereitungsanlage in Betrieb zu nehmen. Inwieweit der Betrieb einer Wasseraufbereitungsanlage notwendig sein wird, hängt von den Konzentrationen der aufzubereitenden Stoffe im gefassten Oberflächenwasser ab. Nach längeren Schönwetterperioden ohne Niederschlag sind leicht erhöhte Konzentrationen von Ammonium und CSB denkbar, da dem Speicherbecken in einer Trockenphase nur Haftwasser zufließt. Vor Einleitung sowie im monatlichen Rhythmus ausführungsbegleitend werden von einem zertifizierten Labor Wasserproben genommen und hinsichtlich der Einleitparameter untersucht.

Für die Aufbereitung des gefassten Oberflächenwassers wären dann im Falle einer erforderlichen Wasseraufbereitung Behandlungsstufen zur Sauerstoffanreicherung und zur Feststoffabscheidung vorgesehen. Ziel ist die Reduzierung mineralischer Frachten, die Oxidation von gelöstem Eisen II zu ungelösten Eisen III und der mikrobiologische Abbau des Biochemischen Sauerstoffbedarfs (CSB). Mit diesen Behandlungsstufen kann, soweit dies

erforderlich werden sollte, auch die Umwandlung von Ammonium in das hydrobiologisch verträglichere Nitrat erfolgen.

Durch Verdunstung aus dem Speicherbecken würden die Konzentrationen von Ammonium und CSB in dem Speicherbecken ebenfalls ansteigen. Steigende Eisenkonzentrationen sind unwahrscheinlich, da gelöstes Eisen erwartungsgemäß bereits in den Ablaufrinnen der Polder als oxidiertes Eisen III ausfallen würde.

8.1 Speicherbecken mit Sandfang

Das abfließende Oberflächenwasser aus den Poldern wird über ein Sammelsystem aus Entwässerungsmulden und Gräben in ein Speicherbecken geleitet. Das Speicherbecken ist als Mulde im Boden ausgeführt und mit Teichfolie ausgekleidet. Es ist exklusive einem darin eingegliederten Pumpensumpf, für ein Speichervolumen von 220 m³ herzustellen.

Der Zulauf in das längsdurchströmte Speicherbecken erfolgt nur an einer Seite. Auf der gegenüberliegenden Seite ist eine Pumpstation zu installieren (Tauchmotorpumpen), mit der das Wasser aus dem Speicherbecken heraus direkt in den NOK oder in die Wasseraufbereitungsanlage gefördert werden kann. Der Pumpensumpf ist durch eine Bodenwelle von etwa 0,5 m Höhe vom restlichen Speicherbecken abgesetzt.

Erst wenn der Füllstand im Zulaufbereich des Speicherbeckens eine Höhe von 0,5 m erreicht (Höhe Bodenwelle), fließt Wasser über die Bodenwelle in den Pumpensumpf. Die Fläche des Pumpensumpfes soll 20 m² betragen. In der folgenden Abbildung 8 sind zwei unterschiedliche Füllstände im Speicherbecken skizziert und deren Auswirkung auf den Pumpensumpf dargestellt.

