

BERICHT

Titel: Neubau der A26-Ost, VKE 7051

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

Datum: 03.08.2016
Auftraggeber: DEGES, Deutsche Einheit
Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH

Auftrag vom: 25.11.2013
Ansprechpartner: Frau Mentschke

Auftragnehmer: BWS GmbH

Aktenzeichen: A26OSTGB/13.P.63
Projektbearbeitung: Herr Keller

Ausfertigung Nr.:

I N H A L T		S e i t e
1	Anlass und Aufgabenstellung	1
2	Hydrogeologisch-wasserwirtschaftlich Situation	2
3	Grundwasser	4
3.1	Bemessungswasserstand Grundwasser	4
3.2	Grundwassermodell	6
3.2.1	Grundwasserströmung und Grundwasserstände	7
3.2.2	Stofftransport	8
4	Stauwasser	24
4.1	Bemessungswasserstand Stauwasser	24
4.2	Stauwassermodelle	26
4.2.1	Rechenläufe zum Modellschnitt A	31
4.2.2	Rechenläufe zum Modellschnitt B	33
4.2.3	Projektion der Stauwasserberechnungen	35
5	Aussagesicherheit	36
6	Zusammenfassung	38

Tabellen

Tab. 1:	Beträge des grundwasserrelevanten Setzungsanteils der Teilflächen	12
Tab. 2:	Hydraulische Kennwerte in den Vertikalmodellen	28

Abbildungen

Abb. 1:	Klassifizierte Bereiche der Torfmächtigkeit	2
Abb. 2:	Grundwassergleichen (mNN) im Planungsraum	3
Abb. 3:	Bemessungsgrundwasserstände im Trassenbereich	5

Abb. 4:	Baugrundverbesserungen mit Porenwasseraustritten	9
Abb. 5:	Baugrundverbesserung außerhalb des Altspülfeldkörpers (Schritt 1)	10
Abb. 6:	Baugrundverbesserung außerhalb des Altspülfeldkörpers (Schritt 2)	11
Abb. 7:	Zuordnung der Teilflächennummern in Tab. 1	13
Abb. 8:	Transportprozesse des Parameters Ammonium	15
Abb. 9:	Ausgangskonzentrationen Ammonium (mg/l)	15
Abb. 10:	Konzentration Ammonium (mg/l im oberflächennahen Bereich nach 1 Jahr	16
Abb. 11:	Konzentration Ammonium (mg/l im oberflächennahen Bereich nach 5 Jahren	18
Abb. 12:	Ammonium-Konzentration im Rohwasser des Brunnens HFB2	19
Abb. 13:	Konzentration idealer Tracer (% der Ausgangskonzentration) nach 1 Jahr	21
Abb. 14:	Konzentration idealer Tracer (% der Ausgangskonzentration) nach 5 Jahren	22
Abb. 15:	Eintrag des idealen Tracers in das Rohwasser des Brunnens HFB2	23
Abb. 16:	Bemessungsstauwasserstände im Trassenbereich (Bauphase)	25
Abb. 17:	Lage der Vertikalschnittmodelle A und B	26
Abb. 18:	Aufbau der Profilschnitte A und B	27
Abb. 19:	Dichtungselemente (rot) im Randbereich der Trasse	30
Abb. 20:	Dichtungselemente (rot) im Bereich der Mittelstreifen	30
Abb. 21:	Strömungssituation Schnitt A (ohne Baggergutdeponie)	31
Abb. 22:	Strömungssituation Schnitt A (Ostende ohne Baggergutdeponie)	31
Abb. 23:	Strömungssituation Schnitt A (mit Baggergutdeponie)	32
Abb. 24:	Strömungssituation Schnitt A (Ostende ohne Baggergutdeponie)	32
Abb. 25:	Strömungssituation Schnitt B (ohne Baggergutdeponie)	33
Abb. 26:	Strömungssituation Schnitt B (Ostende ohne Baggergutdeponie)	33
Abb. 27:	Strömungssituation Schnitt B (mit Baggergutdeponie)	34
Abb. 28:	Strömungssituation Schnitt B (Ostende mit Baggergutdeponie)	34
Abb. 29:	Teilstrecken zur Übertragung der Modellrechnungen	35

Dokumentation

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

1 Anlass und Aufgabenstellung

Die Verlängerung der A 26 von Stade in Richtung Osten dient dem Netzlückenschluss zwischen den Bundesfernstraßen A 7 im Westen und der A 1 im Osten. Die neue Autobahn soll als leistungsfähige Ost-West-Straßenverbindung hergestellt werden und weiträumige Hafenerkehre bündeln. Neben der überregionalen Funktion im Autobahnnetz soll die A 26 zudem die Erreichbarkeit des Hamburger Hafens verbessern.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für den Abschnitt der geplanten A 26 zwischen der Anbindung an die bestehende A 7 bis zur Anschlussstelle Moorburg (Verkehrseinheit 7051) sind u.a. die möglichen vorhabensbezogenen Auswirkungen auf die Grund- und die Stauwassersituation zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten. Mit Datum vom 25.11.2013 wurde die BWS GmbH durch die DEGES, Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH mit der Durchführung entsprechender Untersuchungen beauftragt.

Der vorliegende Bericht beschreibt und bewertet die möglichen bau- und betriebszeitlichen Auswirkungen auf die Grund- und das Stauwassersituation im Trassenabschnitt der VKE 7051. Dabei werden sowohl die möglichen hydraulischen Veränderungen (Grundwasserströmung und -potenziale) als auch die möglichen Auswirkungen auf die Beschaffenheit ermittelt und bewertet.

Ergänzend zu den möglichen Auswirkungen der VKE 7051 der A 26 auf die Grund- und Stauwassersituation werden auch die möglichen Auswirkungen der benachbarten Planungsvorhaben in die Untersuchungen einbezogen, da Wechselwirkungen nicht auszuschließen oder zu erwarten sind.

2 Hydrogeologisch-wasserwirtschaftlich Situation

Der gesamte Planungsabschnitt der VKE 7051 befindet sich im Bereich der Elbmarsch. Die Oberfläche bilden, außer im Bereich künstlicher Aufhöhungen, natürliche Weichschichten (Torf und Klei) des Holozäns. Die holozänen Weichschichten bestehen im Bereich der geplanten Trasse größtenteils aus Torf. Insbesondere an der Basis wurden nur vereinzelt geringmächtige Kleieinschaltungen erbohrt [1]. Die Mächtigkeiten der natürlichen Weichschichten liegen überwiegend bei rd. 3 Metern. Im Bereich der Entwässerungsfelder Moorburg-Mitte ist die Mächtigkeit infolge der Auflast der Aufhöhung geringer.

Die Mächtigkeit der natürlichen Weichschichten im Trassenverlauf hat Auswirkungen auf den Betrag der vorhabensbezogenen Auswirkungen auf das Grundwasser. Daher wurden auf der Grundlage der verfügbaren Informationen (Bohrungen und geophysikalische Messungen) Mächtigkeitsklassen als Eingangsgrößen für die weiteren Auswirkungen abgeleitet (siehe Abb. 1).

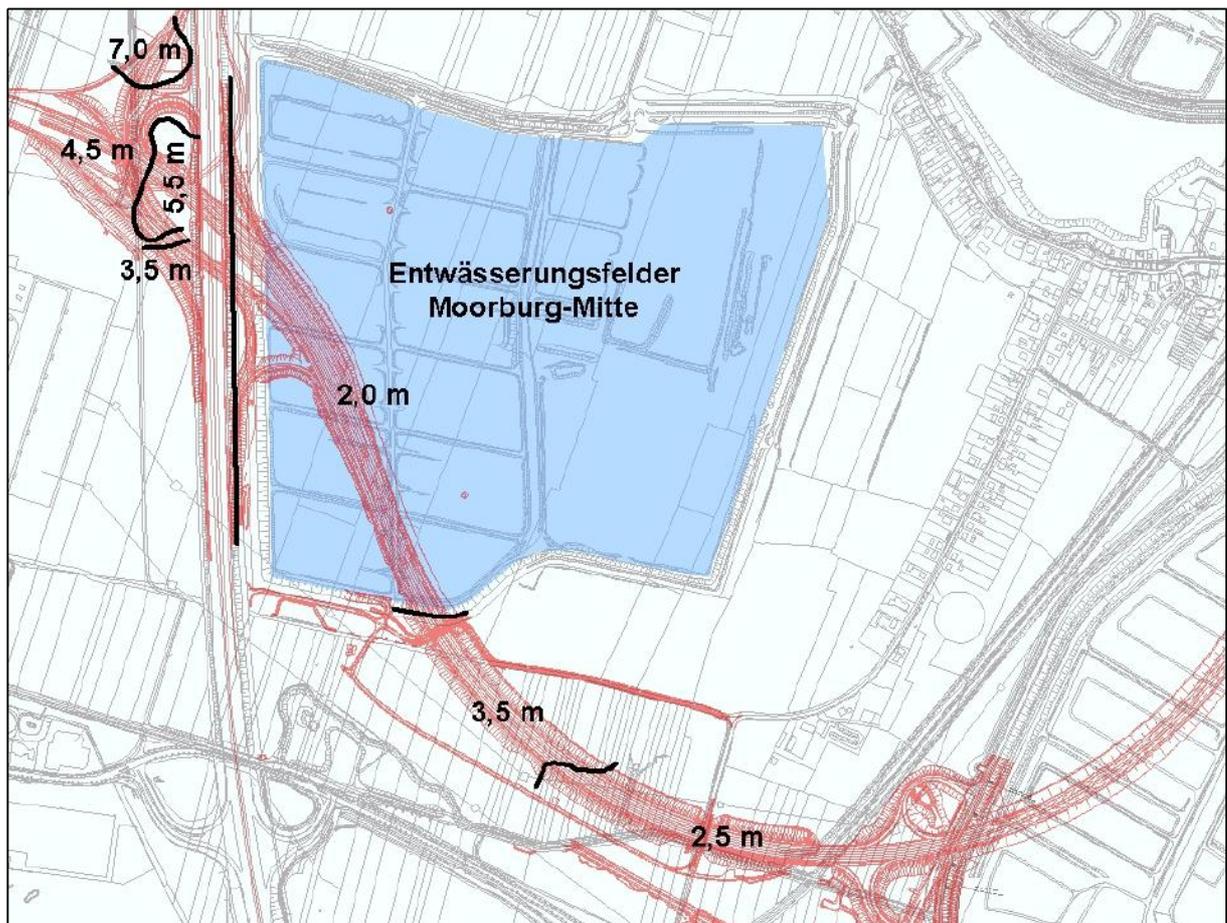


Abb. 1: Klassifizierte Bereiche der Torfmächtigkeit

Die Entwässerungsfelder Moorborg-Mitte liegen auf einem Altspülfeldkörper mit Höhen von über 5,0 mNN. Durch die Auflast sind die Weichschichten unterhalb des Aufhöhungskörpers bereits vorkonsolidiert.

Die natürlichen Weichschichten liegen den Sanden und Kiesen des ca. 15 bis 20 Meter mächtigen 1. Hauptgrundwasserleiters auf. Im Bereich des Planungsabschnittes der VKE 7051 wird das Strömungsbild im Grundwasserleiter maßgeblich durch die der Trinkwassergewinnung dienenden Entnahme aus dem Horizontalfilterbrunnen HFB2 von Hamburg Wasser bestimmt (siehe Abb. 2). Die Fassungsanlage ist Bestandteil des Wasserwerks Süderelbmarsch. Der Planungsabschnittes der VKE 7051 liegt außerhalb des zugehörigen Trinkwasserschutzgebietes.

Der Grundwassermodellierung liegt die Strömungssituation bei einer konstanten mittleren Entnahme zugrunde. Die im Betrieb auftretenden Schwankungen in der Entnahmemenge verändern die Strömungssituation jedoch nicht maßgeblich.

