

Straßenbauverwaltung: Die Autobahn GmbH des Bundes

Straße: A 26 / Abschnittsnummer: VKE 7053, VKE7142 / Station: km 5+840 – 10+032

A 26 Hafenpassage Hamburg

AK HH-Hafen (A 7) bis AD Süderelbe (A 1)

Abschnitt 6c: AS HH-Hohe Schaar (o) – AD Süderelbe (m)
und A 1, 8-streifige Erweiterung im Bereich AD Süderelbe

PROJIS-Nr.: 02019905 00

FESTSTELLUNGSENTWURF

Unterlage 18.7 – Erläuterungsbericht – Porenwasserbehandlung

aufgestellt:

Berlin, den 29.01.2021

gez. i. A. Haß

DEGES

Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH
Zimmerstraße 54
10117 Berlin

BERICHT

Titel: **Porenwasserbehandlung**

Datum: 29.01.2021
Auftraggeber: Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch
Die Autobahn GmbH des Bundes, vertreten durch
DEGES Deutsche Einheit
Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH
Auftrag vom: 08.04.2019
Ansprechpartnerin: Frau Roth

Auftragnehmer: BWS GmbH

Aktenzeichen: 15.P.74/CAR
Projektleitung: Herr Kapteina
Projektbearbeitung: Herr Kapteina
Herr Schunke
Herr Krob

I N H A L T	S e i t e
1 Allgemeines	1
2 Schilfgräben als Porenwasserbehandlungsanlage	2
2.1 Vorbemerkungen	2
2.2 Aufbau und Funktion des Schilfgrabens	3
2.2.1 Bemessungsverfahren	3
2.2.2 Prinzipielle Gestaltung	6
2.3 Wasseranfall, Wassertransport und Rückhaltung	7
2.3.1 Ermittlung der Wassermengen	8
2.3.2 Rückhaltung von (Stark-)Regenereignissen	9
2.3.3 Einleitstellen	11
2.4 Betriebliche Aspekte	12
2.4.1 Reinigungsleistung	12
2.4.2 Winterbetrieb	13
2.4.3 Notfallplan	14
3 Dimensionierung der Schilfgräben	16
4 Weiteres Vorgehen	17

Tabellen

Tab. 7:	Exemplarische Ergebnisse Wasseranalyse des Schurfwassers gegenübergestellt mit Grenzwerten aus der Abstimmung mit den Wasserbehörden Exemplarische Ergebnisse der Wasseranalyse des Schurfwassers (Rohwasserproben WRW und ORW) gegenübergestellt mit Geringfügigkeitsschwellenwerte der GrwV und Einleitungswerten aus vergleichbaren Vorhaben (Lage der Schurfe siehe Anl. 1)	2
Tab. 1:	Umrechnung der Ansätze zur Festlegung der Abmessungen der Porenwasserbehandlungsanlage von Kilometer Autobahn auf Quadratmeter Fläche	4
Tab. 2:	Flächen (WM – Wassermanagement; BM – Bodenmanagement; BF – Baufläche, Überschüttkörper)	5
Tab. 3:	Ermittlung der Porenwassermenge für den Entwässerungsabschnitt 1 (West)	8
Tab. 4:	Gegenüberstellung des erforderlichen und des vorhandenen Speichervolumens bei einem 5-jährlichem Niederschlagsereignis.	10
Tab. 5:	Gegenüberstellung des erforderlichen und des vorhandenen Speichervolumens bei einem 30-jährlichem Niederschlagsereignis.	11
Tab. 6:	Zusammenstellung der bauzeitlichen Einleitstellen mit den zugehörigen Flächen und Einleitmengen	12
Tab. 8:	Ermittlung der Abmessungen der Schilfgräben mit der Gesamtfläche, der Reinigungsfläche und der Länge der Reinigungsgräben.	16

Abbildungen

Abb. 1:	Übersicht des Planungsgebietes	5
Abb. 2:	Skizze Reinigungsgraben	7

Anlagen

Anl. 1:	Lageplan Porenwasser
Anl. 2:	Hydraulische Nachweise
Anl. 2.1:	Übersichtstabelle - Bemessungsregen (5-jährl.)
Anl. 2.2:	Übersichtstabelle - Starkregen (5-jährl.)
Anl. 3:	Bemessung von Regenrückhalteräumen nach DWA-A117

1 Allgemeines

Aufgrund des gering tragfähigen Baugrundes im Streckenabschnitt zwischen dem geplanten West-/Süd-Abzweig A 26 / B 75 und dem AD Süderelbe ist für die Nebenflächen (z.B. für Bodenlager und -bereitstellungsflächen, verlegte Kornweide sowie Flächen zur Baugrubenwasserbehandlung) von Bodensetzungen durch Auflast auszugehen. Dadurch wird im Boden vorhandenes Porenwasser ausgepresst.

Das Wasser in den Sanden und Kiesen des 1. Hauptgrundwasserleiters (1. HGWL) unterhalb der Weichschichten bewegt sich aufgrund der relativ großen Hohlräume zwischen den Sedimentkörnern vergleichsweise schnell. Die Wasserbewegung in den geringdurchlässigen Weichschichten erfolgt aufgrund der dort sehr geringen Porengrößen und der Ad-/Kohäsion des Wassers extrem langsam. In Verbindung mit dem abweichenden Sedimenttyp (Klei/Torf) stellt sich in den Weichschichten eine gegenüber dem Grundwasserleiter z.T. deutlich abweichende Wasserbeschaffenheit ein. Der vorhabensbezogene Setzungsprozess mobilisiert das Porenwasser der Weichschichten mechanisch und presst es aus. Zur Einhaltung des Gewässerschutzes ist vor der Wiedereinleitung in die Vorflut eine Aufbereitung und gezielte Ableitung des anfallenden Porenwassers sicherzustellen. Die Aufbereitung des ausgepressten Porenwassers wird, sofern es zu fassen ist, für jede betroffene Fläche in dezentralen Behandlungsanlagen (Reinigungsgraben mit Schilf bewachsen) erfolgen, die nach dem Prinzip einer Pflanzenkläranlage wirken.

