

BERICHT

Titel: **Neubau A 26, Hafenpassage Hamburg
Abschnitt 6b (VKE7052)
AS HH-Moorburg (neu) bis
AS HH-Hohe Schaar (neu)**

**Untersuchungen zu möglichen
vorhabensbezogenen Auswirkungen
auf die Grund- und Stauwassersituation**

Datum: 14.03.2019
Auftraggeber: DEGES, Deutsche Einheit
Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH

Auftrag vom: 28.02.2018
Ansprechpartner: Frau Mentschke

Auftragnehmer: BWS GmbH
Aktenzeichen: A26EMO/18.P.17.P.63
Projektbearbeitung: Herr Keller

I N H A L T		S e i t e
1	Anlass und Aufgabenstellung	2
2	Hydrogeologisch-wasserwirtschaftliche Situation	3
3	Grundwasser	5
3.1	Bemessungswasserstand Grundwasser	5
3.2	Grundwasserströmung und Grundwasserstände	6
3.3	Stofftransport	7
4	Stauwasser	13
4.1	Stauwasserströmung	13
4.2	Stofftransport	18
5	Zusammenfassung	20

Abbildungen

Abb. 1:	Grundwasserströmung im Bereich der VKE 7052	3
Abb. 2:	Bemessungsgrundwasserstände im Trassenbereich [mNHN]	6
Abb. 3:	Schema zur Porenwasserauspressung aus den natürlichen Weichschichten	8
Abb. 4:	Konzentration idealer Tracer 0,5 Jahre nach Setzung (oberer Grundwasserleiter)	9
Abb. 5:	Konzentration idealer Tracer 10 Jahre nach Setzung (oberer Grundwasserleiter)	10
Abb. 6:	Konzentration idealer Tracer 40 Jahre nach Setzung	11
Abb. 7:	Entwicklung der vorhabenbezogen eingetragenen Ammoniummenge im 1. HGWL	12
Abb. 8:	Teilstilllegungsfläche der Behandlungsanlage Moorburg-Ost	14
Abb. 9:	Entwässerungselemente	16
Abb. 10:	Stauwasserstand Bauphase	17
Abb. 11:	Stauwasserstand Planzustand ohne Nachnutzung	17
Abb. 12:	Stauwasserstand Planzustand mit Nachnutzung	18

Anlagen

- Anl. 1: Schemaschnitt Ost-West durch die Teilstilllegungsfläche (Istzustand)
- Anl. 2: Schemaschnitt Ost-West durch die Teilstilllegungsfläche (Planzustand)

Dokumentation

- Dok. 1: Dokumentation zum Strömungsmodell
- Dok. 2: Porenwasseranalytik

1 Anlass und Aufgabenstellung

Die geplante Verbindung der Bundesfernstraßen A 7 im Westen und der A 1 im Osten (Hafenpassage Hamburg) durch eine Verlängerung der A 26 hat die

- Bündelung des Ost-West-Verkehrs und weiträumiger Hafenverkehre, die
- Verbesserung der Erreichbarkeit des Hamburger Hafens, die
- Schaffung eines redundanten Straßennetzes und die
- Entlastung innerstädtischer Quartiere von Verkehr (Lärm- und Schadstoffemissionen)

zum Ziel. Die neue Autobahn soll als leistungsfähige Ost-West-Straßenverbindung hergestellt werden.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für den Teilabschnitt der A 26 Hafenpassage Hamburg zwischen der neuen Anschlussstelle HH-Moorburg bis zur Anschlussstelle HH-Hohe Schaar (Abschnitt 6b, Verkehrseinheit 7052) sind u.a. die möglichen vorhabensbezogenen Auswirkungen auf die Grund- und die Stauwassersituation zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten. Im Rahmen des Vertrags vom 28.02.2018 wurde die BWS GmbH durch die DEGES, Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH mit der Durchführung entsprechender Untersuchungen beauftragt.

Der vorliegende Bericht beinhaltet eine Beschreibung der zu den möglichen vorhabensbezogenen Auswirkungen auf das Grund- und das Stauwasser durchgeführten Untersuchungen und deren Ergebnisse.

2 Hydrogeologisch-wasserwirtschaftliche Situation

Der Streckenabschnitt der Verkehrseinheit (VKE) 7052 der geplanten A 26, Hafenpassage Hamburg befindet sich im Bereich der Elbmarsch und gliedert sich bezüglich der technischen Planung in zwei Teile. Der südwestliche Abschnitt verläuft als Damm im Bereich des heutigen Anlagenteils Moorburg-Ost der Behandlungsanlage Moorburg/Ellerholz (im Weiteren „Moorburg Ost“ genannt). Der geplante Trassendamm lagert dem bestehenden Aufhöhungskörper auf. Der nordöstliche Abschnitt der VKE 7052 ist als aufgeständerte Hochstraße geplant und überspannt die Süderelbe mit einem Brückenbauwerk (siehe Abb. 1).

Im Planungsabschnitt der VKE 7052 ist der oberflächennahe 1. Hauptgrundwasserleiter (1. HGWL) durch geringdurchlässige natürliche Weichschichten überdeckt. Der 1. HGWL besteht aus Sanden und Kiesen und ist mit ca. 15 bis 20 Metern Mächtigkeit weitgehend homogen im Bereich der Elbmarsch ausgebildet. Die geringdurchlässige Überdeckung fehlt im Gewässerbereich der Süderelbe, die in den 1. HGWL einschneidet und mit diesem hydraulisch verbunden ist. In der Abb. 1 ist das Strömungsbild im Grundwasserleiter im Umfeld der VKE 7052 dargestellt.

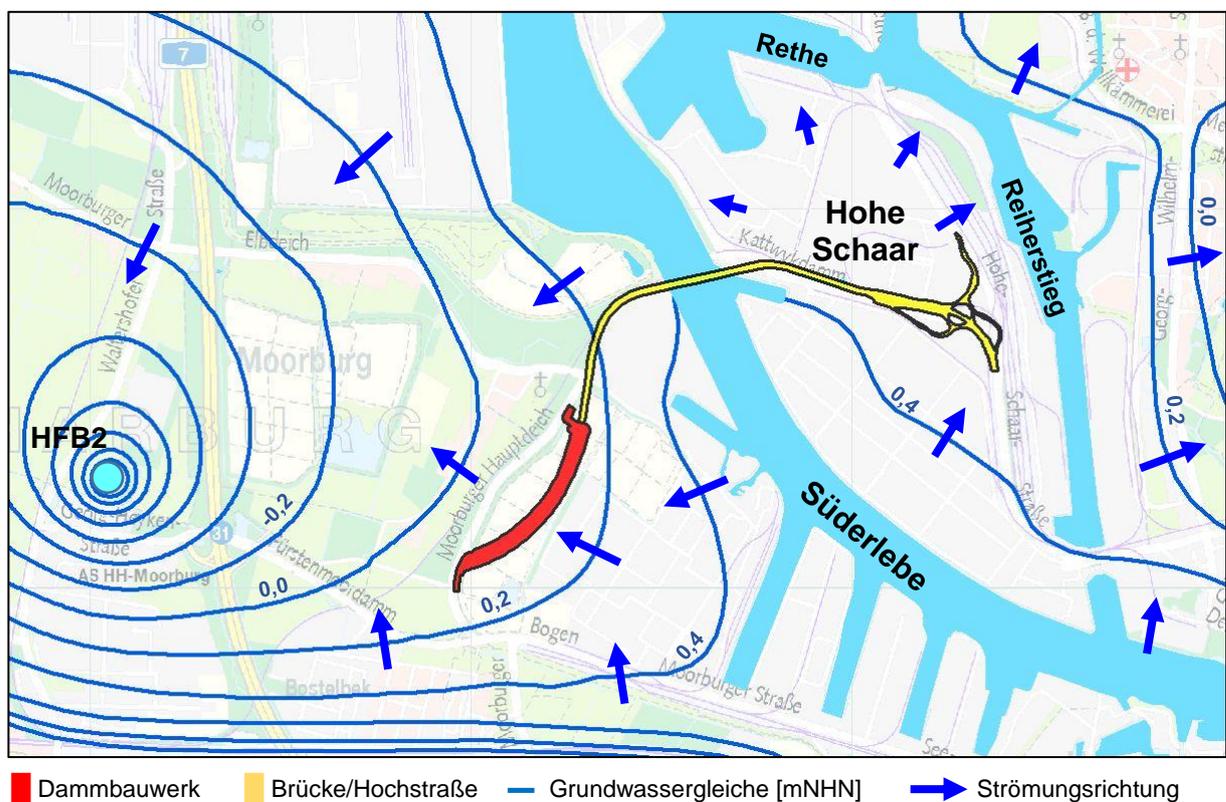


Abb. 1: Grundwasserströmung im Bereich der VKE 7052

Der Tidehub der Elbe bedingt in den ufernahen Bereichen des Grundwasserleiters einen Wechsel zwischen Ein- und Aussickerung von Wasser in den bzw. aus dem Grundwasserleiter. Im Untersuchungsbereich überwiegt im Mittel die Einsickerung in den Grundwasserleiter.

Westlich des Verlaufs der Süderelbe ist die Strömung im Grundwasserleiter, ausgehend von der Sohle der Süderelbe, auf den Trinkwasserbrunnen HFB2 der Hamburger Wasserwerke gerichtet. Der Planungsabschnittes der VKE 7052 liegt außerhalb des zugehörigen Trinkwasserschutzgebietes.

Nach Osten, in den Bereich der Elbinsel Hohe Schaar, erfolgt aus der Süderelbe nur ein sehr geringer Abstrom von Wasser in den Grundwasserleiter. Durch die Nebengewässer der Elbe (Reiherstieg, Rethe) besteht in diesem Bereich nur ein sehr geringer Strömungsgradient.

Der Grundwasserabstrom aus dem Bereich der Elbinsel Hohe Schaar zur Elbe bzw. den Nebengewässern wird durch zusickerndes Stauwasser aus dem Aufhöhungskörper, der nahezu den gesamten Bereich der Elbinsel abdeckt, beeinflusst.

Auch im Aufhöhungskörper im Bereich des geplanten Dammschnittes der VKE 7052 liegen die Stauwasserstände höher als die Grundwasserpotenziale, so dass auch hier eine Einsickerung von Stauwasser in den Grundwasserleiter gegeben ist.

3 Grundwasser

3.1 Bemessungswasserstand Grundwasser

Der Bemessungsgrundwasserstand gibt den höchsten Grundwasserstand an, der unter natürlichen Randbedingungen eintreten kann. Im Untersuchungsraum sind extreme Grundwasserstände an entsprechende Wasserstandsereignisse in der Elbe gebunden, da diese den Grundwasserstand maßgeblich beeinflussen.

Da die durch den Menschen betriebene flächige Wasserhaltung im Marschbereich von existenzieller Bedeutung ist, ist ihre Wirkung für den Bereich westlich der Süderelbe in den ermittelten Bemessungsgrundwasserständen mitberücksichtigt. Östlich der Süderelbe ist der Untersuchungsraum (Elbinsel Hohe Schaar) weitestgehend aufgehöhht, so dass in diesem Marschbereich keine Wasserhaltung erfolgt.

Im Untersuchungsraum ist aufgrund der unmittelbaren Lage an der Süderelbe und den Nebengewässern zur Ermittlung des Bemessungsgrundwasserstands der Bemessungswasserstand in der Elbe maßgeblich. Der Eintritt des Bemessungswasserstand der Elbe (8,1 mNHN [2]) ist an ein extremes Sturmflutereignis gebunden. Aufgrund der kurzen Dauer einer Sturmflut und der Dämpfung des hydraulischen Impulses im Grundwasserleiter nimmt deren Wirkung mit zunehmendem Abstand vom Elbufer ab.

Im Bereich der Elbinsel Hohe Schaar sind die stärksten Auswirkungen einer Sturmflut auf den Grundwasserstand zu erwarten, da diese von Tidegewässern umschlossen ist. Die auf der Grundlage der Grundwasserstandsmessreihen der Messstellen 7372, 7373 und 7419 sowie der Untersuchungsergebnisse in [1] ermittelten Bemessungsgrundwasserstände für den Bereich des geplanten Trassenverlaufs sind in der Abb. 2 dargestellt.

Vorhabensbezogenen Auswirkungen auf die Bemessungsgrundwasserstände sind nicht zu erwarten. Die Setzungsprozesse im Bereich des Dammschnitts bewirken durch die Auspressung von Porenwasser einen zeitlich begrenzten und sehr geringen Grundwasserstandsanstieg, der vernachlässigt werden kann.