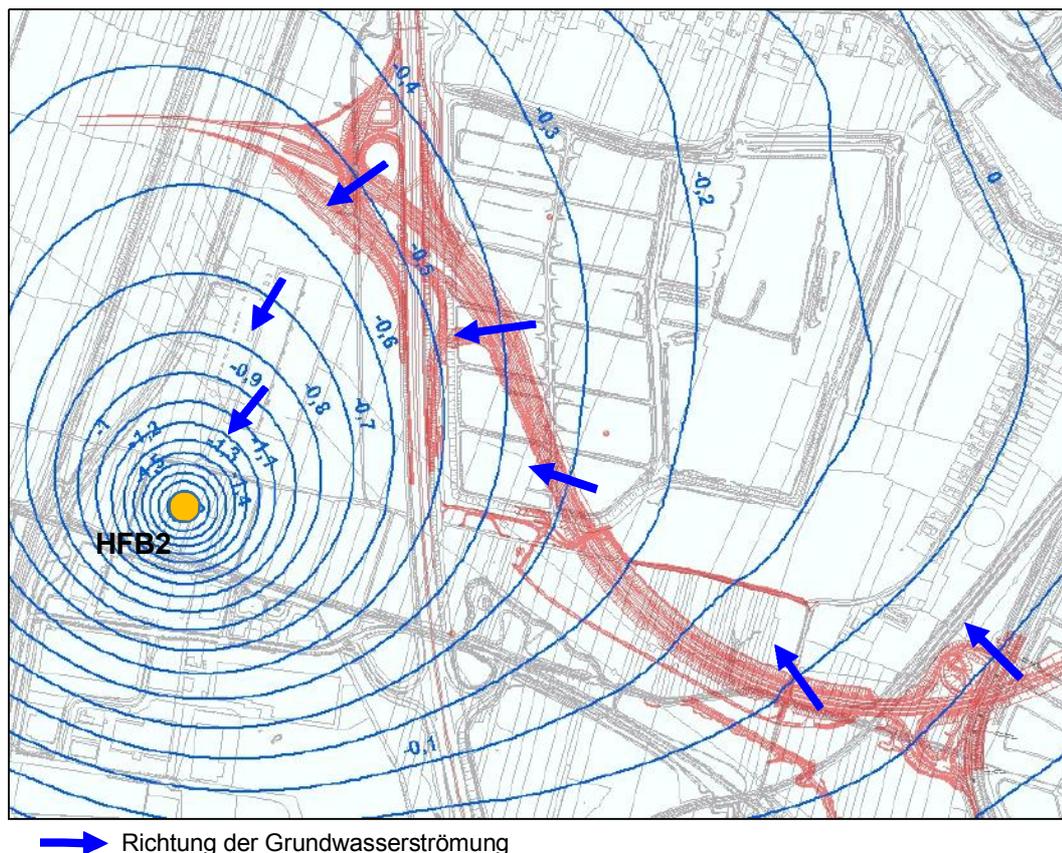


Abb. 2: Grundwassergleichen (mNN) im Planungsraum

Aus dem Kreuzungsbereich zwischen der A 7 und der geplanten A 26 strömt das Grundwasser nach Südwesten auf den Brunnen HFB2 zu. Im Bereich des Altspülfelds ist die Strömung nach Westen gerichtet. Südlich des Altspülfelds verringern sich die Strömungsgradienten im Grundwasser mit zunehmender Entfernung vom Brunnen deutlich, so dass hier sehr geringe Strömungsgeschwindigkeiten auftreten. Das Grundwasser strömt aus diesem Bereich zunächst nach Nordwesten und erreicht erst nach Jahren den Trassenabschnitt im Bereich des Spülfelds. Vom östlichen Ende der VKE 7051 dauert der Zustrom zum Brunnen HFB2 mehr als 25 Jahre.

Ein geringer Anteil des aus dem Trassenbereich abströmenden Grundwassers sickert in das Entwässerungssystem der Marsch aus. Durch die entnahmebedingte Absenkung des Grundwasserpotenzials nimmt die Aussickerung zum Brunnen HFB2 hin ab. Im näheren Umfeld des Brunnens liegt das Grundwasserpotenzial unterhalb des Niveaus der Wasserhaltung in den Oberflächengewässern, so dass hier die Sickerrichtung in den natürlichen Weichschichten nach unten gerichtet ist.

3 Grundwasser

3.1 Bemessungswasserstand Grundwasser

Der Bemessungsgrundwasserstand gibt den höchsten Grundwasserstand an, der unter natürlichen Randbedingungen eintreten kann. Da die durch den Menschen betriebene flächige Wasserhaltung im Marschbereich von existenzieller Bedeutung ist, ist ihre Wirkung in den ermittelten Bemessungsgrundwasserständen mit berücksichtigt. Im Trassenverlauf der A 26-Ost können bezüglich des Bemessungsgrundwasserstands drei Bereiche unterschieden werden (siehe Abb. 3).

Der westliche Abschnitt liegt am weitesten von den maßgeblichen Zustrombereichen des Grundwassers, dem Geestrand und der Elbe, entfernt. Infolge der Wasserhaltung im flachen Marschbereich ist in diesem Abschnitt der Bemessungsgrundwasserstand mit einem Wert von +0,5 mNN am niedrigsten.

Im mittleren Abschnitt des Planungsbereiches beträgt der Bemessungsgrundwasserstand +1,0 mNN. Der Einfluss des Zustroms vom Geestrand und von der Elbe bedingen hier allgemein höhere Grundwasserstände als im westlichen Abschnitt.

Die erforderlichen baulichen Eingriffe in den Grundwasserleiter im Planungsraum (z.B. Tragpfähle) bewirken dauerhafte Grundwasserstandsveränderungen nur in sehr geringem Maße. Eine Anpassung der beschriebenen Bemessungsgrundwasserstände im Planungsraum ist aufgrund der sehr geringen zu erwartenden Änderungsbeträge nicht erforderlich. Dies gilt auch bezüglich der Auswirkungen der baulichen Eingriffe in den benachbarten Planungsabschnitten (Hafenbahntunnel A 26-West, Pfeilergründungen Vorlandbrücke).

3.2 Grundwassermodell

Im Rahmen der Untersuchungen zur geplanten Baggergutdeponie Moorburg [5] erfolgte eine detaillierte Aufnahme des hydrogeologisch-wasserwirtschaftlichen Systems im weiteren Umfeld. Auf der Grundlage der ermittelten hydraulischen Wirkungskomponenten und einer Beschreibung ihrer Wechselwirkungen wurde ein Grundwassermodell erstellt. Das Modell beschreibt qualitativ alle Komponenten, die einen relevanten Einfluss auf die Strömungs- und Stofftransportsituation im 1. Hauptgrundwasserleiter besitzen.

Das hydrogeologisch-wasserwirtschaftliche Modell wurde unter Verwendung der Software FEFLOW in ein numerisches Strömungsmodell übertragen. Durch die Ergänzung des numerischen Modells um die für den Stofftransport relevanten Randbedingungen wurde das Strömungsmodell zum Transportmodell erweitert.

Die Aussagekraft des numerischen Strömungs- und Transportmodells wurde durch die Simulation von durch Messungen belegten Strömungssituationen und Konzentrationsverteilungen und einen Abgleich der berechneten Modellwerte mit den Messwerten geprüft. Das kalibrierte und validierte Modell kann zur Prognose von Planzuständen durch eine entsprechende Anpassung der Randbedingungen eingesetzt werden. In der Dok. 1 sind der Aufbau des numerischen Strömungs- und Stofftransportmodells sowie die Kalibrierung und Validierung des Modells dokumentiert.

In den vorliegenden Untersuchungen werden als maßgebliche vorhabensbezogene Auswirkung auf die Grundwassersituation die Porenwasserauspressungen infolge der Konsolidierung der natürlichen Weichschichten simuliert. Die Software FEFLOW wird dabei mit der aktuellen Version 7.0 eingesetzt.

Die geplanten Maßnahmen "A 26-West" sowie "Baggergutdeponie Moorburg" sind bezüglich ihrer dauerhaften Auswirkungen als planerischer Istzustand in das Modell übernommen worden. Im Bereich der geplanten Deponieaufstandsfläche entfällt die im Istzustand gegebene geringe Einsickerung in den Grundwasserleiter aus dem Stauwasserkörper von 30 mm/a. Im Trassenverlauf der A 26-West ist im Bereich des geplanten Tunnelbauwerks durch dessen Einbindung in den Grundwasserleiter die Grundwasserströmung verändert. Diese Anpassungen haben keine relevanten Auswirkungen auf die Prognoserechnungen zur geplanten VKE 7051 der A 26 (A 26-Ost).

3.2.1 Grundwasserströmung und Grundwasserstände

Vorhabensbezogene Auswirkungen auf die Strömungssituation im Grundwasserleiter ergeben sich durch die bis in den Grundwasserleiter geführten Elemente der Bauwerksgründungen und Bodenverbesserungen. Die entsprechenden Pfähle und Säulen reichen nur wenige Meter in die oberen Sande des Grundwasserleiters.

Aufgrund der generellen Vergrößerung des Sediments im ca. 15 bis 20 m mächtigen Grundwasserleiter zu dessen Basis hin, sind im unteren Abschnitt des Grundwasserleiters deutlich höhere hydraulische Durchlässigkeiten als im oberen gegeben. Die kleinräumigen Behinderungen der Grundwasserströmung durch die Gründungselemente bewirken daher insgesamt nur eine sehr geringe Veränderung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Grundwasserleiters.

Aus Untersuchungen zu hydraulischen Auswirkungen von Gründungselementen der geplanten „Südlichen Bahnanbindung Altenwerder“ [6] mit dem numerischen Grundwassermodell „Moorburg“ ist abzuleiten, dass durch die flache Einbringung von Gründungspfählen keine relevante Veränderung des Strömungsbildes bzw. der Grundwasserpotenziale bewirkt wird. Es sind vorhabensbezogen Grundwasserstandsveränderungen von weniger als drei Zentimetern zu erwarten.

Eine weitere vorhabensbezogene Beeinflussung der Grundwasserströmung ist durch die mit den Planungen einhergehende Veränderung der Entwässerungssituation gegeben. Durch den Fortfall von Graben- und Grüppenstrukturen im Bereich der Dammaufstandsfläche sowie die aufgrund der Konsolidierung in diesem Bereich verringerte Durchlässigkeit des Torfes ist kleinräumig eine Reduzierung des Grundwasseraustritts möglich. Aufgrund der generell geringen vertikalen Sickerraten und der relativ kleinen betroffenen Fläche sind jedoch keine relevanten Auswirkungen auf das Strömungsbild im Grundwasserleiter zu erwarten.

Auch durch den Porenwasserzustrom in den Grundwasserleiter infolge der Setzungsprozesse in der Bauphase sind keine relevanten Auswirkungen auf die Strömungssituation im Grundwasserleiter zu erwarten. Die Einsickerungsraten von weniger als einem Millimeter pro Tag sind dazu zu gering.

3.2.2 Stofftransport

Setzungen und Porenwasser

Mit der Umsetzung des Vorhabens ist eine Konsolidierung der natürlichen Weichschichten verbunden. Durch die Konsolidierung werden die Setzungsbeträge nach der Fertigstellung des Trassenkörpers auf ein unschädliches Maß reduziert.

Der Volumenverlust der natürlichen Weichschichten infolge der Komprimierung geht mit der Abgabe einer entsprechenden Menge von Porenwasser einher. Das Porenwasser wird dabei durch den sich einstellenden Druck sowohl nach unten als auch nach oben ausgepresst und über die Grenzflächen abgegeben. Der nach unten austretende Anteil des Porenwassers tritt dabei in den Grundwasserleiter über.

Durch die gegenüber dem Grundwasser abweichenden Stoffkonzentrationen kommt es vorhabensbezogen zu Auswirkungen auf die Beschaffenheit des Grundwassers. Diese werden im vorliegenden Gutachten durch die Anwendung eines numerischen Stofftransportmodells untersucht und bewertet. Mit dem Abschluss der Setzungen endet auch die Auspressung von Porenwasser.

Eine vorhabensbezogene Baugrundverbesserung mit einhergehender Auspressung von Porenwasser erfolgt in den in der Abb. 4 dargestellten Bereichen. Dabei ist zwischen Bereichen mit einem Gründungspolster auf Betonsäulen und Bereichen mit einer reinen Vorbelastung zu unterscheiden.

Eine Baugrundverbesserung durch Vorbelastung erfolgt im Bereich des Altspülfeldkörpers. Der nördliche Trassenabschnitt im Bereich des Altspülfeldkörpers bedarf keiner Konsolidierung der natürlichen Weichschichten. Aufgrund der Höhenlage der geplanten Fahrbahn reicht die Vorbelastung durch die bestehende Aufhöhung aus, so dass es in diesem Bereich nicht zur Auspressung von Porenwasser kommt.

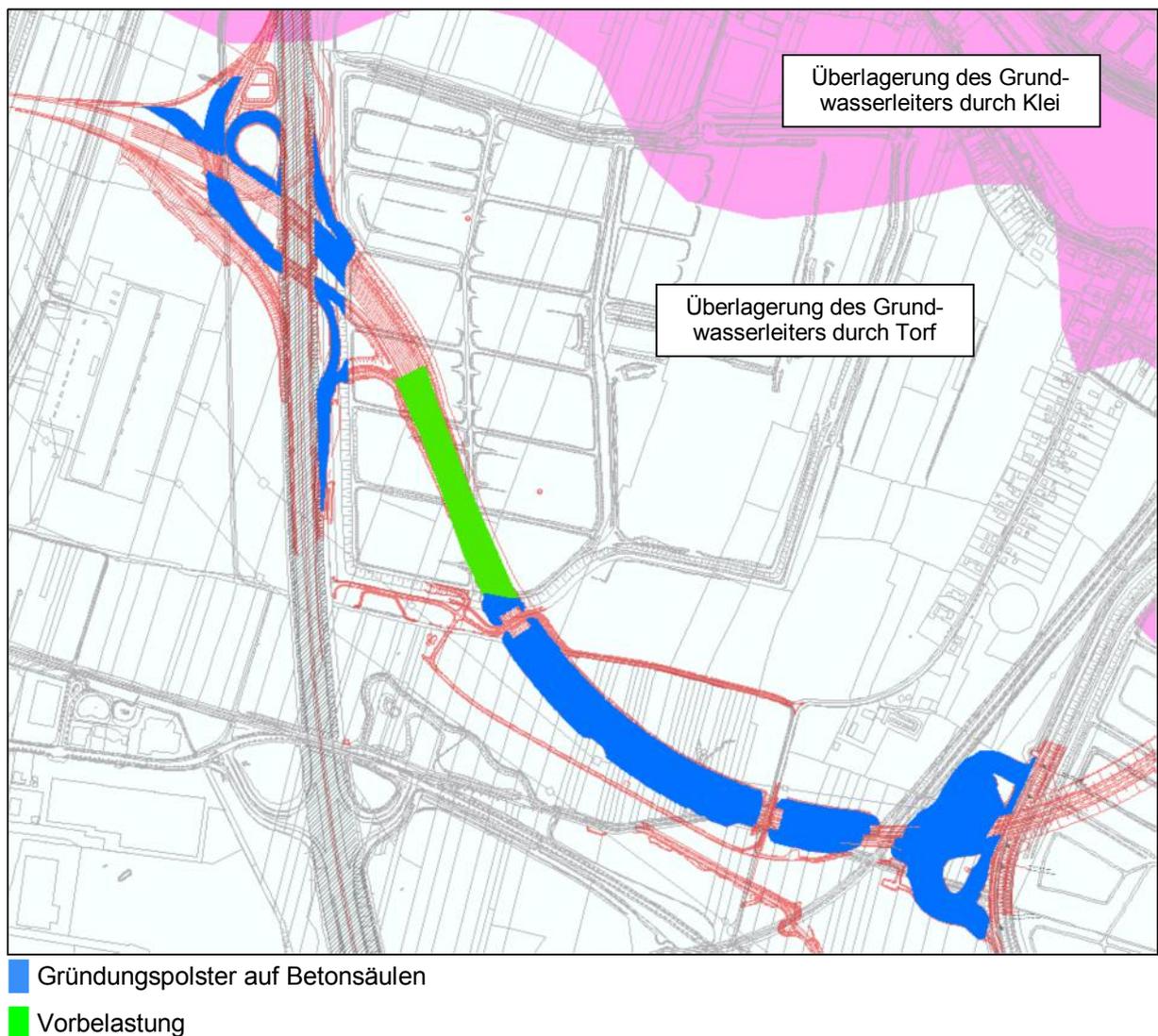


Abb. 4: Baugrundverbesserungen mit Porenwasseraustritten

Im Bereich der Kreuzung der geplanten Trasse mit der bestehenden Autobahn A7 werden in den vorliegenden Untersuchungen nicht für alle Äste die Auswirkungen der erforderlichen Baugrundverbesserung untersucht (siehe Abb. 4). Dies liegt darin begründet, dass ein Teil der Dämme im Kreuzungsbereich bereits mit der benachbarten Verkehrseinheit der geplanten A 26 (A 26-West) hergestellt und in diesem Zusammenhang untersucht wird.