Gute Erfahrungen mit solchen Systemen hat man beim Bau der A 26 in Niedersachsen gemacht, wo im Bereich des 2., 3. und 5. Bauabschnitts (BA) der A 26 entsprechende Behandlungsanlagen hergestellt wurden.

In der vorliegenden Unterlage wird die Fassung und die Behandlung des Porenwassers im Bereich des Bauabschnitts 6c Hafenpassage dargestellt und erläutert.

Grundsätzlich wird darauf hingewiesen, dass es sich bei dem Porenwasseranfall um ein zeitlich klar begrenztes Phänomen handelt, welches im Wesentlichen nur während der Herstellung und Liegezeit der Vorbelastung bzw. der gelagerten Böden auftritt (angenommene Bauzeit ca. 5 Jahre, siehe Anl. 2). Die Behandlungsanlagen sind insofern nur als während der Bauzeit erforderliche Maßnahmen zu verstehen.

2 Schilfgräben als Porenwasserbehandlungsanlage

2.1 Vorbemerkungen

Beim Bau der A 26 in Niedersachsen und Hamburg wurden umfassende Erfahrungen mit dem Auspressen von eisenhaltigem Porenwasser und dessen Behandlung vor der Einleitung in die Vorflut gesammelt [4]: Das ausgepresste Porenwasser enthält vorrangig gelöstes Eisen (Eisen-II) mit Gehalten von etwa 2 mg/l bis max. 50 mg/l. Im Mittel ist mit Eisengehalten unter 10 mg/l zu rechnen. Ein Teil des gelösten Eisens reagiert bei Luftzutritt zu Eisen-III und fällt in Form von braunem Eisennocker aus, d.h. es bilden sich im Wasser schwimmende Partikel. Diese Eisennocker-Partikel können durch Sedimentation aus dem Wasser entfernt werden; bei gelöstem Eisen-II wäre dies nur mit hohem Aufwand durch chemische Reinigungsverfahren möglich. Die Qualität der Sedimentation - und damit die Reinigungsleistung des Gesamtsystems - hängt entscheidend von der Größe der Eisen-III-Partikel ab. Insofern hat die Art der „Ausflockung“ Auswirkungen auf die Effektivität der Enteisung.

Aus der mehrjährigen Erfahrung in verschiedenen Autobahnabschnitten ist ein 2-stufiges System entwickelt worden, bestehend aus einem mit Schilf bewachsenen Schönungsteich zur Fällung des Eisens per Oxidation sowie einem nachgeschalteten Grabensystem mit ausreichend langer Fließstrecke, in dem sich die ausflockenden Eisenpartikel absetzen können. Dieses für zentrale Anlagen vorgesehene Prinzip wird wie folgt auf eine dezentrale Anlage übertragen: Der gesamte Fassungsgraben, der die Fläche umschließt, wird als ein Reinigungsgraben mit randlich Schilf bewachsen ausgeführt.

Der Unterhaltungsaufwand solcher Schilfgräben ist vergleichsweise gering. Ein Austausch des Pflanzenmaterials oder auch die Entschlammung der Absetzbereiche ist in der Regel nicht erforderlich, da die Funktion der Anlage dadurch gestört wird. Die in Niedersachsen gemachten Erfahrungen zeigen, dass der Massenanteil an Eisennocker gering ist und - wenn überhaupt - eine einmalige Aufreinigung am Ende der Vorbelastungsphase ausreichend ist. Die Schilfgräben werden nach Abschluss des baustellenbedingten Porenwasseranfalls zurückgebaut, die Flächen wiederhergestellt.

Rohwasserbeschaffenheit

Für den Bauabschnitt 6c gelten die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen, mit der Wasserbehörde im Zuge der Planfeststellung der A 26-West abgestimmten Werte als vorläufige Grenzwerte der Einleitung:

Tab. 1: Exemplarische Ergebnisse Wasseranalyse des Schurfwassers gegenübergestellt mit Grenzwerten aus der Abstimmung mit den Wasserbehörden Exemplarische Ergebnisse der Wasseranalyse des Schurfwassers (Rohwasserproben WRW und ORW)

gegenübergestellt mit Geringfügigkeitsschwellenwerte der GrwV und Einleitungswerten aus vergleichbaren Vorhaben (Lage der Schurfe siehe Anl. 1)

Parameter	Einheit	Messwert Schurfwasser A26-7054-WRW	Messwert Schurfwasser A26-7054-ORW	vorraus- sichtliche Grenzwert bei Einleitung
Eisen-II	mg/l	0,68	9,01	1,0
Eisen (ges.)	mg/l	33,6	24,3	3,0
BSB ₅	mg/l	< 3	< 3	5,0
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	5600	1600	30
Ammonium-N (Sommer)	mg/l	0,33	0,27	2,0
Ammonium-N (Winter)	mg/l			4,0

Bei den Parametern Eisen und abfiltrierbare Stoffe werden die voraussichtlichen Einleitungswerte überschritten. Die Analyseergebnisse des Feldversuches lassen den Schluss zu, dass das Porenwasser vor Einleitung in die nahe gelegenen Gewässer zu behandeln ist, bevor es eingeleitet werden kann.

2.2 Aufbau und Funktion des Schilfgrabens

2.2.1 Bemessungsverfahren

Richtlinien zur Bemessung vergleichbarer dezentraler Reinigungsanlagen existieren nicht. Im Zuge des Baus der A 26 in Niedersachsen und Hamburg wurde für eine Porenwasserbehandlungsanlage ein Gesamtflächenbedarf von erf. $A = 2.000 \text{ m}^2$ je Kilometer Autobahnstrecke angesetzt. In dieser Fläche wurden Schilfbecke mit erf. $A = 500 \text{ m}^2$ und Absetzgräben mit einer Länge von 130 m vorgesehen. Diese Ansätze wurden aus Erfahrungswerten empirisch abgeleitet [4].

Im Bereich der VKE 7053 und VKE 7142 ist aufgrund der Vielzahl an Einzelflächen, bei denen von Porenwasseranfall auszugehen ist, der oben beschriebene km-Ansatz nur eingeschränkt anwendbar.