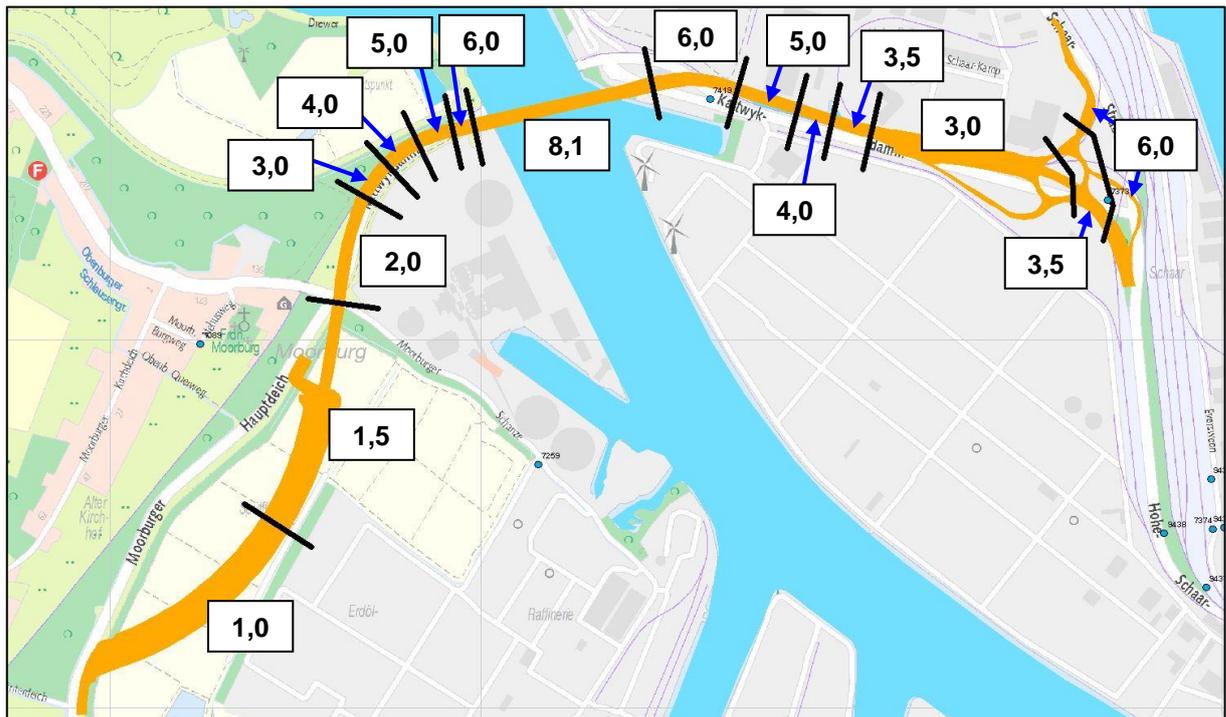


Abb. 2: Bemessungsgrundwasserstände im Trassenbereich [mNHN]

3.2 Grundwasserströmung und Grundwasserstände

Mit der Herstellung des Abschnittes der VKE 7052 der geplanten A 26 sind nur geringe Eingriffe in den Grundwasserleiter verbunden. Da der Streckenabschnitt aufgrund der Höhenlage der Gradienten keine Trog- oder Tunnelbauwerke umfasst, beschränken sich die Eingriffe auf die Baugrundverbesserung im Bereich des geplanten Dammsabschnittes im Südwesten und die Herstellung von Gründungselementen für die erforderlichen Stützpfilerbauwerke.

Im Bereich des geplanten Dammbauwerks wird zur Reduzierung der Setzung der natürlichen Weichschichten durch die Auflast des Damms großflächig ein enges Raster aus Gründungspfählen bis in Sande des oberen Grundwasserleiterabschnittes eingebracht. Da jedoch die Durchlässigkeit im unteren Abschnitt des Grundwasserleiters aufgrund des sich zur Basis des 1. HGWL vergrößernden Sediments erheblich höher ist als im oberen Abschnitt, werden die Grundwasserstände und die Strömungssituation vorhabensbezogen nicht relevant verändert.

Auch durch die lokale Einbringung von Stützelementen für die Stützpfiler der Hochstraßenabschnitte und der Brücke über die Süderelbe sind aus diesem Grund keine relevanten hydraulischen Auswirkungen zu erwarten.

Mit der Herstellung von Ramm- oder Bohrpfählen zur Gründung bzw. Baugrundverbesserung ist im Trassenverlauf der VKE 7052 eine Durchdringung der geringdurchlässigen natürlichen Weichschichten verbunden. Lokal kann zur Herstellung von Gründungselementen (z.B. Pfahlkopfplatten) die Entfernung der natürlichen Weichschichten erforderlich werden. Um die hydraulische Trennung zwischen dem Grundwasser und dem Oberflächen- bzw. Stauwasser zu erhalten, sind entsprechende technische Verfahren zu wählen und Arbeitsräume dicht zu verfüllen.

Insbesondere im Bereich des Dammbauwerks ist aufgrund der erhöhten Stoffgehalte im Aufhöhungskörper (Altspülfeld) auf eine dichte Anbindung der Außenflächen der Gründungspfähle an die natürlichen Weichschichten zu achten. Bei der Verwendung von Fertigbetonpfählen sind daher geeignete Varianten zu wählen.

3.3 Stofftransport

Ab dem östlichen Beginn der VKE 7052 verläuft die geplante Trasse zunächst in Dammlage auf der Fläche der heutigen Entwässerungsfelder Moorburg Ost. Zur Umsetzung der Maßnahmen erfolgt eine Teilstilllegung der Behandlungsanlage (BlmSchG-Anlage). Ab dem Bau-km 2+900 geht die Trassenführung aus der Dammlage in eine aufgeständerte Hochbrücke über.

Im Bereich des Trassendamms ist eine Baugrundverbesserung durch ein Pfahlraster mit einer Geogitterüberspannung vorgesehen. Gegenüber dem Verfahren einer Vorbelastung ist die Setzung in den natürlichen Weichschichten deutlich reduziert, da die Auflast durch das Geogitter aufgenommen und über die Gründungspfähle in die tragenden Sande (1. HGWL) abgeleitet wird. Ein geringes Setzungsmaß resultiert aus dem Durchhang des Geogitters, der sich mit der Aufbringung des Dammkörpers einstellt (siehe Abb. 3).

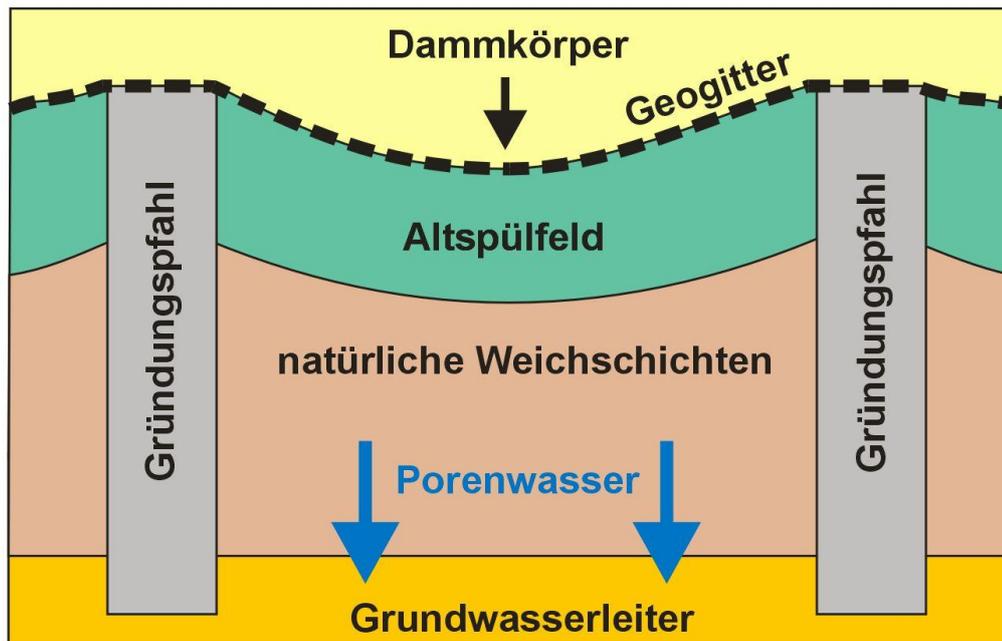


Abb. 3: Schema zur Porenwasserauspressung aus den natürlichen Weichschichten

Aus der Fläche des Setzungsbereiches von rd. 93.000 m² und dem mittleren Setzungsbetrag von 0,19 m resultiert eine Porenwasserauspressung mit einem Volumen von ca. 17.670 m³.

Da im Bereich des geplanten Aufhöhungskörpers die natürlichen Weichschichten durch sehr geringdurchlässige tonig-schluffige Schichten überdeckt sind, ist zu erwarten, dass der Großteil des aus den natürlichen Weichschichten stammenden Porenwassers nach unten, in den Grundwasserleiter abgegeben wird. Der Setzungsprozess erfolgt über einen Zeitraum von ca. 6 Monaten.

Während der Setzung kommt es mit dem Porenwassereintrag auch zu einem erhöhten Stoffeintrag in den Grundwasserleiter. Zur Ermittlung der Beschaffenheit des Porenwassers wurden drei Proben aus Bohrungen im Bereich des geplanten Dammkörpers entnommen. Die Ergebnisse der Laboranalytik sind in der Dok. 2 zusammengestellt. Das Porenwasser des untersuchten Materials aus den natürlichen Weichschichten weist typisch erhöhte Konzentrationen an Ammonium und Nitrat auf. Kritische Schadstoff-Gehalte wurden nicht festgestellt.

Nach einem Transportzeitraum von 10 Jahren ist die durch den Eintrag bedingte maximale Konzentration auf einen Wert in Höhe von rd. 3 % der Ausgangskonzentration abgesunken (siehe Abb. 5). Die maximale Transportweite beträgt zu diesem Zeitpunkt rd. 1.400 m.

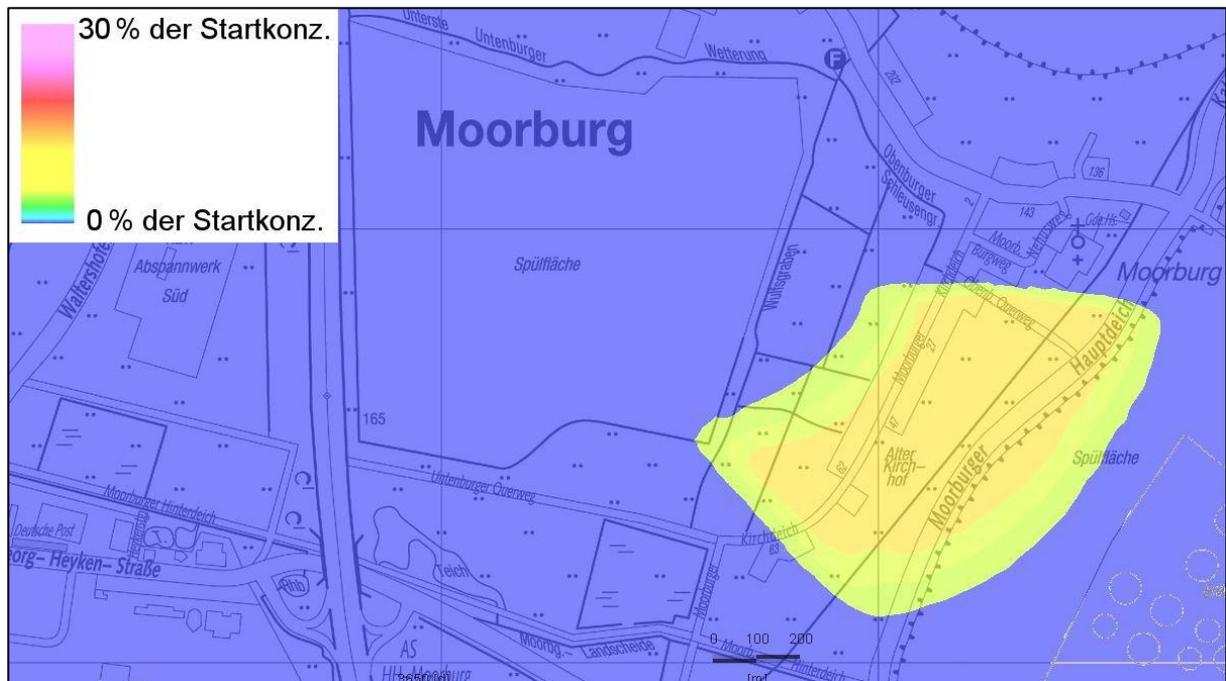


Abb. 5: Konzentration idealer Tracer 10 Jahre nach Setzung (oberer Grundwasserleiter)

Nach einem Transportzeitraum von 40 Jahren hat der Abstrom des idealen Tracers aus dem Dammbereich bereits den Brunnen HFB2 erreicht (siehe Abb. 6). Die maximale Konzentration im Grundwasserleiter ist durch die Verdünnungsprozesse auf einen Wert in Höhe von rd. 0,5 % der Ausgangskonzentration abgesunken.

Nach ca. 50 Jahren ist der Stoffeintrag aus dem Porenwasser vollständig über den Brunnen HFB2 wieder ausgetragen worden. Da der Grundwasserzuström aus dem Eintragsbereich des geplanten Dammbauwerks nur einen kleinen Anteil des Fassungsvermögens des Brunnens ausmacht (< 10 %), ist die Tracerkonzentration im Rohwasser entsprechend niedriger als die maximale Stoffkonzentration im Anstrombereich. Für das Rohwasser des Brunnens HFB2 ist eine maximale Konzentration des idealen Tracers von weniger als 0,05 % der Ausgangskonzentration zu erwarten.

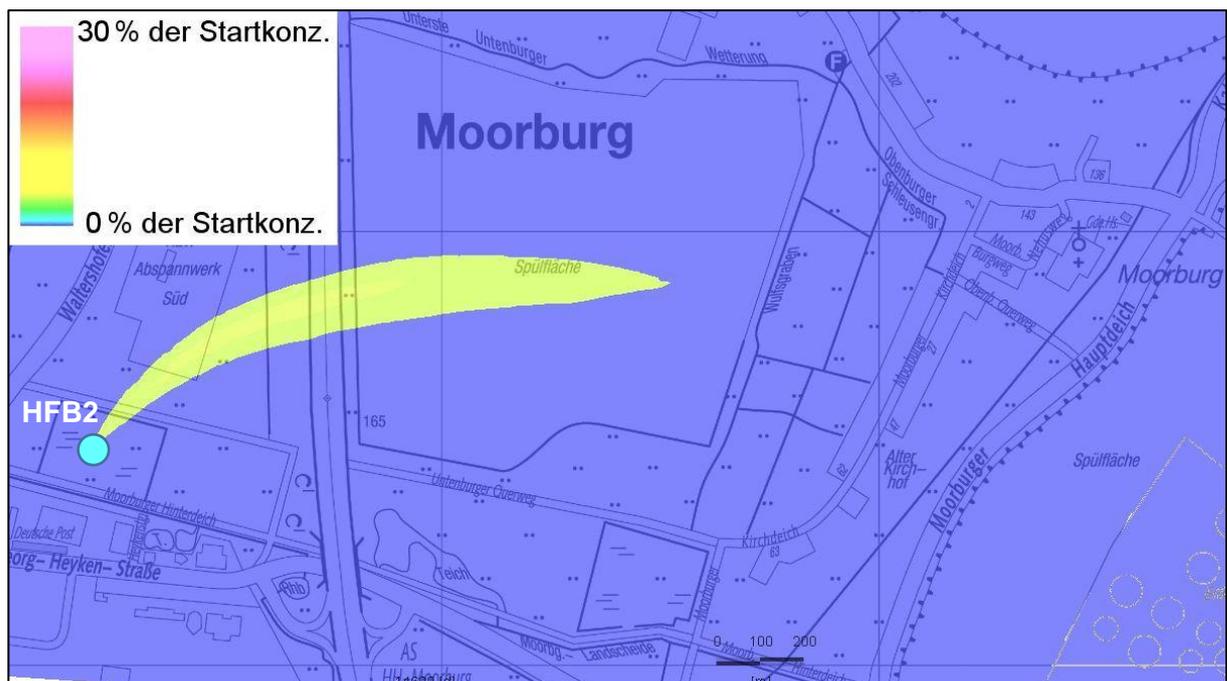


Abb. 6: Konzentration idealer Tracer 40 Jahre nach Setzung

Im Dammbereich der geplanten Trasse wurden im Porenwasser der natürlichen Weichschichten deutlich erhöhte Ammonium-Konzentrationen festgestellt. Der erhöhte Ammoniumgehalt im Porenwasser ist geogen bedingt und typisch für diese Schichten und auch für das Grundwasser im Marschbereich, insbesondere im kleigeprägten Bereich.