Außerhalb des Altspülfeldkörpers ist einheitlich eine Baugrundverbesserung durch ein auf Betonsäulen aufgeständertes Gründungspolster vorgesehen. In einem ersten Arbeitsschritt wird dabei eine 1,5 m mächtige Arbeitsschicht aus Sand auf den Torf aufgebracht. Durch Vertikaldräns, die 1 m über der Weichschichtenbasis abgesetzt werden, wird eine beschleunigte Entwässerung und damit Setzung des Torfes bewirkt (siehe Abb. 5).

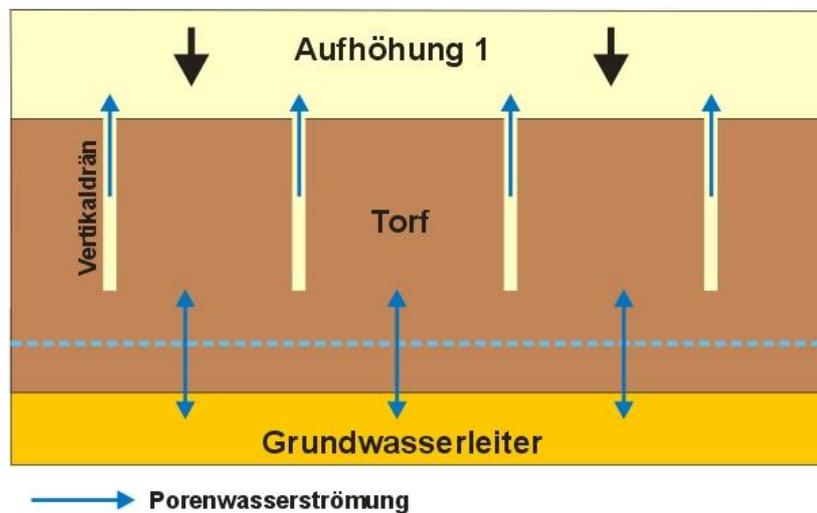


Abb. 5: Baugrundverbesserung außerhalb des Altspülfeldkörpers (Schritt 1)

Das Porenwasser bewegt sich aufgrund der hydraulischen Wegsamkeiten durch die Vertikaldräns größtenteils nach oben. An der oberen Grenzfläche des Torfes tritt Porenwasser in die sandige Aufhöhung aus. Unterhalb der Vertikaldräns bewegt sich das Porenwasser etwa jeweils zur Hälfte nach oben und nach unten. Das in den Grundwasserleiter einsickernde Porenwasser stammt aus den untersten 0,5 m der Torfablagerungen.

Der Setzungsbetrag während des ersten Schrittes beträgt ca. 0,25 m und stellt sich über einen Zeitraum von etwa 3 Monaten ein. Die in den Grundwasserleiter aussickernde Porenwassermenge ist außer vom Gesamtsetzungsbetrag von der Mächtigkeit des Torfes (siehe Kap. 2) abhängig, da diese den Betrag des Setzungsanteils im untersten 0,5 m mächtigen Torfabschnitt mitbestimmt.

Nach der ersten Aufhöhung können über die entstandene Arbeitsfläche die weiteren Maßnahmen zur erforderlichen Baugrundverbesserung erfolgen. In einem Raster von ca. 1,5 x 1,5 Metern werden Betonsäulen mit einem Durchmesser von ca. 0,4 m in den Untergrund eingebracht. Diese Betonsäulen reichen bis in die Sande des Grundwasserleiters und führen so die Lasten des geplanten Trassendamms in den tragfähigen Untergrund ab (siehe Abb. 6). Die Säulen führen durch die seitliche Verdrängung zu einer Komprimierung des Torfes.

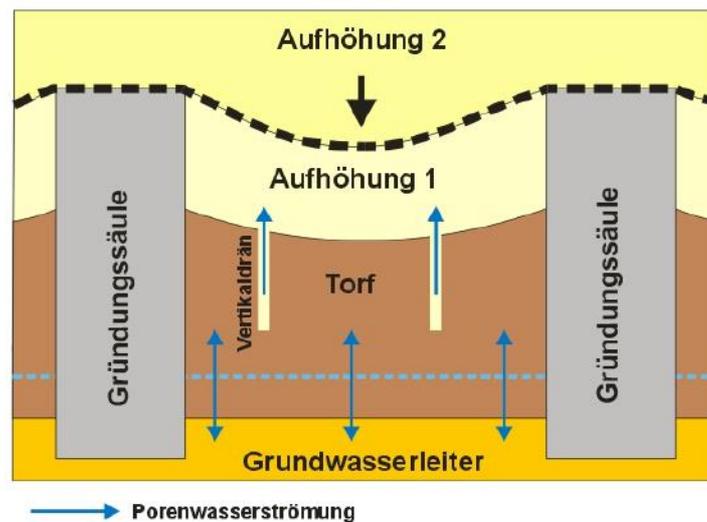


Abb. 6: Baugrundverbesserung außerhalb des Altspülfeldkörpers (Schritt 2)

Um die Auflast des Dammmaterials auch aus den Bereichen zwischen den Säulen auf diese zu übertragen, werden die Säulen mit einem zweilagigen Geogitter überspannt. Aufgrund der Dehnung des Geogitters unter der späteren Auflast bildet sich zwischen den Säulen ein Durchhang von maximal ca. 0,2 m der zu einer weiteren Setzung des Torfes führt.

Aus der Verdrängung der Pfähle und dem Durchhang der Geogitter resultiert ein mittlerer Setzungsbetrag von ca. 0,19 m, der mit dem Setzungsbetrag von 0,25 m aus der ersten Phase im Bereich der Gründungspolster auf Betonsäulen zu einem Gesamtsetzungsbetrag von 0,44 m führt.

Die Vorbelastung im Bereich des Altspülfelds führt zu einem Setzungsbetrag von maximal 0,5 m. Die Weichschichten sind in diesem Bereich durch die Aufhöhung bereits vorkonsolidiert. Aufgrund der nach Süden ansteigenden Höhenlage der Fahrbahn und der damit ansteigenden Auflast, treten die stärksten Setzungen am Südrand des Altspülfelds auf. Vertikaldräns zur Setzungsbeschleunigung werden im Bereich des Altspülfelds nicht eingesetzt. Es wird von einem Setzungszeitraum von 12 Monaten ausgegangen.

In der Tab.1 sind die für die Transportmodellierung aus den Verfahren der Baugrundverbesserung und den Beträgen der Torfmächtigkeit abgeleiteten Porenwasseraustritte in den Grundwasserleiter angegeben. Die Teilflächenzuordnung geht aus der Abb. 7 hervor.

Tab. 1: Beträge des grundwasserrelevanten Setzungsanteils der Teilflächen

Teilfläche (Abb. 7)	Flächengröße (m²)	mittlere Torfmächtigkeit (m)	grundwasser- relevanter Setzungsanteil (m)	Porenwasseraustritt in das Grundwasser (m³)
1	1.063	7	0,032	33,48
2	6.969	4,5	0,049	341,48
3	3.467	4,5	0,049	169,88
4	1.754	5,5	0,040	70,32
5	2.434	4,5	0,049	119,27
6	3.080	5,5	0,040	123,48
7	835	4,5	0,049	40,92
8	1.206	3,5	0,063	75,98
9	3.996	2	0,110	440,56
10	4.283	2	0,110	472,20
11	1.363	2	0,110	150,27
12	8.073	2	0,110	890,05
13	11.909	2	0,100	1.190,90
14	12.759	2	0,200	2.551,80
15	2.585	3,5	0,063	162,86
16	24.884	3,5	0,063	1.567,69
17	19.741	2,5	0,088	1.741,16
18	13.460	2,5	0,088	1.187,17
19	41.448	2,5	0,088	3.655,71

Entlang der eingebrachten Vertikaldräns ist die vertikale Durchlässigkeit der natürlichen Weichschichten zunächst auch noch nach der Bauphase erhöht. Da die Dränstreifen jedoch nur bis in ein Niveau von einem Meter oberhalb der Weichschichtenbasis reichen und da ihre hydraulische Durchlässigkeit mit der Zeit abnimmt, sind keine relevanten, über die Konsolidierungsphase hinausreichenden Wirkungen der Vertikaldräns zu erwarten.

Im Bereich der Pfahleinbringungen werden die geringdurchlässigen, natürlichen Weichschichten vollständig durchstoßen. Dies gilt sowohl für die Bereiche einer flächenhaften Baugrundverbesserung als auch für die Herstellung von Gründungselementen für Überführungsbauwerke.

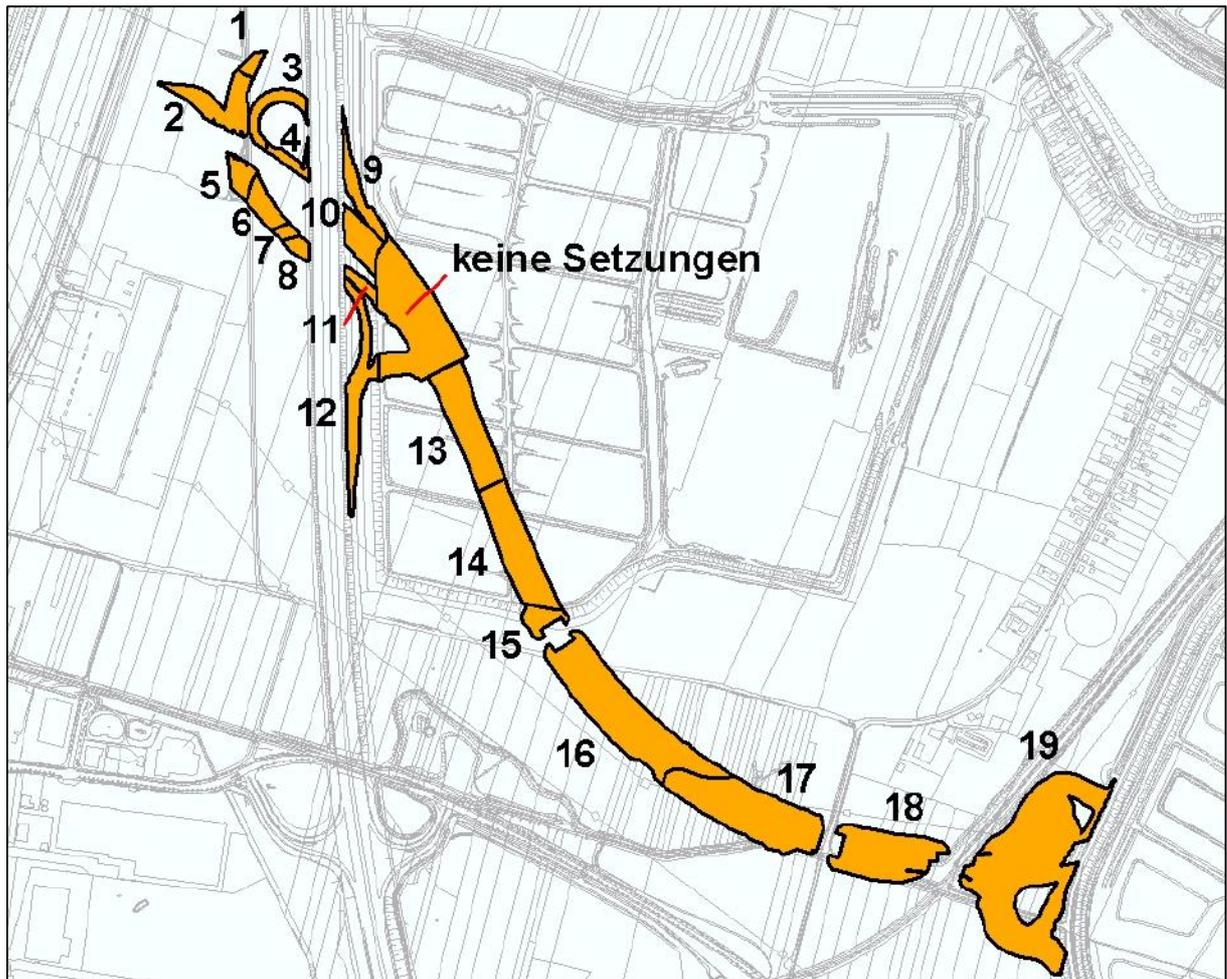


Abb. 7: Zuordnung der Teilflächennummern in Tab. 1

Um eine Verringerung der Schutzwirkung der Decksichten auszuschließen, ist die Entstehung hydraulischer Wechsamkeiten zwischen der Außenwand der Betonpfähle und den angrenzenden Weichschichten zu verhindern. Dies kann durch die Wahl geeigneter Bauverfahren gewährleistet werden.