Aus diesem Grund wird für den Abschnitt folgendes Verfahren gewählt. Der oben beschriebene Bemessungsansatz pro Autobahnkilometer wird wie folgt angepasst: Die genannten Ansätze für Flächenbedarfe pro Autobahnkilometer sind in Tab. 1 für die erforderliche Gesamtfläche, die Schilffläche und die Länge der Absetzgräben aufgeführt. Die anzusetzende Flächengröße von 1 km Autobahn einschließlich Überschüttkörper beträgt bei dem o.g. Abschnitt der A 26 in Niedersachsen und Hamburg 52.000 m² (entspricht einer Fläche bei 1.000 m BAB Länge x 52 m Breite Überschüttkörper). Für die Berechnung der Flächenbedarfe für einen Quadratmeter Fläche wurden dementsprechend die Flächenansätze für einen Kilometer durch 52.000 geteilt, um m²-normierte Angaben zu erhalten.

Tab. 2: Umrechnung der Ansätze zur Festlegung der Abmessungen der Porenwasserbehandlungsanlage von Kilometer Autobahn auf Quadratmeter Fläche

Abmessung für		Ansatz nach [1] für einen Kilometer Autobahn erf. A / erf. L \geq	Ansatz nach [1] für einen Quadratmeter Fläche erf. A / erf. L \geq
		[pro km A26]	[pro m ² Fläche]
Gesamtfläche	[m ²]	2.000	0,039
Schilfbecken	[m ²]	500	0,010
Absetzgräben	[m]	130	0,003

Für die Ermittlung der für die Porenwasserbehandlung erforderlichen Flächen werden in einem weiteren Schritt die Bauflächen ermittelt, aus denen im Zuge der Gründung Porenwasser austreten kann. Zu diesen Flächen zählen Baustraßen, Fahrbahnlflächen und Bauwerks- bzw. Bodenlagerflächen.

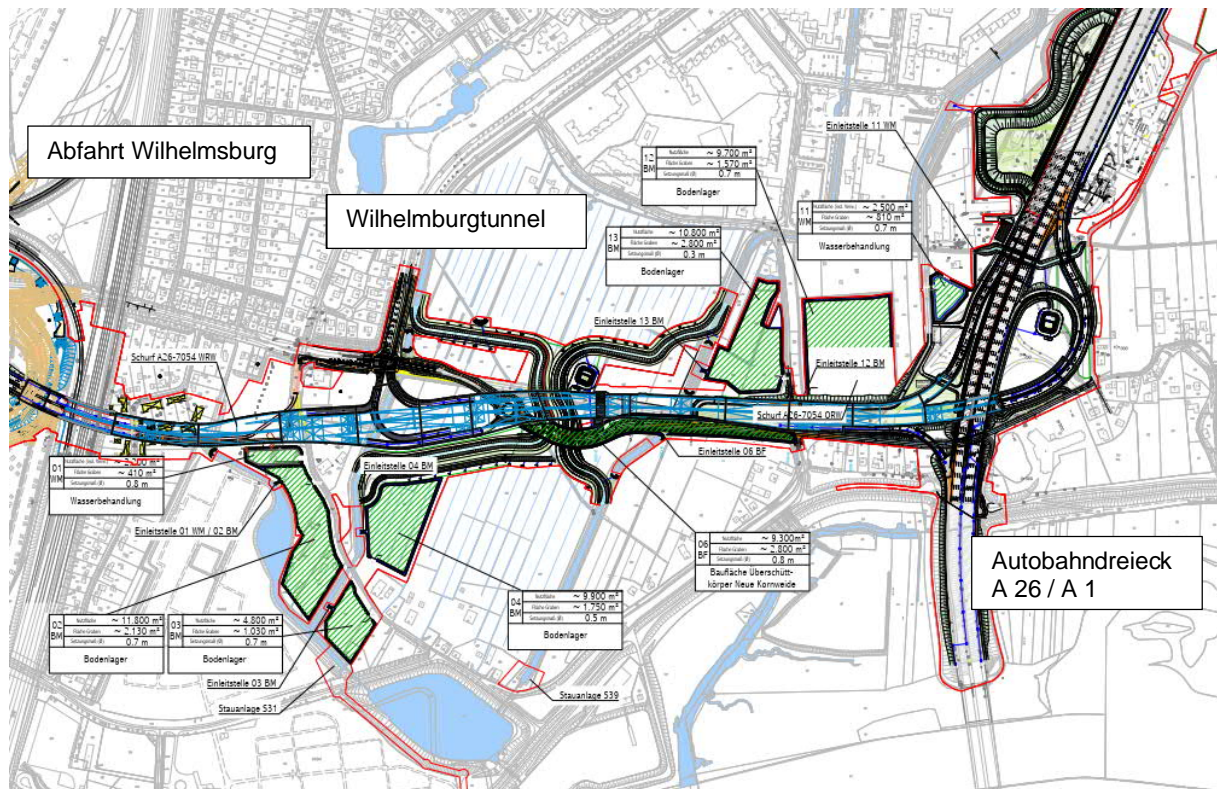


Abb. 1: Übersicht des Planungsgebietes

Demnach ergeben sich in dem Planungsgebiet (siehe Tab. 3) folgende Flächen inkl. der zugehörigen Flächen der Fassungsgräben mit ihrer Größe.

Tab. 3: Flächen (WM – Wassermanagement; BM – Bodenmanagement; BF – Baufläche, Überschüttkörper)

Bezeichnung	Nutzfläche	Grabenfläche	Gesamtfläche	Dauer
	$A_{E,NF}$	$A_{E,Gr}$	A_E	Bauzeit
	[ha]	[ha]	[ha]	[Monate]
01 WM Wasserbehandlung	0,215	0,041	0,256	61
02 BM Bodenlager	1,180	0,213	1,393	61
03 BM Bodenlager	0,480	0,103	0,583	61
04 BM Bodenlager	0,980	0,197	1,177	61
06 BF Überschüttkörper	0,961	0,249	1,210	61
11 WM Wasserbehandlung	0,254	0,081	0,335	61
12 BM Bodenlager	0,970	0,157	1,127	61
13 BM Bodenlager	1,070	0,290	1,360	61
Summe	6,110	1,331	7,441	

In Summe haben die Nutzflächen eine Größe von ca. 6,11 ha, die Fläche der Reinigungsgräben von ca. 1,33 ha und die Nutzflächen mit Reinigungsgräben ca. 7,44 ha.