Der mittlere Ammoniumgehalt in den untersuchten Porenwasserproben liegt mit 45 mg/l deutlich über dem aus der Trinkwasserverordnung abgeleiteten Schwellenwert der Grundwasserverordnung von 0,5 mg/l. In Verbindung mit der abgeschätzten Menge ausgepressten Porenwassers wird ein Eintrag von ca. 795 kg Ammonium durch den Setzungsprozess in den natürlichen Weichschichten prognostiziert. Daraus resultiert lokal eine mögliche Erhöhung der Ammonium-Konzentration um 2,8 mg/l.

Die Verteilung der Ammonium-Konzentration im Grundwasserleiter im Istzustand belegt den Abbau von Ammonium. Die im Bereich der Klei-Marsch geogen stark erhöhten Ammonium-Konzentrationen (um ca. 12 mg/l) reduzieren sich deutlich im Bereich der torfgeprägten Deckschichten. Mit dem numerischen Transportmodell und den für den Ammonium-Transport kalibrierten Abbau-Parametern, wurde die in der Abb. 7 dargestellte Entwicklung der vorhabenbezogen eingetragenen Ammonium-Menge prognostiziert.

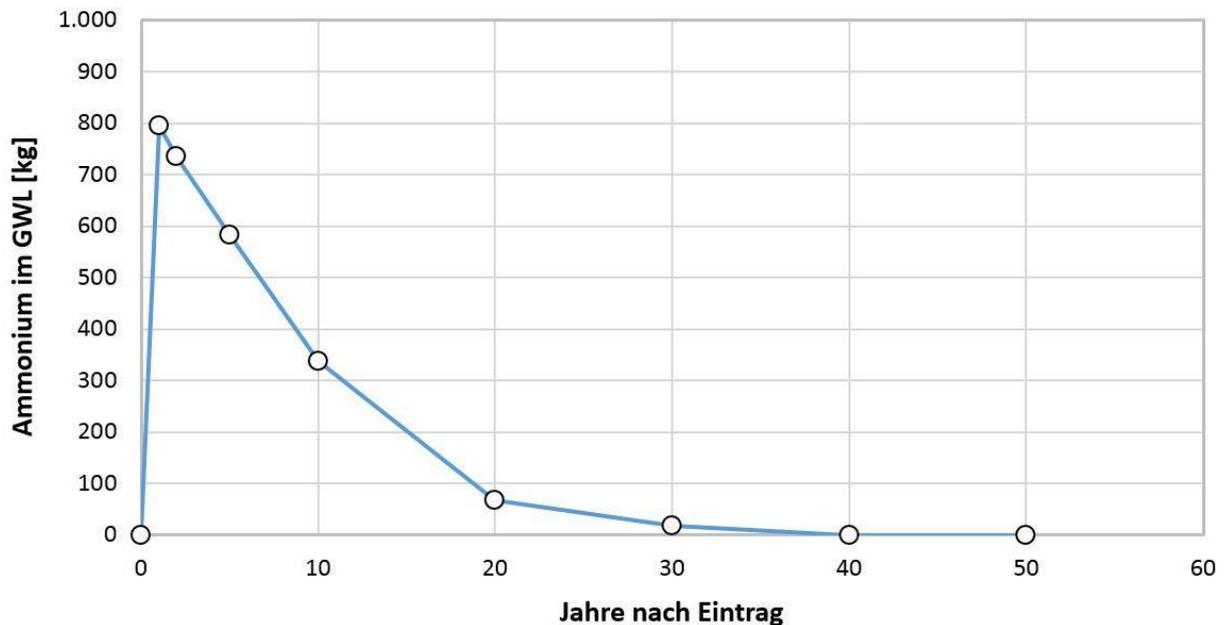


Abb. 7: Entwicklung der vorhabenbezogenen eingetragenen Ammoniummenge im 1. HGWL

Neben dem Austrag über den Brunnen HFB2 bedingt hier der Abbau eine beschleunigte Verminderung der eingetragenen Stoffmenge. Durch den Abbau ist bereits 10 Jahre früher als beim idealen Tracer die eingetragene Stoffmenge nicht mehr im Grundwasserleiter vorhanden.

Die für einen idealen Tracer ermittelten relativen Konzentrationsentwicklungen lassen in Verbindung mit der festgestellten Porenwasserbeschaffenheit (siehe Dok. 2) keine nachteiligen vorhabenbezogenen Erhöhungen von Stoffkonzentrationen oder nachteilige Auswirkungen auf die Trinkwassergewinnung erwarten. Das gleiche gilt für die stoffspezifische Untersuchung zum Parameter Ammonium.

Über den Porenwasseraustrag im geplanten Dammbereich hinaus sind durch die Planungen zur VKE 7052 keine relevanten Stoffeinträge in den Grundwasserleiter zu erwarten.

4 Stauwasser

4.1 Stauwasserströmung

Der geplante Trassenverlauf der A 26, Hafenpassage Hamburg quert im Abschnitt der VKE 7051 die bestehende BImSchG-Anlage Moorburg-Mitte. Der hier untersuchte Abschnitt der VKE 7052 quert mit den Entwässerungsfeldern Moorburg-Ost eine im Aufbau weitgehend vergleichbare Behandlungsanlage.

Beide Behandlungsanlagen liegen auf dem Aufhöhungskörper eines Altspülfelds, dessen Material Belastungen aufweist. Aufgrund der Höhenlage der Gradienten schneidet der geplante Trassenabschnitt der VKE 7052 nicht in den Altspülfeldkörper ein, so dass hier die vorhabensbezogenen Eingriffe erheblich geringer sind.

Der größte Teil der Trasse im Bereich der Behandlungsanlage Moorburg-Ost ist als Dammbauwerk geplant. Zur erforderlichen Baugrundverbesserung ist die Herstellung eines Pfahlrasters geplant, dessen Säulen den Altspülfeldkörper vollständig durchdringen. Wie im Bereich der natürlichen Weichschichten (siehe Kap. 3.2) ist auch für die Schlickdichtung eine dichte Anbindung der Gründungselemente durch entsprechende technische Verfahren und geeignete Bauelemente zu gewährleisten.

Die Planungen im Trassenverlauf sowie in den angrenzenden Bereichen bedingen grundsätzliche Veränderungen der hydraulischen Randbedingungen oberhalb der Schlickdichtung. Um eine verstärkte Einsickerung durch die Schlickdichtung in den Altspülfeldkörper ausschließen zu können, erfolgten in [4] detaillierte Untersuchungen, die folgend zusammengefasst sind

Die Trassenführung verläuft durch die heutige Fläche der Behandlungsanlage Moorburg-Ost, so dass eine Teilstilllegung der Anlage in überbauten und angrenzenden Bereichen erforderlich wird. Der Bereich der Teilstilllegungsfläche ist in der Abb. 8 dargestellt.

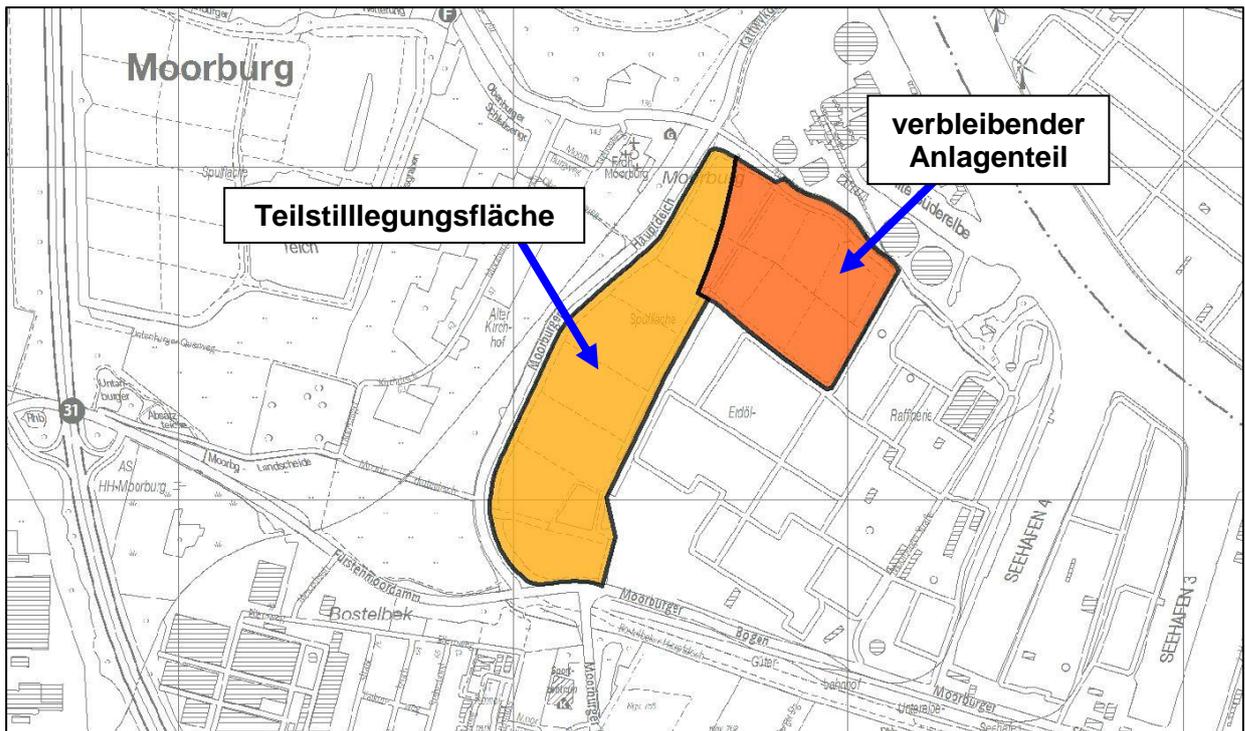


Abb. 8: Teilstilllegungsfläche der Behandlungsanlage Moorburg-Ost

In den nicht durch die Trasse der geplanten A 26 überbauten Bereichen der Teilstilllegungsfläche erfolgt durch den Bund zunächst die Herstellung eines Übergabezustands (Sandkörper bis in ein Niveau von +7,0 mNHN). In diesen Bereitstellungsf lächen ist durch die Hamburg Port Authority (HPA) eine Nachnutzung vorgesehen. Die Art der Nachnutzung ist zz. noch nicht festgelegt.

In dem Aufhöhungskörper der Teilstilllegungsfläche sind zwei Stauwasserhorizonte vorhanden. Die Anl. 1 zeigt in einem schematischen Ost-West-Schnitt die hydraulische Situation im Aufhöhungskörper. Der obere Stauwasserkörper mit der Stauwasseroberfläche 2 besteht maßgeblich aus den Dränsanden und dem Baggergut der Entwässerungsfelder. Die Basis des oberen Stauwasserkörpers bildet das geringdurchlässige Material der Schlickdichtung. Die Schlickdichtung trennt die Dränsande von dem darunterliegenden Altspülfeldkörper hydraulisch weitgehend, so dass die vertikale Durchsickerung des Altspülfeldbodens sehr gering ist. Das Wasser oberhalb der Schlickdichtung wird zum Großteil über die in den Dränsanden liegenden Drainageleitungen abgeleitet.

Der untere Stauwasserkörper mit der Stauwasseroberfläche 1 besteht aus dem unter der Schlickdichtung liegenden Material des Altspülfeldkörpers. Die Basis des unteren Stauwasserkörpers bilden die geringdurchlässigen natürlichen Weichschichten. Der untere Stauwasserkörper wird durch das Wasser gespeist, das die darüber liegende Schlickdichtung durchsickert. Der Abstrom des Wassers aus dem Altspülfeldkörper erfolgt über einen randlich an der Basis verlaufenden Dränstrang sowie die nach unten gerichtete vertikale Durchsickerung der natürlichen Weichschichten.

Unterhalb der natürlichen Weichschichten folgen die Sande und Kiese des 1. Hauptgrundwasserleiters. Die Wasserstände bzw. Druckpotenziale in den zuvor genannten Stauwasserkörpern und dem Grundwasserleiter nehmen von oben nach unten ab, so dass eine vertikale Sickerströmung aus den Dränsanden durch den Altspülfeldkörper in den Grundwasserleiter besteht.

Der maßgebliche Schutz des Altspülfeldkörpers vor einsickerndem Niederschlags- und Betriebswasser ist die flächige Überdeckung des Materials durch die ca. 0,9 m mächtige Schlickdichtung, die eine Durchlässigkeit von $\leq 1 \cdot 10^{-9}$ m/s aufweist. Im Rahmen des Rückbaus der Anlagenkomponenten der Entwässerungsfelder wird nicht in die Schlickdichtung eingegriffen, so dass ihre hydraulische Wirkung uneingeschränkt erhalten bleibt.