Wir gehen davon aus, dass entsprechende Verfahren zwingend für den gesamten Bereich einer Baugrundverbesserung durch vertikale Tragsäulen vorgeschrieben werden, so dass im vorliegenden Gutachten keine Untersuchung möglicher Auswirkungen einer verminderten hydraulischen Schutzfunktion der natürlichen Weichschichten erfolgt.

Parameterauswahl

Da verschiedene Stoffe unterschiedliche Transporteigenschaften haben, müssen für die numerischen Transportmodellierungen die entsprechenden Parameter auf die zu untersuchenden Parameter abgestimmt und im Modell als Randbedingung festgelegt werden.

Im Rahmen der Untersuchungen zur geplanten Baggergutmonodeponie Moorburg [5] erfolgte eine Ermittlung sensibler Parameter bezüglich der Einpressung von Porenwasser in den Grundwasserleiter. Der Planungsraum der Baggergutdeponie grenzt im Bereich des Altspülfelds unmittelbar an die geplante Trasse der A 26. Aus den Auswertungen ging der Parameter Ammonium bezüglich der auftretenden Konzentrationen sowie der zu erwartenden Frachten als der einzig kritische hervor. Vor diesem Hintergrund erfolgt auch für die Auswirkungsprognose zur VKE 7051 die Transportmodellierung für den Parameter Ammonium.

Aufgrund der sehr differenzierten geogenen Ammonium-Vorbelastung im Grundwasserleiter sowie der besonderen Transportprozesse von Ammonium ist die Transportprognose zu diesem Parameter nur sehr eingeschränkt auf andere Parameter übertragbar. Um eine besser übertragbare Grundlage zur allgemeinen Einschätzung der Transportprozesse zu erhalten, erfolgte zusätzlich eine Transportmodellierung für einen idealen Tracer.

Transportberechnung Ammonium

Für die vorliegenden Untersuchungen wird die im Planungsbereich der Baggergutmonodeponie aus ca. 40 gemessenen Einzelwerten abgeleitete mittlere Ammoniumkonzentration im Torf von 11,1 mg/l zugrunde gelegt [5]. Die Stoffkonzentrationen im Porenwasser der Weichschichten schwanken im Allgemeinen deutlich. Der vorgenannte Wert wird aber als geeignetes Mittelwert auch durch Einzelmessungen im weiteren Umfeld, außerhalb des Altspülfeldbereiches bestätigt.

Der Transport von Ammonium wird außer durch die physikalischen Prozesse der Grundwasserströmung und der einhergehenden Dispersion durch weitere Faktoren beeinflusst (siehe Abb. 8). Die Nitrifikation sowie die Fixierung des Ammonium-Ions im Grundwasserleiter führen zu einer Abnahme der Stofffracht.

Im Grundwasserleiter zeigt sich darüber hinaus bei einer Auswertung der Grundwasserbeschaffenheit im 1. Hauptgrundwasserleiter eine sehr differenzierte Grundbelastung mit Ammonium. In der Abb. 9 ist die stationäre Verteilung der Ammoniumkonzentration zum Ausgangszeitpunkt der Transportsimulation für den oberflächennahen Grundwasserleiterabschnitt dargestellt.

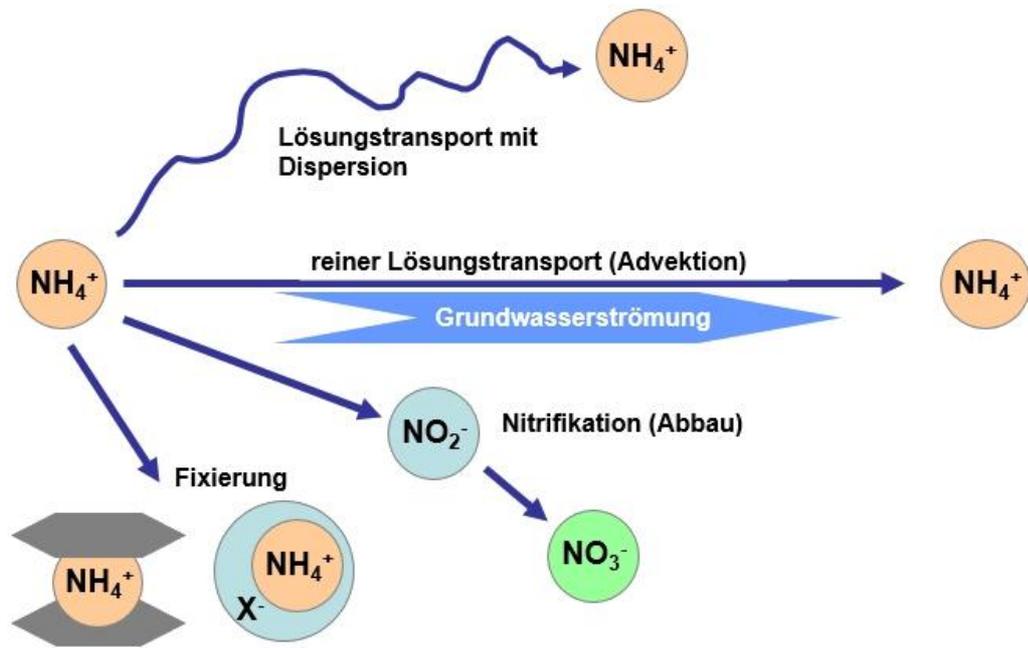


Abb. 8: Transportprozesse des Parameters Ammonium

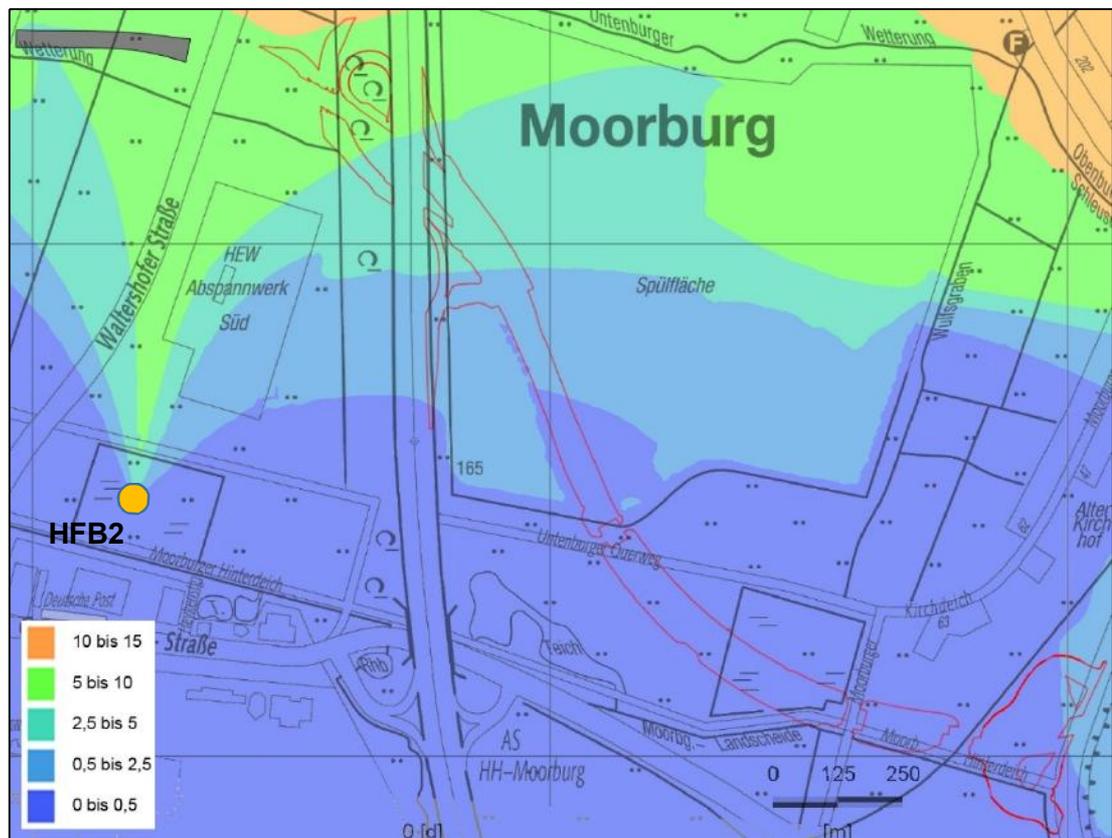


Abb. 9: Ausgangskonzentrationen Ammonium (mg/l)

Im nördlichen Bereich des Planungsraums sind die Ammoniumkonzentrationen deutlich höher als im Süden. Ursache ist die geogen erhöhte Ammoniumkonzentration im Bereich der nördlich gelegenen Kleimarsch (direkte Überlagerung des Grundwasserleiters durch Klei), deren Abgrenzung aus der Abb. 4 hervorgeht. Außerhalb der Kleimarsch nehmen die Ammonium-Konzentrationen mit der Transportdauer ab. Durch den beschleunigten Anstrom im Umfeld des Brunnens HFB2 reicht hier der Bereich erhöhter Konzentrationen bis zur Fassungsanlage. Der von der Geest erfolgende Grundwasseranstrom aus südlicher Richtung besitzt primär geringe Ammonium-Konzentrationen.

Ab dem Beginn der instationären Transportberechnung tritt dem Grundwasserleiter Porenwasser zu, das eine Ammonium-Konzentration von 11,1 mg/l aufweist. In der Abb. 10 ist die Verteilung der Ammonium-Konzentration im oberflächennahen Abschnitt des Grundwasserleiters nach einem Jahr, also unmittelbar nach Abschluss der Setzungsprozesse, dargestellt.

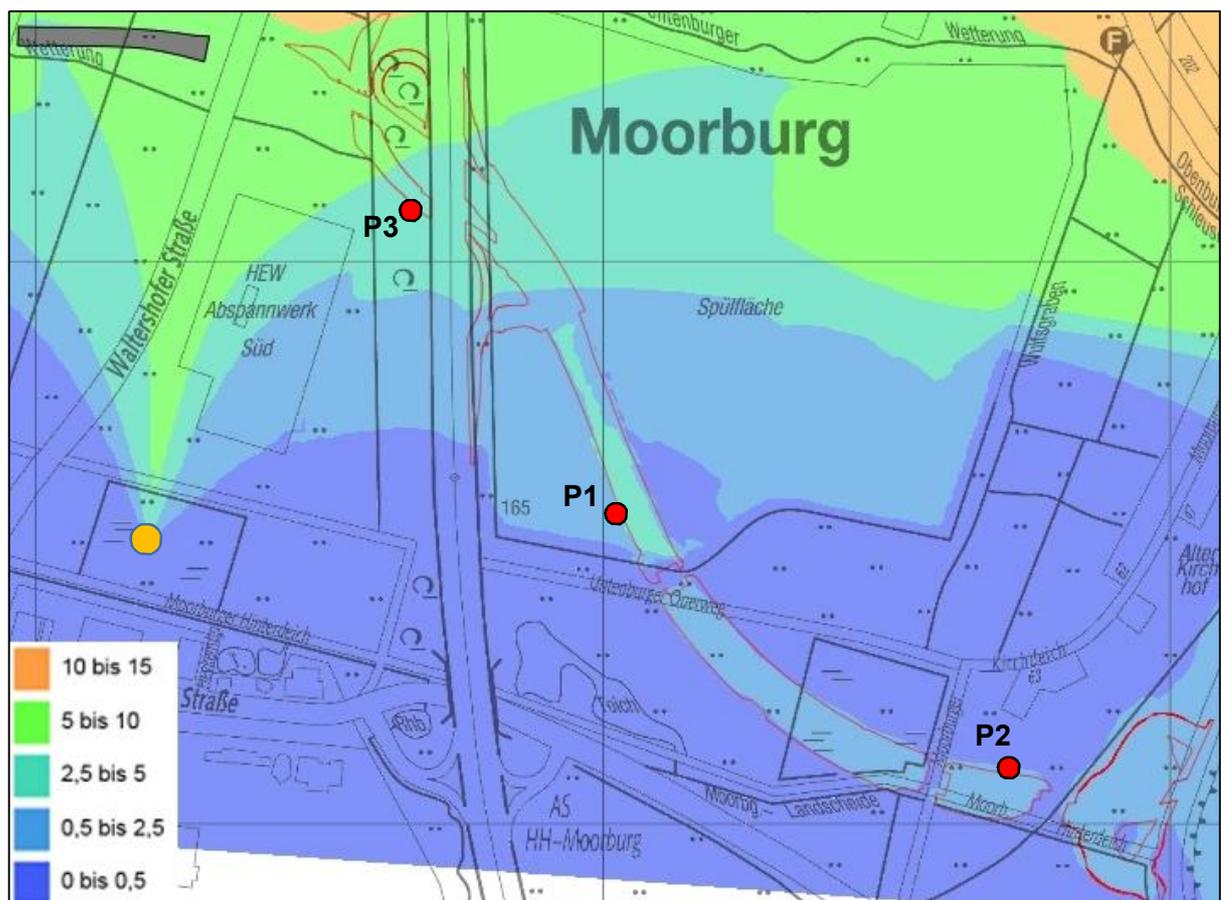


Abb. 10: Konzentration Ammonium (mg/l im oberflächennahen Bereich) nach 1 Jahr

Aufgrund der hohen Vorbelastungen an Ammonium sowie der relativ geringen Mengen an ausgepresstem Porenwasser ist im nördlichen Planungsbereich nahezu keine Veränderung erkennbar. Die Konzentrationsänderungen sind hier sehr gering. Im Bereich des Altspülfelds sowie im südlich anschließenden Trassenabschnitt sind geringe Konzentrationserhöhungen erkennbar.