2.2.2 Prinzipielle Gestaltung

Grundsätzlich wird jede Baufläche mit einem Reinigungsgraben umfasst. Der Reinigungsgraben beginnt und endet an einem Schachtbauwerk, in dem ein Drosselbauwerk und ein Pumpensumpf enthalten ist. Das gereinigte Wasser läuft aus dem Schacht gedrosselt in die entsprechende Vorflut.

Die Behandlung des Porenwassers in den dezentralen Reinigungsanlagen vollzieht sich in zwei Stufen, welche baulich nicht voneinander getrennt sind:

- Fällung des Eisens:
Um das Eisen auszufällen, ist der Eintrag von Sauerstoff in das Porenwasser erforderlich. Der alleinige Sauerstoffeintrag durch natürlichen Luftzutritt an der Wasseroberfläche reicht in der Regel nicht aus. Daher wird ein Reinigungsgraben angelegt, wo mithilfe des intensiven Bewuchses der Sauerstoffeintrag erhöht wird. Daneben werden in die Gräben alle ca. 10 m Kiesschwellen (Kies 32/64, gebrochen und gewaschen) eingebaut, die über- und durchströmt werden und so den Sauerstoffeintrag ins Wasser erhöhen.
Bei Bedarf kann der Sauerstoffeintrag durch künstliche Belüfter aus der Kläranlagentechnik weiter intensiviert werden, was allerdings im ersten Schritt nicht vorgesehen ist.
- Sedimentation:
Das Absetzen der gefällten Eisen-III-Partikel erfolgt in dem gesamten Reinigungsgraben. Durch die geringe Fließgeschwindigkeit setzen sich die Partikel am Boden des Grabens ab und gelangen nicht in die Vorflut. Unterstützt wird die Rückhaltung der Partikel durch die Anordnung der oben genannten Kiesschwellen, welche einen Überlauf nur aus den oberen (ockerfreien) Wasserschichten ermöglichen.
Die vorhandenen Gräben bleiben als Absetzgräben erhalten und bilden mit den Schilfbereichen die Sedimentationsanlage. Kurz vor dem Schachtbauwerk am Ende des Grabens wird der Graben um ca. 50 cm eingetieft. Diese Eintiefung wird als Schlammfang genutzt, der bei Bedarf geräumt wird.

Bei der Herstellung der Anlage ist darauf zu achten, dass die Grabensohle durch flache Gestaltung die Weichschichten nicht durchstößt, so dass kein Kontakt zum Grundwasser des 1. Hauptgrundwasserleiters entsteht. Durch die möglichst flache Gestaltung wird darüber hinaus der Grundbruchgefahr vorgebeugt.

Die grundlegende Anlagenkonzeption wird nachfolgend beschrieben.

2.3 Wasseranfall, Wassertransport und Rückhaltung

Das Porenwasser und das Niederschlagswasser aus den Bauflächen (siehe Abb. 1 und Tab. 3) wird über umlaufende Gräben gefasst. Dabei sind die umlaufenden Gräben so zu bemessen, dass Drittbetroffenheiten durch auf den jeweiligen Flächen anfallendes Niederschlagswasser vermieden werden. Darüber hinaus erfordert die Einleitung von Niederschlagswasser in die Vorflut eine entsprechende Abflussdrosselung. Die Abmessungen der umlaufenden Gräben ergeben sich folglich aus dem erforderlichen Retentionsvolumen für das anfallende Niederschlagswasser als auch aus den Voraussetzungen für die Porenwasserreinigung (siehe Kap. 3).

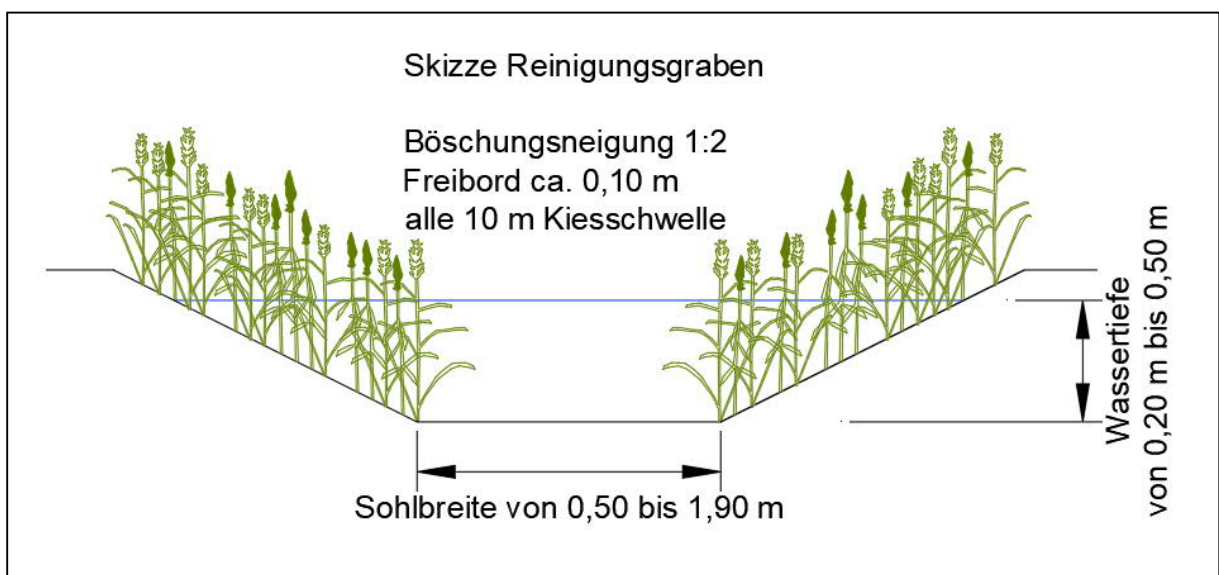


Abb. 2: Skizze Reinigungsgraben

Die abzuleitende Wassermenge ergibt sich entsprechend den Anforderungen der vergleichbaren wasserrechtlichen Erlaubnisse des Abschnittes A 26 West aus dem Niederschlagswasser eines 5-jährlichen Niederschlagsereignisses (siehe Kap. 2.3.2) und dem anfallenden Porenwasser.