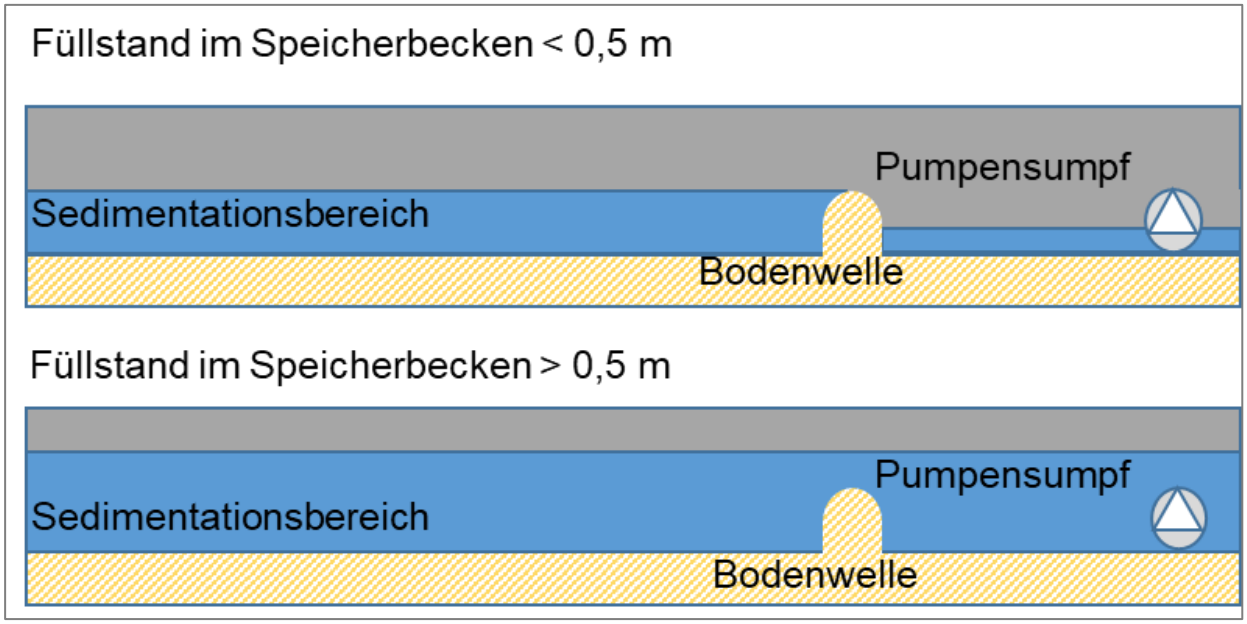

Abbildung 8: Unterschiedliche Füllstände im Speicherbecken

Durch das großzügig dimensionierte Speicherbecken und der daraus resultierenden Aufenthaltszeit des Wassers von mehreren Tagen, erfüllt der Bereich zwischen Zulauf und Bodenwelle auch die Funktion eines Sandfangs. Mineralische Frachten im Zulauf können in

diesem Bereich sedimentieren, der klare Überstand fließt in den Pumpensumpf ab und wird durch die Pumpstation in die Wasseraufbereitungsanlage oder direkt in den NOK gefördert (s. Kap.8, Abs.2).

8.2 Optionale Wasseraufbereitungsanlage

Die Wasseraufbereitungsanlage (WAA) ist für einen Aufbereitungsvolumenstrom von 5 m^3/h auszulegen. Für Notsituationen (Havarie in der Aufbereitungsanlage, besondere Starkregenereignisse oder besonders langanhaltende Niederschlagsphasen) ist in der Anlage ein Bypass vorgesehen, über den das Oberflächenwasser aus dem Speicherbecken an der Aufbereitungsanlage vorbei, direkt in den NOK mit einem Förderstrom von 20 m^3/h eingeleitet werden kann.

Für die Behandlung des gefassten Oberflächenwassers aus dem Bodenlager Beldorf ist die WAA mit folgenden Betriebseinheiten auszustatten:

- 1 x Pumpstation (2 x Tauchpumpe in die WAA und 1 x Tauchpumpe in den Bypass)
- 1 x Belüftungstank (Volumen 20 m^3)
- 1 x Verdichter zu Belüftung des Wassers im Belüftungstank über Belüftungsmembranen
- 2 x Kiesfilter (je 5 m^3)
- 1 x Schlammstapeltank (5 m^3)
- 1 x Vorlagebehälter mit Tauchmotorpumpe (6 m^3)
- 1 x Anlagensteuerung
- 1x Notstromversorgung

Der Verdichter, die Anlagensteuerung und die Notstromversorgung sollen in einem Container mit Frostwächter installiert werden. Alle Aggregate und Messgeräte in der Anlage werden für den automatischen Betrieb an eine Anlagensteuerung angeschlossen. Störmeldungen in der Anlage werden über ein in der Steuerung installiertes Modem als SMS an noch festzulegende Mobilfunkgeräte übermittelt.