An drei Punkten (P1 bis P3 in Abb. 10) wurde die Konzentrationsentwicklung im unmittelbaren Abstrom (ca. 5 bis 10 m Entfernung) der Maßnahme, bezogen auf das gesamte Grundwasserleiterprofil, ermittelt. Am Untersuchungspunkt P1 wird, ausgehend von einer Konzentration von 0,047 mg/l nach 1,5 Jahren eine maximale Konzentration von 0,61 mg/l erreicht. Nach 5 Jahren ist der Wert wieder auf 0,059 mg/l gefallen.

An den Punkten P2 und P3 betragen die Ausgangskonzentrationen 0,045 mg/l bzw. 3,03 mg/l. Bei P2 wird die maximale Konzentration nach 1,5 Jahren mit 0,171 mg/l und bei Punkt 3 mit 3,103 mg/l nach 2 Jahren erreicht. Die Werte fallen nach 5 Jahren auf 0,089 mg/l bzw. 3,033 mg/l.

Fünf Jahre nach Beginn der Baugrundverbesserung (4 Jahre nach Abschluss der Setzungsprozesse) ist keine markante Veränderung der Konzentrations-Verteilung mehr zu erkennen (siehe Abb. 11). Durch Verdünnungs- und Abbauprozesse im Zuge des Stofftransports ist die Konzentrationsveränderung gegenüber der Ausgangssituation nur noch sehr gering. Aufgrund der sehr geringen Strömungsgeschwindigkeiten und entsprechend geringerer Verdünnung ist noch eine Konzentrationserhöhung am östlichsten Ende des geplanten Trassenabschnittes erkennbar.

Der Brunnen HFB2 fasst nahezu den gesamten Grundwasserabstrom aus dem Planungsraum. Um eine mögliche Beeinflussung der Trinwassergewinnung durch die vorhabensbezogene Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit beurteilen zu können, wurde die Entwicklung der Ammonium-Konzentration im Rohwasser des Brunnens mit dem Transportmodell ermittelt. Die Konzentrations-Entwicklung ist in der Abb. 12 als Ganglinie dargestellt.

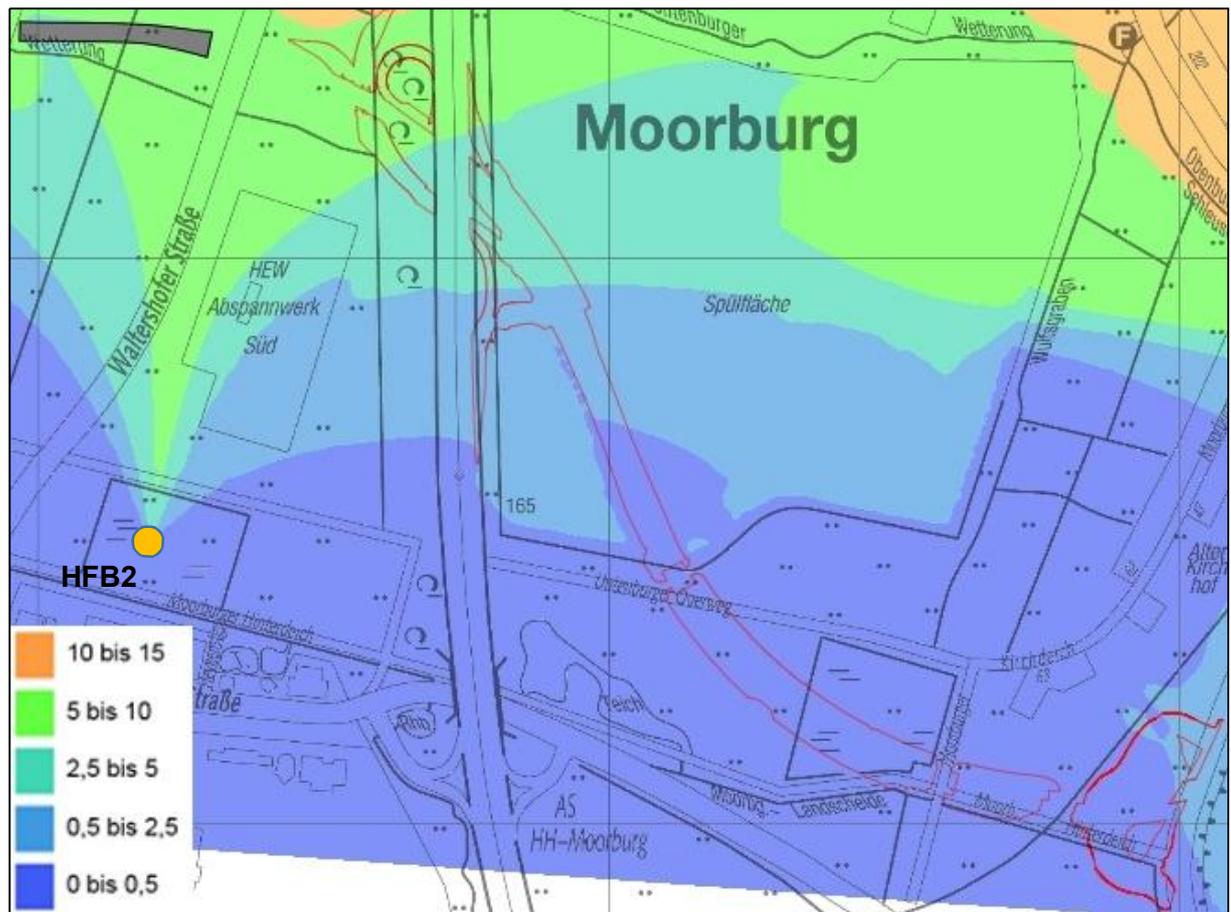


Abb. 11: Konzentration Ammonium (mg/l im oberflächennahen Bereich) nach 5 Jahren

Die stärkste vorhabensbezogene Erhöhung der Ammonium-Konzentration im Rohwasser des Brunnens HFB2 tritt etwa 6 Jahre nach Beginn der Weichschichtenkonsolidierung ein und beträgt weniger als 0,01 mg/l. Nach ca. 15 Jahren wird wieder weitestgehend die Ausgangskonzentration erreicht. Aufgrund der sehr geringen und zeitlich begrenzten Auswirkung ist die vorhabensbezogene Erhöhung der Ammonium-Konzentration im Brunnen HFB2 als nicht erheblich zu betrachten.

Dies gilt auch für den hypothetischen Fall, dass durch die vorhabensbezogene Konzentrationserhöhung vorübergehend der Schwellenwert der Grundwasserverordnung bzw. der Grenzwert des Indikatorparameters Ammonium der Trinkwasserverordnung (0,5 mg/l) im Rohwasser des Brunnens überschritten wird. Vor dem Hintergrund der geogenen Grundbelastung und der geringen Toxizität des Parameters Ammonium ist die vorhabensbezogene Erhöhung der Ammonium-Konzentration im Brunnen HFB2 auch dann als nicht erheblich zu betrachten.

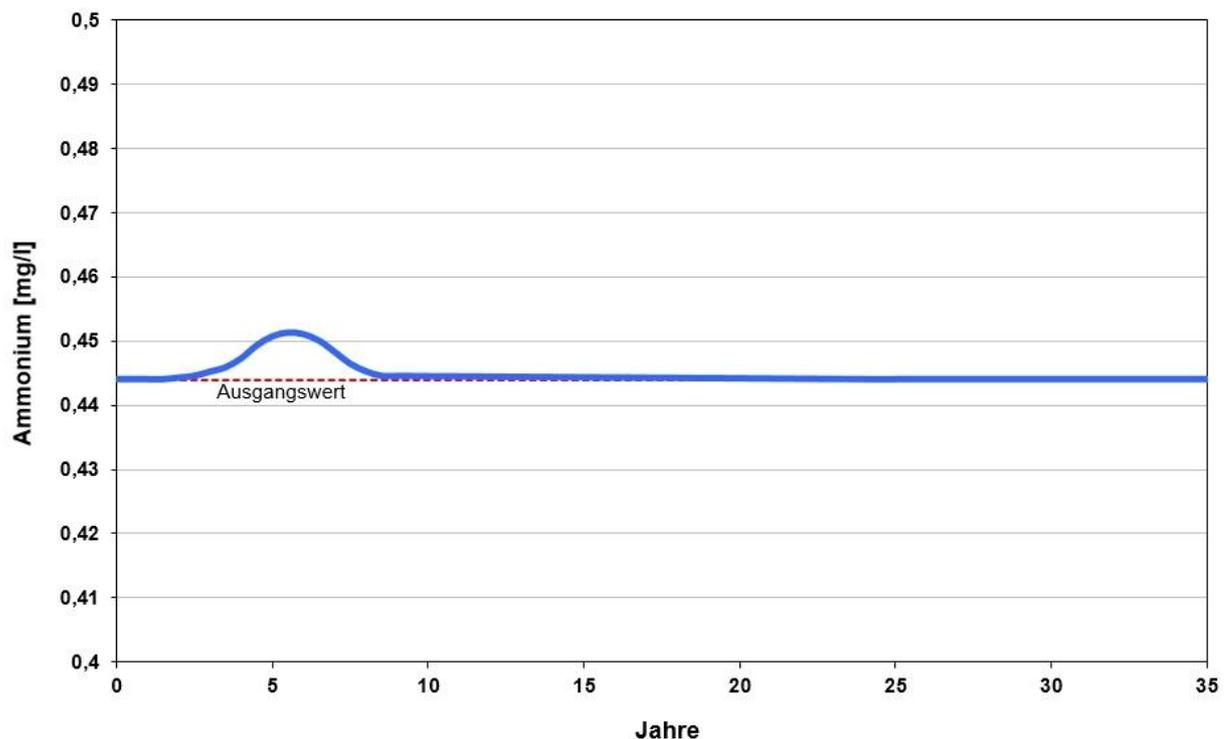


Abb. 12: Ammonium-Konzentration im Rohwasser des Brunnens HFB2

Durch das im Anstrombereich, unmittelbar östlich an die VKE 7051 angrenzende Planungsvorhaben „Baggergutdeponie Moorburg“ erfolgt voraussichtlich auch ein Porenwassereintrag in den Grundwasserleiter. Für diese Maßnahme wurde in Voruntersuchungen [5] eine vorübergehende Erhöhung der Ammoniumkonzentration im Rohwasser des Brunnens HFB2 von maximal 0,07 mg/l ermittelt.

Im Falle eines Baubeginns der Baggergutdeponie Moorburg etwa 10 Jahre vor dem Bau der VKE 7051 der A 26 kann eine Überlagerung der maximalen Auswirkungen auf den Brunnen HFB2 nicht ausgeschlossen werden. Eine entsprechende Abfolge in der Umsetzung der Planungsvorhaben ist nach dem derzeitigen Planungsstand nicht realistisch. Aufgrund der in beiden Vorhaben geringen und zeitlich begrenzten Konzentrationserhöhung sowie der geringen Grundbelastung und der geringen Toxizität des Parameters Ammonium wäre jedoch auch eine akkumulierte Erhöhung der Ammonium-Konzentration im Brunnen HFB2 als nicht erheblich zu betrachten.

Die Planungen zur Südlichen Bahnanbindung Altenwerder (SBA) befinden sich in einem sehr frühen Stadium. Von den vier vergleichend bewerteten Trassenvarianten [7] ist nur für die drei südlichen (M1, M2 und S) eine Überlagerung der Auswirkungen auf das Grundwasser zu erwarten. In vorausgehenden, weiterführenden Untersuchungen zur Trassenvariante M2 wurden nur sehr geringe, zeitlich begrenzte Auswirkungen infolge von Porenwasserauspressungen auf das Grundwasser festgestellt. Die Auswirkungen der Varianten M1 und S können als vergleichbar gering abgeschätzt werden. Es ist daher davon auszugehen, dass auch bei einer Überlagerung der grundwasserbezogenen Auswirkungen der Planungsvorhaben VKE 7051 und SBA diese nicht als erheblich zu bewerten sind.

Transportberechnung idealer Tracer

Ein idealer Tracer ist ein fiktiver Stoff, der beim Transport im Grundwasser keine chemische Veränderung oder Wechselwirkung zeigt. Er wird also in seiner Konzentration nicht durch Abbauprozesse oder Reaktionen verändert und erfährt auch keine zeitliche Transportverzögerung durch Retardation. Die Stoffbewegung wird nur durch die Strömung des Grundwassers (advektiver Transport) und die durch die Grundwasserleiterstruktur bewirkte longitudinale und transversale Dispersion bestimmt.

Durch die beschriebenen Eigenschaften kann das Ergebnis einer Transportprognose für einen idealen Tracer als Referenz einer maximalen Stoffausbreitung im entsprechenden System dienen. In der durchgeführten Untersuchung wurde die Ausgangskonzentration im Porenwasser mit dem Wert 100 angesetzt. So lassen sich die Werte der Auswertungen verallgemeinert als Prozent der Ausgangskonzentration lesen. Im Grundwasserleiter wird die Ausgangskonzentration einheitlich mit dem Wert 0 angesetzt.