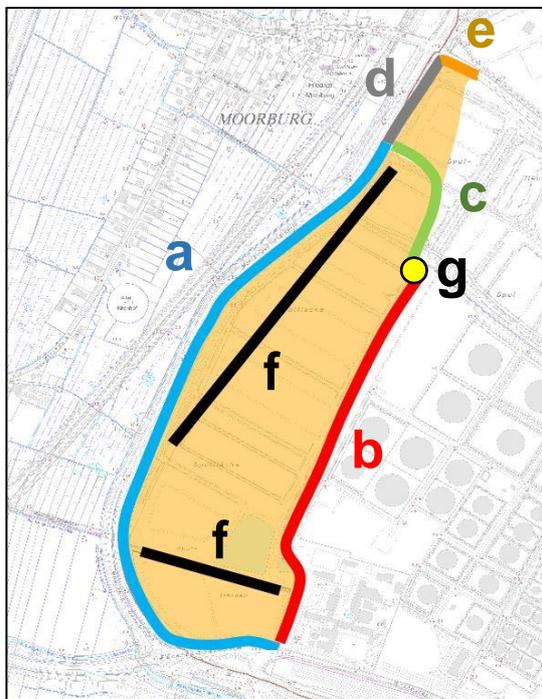
Da die hydraulische Schutzfunktion der Schlickdichtung vorhabensbezogen nicht vermindert wird, hängen mögliche Veränderungen der Einsickerung in den Altspülfeldkörper maßgeblich von Auswirkungen auf die Stauwassersituation ab. Als Referenzwert für den Istzustand kann eine mittlere Sickerrate von 50 mm/a angesetzt werden.

Bei der Bewertung möglicher vorhabensbezogener Auswirkungen sind dem Istzustand drei verschiedene Phasen gegenüberzustellen, die jeweils unterschiedliche hydraulische Situationen im oberflächennahen Stauwasser der Teilstilllegungsfläche bedingen:

1. Bauphase
2. Planzustand ohne Nachnutzung
3. Planzustand mit Nachnutzung

Zur Untersuchung möglicher vorhabensbezogener Auswirkungen auf die Einsickerung von Wasser in den Altspülfeldkörper wurde ein dreidimensionales numerisches Strömungsmodell der Teilstilllegungsfläche erstellt. Dieses Modell bildet die Schlickdichtung des Altspülfelds sowie die darüberliegenden Sande ab. Die Wassereinsickerung in die Sande (Stauwasserneubildung) erfolgt durch eine Randbedingung an der Oberfläche des Modells.

Neben der vertikalen Aussickerung werden in den Modellrechnungen verschiedene Entwässerungselemente abgebildet, deren Kombination mit dem Fortschritt der Vorhabensumsetzung variiert. Die Lage der Entwässerungselemente ist in der Abb. 9 dargestellt. Ihre Wirkung ist in den folgenden Kapiteln beschrieben.



- a: Aussickerung Randgraben / Einsickerung Deichkörper
- b: Entwässerungsgraben
- c: neuer Außendeichgraben
- d: bestehender Außendeichgraben
- e: neuer Entwässerungsgraben
- f: temporäre Entwässerungsgräben
- g: Pumpe

Abb. 9: Entwässerungselemente

Im Verlauf der binnenseitigen Randmulde des geplanten Dammbauwerks wird ein Schlicksporn hergestellt (siehe Anl. 2). Dieser Sporn sitzt direkt auf der Schlickdichtung auf und trennt im Planzustand die Entwässerung im Aufhöhungskörper der Teilstilllegungsfläche. Der Bereich der geplanten Trasse entwässert nach Westen zur Elbe.

Mit Herstellung der Nachnutzung und Umsetzung der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ist in der Phase 3 durch die Erweiterung der Versiegelung in der Teilstilllegungsfläche und die Entwicklung von Vegetationsbereichen eine Reduzierung der Einsickerung in den oberflächennahen Stauwasserkörper und damit eine Verbesserung der hydraulischen Situation verbunden.

In der Abb. 10 sind die berechneten Stauwasserstände oberhalb der Schlickdichtung in der Bauphase dargestellt. Die Situation führt zu einer Einsickerung von Stauwasser in den Altspülfeldkörper mit einer mittleren Rate von 47 mm/a und damit zu einer im Vergleich zum Referenzwert des Istzustands (50 mm/a) günstigeren hydraulischen Situation.

Stauwasserstand über Schlickdichtung
(Bereitstellungsfläche mit temporären Entwässerungsgräben)

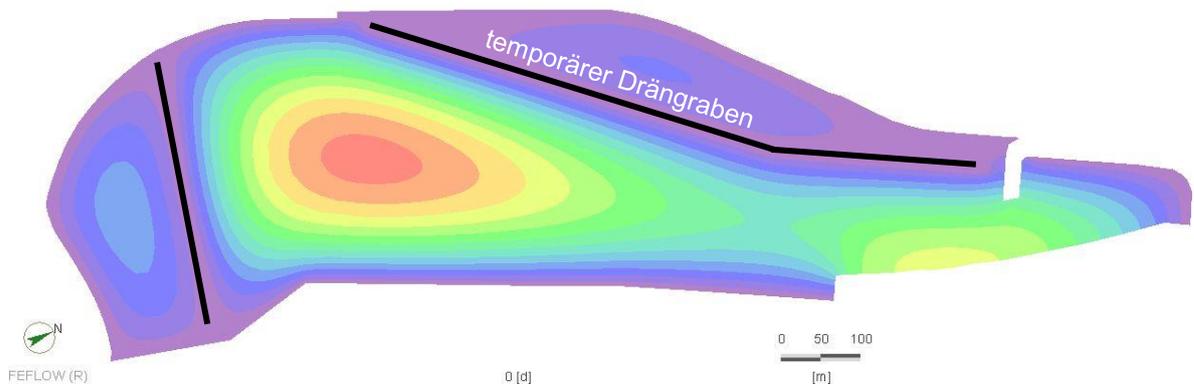
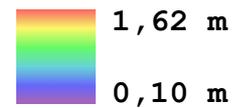


Abb. 10: Stauwasserstand Bauphase

In der Abb. 11 sind die berechneten Stauwasserstände oberhalb der Schlickdichtung für den Planzustand ohne Nachnutzung dargestellt. Die Situation führt zu einer Einsickerung von Stauwasser in den Altspülfeldkörper mit einer mittleren Rate von 45 mm/a und damit zu einer im Vergleich zum Istzustand günstigeren hydraulischen Situation.

Stauwasserstand über Schlickdichtung
(Trasse A26 hergestellt, Nachnutzung ausstehend, mit temporären Entwässerungsgräben)

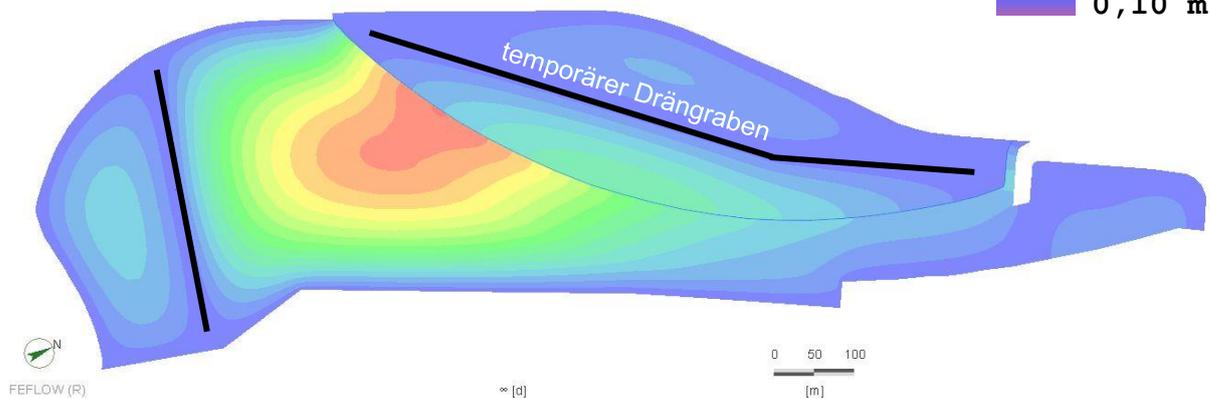


Abb. 11: Stauwasserstand Planzustand ohne Nachnutzung

In der Abb. 12 sind die berechneten Stauwasserstände oberhalb der Schlickdichtung für den Planzustand mit Nachnutzung dargestellt. Die Situation führt zu einer Einsickerung von Stauwasser in den Altspülfeldkörper mit einer mittleren Rate von 48 mm/a und damit zu einer im Vergleich zum Istzustand günstigeren hydraulischen Situation.

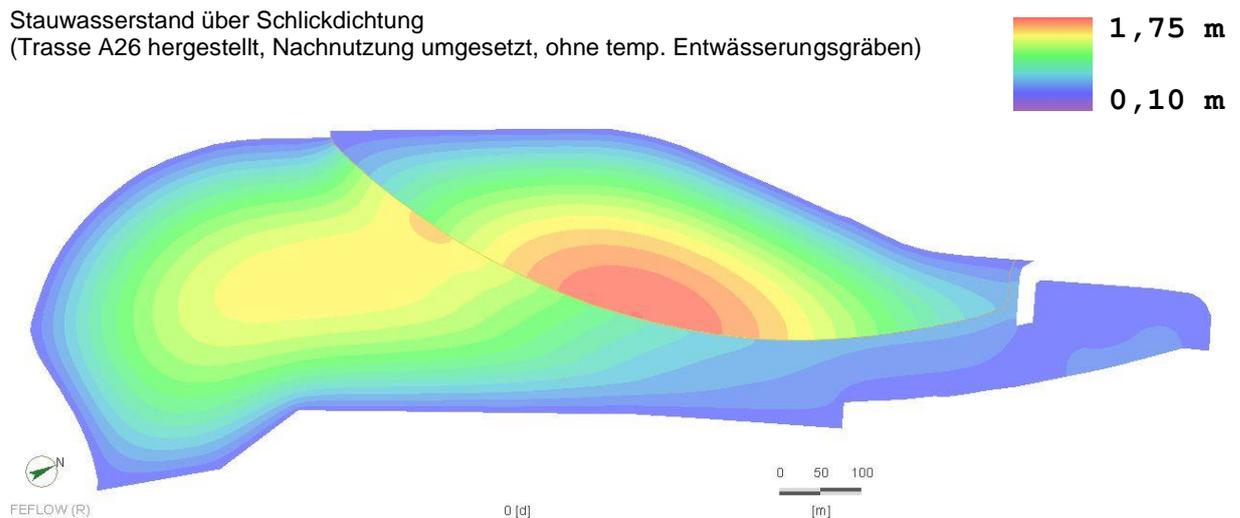


Abb. 12: Stauwasserstand Planzustand mit Nachnutzung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass unter Berücksichtigung der temporären Entwässerungselemente in allen untersuchten Phasen der Umsetzung des Vorhabens und der begleitenden Planungen keine verstärkte Durchsickerung der Schlickdichtung zu erwarten ist.

4.2 Stofftransport

Im Stauwasserkörper oberhalb der Schlickdichtung ist im Bereich der Teilstilllegung die hydraulische und hydrochemische Situation im Planzustand maßgeblich verändert. Mit der Einspülung von belastetem Baggergut entfällt der erhebliche Eintrag von Spülwasser mit entsprechend erhöhten Stoffgehalten. Im Planzustand tritt dem Stauwasserkörper maßgeblich unbelastetes Niederschlagswasser zu.

Ein geringer Stoffzustrom ist aus der Einsickerung von Niederschlagswasser aus dem Fahrbahnbereich der A 26 zu erwarten (i.W. westliche Dammböschung). Durch die Sickerpassage des belebten Oberbodens ist jedoch eine sehr gute Reinigungswirkung gegeben. Im Bereich betrieblicher Nachnutzungen der Teilstilllegungsfläche durch die HPA sind Stoffeinträge (z.B. aus Bodenmieten oder durch Betriebsstoffe durch geeignete Dichtungen und Ableitungen zu vermeiden.

Eine Teilmenge des Sickerwassers wird auch im Planzustand durch die Schlickdichtung in den Altspülfeldkörper einsickern. Mit der Durchströmung der Böden des Altspülfeldes wird dieses Stauwasser Schadstoffe aufnehmen. Die Wassermengen dieses Sickerpfades werden sich jedoch aufgrund der beschriebenen Sachverhalte gegenüber dem Istzustand verringern. Darüber hinaus ist aufgrund der entfallenden Vorbelastung des Sickerwassers ein verringertes Schadstoffpotenzial der Sickerwässer zu erwarten.

Der Überschuss des Bodenwasserhaushalts im oberen Stauwasserkörper strömt maßgeblich auf der Oberfläche der Schlickdichtung zu den Rändern und bauzeitlich anteilig zu den temporären Dränstrukturen ab. Auch im Planzustand bleibt darüber hinaus eine nach unten, in den Altspülfeldkörper gerichtete Sickerbewegung durch die Schlickdichtung bestehen.

Der Fortbestand einer nach unten gerichteten Durchsickerung ist bezüglich der Stauwasserbeschaffenheit aufgrund der erhöhten Stoffkonzentrationen im Material der Schlickdichtung als günstig zu bewerten. Ein entsprechender hydraulischer Gradient wirkt einem möglichen diffusivem Stofftransport entgegen, der sich sonst durch das chemische Konzentrationsgefälle an der Oberfläche der Schlickdichtung in Richtung des auflagernden Stauwassers einstellen kann.

Bezüglich der Beschaffenheit des Stauwassers im Altspülfeldkörper, unterhalb der Schlickdichtung sind vorhabensbezogen keine relevanten Verbesserungen zu erwarten, da diese maßgeblich durch das Material des Altspülfeldes und dessen Verunreinigungen bestimmt wird.

5 Zusammenfassung

Die mit den durchgeführten Untersuchungen ermittelten vorhabensbezogenen Auswirkungen auf die Grundwassersituation sind als nicht erheblich zu bewerten. Die Bewertung setzt eine Vermeidung hydraulischer Wegsamkeiten entlang der durch die Schlickdichtung und die natürlichen Weichschichten geführten Gründungselemente voraus.

Durch die bauzeitliche Porenwasserauspressung sind im Grundwasserleiter sowie im Rohwasser des Brunnens HFB2 keine Überschreitungen der Grenzwerte von Schadstoffparametern zu erwarten.

Die möglichen vorhabensbezogenen hydraulischen Auswirkungen auf die Grundwasserstände im oberflächennahen Grundwasserleiter (1. Hauptgrundwasserleiter) und die Strömungssituation sind vernachlässigbar gering.