In der folgende Abbildung 9 ist ein Verfahrensschema der WAA dargestellt. Die Angaben in Kubikmeter geben die empfohlenen Behältergrößen wieder.

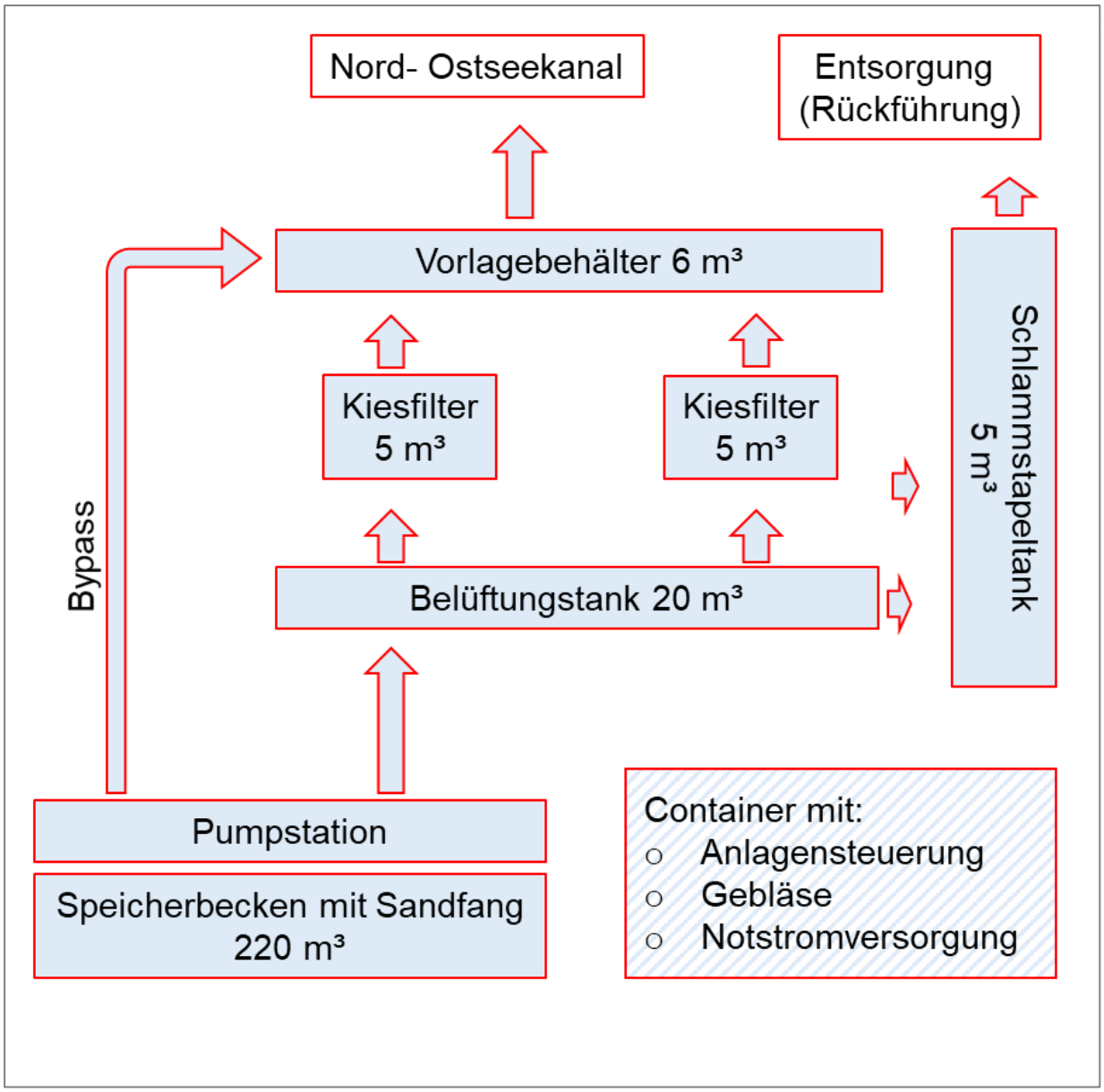

Abbildung 9: Verfahrensschema der WAA für das gefaste Oberflächenwasser des Bodenlagers

Die einzelnen Prozessstufen werden von unterschiedlichen Herstellern in modularer Bauweise aus Stahl oder Kunststoff angeboten. Bei der Installation sind die Behälter und Rohrleitungen mit entsprechender Frostschutzeinkleidung auszustatten.