Die Enden der Reinigungsgräben münden in ein Schachtbauwerk, aus dem das anfallende Wasser über ein entsprechendes Drosselbauwerk in die Vorflut geleitet wird.

Die Reinigungsgräben übernehmen zum einen die Reinigung des Porenwassers, zum anderen wird in der Behandlungsanlage das 5-jährliche Niederschlagsereignis bei einer zulässigen maximalen Drosselabflussspende von 17 l/s x ha zurückgehalten (siehe Anl. 2 und Kap. 3).

2.3.1 Ermittlung der Wassermengen

Porenwasser:

Die Durchflussrate des anfallenden Porenwassers ist aufgrund der langandauernden, mehrmonatigen Setzungsprozesse der betroffenen Flächen vergleichsweise gering.

Die Porenwassermenge ergibt sich aus der Flächengröße der betroffenen Flächen, dem Setzungsmaß der Weichschichten (Annahmen auf Grundlage von Erfahrungswerten von BWS) und der Sickerichtung des ausgepressten Porenwassers (nach oben an die Geländeoberfläche bzw. nach unten in Richtung Grundwasser). Aufgrund der gleichmäßigen Belastung der Flächen und dem Verzicht von Vertikaldräns oder vergleichbarer Entwässerungseinrichtungen wird auf der Grundlage eines sich gleichmäßig einstellenden vertikalen Porenwasserdruckes eine Aussickerung von ca. 50 % nach oben (an die Geländeoberfläche) und ca. 50 % nach unten (in das Grundwasser) angenommen. Verteilt auf die Bauzeit ergibt sich ein Abfluss Q_{PW} in l/s (siehe Tab. 4). Darin enthalten ist ein Zuschlagsfaktor von ca. 30 %, der einen erhöhten Porenwasseranfall in der Anfangsphase der Auflastherstellung berücksichtigt.

Tab. 4: Ermittlung der Porenwassermenge für den Entwässerungsabschnitt 1 (West)

Bezeichnung	Gesamtfläche	durchschnittliche Setzungen	Porenwassermenge Gesamt (aufgerundet)	Porenwassermenge 50% Oberfläche (aufgerundet)	Porenwasser (PW)		Dauer
					Q_{PW}	q_{PW}	
	A_E		V_{PW}	V_{PW}			Bauzeit
	[ha]	[m]	[m³]	[m³]	[l/s]	[l/(s*ha)]	[Monate]
01 WM Wasserbehandlung	0,256	0,5	1.300	650	0,02	0,06	61
02 BM Bodenlager	1,393	0,7	10.000	5.000	0,08	0,06	61
03 BM Bodenlager	0,583	0,7	4.100	2.050	0,03	0,06	61
04 BM Bodenlager	1,177	0,5	5.400	2.700	0,04	0,04	61
06 BF Überschüttkörper	1,210	0,8	10.300	5.150	0,08	0,07	61
11 WM Wasserbehandlung	0,335	0,7	2.400	1.200	0,02	0,06	61
12 BM Bodenlager	1,127	0,7	8.200	4.100	0,07	0,06	61
13 BM Bodenlager	1,360	0,3	4.000	2.000	0,03	0,02	61
Summe	7,441		45.700	22.850			

Es ergibt sich eine Gesamtporenwassermenge von ca. 45.700 m³, von der etwa die Hälfte an die Oberfläche verdrängt wird (22.850 m³). Über die Bauzeit ergibt sich ein durchschnittlicher Porenwasseranfall von ca. 13 m³ pro Tag. Der Porenwasseranfall wird zu Beginn der Konsolidierung der Weichschichten etwa größer sein und allmählich nachlassen. Das anfallende Porenwasser sickert in die oberflächennahen Bodenschichten und von dort in die herzustellenden Reinigungsgräben aus.

Niederschlag:

Das auf den Bauflächen anfallende Niederschlagswasser ist schadlos abzuleiten. Es fallen insbesondere bei Starkregenereignissen deutlich größere Niederschlagsmengen als Porenwassermengen an. Eine getrennte Fassung und Ableitung des Niederschlagswassers vom Porenwasser ist nicht möglich. Die gemeinsame Retention findet in Reinigungsgräben am Rand der jeweiligen Teilfläche statt.

Als Bemessungslastfall dient ein 5-jährliches Regenereignis ($T = 5a / n = 0,2$).

Die zu behandelnde Porenwassermenge ermittelt sich als Summe der Porenwassermengen der Teilflächen aus Tab. 4. Die Summe der Niederschläge ergibt sich aus der Gesamtfläche, der Gesamtbauzeit und der jährlichen Regenspende.

$$V_{NS} = A_{E,ges} \times t_{ges} \times 670 \text{ [mm/(m}^2 \times \text{a)]}$$

$$V_{NS} = 74.410 \text{ [m}^2\text{]} \times 61 \text{ [Monate]} \times 670 \text{ [mm / (m}^2 \times \text{a)]}$$

Über die rd. 61-monatige Bauzeit wurde ein Gesamtwasseranfall von $V = \text{rd. } 276.350 \text{ m}^3$ errechnet, davon ca. 22.850 m^3 Porenwasser und ca. 253.500 m^3 Niederschlagswasser. Über die Gesamtbauzeit von 61 Monaten ist mit einem Verhältnis von Porenwasser (10 %) zu Niederschlagswasser (90 %) von etwa 1:9 auszugehen. Nach Abzug von Verdunstungs- und Versickerungsverlusten müssen davon rd. 70%, also etwa $V_{Beh.} = 200.000 \text{ m}^3$ (ca. 193.500 m^3) Wasser, vor der Einleitung in die Vorflut über die Reinigungsgräben aufbereitet werden. Daraus ergibt sich bei oben genannter Bauzeit eine tägliche Einleitmenge von ca. $110 \text{ m}^3/\text{d}$.