Die Planungen im Bereich des Anlagenteils Moorburg-Ost der Behandlungsanlage Moorburg/Ellerholz bedingen weder bauzeitlich noch im Betrieb eine gegenüber dem Istzustand erhöhte Einsickerung von Wasser in den Altspülfeldkörper. Ein erhöhter Stoffaustrag aus Altspülfeldmaterial kann daher ausgeschlossen werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass durch den geplanten Neubau der Verkehrseinheit VKE7052 der A 26, Hafenpassage Hamburg (AS HH-Moorburg (neu) bis AS HH-Hohe Schaar (neu)) unter den genannten Randbedingungen keine nachteiligen Auswirkungen auf die Grund- und die Stauwassersituation zu erwarten sind.

Hamburg, 14.03.2019

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

Dipl.-Geol. Marcus Keller
(Projektleitung)

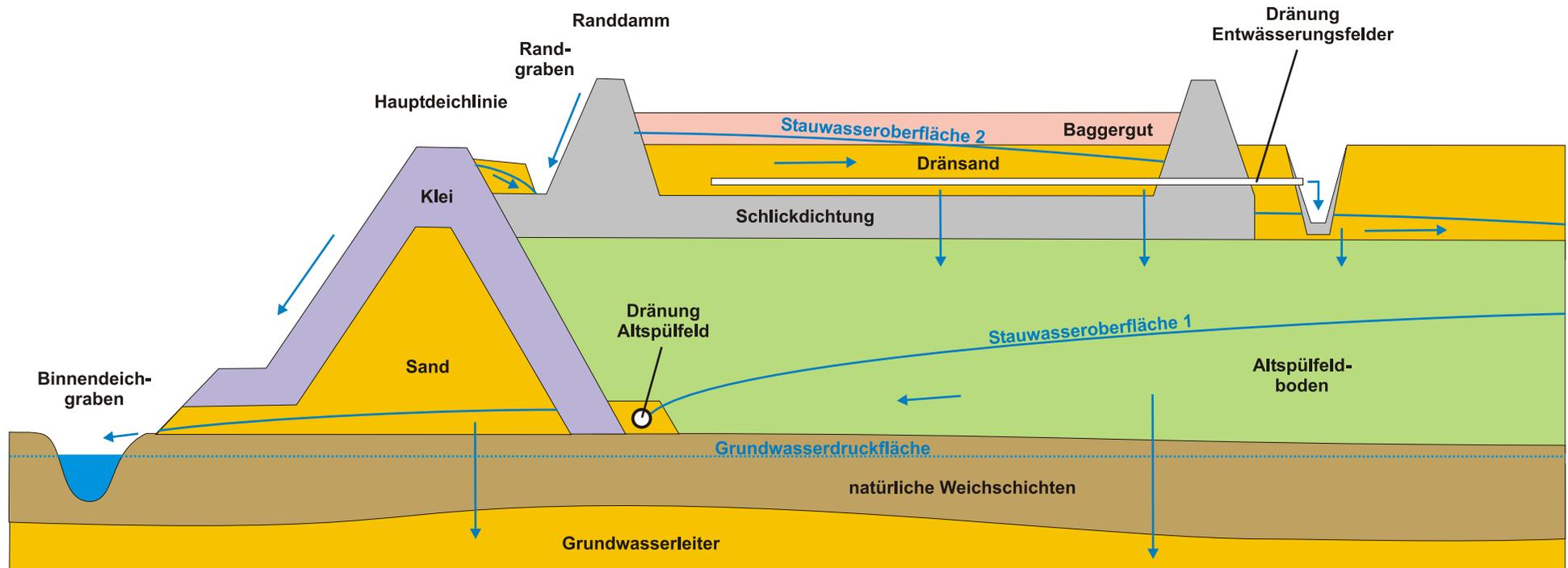
Quellen

- [1] BWS GmbH (2016): Neubau der A26-Ost, VKE 7051 - Untersuchungen zu möglichen vorhabensbezogenen Auswirkungen auf die Grund- und Stauwassersituation, Hamburg

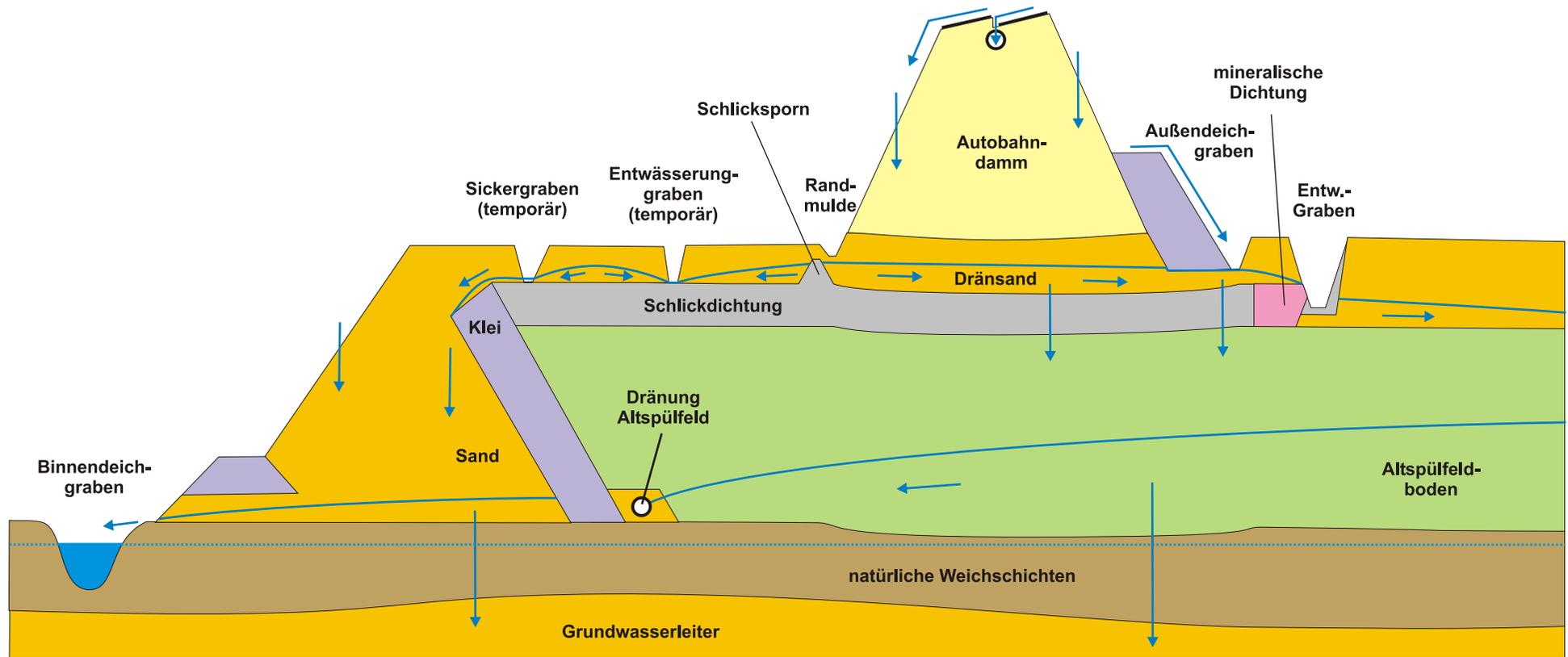
- [2] Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (2018): Bemessungswasserstände für die Errichtung öffentlicher Hochwasserschutzanlagen (veröffentlicht im Amtlichen Anzeiger vom 09.08.2013), Hamburg

- [3] BWS (in Bearbeitung): Erstellung und Anwendung eines numerischen Strömungs- und Transportmodells zur geplanten Baggergutdeponie Moorburg, Hamburg

- [4] BWS (2019): Teilstilllegung nach § 15 Abs. 3 BimSchG der Entwässerungsfelder des Anlagenteils Moorburg-Ost der Behandlungsanlage Moorburg/Ellerholz - Untersuchungen zu möglichen vorhabensbezogenen Auswirkungen auf die Grund- und Stauwassersituation, Hamburg



Anl. 1: Schemaschnitt Ost-West durch die Teilstilllegungsfläche (Istzustand)



Anl. 2: Schemaschnitt Ost-West durch die Teilstilllegungsfläche (Planzustand)

DOKUMENTATION 1

**Titel: Aufbau des Strömungs- und
Transportmodells Moorburg**

Datum: 01.08.2014
Auftraggeber: HPA Hamburg Port Authority AöR
Auftragnehmer: BWS GmbH

I N H A L T		S e i t e
Text		
1	Aufgabenstellung	1
2	Modellabgrenzung	1
3	Modelldiskretisierung	3
3.1	Horizontale Diskretisierung	3
3.2	Vertikale Diskretisierung	4
4	Randbedingungen	5
4.1	Grundwasserstand	5
4.2	Wasserhaltungen und Gräben	6
4.3	Zusickerungen	6
4.4	Brunnen	7
5	Hydraulische Kennwerte	7
5.1	Durchlässigkeitsbeiwerte (kf-Werte)	7
5.2	Effektive Porosität	9
5.3	Speicherkoeffizient	10
6	Modellkalibrierung und -validierung	10
7	Transportparameter	12
7.1	Ammonium	12

1 Aufgabenstellung

Im Bereich Hamburg-Moorburg ist auf der Fläche der Entwässerungsfelder Moorburg-Mitte die Herstellung einer Baggergutmonodeponie geplant. Im Umfeld der geplanten Deponie ist mit dem Autobahnabschnitt A26-Ost und der Südlichen Bahnanbindung Altenwerder SBA die Umsetzung weiterer Vorhaben geplant, die mit umfangreichen Auflasten und z.T. mit Eingriffen in den Grundwasserleiter einhergehen.

Zur Ermittlung und Beschreibung möglicher Auswirkungen der genannten Vorhaben auf die Grundwassersituation im 1. Hauptgrundwasserleiter (1. HGWL) wurde das in der vorliegenden Dokumentation beschriebene Grundwassermodell erstellt. Dabei ist auch eine Untersuchung der möglichen Wechselwirkungen und der Überlagerungen von Auswirkungen der verschiedenen Vorhaben vorgesehen.

Die Untersuchungen umfassen sowohl mögliche Auswirkungen auf die Strömungssituation als auch auf die Grundwasserbeschaffenheit (Transportmodell). Aufgrund des vertikal differenzierten Aufbaus des 1. HGWL sowie der zu erwartenden vertikalen Konzentrationsgradienten im Grundwasserleiter wurde das Grundwassermodell als dreidimensionales Modell umgesetzt. Zur Erstellung des Grundwassermodells wurde die Software FEFLOW © in der Version 6.2 genutzt.

2 Modellabgrenzung

Im zentralen Modellbereich liegt der Aussageraum, der den Planungsraum der o.g. Vorhaben sowie den Abstrombereich zum Horizontalfilterbrunnen 2 der Hamburger Wasserwerke (HFB2) umfasst (s. Abb. 1). Die äußeren Modellgrenzen wurden so gewählt, dass die Randbedingungen des numerischen Modells keinen verfälschenden Einfluss auf die Prognoserechnungen ausüben.

Die Oberfläche des Grundwassermodells entspricht der Geländeoberfläche. Die hydraulischen Wechselwirkungen zwischen der Oberfläche und dem Grundwasserleiter (Flächenentwässerung, Gräben) werden jedoch durch Randbedingungen unterhalb der natürlichen Weichschichten abgebildet.

Die untere Begrenzung des Grundwassermodells entspricht der Basis des 1. HGWL bzw. der Basis der weichsel- und saalekaltzeitlichen Sand- und Kiesablagerungen. In Bereichen, in denen nur eine unvollständige Trennung zwischen dem 1. HGWL und dem darunter folgenden Grundwasserleiter gegeben ist, wurde dies durch eine Anpassung der hydraulischen Kennwerte berücksichtigt.

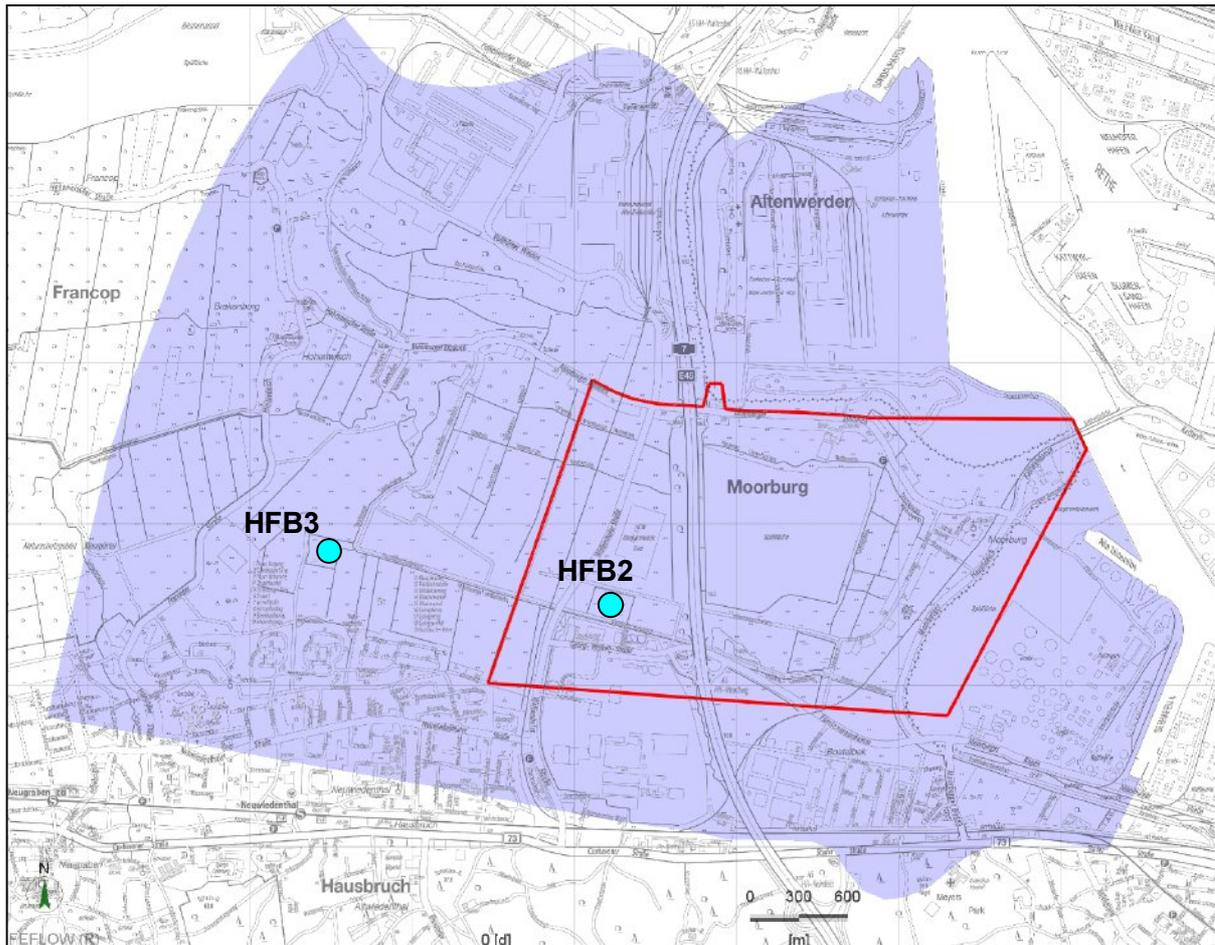


Abb. 1: Modellabgrenzung und Aussageraum (rot umrandet)

3 Modelldiskretisierung

3.1 Horizontale Diskretisierung

Die Modellfläche ist in rd. 360.000 Elemente unterteilt (s. Abb. 2), deren Grenzlinien über rd. 181.000 Knoten verknüpft sind. Durch die vertikale Diskretisierung (s. Kap. 3.2) ergeben sich insgesamt rd. 2,9 Mio. Modellelemente und rd. 1,6 Mio. Modellknoten.