Der Flächenbedarf für die gesamte Wasseraufbereitung wird mit bis zu 25 m² abgeschätzt.

Für die Stromversorgung der WAA ist die Herstellung einer Stromtrasse erforderlich. Je nach Fabrikat und Hersteller der einzelnen Aggregate ist ein unterschiedlicher Energieverbrauch zu erwarten. Die Anschlussleistung für den Betrieb der WAA im Bodenlager Beldorf wird mit ca. 10 kW abgeschätzt.

Eine Notstromversorgung ist vorzusehen, so dass bei einem Stromausfall der Betrieb der Anlagensteuerung sichergestellt ist. Über das installierte Modem kann dann die Versendung der entsprechenden Störmeldung erfolgen.

Die WAA ist durchgehend in Betriebsbereitschaft. In der Steuerung können unterschiedliche Betriebsvarianten programmiert werden. Dadurch wird die Anlage automatisch und situationsabhängig in den entsprechenden Betriebsmodus umgestellt. Empfohlen werden Betriebsvarianten für Trockenwetter, Regenphasen und Starkregenereignisse. Die Information welche Betriebsvariante aktuell geeignet ist, ermittelt die Steuerung durch Auswertung von Messwerten, wie z. B. von Füllstand-Messungen im Speicherbecken.

In der folgenden Abbildung 10 ist ein Fließbild der WAA skizziert

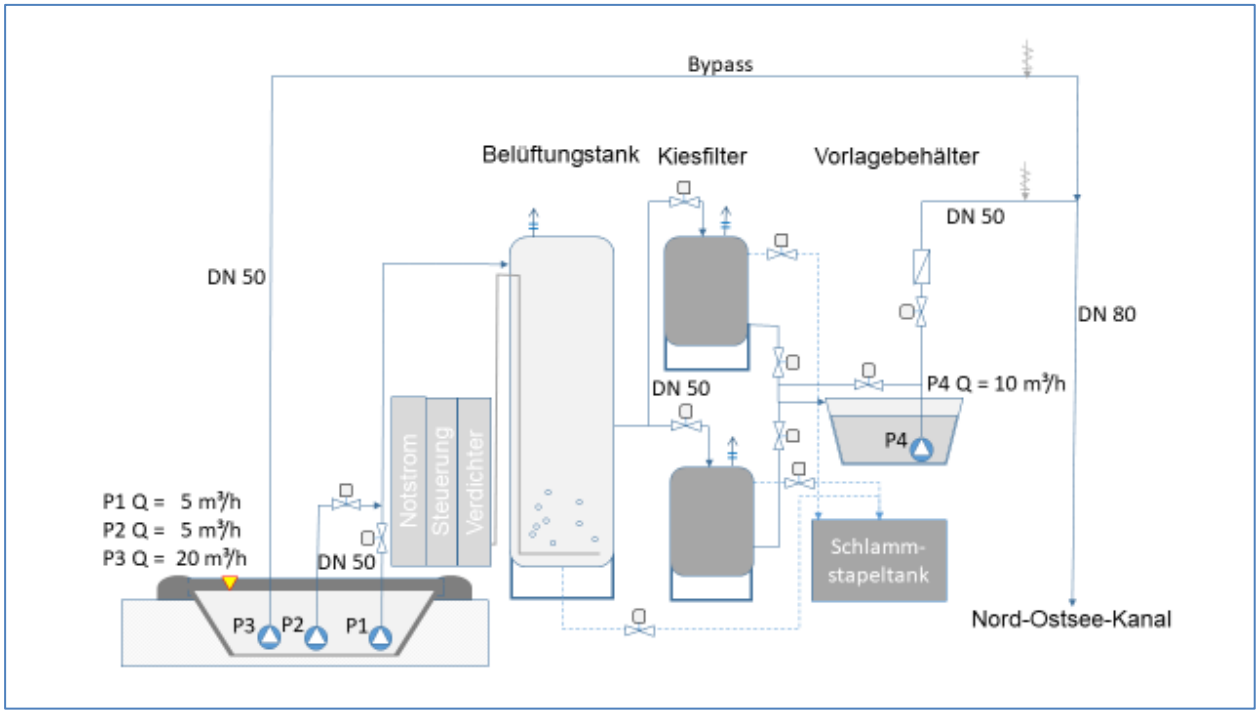

Abbildung 10 Skizzierung der Anlagenkomponenten

Die Pumpen P1 und P2 sind redundant ausgelegt. Jeweils eine der Pumpen (Wechselbetrieb) fördert 5 m³h in den Belüftungstank der WAA, wenn der Füllstand im Pumpensumpf ausreichend für die Beschickung der Anlage ist. Im Belüftungstank hat das Wasser eine theoretische Aufenthaltszeit von 4 Stunden. Durch die Belüftung wird ein aerobes Milieu im behandelten Wasser erzeugt. Vorhandene abzureinigende Inhaltsstoffe werden durch Oxidation und mikrobiologische Verwertung in Feststoffe gewandelt (Eisen-(III)-Oxid, Belebtschlamm) oder zu hydrobiologisch besser verträglichen Substanzen abgebaut (Ammonium zu Nitrat).