In der Abb. 13 ist die Ausbreitung des idealen Tracers im oberflächennahen Abschnitt des Grundwasserleiters nach einem Jahr, also unmittelbar nach Abschluss der Setzungsprozesse, dargestellt. An den drei Beobachtungspunkten im Abstrom treten nach 1,5 bis 2 Jahren die maximalen Werte mit 5,109 (P1), 1,133 (P2) und 1,075 (P3) auf. Ein über das Porenwasser vorhabensbezogen in den Grundwasserleiter eingetragener Stoff würde somit im unmittelbaren Abstrombereich der Maßnahme maximal mit rd. 5 % seiner Ausgangskonzentration erfasst werden.

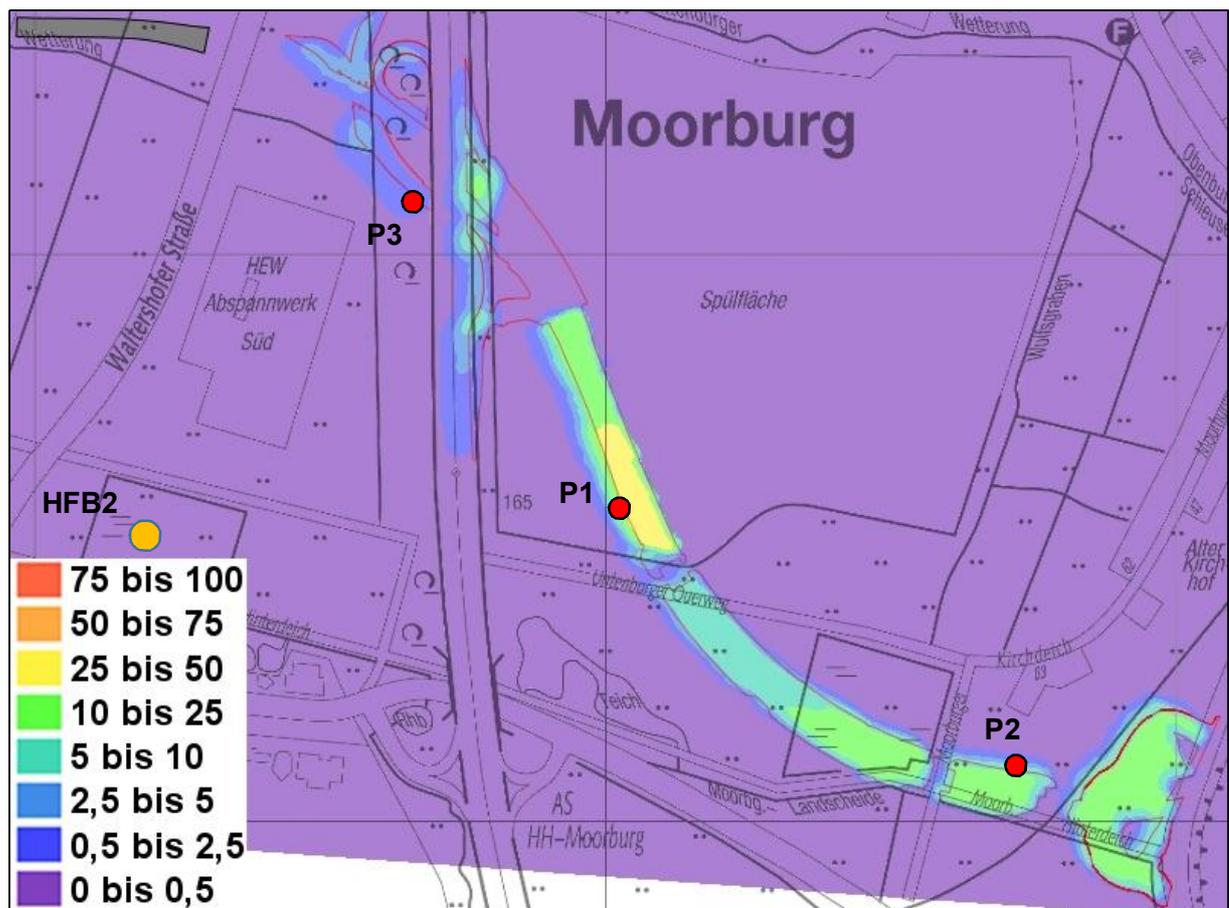


Abb. 13: Konzentration idealer Tracer (% der Ausgangskonzentration) nach 1 Jahr

Nach 5 Jahren ergibt sich für den idealen Tracer im oberflächennahen Grundwasserleiterabschnitt das in der Abb. 14 dargestellte Verteilungsbild. In der Darstellung ist deutlich zu erkennen, dass die vorhabensbezogene Stoffeinbringung aus dem nördlichen Trassenbereich den Brunnen HFB2 bereits erreicht hat, während die Transportweite im südlichen Bereich gering ist. Dabei ist anzumerken, dass ein Großteil des Stofftransports zum Brunnen nicht in dem dargestellten oberflächennahen Abschnitt des Grundwasserleiters sondern im unteren Abschnitt erfolgt, der aus gröberen Sediment aufgebaut ist und daher deutlich höhere Durchlässigkeiten aufweist.

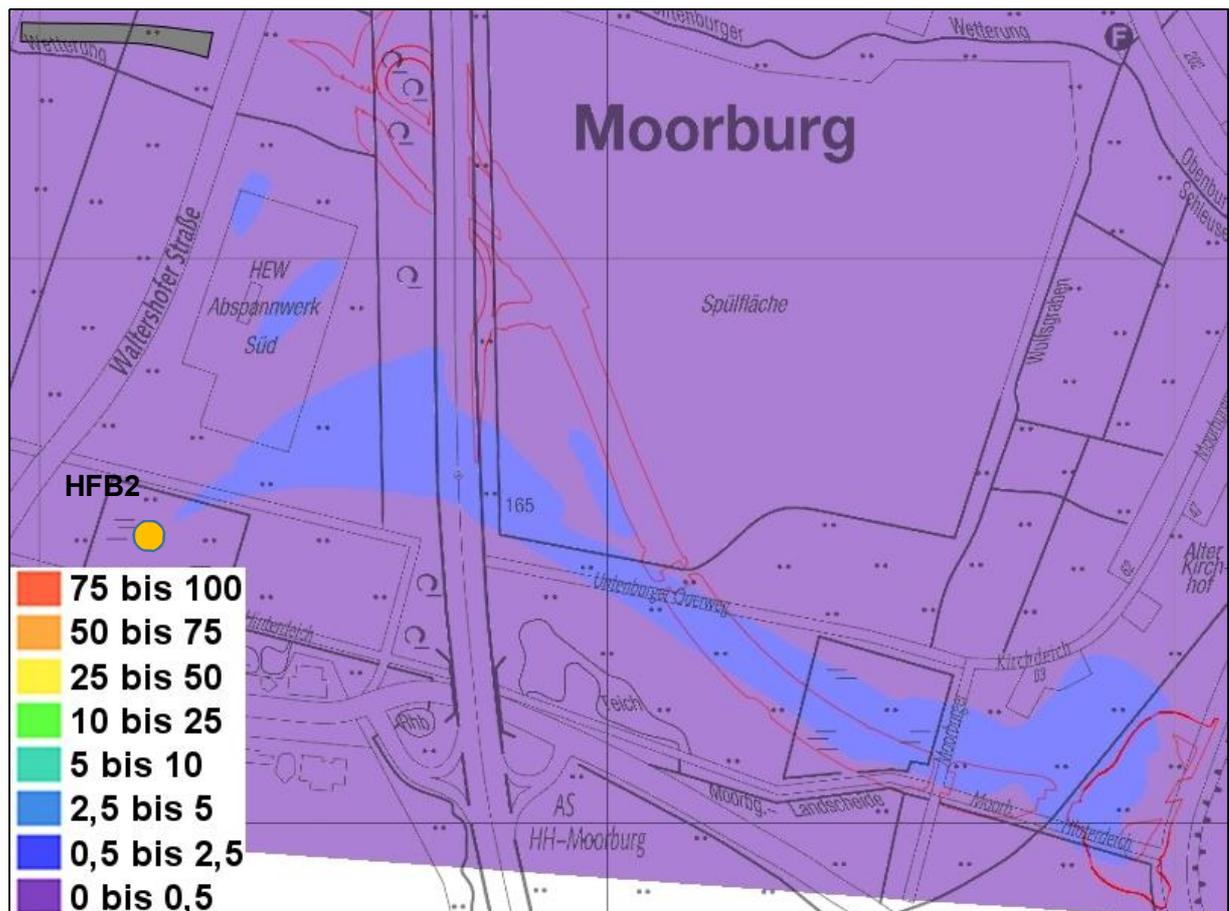


Abb. 14: Konzentration idealer Tracer (% der Ausgangskonzentration) nach 5 Jahren

In der Abb. 15 ist der Eintrag des idealen Tracers in den Brunnen HFB2 als Ganglinie dargestellt. Im Rohwasser des Brunnens wird der Tracer bei der Prognoserechnung maximal mit 0,08 % der Ausgangskonzentration erfasst. Der Maximalwert wird nach ca. 6 Jahren erreicht und fällt im Folgezeitraum wieder stark ab. Aufgrund des gegenüber der Transportberechnung für Ammonium fehlenden Abbaus erfolgt ein Stoffeintrag über einen Zeitraum von mehr als 25 Jahren.

Die Eintragskonzentrationen sind, übertragen auf Schadstoffparameter im Torf, als unerheblich zu betrachten. Als Beispiel ergäbe sich für den Parameter Arsen (Konzentration im Porenwasser ca. 1,45 µg/l nach [5]) ohne Berücksichtigung von Sorptionsprozessen vorhabensbezogen eine Konzentrationserhöhung von rd. 0,001 µg/l.

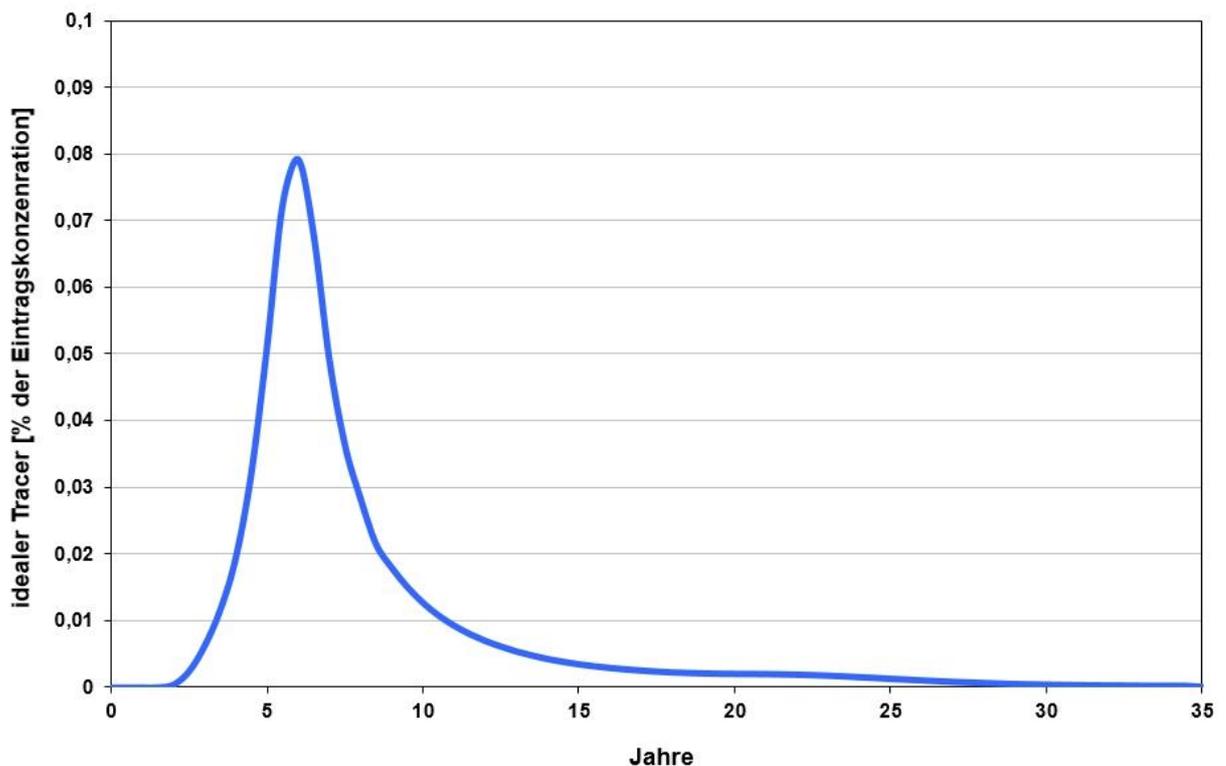


Abb. 15: Eintrag des idealen Tracers in das Rohwasser des Brunnens HFB2

In den vorausgehenden Ausführungen zum Parameter Ammonium wurde eine mögliche Überlagerung der maximalen, zeitlich begrenzten vorhabensbezogenen Auswirkungen mit denen des Planungsvorhabens „Baggergutdeponie Moorburg“ beschrieben. Aufgrund der Untersuchungsergebnisse zum Stofftransport und zur Porenwasserbeschaffenheit ist auch in dem nach dem Planungsstand unrealistischen Fall einer überlagerten Auswirkung für keinen Parameter eine vorhabensbezogene Überschreitung von Grenzwerten zu erwarten.