Der Durchmesser der dreieckigen Modellzellen liegt zwischen rd. 100 m außerhalb und rd. 15 m innerhalb des Aussageraums. Im Aussageraum verfeinert sich die Netzstruktur zum Verlauf maßgeblicher Grabenlinien bis hin zu Elementgrößen von rd. 0,3 m. Eine entsprechende Verfeinerung erfolgt auch zu den Filterbereichen der Brunnen HFB 2 und HFB 3. Die feine Diskretisierung stellt sicher, dass die schmalen Strukturen der hydraulischen Randbedingungen an den größeren Gewässern sowie die relativ starken Änderungen der Gradienten an den Brunnen im Modell korrekt abgebildet werden können.

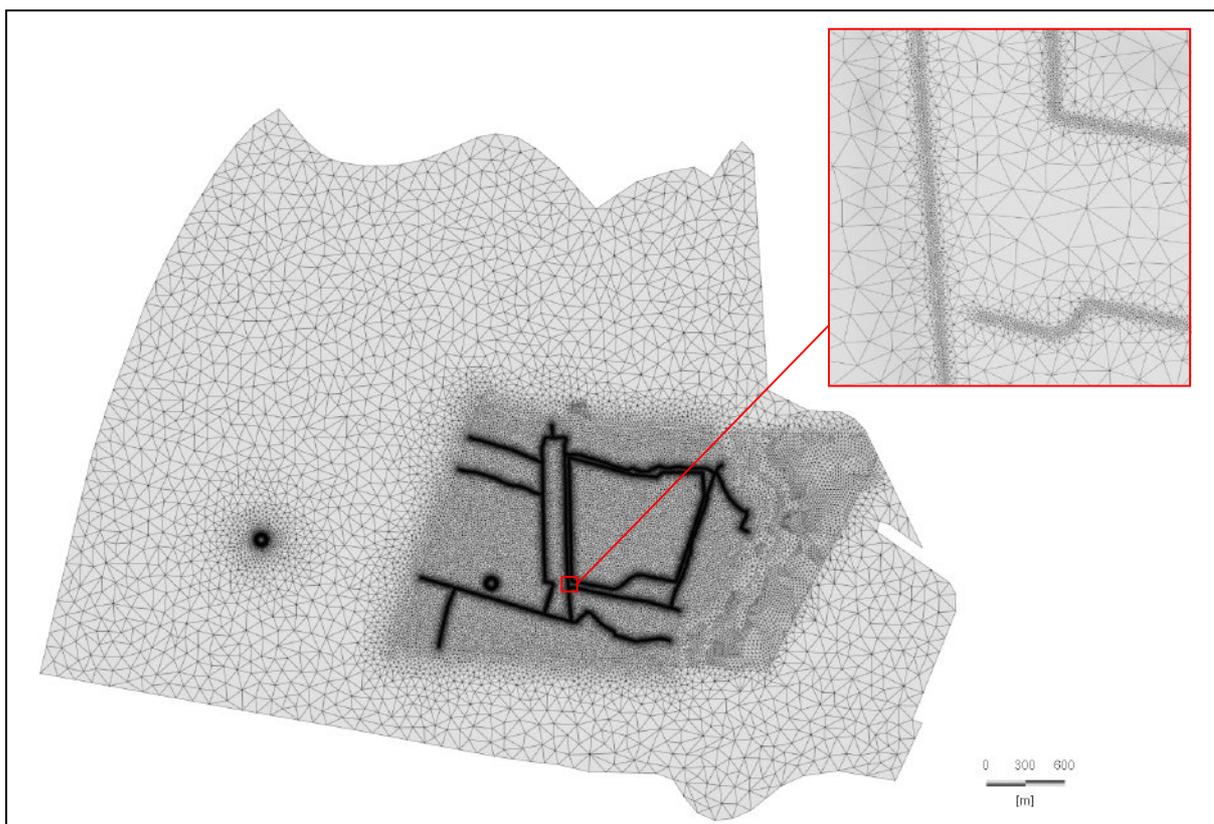


Abb. 2: Übersichtskarte

3.2 Vertikale Diskretisierung

Der 1. HGWL weist einen vertikal differenzierten Aufbau auf. Im Allgemeinen wird das Sediment vom Top zur Basis hin zunehmend gröber. Darüber hinaus ist durch den vorhabensbezogenen Stoffeintrag in den 1. HGWL an der unteren Grenzfläche der natürlichen Weichschichten eine vertikale Differenzierung der Stoffkonzentrationen zu erwarten.

Um die vorgenannten Punkte im Grundwassermodell korrekt abbilden zu können, wurde es als dreidimensionales Modell mit einer vertikalen Diskretisierung angelegt, deren Schema in der Abb. 3 dargestellt ist.

Ebene	Layer	Geologische Einheit	Mächtigkeit im Aussageraum
1			
2	1	natürliche Weichschichten (Torf/Klei)	ca. 1,0 bis 10,0 m
3	2	1. HGWL (oberer Abschnitt)	0,1 m
4	3	1. HGWL (oberer Abschnitt)	1,0 m
5	4	1. HGWL (oberer Abschnitt)	1,0 m
6	5	1. HGWL (oberer Abschnitt)	1,0 m
7	6	1. HGWL (oberer Abschnitt)	ca. 1,5 m bis 6,0 m
8	7	1. HGWL (unterer Abschnitt)	ca. 4,0 m bis 20,0 m
9	8	1. HGWL (Basisgerölle)	2,0 m

Abb. 3: Schema der vertikalen Diskretisierung

Die vertikale Diskretisierung teilt das Grundwassermodell zwischen 9 Modellebenen in 8 Modellayer. Die oberste Modellebene entspricht dem Niveau der Geländeoberfläche.

Der oberste Modellayer bildet die natürlichen Weichschichten und ggf. darauf befindliche Aufhöhungen ab. Die Modellebene 2 entspricht also der Basis der natürlichen Weichschichten. Die Modellayer 2 bis 6 entsprechen dem oberen Abschnitt des Grundwasserleiters. Die Modellebenen 3 bis 6 weisen feste Abstände auf und dienen in erster Linie der Optimierung der Stofftransportrechnungen.

Die Modellebene 7 teilt den Grundwasserleiter entsprechend dessen schwankender Mächtigkeit in einen oberen, 1/3 der Mächtigkeit umfassenden, und einen unteren, 2/3 der Mächtigkeit umfassenden, Abschnitt.

Über der Grundwasserleiterbasis (Modellebene 9) trennt die Modellebene 8 einen einheitlich 2 m mächtigen Grundwasserleiterabschnitt ab, der die meist stark kiesige Basis des Grundwasserleiters repräsentiert. Die Einteilung des Grundwasserleiters in einen oberen und einen unteren Abschnitt und eine Basislage erfolgte auf Basis von Bohrprofilen.

4 Randbedingungen

4.1 Grundwasserstand

Die Grundwasserstände an den äußeren Modellgrenzen werden durch eine Äquipotenziallinie im Randbereich der Geest (südlicher Modellrand), den mittleren Elbwasserstand (östlicher Modellrand sowie eine Äquipotenziallinie im Marschbereich (nördlicher Modellrand) als Festpotenzial vorgegeben. Die Modellränder, an denen keine Festpotenziale gesetzt sind, verlaufen entlang von Strompfadlinien im Grundwasserleiter, so dass über diese Modellgrenzflächen kein Grundwasserzustrom oder -abstrom erfolgt. Die Verteilung der Festpotenziale ist in der Abb. 4 dargestellt.

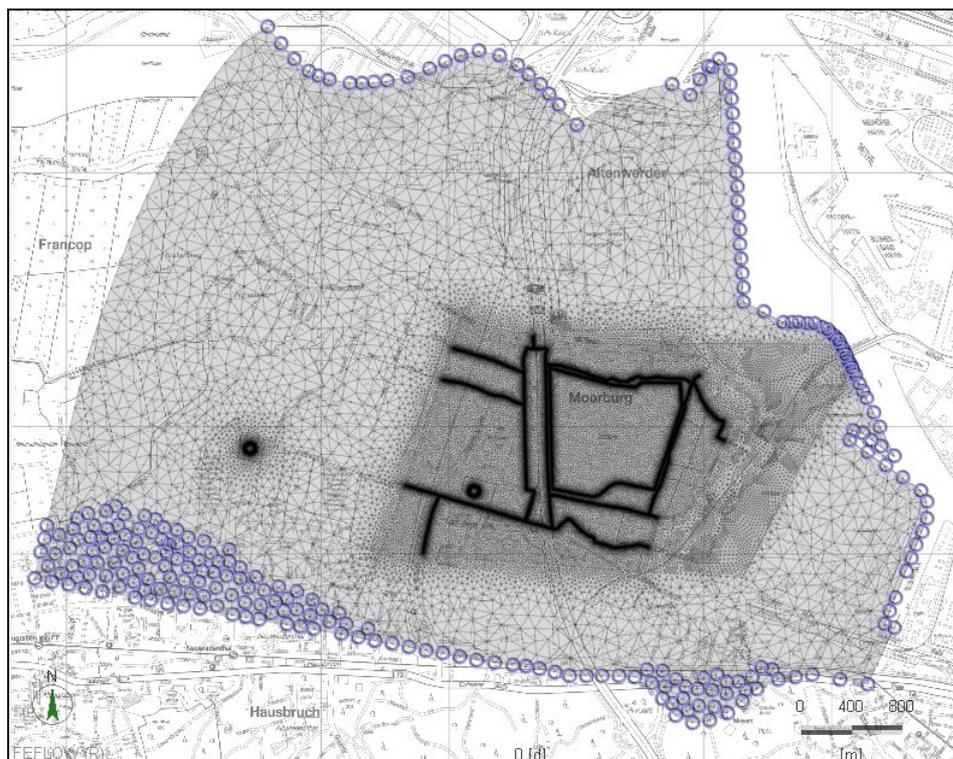


Abb. 4: Festpotenziale (blau) im Grundwassermodell

4.2 Wasserhaltungen und Gräben

Die Marsch ist außerhalb von Aufhöhungsbereichen wasserwirtschaftlich durch eine flächige Entwässerung gekennzeichnet. Diese erfolgt über ein weit verzweigtes Netz aus Grütten, Dränagen und Gräben. Diese Entwässerung wird im Grundwassermodell in den entsprechenden Bereichen durch eine flächige Randbedingung der 3. Art in der Modellebene 3 abgebildet. Dabei wurden jeweils die bekannten Zielniveaus der Wasserhaltung angesetzt.

Die Randbedingung wurde über den Leakagefaktor so angepasst, dass die im Modell resultierenden Grundwasserstände und Aussickerungsmengen vor dem Hintergrund der gemessenen Grundwasserstände und den Schöpfwerksableitungen ein plausibles Gesamtbild ergeben.

Im Bereich von größeren Gräben ergeben sich durch den tieferen Einschnitt der Gewässer-
sohle in die geringdurchlässigen holozänen Weichschichten höhere Aussickerungsmengen. Im Aussageraum wurden die Verläufe größerer Gräben daher entsprechend ihrer Breite differenziert abgebildet. Der Leakagefaktor wurde hier aus den bekannten Niveaus der Gewässersohle und der Weichschichtenbasis abgeleitet.

Für den Randgraben des Altspülfelds standen zudem die bekannten Ableitmengen als Prüfkriterium der Randbedingung zur Verfügung. Die durch den Betreiber ermittelten Mengen des Grundwasserzutritts in den Randgraben konnten im Modell nachvollzogen werden. Zur Reduzierung des Grundwasserzutritts wurde der Wasserstand im Graben, unter Beibehaltung eines nach oben gerichteten Gradienten, inzwischen erhöht.

4.3 Zusickerungen

Zusickerungen in den 1. HGWL sind im Bereich von Aufhöhungen infolge der Ansammlung von Stauwasser möglich. Der Stauwasserspiegel liegt höher als das Potenzial im Grundwasserleiter, so dass eine abwärts gerichtete Sickerströmung durch die Weichschichten und das Aufhöhungmaterial erfolgt. Die Zusickerungen sind im Modell als Randbedingung der 2. Art in der Modellebene 3 abgebildet. Der Wasserzutritt in den 1. HGWL infolge der vorhabensbezogenen Auspressung von Porenwasser wird über die gleiche Randbedingung abgebildet.