2.3.2 Rückhaltung von (Stark-)Regenereignissen

Starkregenereignisse müssen im gewählten System schadlos zwischengespeichert werden können. Dazu bieten sich die Reinigungsgräben am Böschungsfuß an. Maßgebend für die Bemessung sind hier allerdings nicht kurze Starkregen, sondern eher langanhaltende Ereignisse, die in der Spitze zwar nicht so intensiv sind, aber über die Dauer die größeren Abflussvolumina generieren. Diese sind für die Auslegung des Stauvolumens in Regenrückhalteräumen entscheidend, da aufgrund der Drosselung eine immer größer werdende Wassermenge gespeichert werden muss. Es kommt zu einem zusätzlichen Aufstau in den Reinigungsgräben, bevor das Wasser als Überfall im Schachtbauwerk abgeleitet wird.

Für den Nachweis der Regenrückhaltung kommt das vereinfachte Verfahren nach DWA-Arbeitsblatt A 117 zur Anwendung. Die Bestimmung der Niederschlagshöhen und Regenspenden erfolgt nach dem KOSTRA-Atlas des Deutschen Wetterdienstes. Gewählt wird ein 5-jährliches Überschreitungsintervall für die Bemessung im Normalbetrieb und ein 30-jährliches für den Starkregenfall.

Der Berechnungsgang erfolgt für alle Bauflächen, die Ergebnisse sind in Tabellenform in Tab. 5 und Tab. 5 wiedergegeben

In den folgenden Tabellen sind die Speichervolumina der Einzelflächen zusammengefasst dargestellt.

Tab. 5: Gegenüberstellung des erforderlichen und des vorhandenen Speichervolumens bei einem 5-jährlichem Niederschlagsereignis.

Bezeichnung	Gesamtfläche	undurchlässige Fläche	Dauerstufe		zugehörige Regenspende	benötigtes Retentionsvol.	vorhandenes Retentionsvol.	Wasserstand im Graben
	A_E	A_U			$r_{D,n}$	$V_{Ret,ben}$	$V_{Ret,vorh.}$	
	[ha]	[ha]	[min]	[h]	[l/(s*ha)]	[m³]	[m³]	[m]
01 WM Wasserbehandlung	0,256	0,079	20	0	143	10	25	0,2
02 BM Bodenlager	1,393	1,098	60	1	71	235	235	0,3
03 BM Bodenlager	0,583	0,583	60	1	71	136	138	0,3
04 BM Bodenlager	1,177	1,177	60	1	71	275	278	0,3
06 BF Überschüttkörper	1,210	1,210	60	1	71	283	299	0,3
11 WM Wasserbehandlung	0,335	0,118	30	0	112	16	37	0,2
12 BM Bodenlager	1,127	1,127	60	1	71	263	272	0,3
13 BM Bodenlager	1,360	1,360	60	1	71	317	318	0,3
Summe	7,441	6,752						

Bei einem Aufstau in den Fassungsgräben der Einzelflächen um 20 cm bis 30 cm wird in allen Gräben ein 5-jährliches Niederschlagsereignis zurückgehalten.

Das vorhandene Speichervolumen ergibt sich aus der Länge und der durchströmten Fläche des Grabens.

Im Sinne einer Starkregenvorsorge wird darüber hinaus ein 30-jährlichen Niederschlagsereignis betrachtet.

Tab. 6: Gegenüberstellung des erforderlichen und des vorhandenen Speichervolumens bei einem 30-jährlichem Niederschlagsereignis.

Bezeichnung	Gesamt- fläche	undurchlässige Fläche	Dauer-stufe		zugehörige Regenspende	benötigtes Retentionsvol.	vorhandenes Retentionsvol.	Wasserstand im Graben
	A_E	A_U			$r_{D,n}$	$V_{Ret,ben}$	$V_{Ret,vorh.}$	
	[ha]	[ha]	[min]	[h]	[l/(s*ha)]	[m³]	[m³]	[m]
01 WM Wasserbehandlung	0,181	0,181	60	1,00	104	97	98	0,5
02 BM Bodenlager	1,393	1,393	60	1,00	104	526	529	0,5
03 BM Bodenlager	0,583	0,583	60	1,00	104	220	223	0,4
04 BM Bodenlager	1,177	1,177	60	1,00	104	444	445	0,4
06 BF Überschüttkörper	1,210	1,210	60	1,00	104	457	465	0,4
11 WM Wasserbehandlung	0,335	0,118	30	0,00	112	45	47	0,2
12 BM Bodenlager	1,127	1,127	60	1,00	71	425	431	0,4
13 BM Bodenlager	1,360	1,360	60	1,00	71	513	525	0,4
Summe	7,366	7,149						

Bei einem Aufstau in den Fassungsgräben der Einzelflächen auf 20 cm bis 50 cm wird auf allen Flächen ein 30-jährliches Niederschlagsereignis gedrosselt zurückgehalten.

Das vorhandene Speichervolumen ergibt sich aus der Länge und der durchströmten Fläche des Grabens.

Die Differenz zwischen dem vorhandenen und erforderlichen Retentionsvolumen steht bei Bedarf zur Umsetzung des Notfallplans zu Verfügung (siehe Kap. 2.4.3).

2.3.3 Einleitstellen

Die Lage der temporären Einleitstellen ist im Lageplan (siehe Anl. 1) dargestellt. In der nachfolgenden Tabelle sind die Flächen mit den Einleitstellen und den zugehörigen Einleitmengen zusammengestellt. Durch die Nähe der Einleitstellen zum Schöpfwerk Finkenriek, der hydraulischen Leistungsfähigkeit der betroffenen Gewässer, der hohen Retentionsfähigkeit des Systems und der begrenzten Einleitzeit während des Baus ist die Drosselabflussspende von 17 l/(s x ha) mit dem Wasserverband Wilhelmsburger Osten abgestimmt worden.