Stofffrachten

Unter Ansatz einer vollständigen vorhabensbezogenen Setzung der Weichschichten im gesamten geplanten Trassenbereich innerhalb eines Jahres ergibt sich bezüglich des Parameters Ammonium eine in das Grundwasser eingebrachte Jahresfracht von ca. 166 kg. Diese überschreitet den Wert der „geringen Fracht“ nach LAWA/LABO 2006 (86 kg) um ca. das Doppelte. Aufgrund der geringen toxischen Bedeutung des Parameters und des zeitlich begrenzten Eintrags sowie vor dem Hintergrund der gegebenen geogenen Vorbelastung im Grundwasserleiter ist die Überschreitung der geringen Fracht bezüglich des Parameters Ammonium als nicht erheblich zu betrachten.

Für weitere Parameter sind im Porenwasser keine Konzentrationen zu erwarten, die vorhabensbezogen eine Überschreitung der „geringen Fracht“ nach LAWA/LABO 2006 erwarten lassen. Für den Parameter Arsen (Konzentration im Porenwasser ca. 1,45 µg/l nach [5]) ergäbe sich beispielhaft eine Gesamtfracht von ca. 0,02 kg gegenüber einem Wert der „geringen Fracht“ von 1,72 kg. Es sind daher insgesamt keine erheblichen Auswirkungen bezüglich der vorhabensbezogenen in den Grundwasserleiter eingebrachten Stofffrachten zu erwarten.

Aufgrund der räumlichen Nähe der benachbarten Planungsvorhaben „A 26-West“, „Baggergutdeponie Moorburg“ und „Südliche Bahnanbindung Altenwerder“ sind bei der Bewertung der Stofffrachten mögliche Akkumulationen zu berücksichtigen. Die im vorliegenden Bericht beschriebene Stoffeinbringung in den Grundwasserleiter durch den Bau der VKE 7051 (A 26-Ost) wird über den Zeitraum von etwa einem Jahr, innerhalb der Bauphase, erfolgen und ist dann abgeschlossen.

Nach dem derzeitigen Planungsstand ist eine zeitliche Überlagerung des Porenwasser-austrags mit einer Konsolidierungsphase eines der weiteren Planungsvorhaben unrealistisch. Die Bauphase des westlichen angrenzenden Trassenabschnittes der A 26 ist voraussichtlich früher abgeschlossen. Die Umsetzung der Planungsvorhaben „Baggergutdeponie Moorburg“ und „Südliche Bahnanbindung Altenwerder“ ist zeitlich nicht absehbar und erfolgt voraussichtlich erst nach Abschluss der Bauphase der VKE 7051 der A 26. Eine Bewertung möglicher Akkumulationen der durch die Vorhaben mit dem Porenwasser in den Grundwasserleiter eingetragenen Jahresfrachten ist daher nicht erforderlich.

4 Stauwasser

4.1 Bemessungswasserstand Stauwasser

Der Bemessungstauwasserstand gibt den höchsten Stauwasserstand an, der unter natürlichen Randbedingungen eintreten kann. Im Trassenverlauf der A26-Ost ist ein relevantes Auftreten von Stauwasser im Bereich der Entwässerungsfelder Moorburg-Mitte gegeben. Das Stauwasser erfüllt hier maßgeblich den unter den Entwässerungsfeldern liegenden Altpülfeldkörper. Aufgrund der vorhandenen Stauwasserstandsaufzeichnungen lassen sich bezüglich des Bemessungstauwasserstands zwei Bereiche differenzieren (siehe Abb. 16).

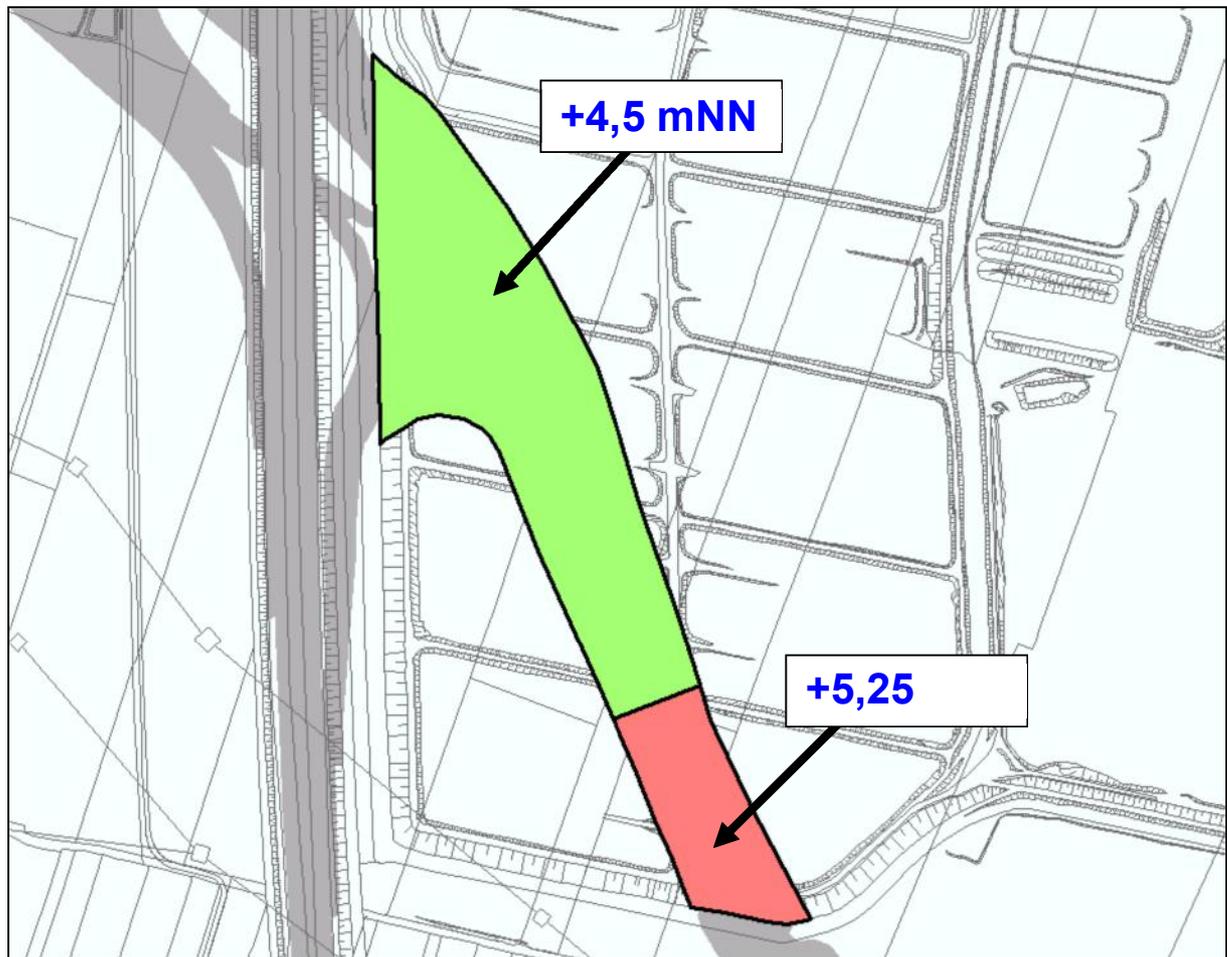


Abb. 16: Bemessungstauwasserstände im Trassenbereich (Bauphase)

Im nördlichen Abschnitt sind Stauwasserstände von maximal +4,5 mNN zu erwarten. Im südlichen Abschnitt sind etwas höhere Stauwasserstände zu erwarten. Der Bemessungstauwasserstand wird hier mit +5,25 mNN festgelegt. Aufgrund der sehr inhomogenen Struktur des Altspülfeldkörpers mit einem kleinräumigen Wechsel sandiger und geringdurchlässiger Ablagerungen kann jedoch kein allgemeiner Anstieg oder Abfall der Stauwasseroberfläche in eine bestimmte Richtung beschrieben werden.

In der Betriebsphase werden die Stauwasserstände durch die geplanten, beidseits der Trasse im Altspülfeldkörper liegenden Drainageleitungen beeinflusst. Diese Dränagen stellen durch eine Absenkung des Stauwasserstands sicher, dass kein verunreinigtes Wasser aus dem Altspülfeldkörper den höher gelegenen Fassungseinrichtungen für Niederschlagswasser aus den Böschungs- und Straßenflächen zuströmt. Nach den durchgeführten Modellrechnungen beträgt der Abstand der höchsten Stauwasserstände zur Unterkante des Trassenaufbaus (Frostschuttschicht) mehr als 1,0 m.

4.2 Stauwassermodelle

Die Höhenlage der Trasse der A 26-Ost steigt im Bereich der Entwässerungsfelder Moorburg-Mitte von Nordwesten nach Südosten an. Die Entwässerungsfelder liegen auf einem Altspülfeld auf, in das die Trasse einschneidet. Da das Stauwasser im Aufhöhungskörper Belastungen aufweist, ist ein Zutritt von Stauwasser in die Fassungen zur Ableitung von Niederschlagswasser aus den Böschung- und Fahrbahnbereichen zu vermeiden. Darüber hinaus ist durch die Planung sicherzustellen, dass es vorhabensbezogen nicht zu einer gegenüber dem Istzustand verstärkten Einsickerung von Wasser in den Altspülfeldkörper kommt. Hierzu wurden unter dem ergänzenden Einsatz von zwei numerischen Strömungsmodellen entsprechende Planungskomponenten entwickelt und optimiert.

Die beiden Strömungsmodelle simulieren die zu erwartenden Strömungsverhältnisse im Stauwasserkörper im Einschnittbereich der Autobahntrasse. Sie wurden als vertikale 2-D-Strömungsmodelle mit der Software FEFLOW erstellt und verlaufen quer zur Trassenachse. Im Rahmen der Projektdurchführung wurden Modelle zu unterschiedlichen Schnittlagen erstellt. Die Lage der Modellschnitte zum abschließenden Planungsstand (Stationen 0+274 und 0+423) ist in der Abb. 17 dargestellt.

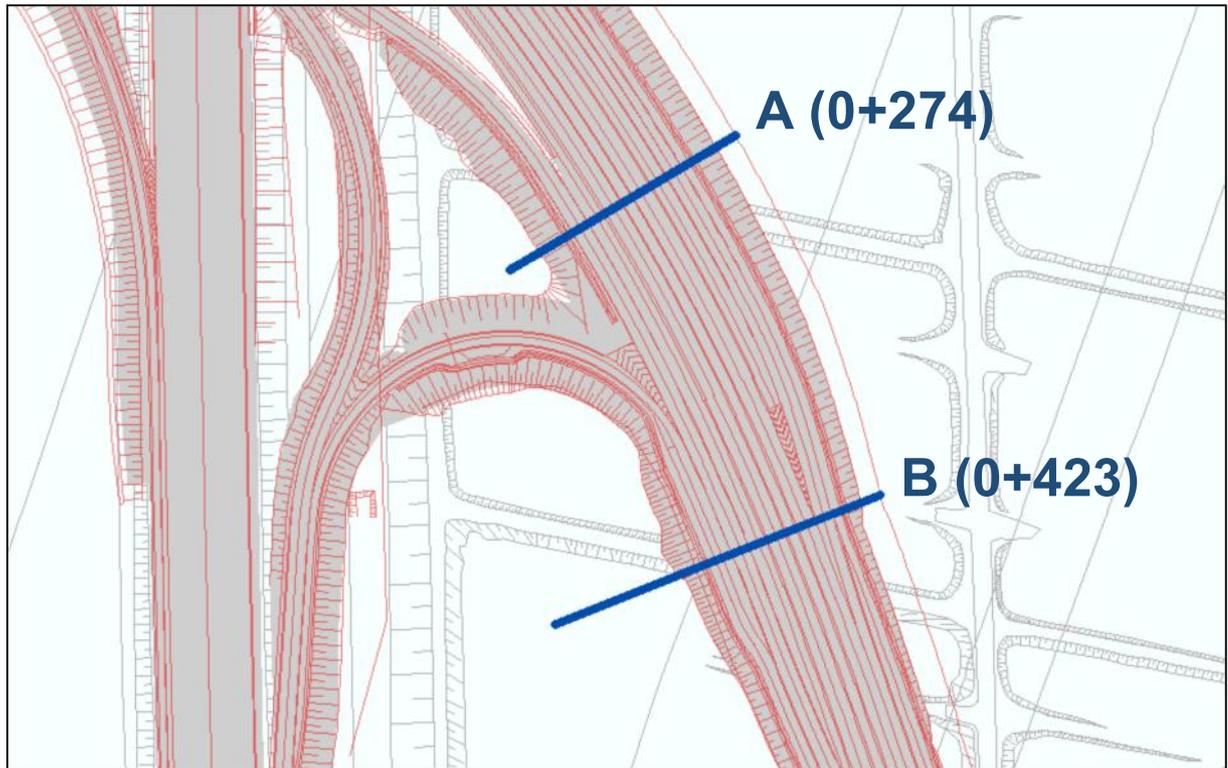


Abb. 17: Lage der Vertikalschnittmodelle A und B

Die Strömungsmodelle wurden mit der Software FEFLOW (Version 7.0) als Finite-Elemente-Modell erstellt. Da aufgrund der Einschaltung geringdurchlässiger Schichten im Aufhöhungskörper (Schlickdichtung als Horizont zwischen Altspülfeld und Trocknungsfeldern) davon auszugehen ist, dass sich in Teilbereichen in der Vertikalen keine durchgehende vollständige Sättigung einstellt, war ein Modellansatz mit variabler Sättigung (Richard's Gleichung) erforderlich.

Die Rechenläufe beschrieben als stationäre Rechnungen einen mittleren Gleichgewichtszustand des hydraulischen Systems. Aufgrund der insgesamt geringen Durchlässigkeiten des Altspülfeldmaterials und der darüber liegenden Schlickdichtung sind auch keine erheblichen Schwankungen der Strömungssituation zu erwarten.