Darüber hinaus kommt es zu Zusickerungen in den 1. HGWL im Umfeld der Horizontalfilterbrunnen HFB2 und HFB3. Brunnennah ist das Grundwasserpotenzial unter die Wasserhaltungsziele abgesenkt, so dass es hier zu einer Zusickerung von Wasser aus dem Grabensystem durch die Weichschichten in den Grundwasserleiter kommt. Diese Zusickerung erfolgt über die im Kap. 4.1 beschriebene Randbedingung der 3. Art.

4.4 Brunnen

Das Strömungsbild im Bereich des Grundwassermodells wird maßgeblich durch die Entnahmen aus den Horizontalfilterbrunnen HFB2 und HFB3 der Hamburger Wasserwerke bestimmt. Die Entnahmen sind als Randbedingung 2. Art an der Modellbasis (Modelllayer 9) angesetzt. Die Fläche der Randbedingung entspricht einem Ring, dessen Radien durch den Abstand von Anfang und Ende der horizontalen Filterstrecken zum zentralen Brunnen-schacht vorgegeben sind.

Für die im Randbereich der Geest liegenden Flachbrunnen des Wasserwerks Bostelbek wurde ein möglicher Einfluss auf die Grundwasserstände im nördlich angrenzenden Marschbereich untersucht. Dabei wurde aufgrund der hydrogeologischen Situation ein möglicher relevanter Einfluss durch den Brunnen 9 nicht ausgeschlossen, so dass der Modellbereich den Brunnenstandort einschließt. Im Rahmen der Kalibrierung konnte jedoch keine Ausbildung eines Absenkungstrichters in den Marschbereich festgestellt werden. Die hydraulische Wirkung des Brunnens wird daher im Modell durch die Festpotenziale am Modellrand abgebildet.

5 Hydraulische Kennwerte

5.1 Durchlässigkeitsbeiwerte (kf-Werte)

Auf der Basis von Literatur- und Erfahrungswerten sowie der Auswertung von Bohrprofilen erfolgte die initiale Belegung der Modellelemente mit kf-Werten. Die kf-Werte wurden im Rahmen der Modellkalibrierung (s. Kap. 6) angepasst. In der Tab. 1 sind die im Modell angesetzten kf-Werte zusammengestellt.

Tab. 1: kf-Werte im Grundwassermodell und dominierender Sedimenttyp

<i>Modelllayer</i>	<i>kf-Wert horizontal [m/s]</i>	<i>kf-Wert vertikal [m/s]</i>
Layer 1	1*10 ⁻⁸ (Torf/Klei) 1,5*10 ⁻⁴ (Sand)	1*10 ⁻⁸ (Torf/Klei) 1,5*10 ⁻⁵ (Sand)
Layer 2 bis Layer 6	1,5*10 ⁻⁴ (Sand)	1,5*10 ⁻⁵ (Sand)
Layer 7	7,865*10 ⁻⁴ (Sand/Kies)	7,865*10 ⁻⁵ (Sand/Kies)
Layer 8	1,43*10 ⁻³ (Grobsand/Kies)	7,865*10 ⁻⁴ (Grobsand/Kies)

Innerhalb der holozänen Weichschichten (Modelllayer 1) wurde der kf-Wert nicht weiter differenziert. Im Modellansatz greifen die Randbedingungen des vertikalen Grundwasserzustroms und -abstroms an der Oberfläche des 1. HGWL nicht auf die Geometrie oder Wertebelugung des Modelllayers 1 zu. Darüber hinaus ist der Anteil der horizontalen Grundwasserströmung innerhalb der Weichschichten nicht relevant, so dass eine weitere Differenzierung der kf-Werte im Modelllayer 1 nicht erforderlich ist.

Die Modelllayer 2 bis 6 bilden die allgemein feineren Sedimente des oberen Abschnitts des 1. HGWL ab. Darunter folgen die gröberen Sedimente des unteren Abschnitts (Modelllayer 7) sowie die grobe Basisschicht (Modelllayer 8) des 1. HGWL.

Der 1. HGWL wird in weiten Bereichen durch geringdurchlässige quartäre Geschiebemergel oder tonig-schluffige Ablagerungen des Tertiärs von den darunter folgenden grundwasserführenden Sedimenten hydraulisch getrennt. Nach den Blättern 2425 und 2525 der geologischen Karte 1:25.000 erstreckt sich im Modellgebiet von Südwesten nach Nordosten über den Bereich der Entwässerungsfelder Moorburg-Mitte hinweg, ein Bereich ohne hydraulische Trennung zwischen dem 1. HGWL und den tieferen Grundwasserleitern.

Um zu prüfen, ob in diesem Bereich im Modell ein Ansatz von Randbedingungen an der Modellbasis erforderlich ist, wurden die Bohrprofile ausgewertet, die bis unter das Basisniveau des 1. HGWL reichen. Dabei wurde festgestellt, dass im östlichen Abschnitt des Bereiches eine weitgehende hydraulische Abgrenzung des 1. HGWL durch das flächige Auftreten mehrerer Meter mächtiger schluffiger Feinsande unterhalb der groben Basislage des Grundwasserleiters gegeben ist. Beispielhaft seien hier die Bohrungen B118, B129, B135 und B177 im Bereich der Entwässerungsfelder genannt.

Das Fehlen einer relevanten hydraulischen Trennung kann für den westlichen Abschnitt, im weiteren Umfeld des Brunnens HFB3 nachgewiesen werden. Hier zeigen zum Beispiel die Bohrungen B104 und D13 keine schluff- oder tonhaltigen Schichten unterhalb der Basis des 1. HGWL. Die hydraulische Wirkung des hydraulischen Fensters zeigte sich auch bei der Modellkalibrierung. Die gemessenen Grundwasserabsenkungen im Umfeld des Brunnens HFB3 konnten im Modell nur durch eine deutliche Erhöhung des kf-Wertes im Modelllayer 8 in diesem Bereich erreicht werden. Durch die Erhöhung des kf-Werts (Faktor 10) wird die, durch die fehlende hydraulische Trennung, deutlich erhöhte Transmissivität abgebildet. Der entsprechende Bereich ist in der Abb. 5 dargestellt.

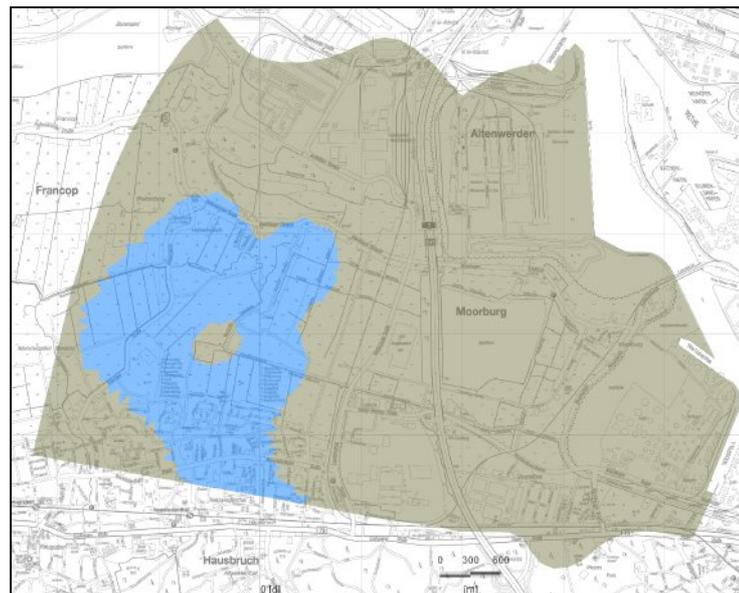


Abb. 5: Bereich ohne hydraulische Trennschichten (blau) an der Basis des 1. HGWL

5.2 Effektive Porosität

Die effektive Porosität bestimmt im Modell die Abstandsgeschwindigkeit der Grundwasserströmung und wirkt sich damit auch maßgeblich auf die Geschwindigkeit des Stofftransports aus. Die angesetzten Werte der effektiven Porosität (s. Tab. 2) wurden aus den ermittelten kf-Werten abgeleitet.

Tab. 2: Werte der effektiven Porosität im Grundwassermodell

<i>Modelllayer</i>	<i>effektive Porosität</i>
Layer 1	0,03 (Torf/Klei) 0,09 (Sand)
Layer 2 bis Layer 6	0,09
Layer 7	0,14
Layer 8	0,18

5.3 Speicherkoeffizient

Im Grundwassermodell ist der Wert des Speicherkoeffizienten einheitlich mit $1 \cdot 10^{-4}$ angesetzt. Aufgrund der sehr geringen vorhabensbezogenen Änderungen der Grundwasserpotenziale in den instationären Rechenläufen hat der Parameter nur eine untergeordnete Bedeutung.

6 Modellkalibrierung und -validierung

Als Kalibrierungszeitpunkt wurde der 22. März 2012 herangezogen. Kriterien bei der Wahl des Kalibrierungszeitpunkts war eine vorangehende Phase mit einer gleichmäßigen Entnahme aus den Brunnen HFB2 und HFB3, einer mittleren Tideentwicklung und ohne extreme Niederschlagsereignisse. Die Entnahmen aus den Brunnen HFB2 und HFB3 betragen zum Kalibrierungszeitpunkt $4.790 \text{ m}^3/\text{Tag}$ bzw. $4.660 \text{ m}^3/\text{Tag}$ und lagen damit auf das Jahr gerechnet über dem Wasserrecht. Der mittlere Elbwasserstand in dem dem Kalibrierungszeitpunkt vorausgehenden Zeitraum betrug $+0,39 \text{ mNN}$.

Durch die Anpassung der kf-Werte im plausiblen Rahmen konnte unter Ansatz der genannten Randbedingungen eine gute Übereinstimmung der errechneten Grundwasserstände mit den Messwerten erreicht werden.

Zur Validierung des Grundwassermodells wurde die Strömungssituation im 1. HGWL Mitte Mai 2008 verwendet. Auch diesem Zeitpunkt gingen eine gleichmäßige Grundwasserentnahme, eine einheitliche Tideentwicklung in der Elbe und keine extremen Niederschläge voraus. Die mittleren täglichen Entnahmen aus den Brunnen HFB2 und HFB3 betragen 3.926 m^3 bzw. 6.142 m^3 und entsprachen damit in etwa dem bestehenden Wasserrecht. Der mittlere Elbwasserstand in dem dem Validierungszeitpunkt vorausgehenden Zeitraum betrug $+0,28 \text{ mNN}$.

Ohne eine weitere Parameteranpassung wurde eine gute Übereinstimmung der errechneten Grundwasserstände mit den Messwerten erreicht. Das resultierende Strömungsbild ist in der Abb. 6 dargestellt.

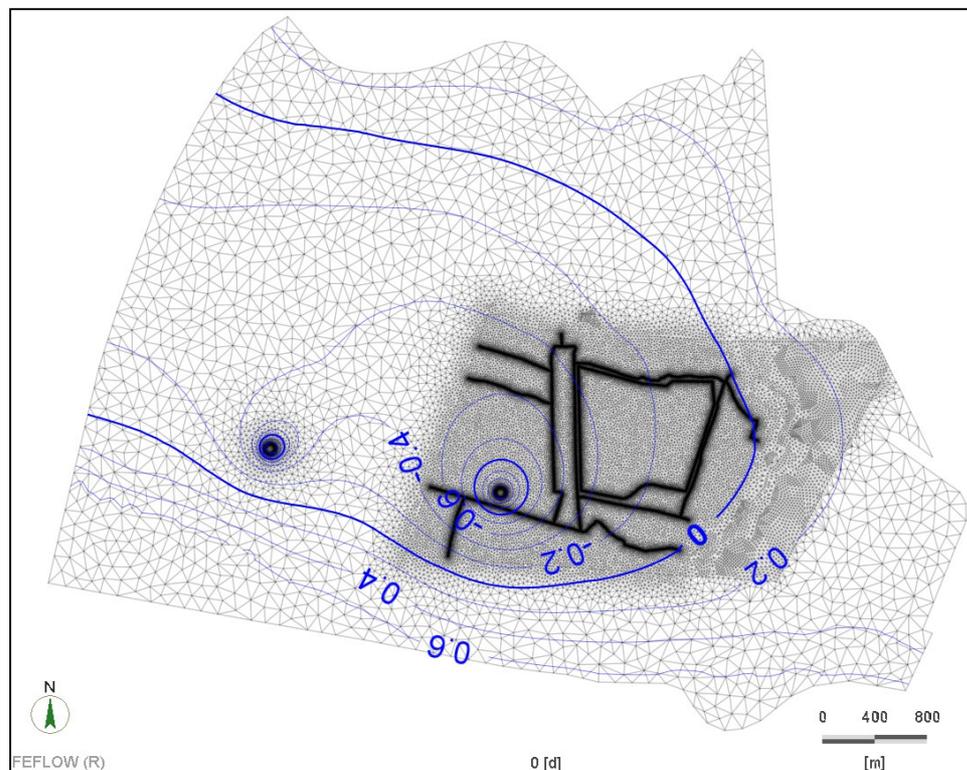


Abb. 6: Grundwasserströmungssituation im 1. HGWL Mitte Mai 2008

Da die Grundwasserentnahme aus den Brunnen HFB2 und HFB3 etwa dem bestehenden Wasserrecht entspricht, bildet die hydraulische Modellrechnung zum Validierungszeitpunkt Mitte Mai 2008 die Grundlage für die anschließenden Untersuchungen zum Stofftransport.

7 Transportparameter

7.1 Ammonium

In den Voruntersuchungen wurde Ammonium vorhabensbezogen als einziger kritischer Parameter ermittelt. Für alle übrigen untersuchten Parameter ist vorhabensbezogen nur ein Eintrag geringer Frachten in den 1. HGWL zu erwarten.

Die Konzentrationsverteilung von Ammonium im 1. HGWL zeigt ein deutlich differenziertes Bild. Das Grundwasser, das von Norden in den Aussageraum strömt, weist erheblich höhere Ammoniumkonzentrationen auf als das von Süden zuströmende. Grund sind die geogenen Ammoniumeinträge aus Kleiablagerungen, die im Norden den Sanden des 1. HGWL direkt auflagern (Kleimarsch). Im Süden werden die Sande fast ausschließlich durch Torf überlagert, aus dem kein relevanter Ammoniumeintrag erfolgt. Darüber hinaus weist das aus dem Bereich der Geest zuströmende Grundwasser nur sehr geringe Ammoniumgehalte auf.