Tab. 7: Zusammenstellung der bauzeitlichen Einleitstellen mit den zugehörigen Flächen und Einleitmengen

Bezeichnung	Einleit- stelle	Gewässer	Gesamt- fläche [ha]	Einleitmengen- begrenzung [l/(s x ha)]	Einleitmenge (PW+NS) [l/s]
01 WM Wasserbehandlung	01 WM 02 BM	Südliche Wilhelmsburger Wettern	0,26	17,00	4,4
02 BM Bodenlager	01 WM 02 BM	Südliche Wilhelmsburger Wettern	1,39	17,00	23,7
03 BM Bodenlager	03 BM	Kirchdorfer Wettern	0,58	17,00	9,9
04 BM Bodenlager	04 BM	Kirchdorfer Wettern	1,18	17,00	20,0
06 BF Überschüttkörper	06 BF	Neuer Brausielgraben	1,21	17,00	20,6
11 WM Wasserbehandlung	11 WM	Stillhorner Wettern	0,34	17,00	5,7
12 BM Bodenlager	12 BM	Graben zum Neuer Brausielgraben	1,13	17,00	5,7
13 BM Bodenlager	13 BM	Neuer Brausielgraben	1,36	17,00	19,2

2.4 Betriebliche Aspekte

2.4.1 Reinigungsleistung

Nach den Erfahrungen aus Niedersachsen ist die Fällung des zweiwertigen Eisens bei Zutritt von Luftsauerstoff, unter zusätzlichem Eintrag durch die Pflanzen oder gegebenenfalls durch technische Mittel, problemlos möglich. Durch die Bodenpassage, den Verdünnungsfaktor und die Grabenpassage mit dem Schilfsaum wird davon ausgegangen, dass das einzuleitende Wasser (voraussichtliches Volumen 193.500 m³) bei Eisen-(ges.) Werte von < 1 mg/l, bei abfiltrierbaren Stoffen von < 30 mg/l und bei Ammonium-N von ca. 1 mg/l einhalten kann.

Dabei werden auch andere Schwebstoffe, zusammen mit den gefällten Eisenverbindungen, als abfiltrierbare Stoffe zurückgehalten. Dies geschieht zum einen durch Sedimentation, zum anderen durch Anlagerung an die Pflanzen und an das Sediment. Nicht ausgefälltes, gelöstes Eisen-II kann weiterhin im Wasser vorliegen, wenn es nicht ausreichend mit Sauerstoff versorgt wurde oder wenn der pH-Wert sehr gering ist, was im Bereich Niedersachsen jedoch nicht festgestellt wurde.

2.4.2 Winterbetrieb

Erfahrungen mit Pflanzenkläranlagen zur Schmutzwasserbehandlung zeigen, dass der Winterbetrieb aufgrund verschiedener Randbedingungen im Normalfall sichergestellt ist. So ist die Biozönose auch im Winter aktiv, die Mikroorganismen im Filterkörper geben Eigenwärme ab und die ablaufenden biochemischen Prozesse stellen eine weitgehend gleichbleibende Reinigungsleistung sicher. Ferner liegt die Temperatur des eingetragenen Poren- und Niederschlagswassers nur selten unter 10°C. Weiterhin bildet sich eine schützende Streuschicht aus den abgestorbenen, oberirdischen Pflanzenteilen aus. Aufgrund dieser drei Faktoren friert eine Pflanzenkläranlage im Winter sehr selten ein.

Bei der Behandlung des Porenwassers kommt es nicht auf eine funktionierende Biozönose / mikrobiologische Abbauprozesse an, die primär auf die Eliminierung von Kohlenstoffverbindungen z.B. gemessen als BSB₅ und CSB abzielen. Dem zufolge wird es auch als unproblematisch angesehen, dass die Temperatur des ausgepressten Porenwassers winterbedingt der niedrigen Umgebungstemperatur entspricht. Eine Schutzschicht aus abgestorbenen Pflanzenteilen bildet sich dagegen auch im Winter aus.

Oberstes Ziel ist hier der rein physikalische Sauerstoffeintrag zur Ausfällung des Eisens. Sofern die Temperaturen es noch zulassen, durchströmt das Porenwasser mit niedriger Fließtiefe das Pflanzenwerk (oberirdische Pflanzenteile, Wurzelwerk, abgestorbene Pflanzenreste) und kommt durch die un stetigen, durchbrochenen Fließvorgänge verstärkt mit Luftsauerstoff in Kontakt. Diese Vorgänge sind prinzipiell auch bei niedrigen Temperaturen sichergestellt.

Kommt es bei seltenen Wetterlagen zu länger anhaltendem Frost und zu Eisbildung in der Anlage, wird der gesamte Prozess des Austrags und Transports von Porenwasser nur noch eingeschränkt stattfinden bzw. gänzlich zum Erliegen kommen. In diesem Fall verbleibt das Porenwasser zunächst in den Transportgräben und damit im Baufeld. Sofern das Porenwasser wieder fließt, funktioniert auch die Oxidation wieder. Wegen des geschlossenen Behandlungskreislaufs besteht zu keinem Zeitpunkt die Gefahr des Austrags von Porenwasser in Richtung angrenzender Privatflächen.

Sollten extreme Starkfrostperioden von mehreren Wochen Dauer einsetzen, kommt auch der Baubetrieb zum Erliegen. Bodenfröste bis in mehrere Dezimeter Tiefe behindern den Aus-trag von Porenwasser. In solchen Zeiträumen fällt kaum Porenwasser an, so dass die Behandlung während solcher Extremwetterperioden aussetzen wird.

2.4.3 Notfallplan

Anerkannte, gesicherte Bemessungsverfahren für die hier beschriebenen, naturnahen Reinigungsanlagen bezogen auf diesen Anwendungszweck liegen nicht vor. Auch für den Umgang mit Störungen gibt es keine Hinweise oder Richtlinien. Wie bei technischen Anlagen besteht auch bei „naturnahen“ Reinigungsanlagen die Gefahr, dass die Ablaufwerte bestimmten Schwankungen unterliegen.