Die Pumpe P3 im Speicherbecken ist als Notfallpumpe vorgesehen. Sie nimmt den Betrieb auf, wenn ein zuvor in der Steuerung hinterlegter Füllstand-Wert im Speicherbecken erreicht worden ist. Hohe CSB- und Eisenkonzentrationen im gefassten Oberflächenwasser sind dann nicht zu erwarten, da sich in diesem Fall überwiegend Niederschlagswasser im Speicherbecken sammelt. In dieser Situation fördert die Pumpe P3 das Wasser aus dem Speicher direkt in den Nord-Ostsee-Kanal.

Nach Behandlung im Belüftungstank fließt das Oberflächenwasser über die Kiesfilter ab, in denen Feststoffe zurückgehalten werden. Durch das regelmäßige Rückspülen der Kiesfilter werden

Feststoffe aus dem Aufbereitungsprozess entnommen und im Schlammspeicher zwischengelagert. Der Schlammspeicher muss regelmäßig entleert werden.

Das Filtrat aus den Kiesfiltern fließt in einen Container. Dieser Container dient als Vorlagebehälter für eine Tauchmotorpumpe. Nach Erreichen, eines in der Steuerung hinterlegten Wertes für den Füllstand, startet die Pumpe P4 automatisch den Betrieb und fördert das Wasser aus dem Vorlagebehälter in den Nord-Ostsee-Kanal. Mit der Pumpe können bei Bedarf auch die Kiesfilter gespült werden.

Für den Betrieb der WAA sind geringfügige Mengen an Schmiermitteln für Ventile und Absperrklappen erforderlich. Wird für die Notstromversorgung statt einer Batterie, ein Diesel-Notstromaggregat verwendet, ist die Beschaffung von ausreichendem Kraftstoff und Schmieröl bei den Betriebsmitteln vorzusehen. Je nach Ausführung des Verdichters ist der regelmäßige Wechsel von Luftfiltern und evtl. Keilriemen mit einzuplanen (Herstellerangaben). Die wesentlichen Betriebsmittelkosten für den Betrieb der Anlage werden durch den Bezug von Energie aus dem Stromnetz entstehen. Bei einem langjährigen Betrieb der WAA (nicht geplant), ist ein Wechsel der Kiesschüttung in den Kiesfiltern sowie ein Wechsel der Belüftungsmembranen im Belüftungstank erforderlich (Herstellerangaben).