Außerhalb der Kleimarsch überwiegt allgemein die Stoffumwandlung (Nitrifizierung) und die Stofffixierung (Ionenaustausch an Tonmineralien und Bindung an organische Stoffe) den geogenen Eintrag von Ammonium. Mit dem Transport im Grundwasser kommt es daher zu einer kontinuierlichen Konzentrationsminderung, die sich auch im Verteilungsbild widerspiegelt. Nach der geologischen Karte 1:25.000 (Blatt 2425 und 2525) wurde der Bereich außerhalb einer direkten Überlagerung des Grundwasserleiters durch Klei ermittelt. Für den entsprechenden Modellbereich (s. Abb. 7) wurde unter Berücksichtigung der gemessenen Konzentrationsverteilung von Ammonium im 1. HGWL eine Abbaurrate von 0,00018 1/Tag angesetzt.

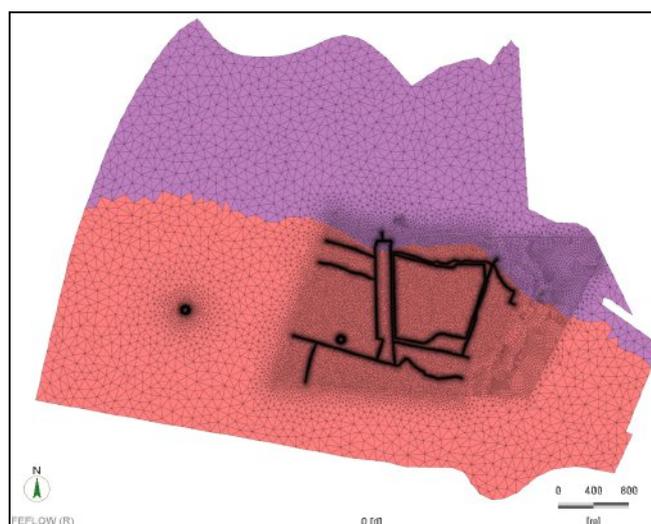


Abb. 7: Bereiche mit (rot) und ohne (lila) natürliche Ammonium-Konzentrationsminderung

Skalenbezogen wurde für die Transportberechnungen im Modell eine Dispersivität von 5 m (longitudinal) bzw. 0,5 m (transversal) angesetzt. Die molekulare Diffusion (Modellwert $1 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$) hat in den durchgeführten Transportberechnungen keinen relevanten Einfluss.

Über die Konzentrationsverteilung im Grundwasserleiter hinaus wurde die Ammoniumkonzentration im Brunnen HFB2 bei der Festlegung der Transportparameter berücksichtigt. Neben der oben genannten Abbaurate von 0,00018 1/Tag wurden dabei im südlichen Zustrombereich Ausgangskonzentrationen von 0,1 mg/l und im nördlichen Zustrombereich Ausgangskonzentrationen von 12,0 mg/l als Festkonzentrationsränder festgelegt.

Die Herleitung der vorhabensbezogenen Volumen- und Stoffeinträge in den Grundwasserleiter erfolgte durch verschiedene Methoden außerhalb des Grundwassermodells. Im Transportmodell wird der Stoffeintrag mit den entsprechenden Konzentrationen als Randbedingung 2. Art in Kombination mit der Randbedingung des Volumenzustroms (s. Kap. 4.3) in der Modellebene 3 abgebildet.

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH · Flensburger Str. 15 · 25421 Pinneberg

 BBI Geo- und Umwelttechnik
 Ingenieur-Gesellschaft mbH
 Herrn Wierzoch

 Lübecker Str. 1
22087 Hamburg

Prüfbericht-Nr.: 2018P503791 / 1

Auftraggeber	BBI Geo- und Umwelttechnik Ingenieur-Gesellschaft mbH
Eingangsdatum	20.12.2017
Projekt	A26, VKE 7052, Porenwasseranalytik
Material	Feststoff
Kennzeichnung	siehe Tabelle
Auftrag	2013/021
Verpackung	Liner
Probenmenge	je ca. 10 bis 12 kg
Auftragsnummer	17514510
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	GBA
Labor	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Prüfbeginn / -ende	20.12.2017 - 02.03.2018
Methoden	siehe letzte Seite
Unteraufträge	
Bemerkung	
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 02.03.2018



 i. A. Dr. Peter Ludwig
 Projektbearbeitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Seite 1 von 5 zu Prüfbericht-Nr.: 2018P503791 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2018P503791 / 1

A26, VKE 7052, Porenwasseranalytik

Auftrag		17514510	17514510	17514510	17514510
Probe-Nr.		001	002	005	006
Material		Feststoff	Feststoff	Feststoff	Feststoff
Probenbezeichnung		Mischung von B-PW1/17 und B-PW2/17 -filtriert-	Mischung von B-PW1/17 und B-PW2/17 -unfiltriert-	B-PW3/17 filtriert	B-PW3/17 unfiltriert
Probeneingang		20.12.2017	20.12.2017	20.12.2017	20.12.2017
Analysenergebnisse	Einheit				
Porenwasserherstellung Zentrifugat gem.					
Basekapazität bis pH 8,2	mmol/L	1,1	0,71	0,96	1,3
Säurekapazität bis pH 8,2	mmol/L	0,61	0,81	0,15	0,48
TOC	mg/L	45	2200	23	700
Eisen, ges.	mg/L	0,68	213	0,44	162
Eisen (II)	mg/L	0,12	0,19	<0,10	<0,10
Nitrat	mg/L	29	44	<0,50	<0,50
Nitrat-N	mg/L	6,6	9,9	<0,11	<0,11
Nitrit	mg/L	0,13	0,039	<0,010	<0,010
Nitrit-N	mg/L	0,040	0,012	<0,0030	<0,0030
Ammonium	mg/L	39	37	50	48
Chlorid	mg/L	131	129	44	44
Fluorid	mg/L	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Sulfat	mg/L	775	778	1160	1160
Kohlenwasserstoffe	mg/L	<0,10	0,16	<0,10	<0,10
AOX	mg/L	0,050	0,030	<0,020	<0,050
Cyanid ges.	mg/L	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Cyanid l. freis. (CFA)	mg/L	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Arsen	mg/L	0,0018	0,13	0,0013	0,18
Blei	mg/L	<0,0010	0,095	<0,0010	0,28
Cadmium	mg/L	<0,00030	0,0013	<0,00030	0,0074
Chrom ges.	mg/L	<0,0010	0,22	<0,0010	0,34
Kupfer	mg/L	0,0029	0,15	0,0011	0,36
Nickel	mg/L	0,0021	0,18	0,016	0,20
Quecksilber	mg/L	<0,00020	0,0075	<0,00020	0,11
Zink	mg/L	0,061	0,45	0,074	1,1
Antimon	mg/L	<0,0010	0,0026	<0,0010	0,0085
Barium	mg/L	0,19	2,1	0,069	1,9
Bor	mg/L	0,16	0,51	0,34	0,51
Chrom (VI)	mg/L	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Cobalt	mg/L	<0,0010	0,070	0,022	0,047
Molybdän	mg/L	<0,0010	0,035	<0,0010	0,039
Selen	mg/L	<0,0020	0,011	<0,0020	0,011
Zinn	mg/L	<0,0010	0,0067	<0,0010	0,035
Summe BTEX	µg/L	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Benzol	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Toluol	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Ethylbenzol	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
m-/p-Xylol	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Prüfbericht-Nr.: 2018P503791 / 1

A26, VKE 7052, Porenwasseranalytik

Auftrag		17514510	17514510	17514510	17514510
Probe-Nr.		001	002	005	006
Material		Feststoff	Feststoff	Feststoff	Feststoff
Probenbezeichnung		Mischung von B-PW1/17 und B-PW2/17 -filtriert-	Mischung von B-PW1/17 und B-PW2/17 -unfiltriert-	B-PW3/17 filtriert	B-PW3/17 unfiltriert
Probeneingang		20.12.2017	20.12.2017	20.12.2017	20.12.2017
o-Xylol	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Summe PAK (EPA)	µg/L	0,0310	0,208	0,0200	0,366
Naphthalin	µg/L	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Acenaphthylen	µg/L	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Acenaphthen	µg/L	<0,010	<0,010	<0,010	0,017
Fluoren	µg/L	<0,010	<0,010	<0,010	0,018
Phenanthren	µg/L	0,018	0,049	0,020	0,056
Anthracen	µg/L	<0,010	0,014	<0,010	0,016
Fluoranthren	µg/L	0,013	0,039	<0,010	0,052
Pyren	µg/L	<0,010	0,027	<0,010	0,046
Benz(a)anthracen	µg/L	<0,010	<0,010	<0,010	0,025
Chrysen	µg/L	<0,010	0,013	<0,010	0,026
Benzo(b)fluoranthren	µg/L	<0,010	0,011	<0,010	0,023
Benzo(k)fluoranthren	µg/L	<0,010	<0,010	<0,010	0,018
Benzo(a)pyren	µg/L	<0,010	0,015	<0,010	0,037
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/L	<0,010	0,017	<0,010	<0,010
Dibenz(ah)anthracen	µg/L	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(g,h,i)perylene	µg/L	<0,010	0,023	<0,010	0,032
1-Methylnaphthalin	µg/L	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2-Methylnaphthalin	µg/L	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
1,3-Dichlorbenzol	µg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
1,4-Dichlorbenzol	µg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
1,2-Dichlorbenzol	µg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
1-Chlorbenzol	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Abfiltrierbare Stoffe	mg/L	n.a.	30710	n.a.	6390

Prüfbericht-Nr.: 2018P503791 / 1

A26, VKE 7052, Porenwasseranalytik

Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen

Parameter	Bestimmungs- grenze	Einheit	Methode
Porenwasserherstellung Zentrifugat gem. BfG			BfG-Merkblatt, März 2009 ⁵
Basekapazität bis pH 8,2	0,010	mmol/L	DIN 38409-H7-2-2 ^{a 5}
Säurekapazität bis pH 8,2	0,050	mmol/L	DIN 38409-H7-1-1 ^{a 5}
TOC	1,0	mg/L	DIN EN 1484 (H3) ^{a 5}
Eisen, ges.	0,0050	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Eisen (II)	0,10	mg/L	DIN 38406-1 (E1) ^{a 5}
Nitrat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1 D20 ^{a 5}
Nitrat-N	0,10	mg/L	DIN EN ISO 10304-1 D20 ^{a 5}
Nitrit	0,010	mg/L	DIN EN ISO 13395 (D28) ^{a 5}
Nitrit-N	0,0030	mg/L	DIN EN ISO 13395 (D28) ^{a 5}
Ammonium	0,025	mg/L	DIN EN ISO 11732 (E23) ^{a 5}
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1 D20 ^{a 5}
Fluorid	0,15	mg/L	DIN EN ISO 10304-1 D20 ^{a 5}
Sulfat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1 D20 ^{a 5}
Kohlenwasserstoffe	0,10	mg/L	DIN EN ISO 9377-2 (H53) ^{a 5}
AOX	0,010	mg/L	DIN EN ISO 9562 (H14) ^{a 2}
Cyanid ges.	0,0050	mg/L	DIN EN ISO 14403-2 (D 3) ^{a 5}
Cyanid I. freis. (CFA)	0,0050	mg/L	DIN EN ISO 14403-2 (D 3) ^{a 5}
Arsen	0,00050	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Blei	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Cadmium	0,00030	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Chrom ges.	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Kupfer	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Nickel	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Quecksilber	0,00020	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Zink	0,010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Antimon	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Barium	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Bor	0,010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Chrom (VI)	0,0050	mg/L	DIN 38405-D24/DIN EN ISO 18412 ^{a 5}
Cobalt	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Molybdän	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Selen	0,0020	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Zinn	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^{a 5}
Summe BTEX		µg/L	berechnet ⁵
Benzol	1,0	µg/L	DIN 38407-F9-1 ^{a 5}
Toluol	1,0	µg/L	DIN 38407-F9-1 ^{a 5}
Ethylbenzol	1,0	µg/L	DIN 38407-F9-1 ^{a 5}
m-/p-Xylol	1,0	µg/L	DIN 38407-F9-1 ^{a 5}
o-Xylol	1,0	µg/L	DIN 38407-F9-1 ^{a 5}
Summe PAK (EPA)		µg/L	berechnet ⁵
Naphthalin	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^{a 5}
Acenaphthylen	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^{a 5}
Acenaphthen	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^{a 5}
Fluoren	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^{a 5}
Phenanthren	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^{a 5}
Anthracen	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^{a 5}
Fluoranthren	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^{a 5}
Pyren	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^{a 5}
Benz(a)anthracen	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^{a 5}
Chrysen	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^{a 5}

Prüfbericht-Nr.: 2018P503791 / 1

A26, VKE 7052, Porenwasseranalytik

Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen

Parameter	Bestimmungs- grenze	Einheit	Methode
Benzo(b)fluoranthen	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^a 5
Benzo(k)fluoranthen	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^a 5
Benzo(a)pyren	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^a 5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^a 5
Dibenz(ah)anthracen	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^a 5
Benzo(g,h,i)perylen	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^a 5
1-Methylnaphthalin	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^a 5
2-Methylnaphthalin	0,010	µg/L	DIN 38407-F39 ^a 5
1,3-Dichlorbenzol	0,010	µg/L	DIN EN ISO 6468-F1 ^a 5
1,4-Dichlorbenzol	0,010	µg/L	DIN EN ISO 6468-F1 ^a 5
1,2-Dichlorbenzol	0,010	µg/L	DIN EN ISO 6468-F1 ^a 5
1-Chlorbenzol	1,0	µg/L	DIN 38407-F9-1 ^a 5
Abfiltrierbare Stoffe	2,0	mg/L	DIN EN 38409-H2-2/3 ^a 5
Abwasseraufschluss			LAWA-Merkbl. P3/2 ^a 5

Die mit ^a gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen können matrixbedingt variieren.

Untersuchungslabor: 5GBA Pinneberg 2GBA Gelsenkirchen