Für unerwartete Ereignisse wie austretenden Eisenocker ist ein „Notfallplan“ vorgesehen, welcher bestimmte Handlungsanweisungen beschreibt. Vorrangig muss am Ablauf in die Vorflut eine Absperrvorrichtung (Steckschieber) vorhanden sein, die im Falle einer Grenzwertüberschreitung unverzüglich geschlossen werden kann. Weitere Schritte, von der Ursachenforschung bis hin zum Austausch der Schilfpflanzen oder der Entschlammung des Sedimentationsbereiches, schließen sich je nach Störungsgrad an. Teil eines Notfallplans sind folgende Punkte:

- ⇒ Bei Austreten von Eisenocker, Grenzwertüberschreitung bzw. unplanmäßigem Überstau der Anlage: Absperrn der Anlage (Schieber am Ablauf) und Ermittlung der Ursache
- ⇒ Bei Bedarf einer Sofortmaßnahme: Überpumpen des Wassers auf Vorbelastungsflächen mit dortiger Verrieselung und Versickerung (Kreislaufführung mit zusätzlichem Sauerstoffeintrag durch den Pump- und Verrieselungsvorgang)
- ⇒ Bei ungenügender Fällung: Erhöhung des Sauerstoffeintrags (künstliche Belüfter)
- ⇒ Bei ungenügender Fällung: Überprüfung des Wassers auf Komplexbildung
- ⇒ Bei ungenügender Fällung: Erhöhung des pH-Wertes (Zugabe von Kalkschotter oder Flockungsmittel)
- ⇒ Bei ungenügender Fällung: Austausch / Ergänzung des Pflanzenbestandes als längerfristige Maßnahme
- ⇒ Bei ungenügender Sedimentation: Entschlammung des Absetzgrabens
- ⇒ Bei ungenügender Sedimentation: Verlängerung des Fließweges
- ⇒ Bei ungenügender Sedimentation: Zudosierung von Flockungsmitteln

- ⇒ Bei unplanmäßigem Überstau der Anlage:
Ausnutzung des Freibordes und des Notüberlaufes

Bei dem Einsatz von Pumpanlagen im Rahmen des Notfallplans ist die Gefahr der Verockerungen zu beachten. Das heißt, dass dieses bei der Auswahl der Pumpe berücksichtigt wird und die Pumpen redundant ausgeführt werden müssen, so dass die ausfallende Pumpe sofort ersetzt werden kann.

Die genaue Ausarbeitung eines solchen Notfallplanes bleibt der Ausführungsplanung vorbehalten.

3 Dimensionierung der Schilfgräben

In der nachfolgenden Tabelle ist die Ermittlung der für die Reinigung des Porenwassers benötigten Fläche des Reinigungsgrabens mit den angeschlossenen Bauflächen (siehe Anl. 1) dargestellt.

Tab. 8: Ermittlung der Abmessungen der Schilfgräben mit der Gesamtfläche, der Reinigungsfläche und der Länge der Reinigungsgräben.

Bezeichnung	Nutz- fläche	Graben- fläche	Gesamt- fläche	Flächenansatz pro m ² Gesamtfläche für			Gesamtfläche Anlage erf./vorh.		Fläche Reinigungsgraben erf./vorh.		Länge Reinigungs- graben erf./vorh.	
				Gesamt- fläche Anlage	Reinig- ungs- fläche	Länge Absetz- graben						
	A _{E,NF}	A _{E,Gr}	A _E				A _{Anl.ges.erf.}	A _{Anl.ges.vorh.}	A _{Reinigung.erf.}	A _{Reinigung.vorh.}	L _{abs.erf.}	L _{abs.vorh.}
	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ² /m ²]	[m ² /m ²]	[m/m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m]	[m]
01 WM Wasserbehandlung	2.150	410	2.560	0,039	0,01	0,003	100	410	26	410	8	140
02 BM Bodenlager	11.800	2.130	13.930	0,039	0,01	0,003	543	2130	139	2130	42	603
03 BM Bodenlager	4.800	1.030	5.830	0,039	0,01	0,003	227	1030	58	1030	17	288
04 BM Bodenlager	15.600	2.540	18.140	0,039	0,01	0,003	707	2540	181	2540	54	546
06 BF Überschüttkörper	9.610	2.490	12.100	0,039	0,01	0,003	472	2490	121	2490	36	830
11 WM Wasserbehandlung	2.540	810	3.350	0,039	0,01	0,003	131	810	34	810	10	280
12 BM Bodenlager	9.700	1.570	11.270	0,039	0,01	0,003	440	1570	113	1570	34	363
13 BM Bodenlager	11.300	2.900	14.200	0,039	0,01	0,003	554	2900	142	2900	43	622

Es wird deutlich, dass die Gräben für die Reinigung des Porenwassers sehr günstig ausgelegt sind. Dies resultiert daraus, dass die Gräben neben der Reinigung auch als Retentionsraum für die angeschlossenen Flächen bei einem 5-jährlichen Niederschlagsereignis bemessen sind (siehe Tab. 6).

4 Weiteres Vorgehen

Mit dem Planfeststellungsbeschluss soll das Einverständnis der zuständigen Behörden in Zusammenhang mit der hier dargestellten Porenwasserbehandlung und Einleitung von behandelten Porenwasser in die Gewässer erwirkt werden. In Abstimmung mit der Wasserbehörde des Bezirksamtes Hamburg-Mitte werden nach Vorlage des Planfeststellungsbeschlusses für die einzelnen Einleitzpunkte wasserrechtliche Anträge für die bauzeitliche Einleitung beantragt.

Hamburg, 29.01.2021

Dipl.-Geogr. Hydr. Lutz Krob
(Geschäftsführung)

Dipl.-Ing. Daniel Kapteina
(Projektleitung)

Quellen

- [1] Unterlage U 13.5 Teil 2, Wassertechnische Untersuchung, Entwässerung während der Bauzeit, Stat. 0+600 bis Landesgrenze: Schilfbecken, SWECO, 04.11.2016
- [2] GRONTMIJ GmbH Stade (01/2015): BAB A 26 Stade-Hamburg, 4. BA - Baufeldfreimachung und – erschließung. Stufe 1 – Planungskonzept.
- [3] IGB INGENIEURGESELLSCHAFT mbH (02/2009): BAB A 26, 3. Bauabschnitt – Vergleich der Auswirkungen der alternativen Bauverfahren: Überschütt- bzw. Konsolidationsverfahren und Gründungsverfahren mit geokunststoffummantelten Sandsäulen.
- [4] IGB INGENIEURGESELLSCHAFT mbH (05/2013): Konzept für die Entwässerung während des Baus und der Liegezeit des Vorbelastungsdamms im Bauabschnitt 5 der BAB A 26 zwischen Drochtersen und der Anschlussstelle Stade.
- [5] Porenwasserbehandlung, Unterlage 13.5, Teil 1 der Planfeststellungsunterlage Neubau der A 26 (Bauabschnitt 4) – Ausbau der A 7 (von Moorborg bis AS Heimfeld BWS GmbH, 12/2018