Der Betrieb der WAA wird in Abhängigkeit der Schadstofffrachten Schlämme zur Entsorgung erzeugen. Diese werden im Schlammstapeltank zwischengelagert und müssen Abgefahren werden. Wie mit dem Schlamm weiter zu verfahren ist, kann nach einer Probenentnahme und Analytik entschieden werden. Da keine problematischen Inhaltsstoffe in dem Schlamm zu erwarten sind, ist von einer Schlammentsorgung ohne besondere Anforderungen auszugehen.

Die Anlage ist automatisiert. Ein Monitoring des Betriebes ist durch wöchentliche Kontrollen vor Ort ausreichend. Störmeldungen werden auf entsprechende Mobilfunk-Endgeräte umgeleitet. Die Betriebsdaten werden in der Steuerung gespeichert und können regelmäßig ausgelesen werden. Auf diese Weise können Fördermengen über die Betriebszeiten der Pumpen ermittelt werden. Alternativ ist ein Magnetisch Induktiver Durchflussmesser (MID) in die Abflussleitung zu montieren, wodurch die Einleitmengen in den Nord-Ostess-Kanal messtechnisch erfasst werden.

Die Wartung der Aggregate sowie die Prüfung auf Dichtigkeit der Behälter ist nach Herstellerangaben durchzuführen.

Das Speicherbecken ist nach Bedarf von mineralischen Ablagerungen zu befreien. Es ist zu erwarten, dass bei durchschnittlichen Wetterlagen nur wenig mineralisches Material im Speicherbecken sedimentiert.

9 Zusammenfassung

Im Rahmen der Baumaßnahme der 5. Schleusenkammer wurde festgestellt, dass mit höheren Bodennassaushubmengen zu rechnen sind und somit die Kapazität des für die Aufnahme dieses Bodens vorgesehene Bodenlager Dyhrrsenmoor voraussichtlich nicht ausreichen. Aus diesen Gründen plant das WSA, im Bereich des ehemaligen Spülfeldes Beldorf ein weiteres Bodenlager

herzustellen. Die CAH wurde als Subunternehmer von KPI mit der Planung einer Wasseraufbereitungsanlage für das Bodenlager Beldorf beauftragt.

Das Bodenlager Beldorf liegt im Bereich der Geest. Der Grundwasserflurabstand beträgt über 7 m. Somit wird das auf dem Bodenlager zu fassende Oberflächenwasser nur von Niederschlägen und den in das Bodenlager mit dem Bodenmaterial eingetragenen Haftwasser gebildet. Stark Eisen- und Ammoniumhaltige Porenwässer, wie diese aus dem Bodenlager Dyhrrsenmoor bekannt sind, sind in Beldorf nicht zu erwarten.

Im vorliegenden Bericht wurden anhand von auf dem Bodenlager Dyhrrsenmoor entnommenen Wasserproben die Konzentrationen relevanter Inhaltsstoffe für das Sicker- und Oberflächenwasser des Bodenlagers Beldorf abgeschätzt. Auf der Grundlage der zu erwartenden Niederschlagsmengen und Haftwassermengen wurde die im Bodenlager Beldorf abzuleitenden Oberflächenwassermengen berechnet.

Eine Direkteinleitung des im Sandfang gesammelten Wassers in den NOK ist unter Einhaltung der jeweiligen Einleitgrenzwerte möglich. Bei einer Überschreitung der Einleitgrenzwerte wäre das Oberflächenwasser in einer Wasseraufbereitungsanlage zu belüften und zu filtrieren. Eine Versickerung des Oberflächenwassers ist ohne eine weitere Aufbereitung möglich.

Die optional erforderliche Wasseraufbereitungsanlage wurde in der für ein Feststellungsverfahren erforderlichen Tiefe geplant und entsprechend dargestellt.

Hamburg, den 27.10.2020

CONSULAQUA Hamburg
Beratungsgesellschaft mbH

Dipl.-Geol. Ulf Lankenau

Dipl.-Ing. Sven Christensen