Als Modellränder wurde jeweils im Osten die Mitte der angrenzenden Teilfläche des Aufhöhungskörpers und im Westen die Vorhabensgrenze gewählt. Um die Strömungsprozesse detailliert nachbilden zu können, wurde das Modellnetz mit einer maximalen Maschenweite von ca. 10 bis 20 cm erstellt. Daraus resultiert in beiden Modellen eine Anzahl von rd. 300.000 Elementen. Die Struktur der Modellschnitte ist in der Abb. 18 dargestellt.

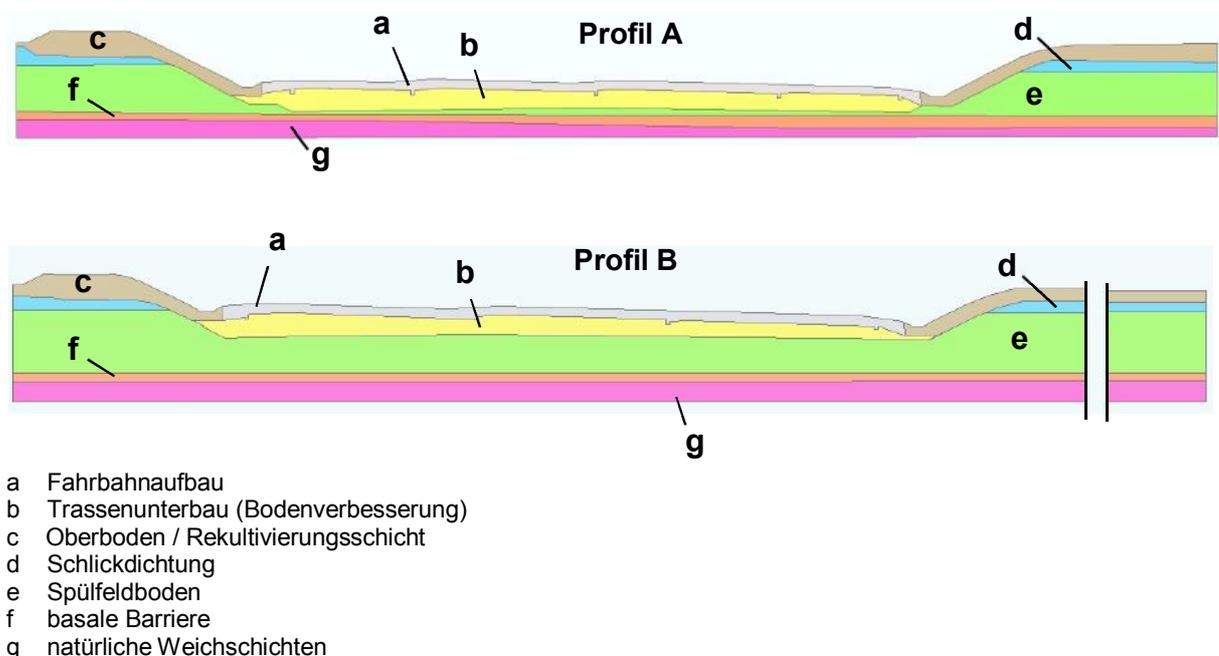


Abb. 18: Aufbau der Profilschnitte A und B

Die unterste Schicht bilden die natürlichen Weichschichten, die im Trassenbereich im Wesentlichen aus Torf aufgebaut sind. Darüber folgt der unterste Abschnitt des Altspülfeldkörpers, der aus einer Schichtenfolge feinkörnigen, gerungdurchlässigen Materials mit einer mittleren Mächtigkeit von 0,7 m [3] besteht. In den Voruntersuchungen zur geplanten Baggergutdeponie Moorburg wird dieser Schichtenabschnitt aufgrund der geringen Durchlässigkeit als „Basale Barriere“ bezeichnet, und der grundwasserschützenden Wirkung der darunter liegenden natürlichen Weichschichten zugeschlagen.

Über der „Basalen Barriere“ folgt der Spülfeldboden. Dieser ist aus einem Wechsel von Schichten gerinduchlässigen, feinkörnigen Materials mit sandigerem, stärker durchlässigem Material aufgebaut. Die Ablagerungsstrukturen im Spülfeldkörper sind insgesamt sehr inhomogen, so dass sie im Modell einheitlich mit mittlerem Eigenschaften abgebildet werden.

Im Einschnittsbereich der A 26 lagert dem Spülfeldboden nach den Planungen ein ca. 1,5 m mächtiger Trassenunterbau aus Sand auf, der der Baugrundverbesserung dient. Darüber folgt der Fahrbahnaufbau mit Frostschutz-, Trag-, Binder- und Deckschicht. Die Fahrbahn ist wasserundurchlässig. Die Mittelstreifen und Bankette sind nicht versiegelt und sind daher in den Modellschnitten als Versickerungsbereiche abgebildet.

Beidseits des Trasseneinschnitts lagert dem Spülfeldboden die im Mittel ca. 0,9 m mächtige Schlickdichtung auf. Diese besteht aus geringdurchlässigem Material und reduziert das Einsickern von Niederschlagswasser in den belasteten Altspülfeldkörper. In den Böschungsbereichen und auf das Material der Schlickdichtung ist eine Rekultivierungsschicht aufgetragen. Oberhalb der Schlickdichtung verbleiben evtl. Teile der Dränsande, die Bestandteil der Behandlungsanlage „Entwässerungsfelder Moorburg-Mitte“ sind. In der Tab. 2 sind die hydraulischen Durchlässigkeiten der in den Modellschnitten auftretenden Bodeneinheiten aufgelistet.

Tab. 2: Hydraulische Kennwerte in den Vertikalmodellen

Bodeneinheit	kf-Wert horizontal (m/s)	kf-Wert vertikal (m/s)
Rekultivierungsschicht, Fahrbahnunterbau	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Trassenunterbau	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Schlickdichtung	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-9}$
Spülfeldboden	$1 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-9}$
Basale Barriere	$5 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-9}$
Weichschichten	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-9}$

Der mittlere Grundwasserstand liegt nach Untersuchungen zur geplanten Baggergutdeponie Moorburg [5] im Bereich beider Modellschnitte bei rd. -0,4 mNN. Dieser Wasserstand wurde einheitlich an der Modellbasis als Festpotenzial angesetzt, so dass die Durchsickerung der natürlichen Weichsichten mit abgebildet ist.

Die Grundwasserneubildungsrate ist mit einem Wert von 250 mm/a in den nichtversiegelten Bereichen (Rekultivierungsflächen, Böschungen, Bankette, Mittelstreifen) angesetzt.

Während die durch die Umsetzung der geplanten Baggergutdeponie Moorburg zu erwartenden hydraulischen Veränderungen im Grundwasserleiter keinen relevanten Einfluss haben, wirken sie sich maßgeblich auf die Randbedingung am Ostende der untersuchten Profilschnitte aus. Da eine Herstellung der A 26 Ost vor Umsetzung der Baggergutdeponie Moorburg nicht auszuschließen ist, erfolgte jeweils ein Rechenlauf mit und ein Rechenlauf ohne Berücksichtigung der geplanten Deponie.

Bis zum Baubeginn der Baggergutdeponie ist von einer Fortsetzung des Betriebs der Entwässerungsfelder auszugehen. In diesem Zustand ist ein Stauwasserzustrom aus dem Altspülfeldmaterial in den Trasseneinschnitt gegeben. Zur Abbildung dieser Randbedingung wurde am östlichen Modellrand ein Festpotenzial von 4,0 mNN angesetzt.

Im Bereich der Deponieaufstandsfläche ist unterhalb deren gedichteter Basis eine Dränierung des Stauwassers geplant. Die Dränierung wird im östlichen Randbereich des Trasseneinschnittes ein auf -0,3 mNN abgesenktes Stauwasserpotenzial bewirken. In den Rechenläufen unter Berücksichtigung der Baggergutdeponie ist ein entsprechendes Festpotenzial am östlichen Modellrand angesetzt.

Durch die weiteren Planungsvorhaben im Umfeld (Südliche Bahnanbindung Altenwerder, A 26-West) sind keine Auswirkungen auf die Stauwassersituation zu erwarten.

Die in die Planungen zur A 26-Ost eingebundenen, hydraulisch relevanten Planungen zur Rekultivierung der durch die Autobahntrasse im Südwesten abgetrennten Teilfläche der Entwässerungsfelder wurden in den Modellschnitten berücksichtigt. Durch die Abbildung der auf der Teilfläche vorgesehenen Entwässerungsgräben wird die dem Böschungsbereich aus der Teilfläche zuströmende Wassermenge reduziert.

Im Bereich des Trasseneinschnittes umfassen die Planungen unterhalb der unversiegelten Flächen Abdichtungen und Dränagen, durch die eine vorhabensbezogene Verstärkung der Einsickerung in den Altspülfeldkörper vermieden wird. In der Abb. 19 ist beispielhaft der Randbereich dargestellt.



Abb. 19: Dichtungselemente (rot) im Randbereich der Trasse

Die Böschung wird von einer Kunststoffdichtungsbahn (KDB) unterlagert, die unter der am Böschungsfuß verlaufenden Mulde ausläuft. Versickerndes Wasser wird über eine Sickerrohrleitung gefasst. Im Bereich des Banketts führt eine Dichtung (Kunststoff oder mineralische Dichtung) einsickerndes Niederschlagswasser in eine weitere Sickerwasserfassung bzw. in den Bereich der Randmulde. Die Abb. 20 zeigt die entsprechende Umsetzung im Bereich der Mittelstreifen. Wie im Bankettbereich steht die Detailausführung der Dichtung auch hier noch nicht fest und kann als KDB oder mineralisch ausgeführt werden.

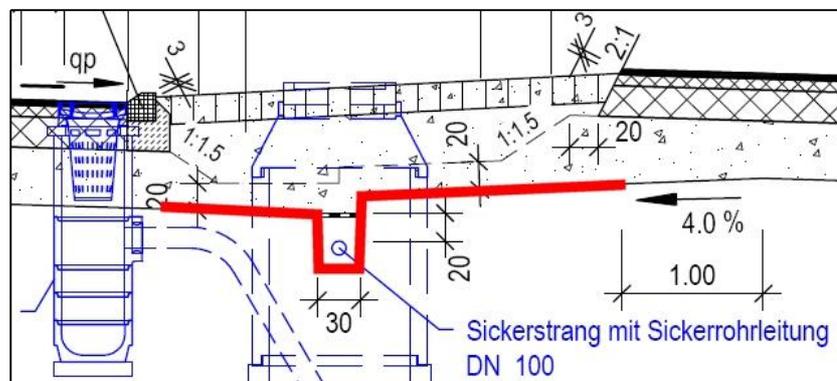


Abb. 20: Dichtungselemente (rot) im Bereich der Mittelstreifen

Im Bereich baulicher Strukturen (Schachtbau, Ramppfosten) treten lokal Fehlstellen oder Beeinträchtigungen der Dichtungselemente im Mittelstreifen- und Bankettbereich auf. Insgesamt ist aber auch dann durch die Versiegelung der Fahrbahnen und die schnelle Abführung des Sickerwassers in den Zwischen- und Randstreifen sichergestellt, dass im Trassenbereich nicht mehr Wasser dem Altspülfeldkörper zusickert als im Istzustand.

4.2.1 Rechenläufe zum Modellschnitt A

In der Abb. 21 ist als Ergebnis der entsprechenden Modellrechnung der stauwassergesättigte Bereich für den Profilschnitt A für den Fall einer Fortsetzung des Betriebs der Entwässerungsfelder östlich der Trasse dargestellt.

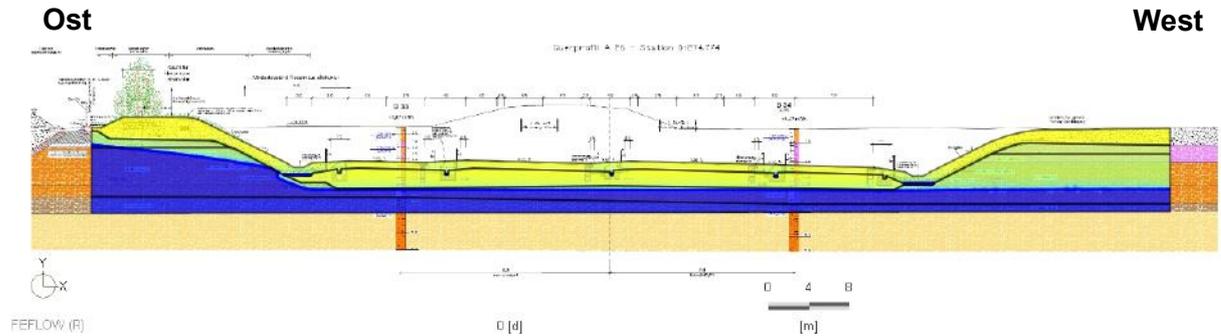


Abb. 21: Strömungssituation Schnitt A (ohne Baggergutdeponie)

Die Abb. 22 zeigt als vergrößerten Ausschnitt die Situation am östlichen Modellrand. Im Bereich des Böschungsfußes drückt das aus dem Bereich der Entwässerungsfelder abströmende Stauwasser von unten gegen die KDB. Auf der KDB sammelt sich das von der Oberfläche abgeführte Wasser und wird zur flachen Drainage geleitet. Das Stauwasser im Altspülfeldkörper wird durch die Dränierung auf ein Niveau von mehr als 2 Meter unterhalb des Fahrbahnaufbaus abgesenkt.

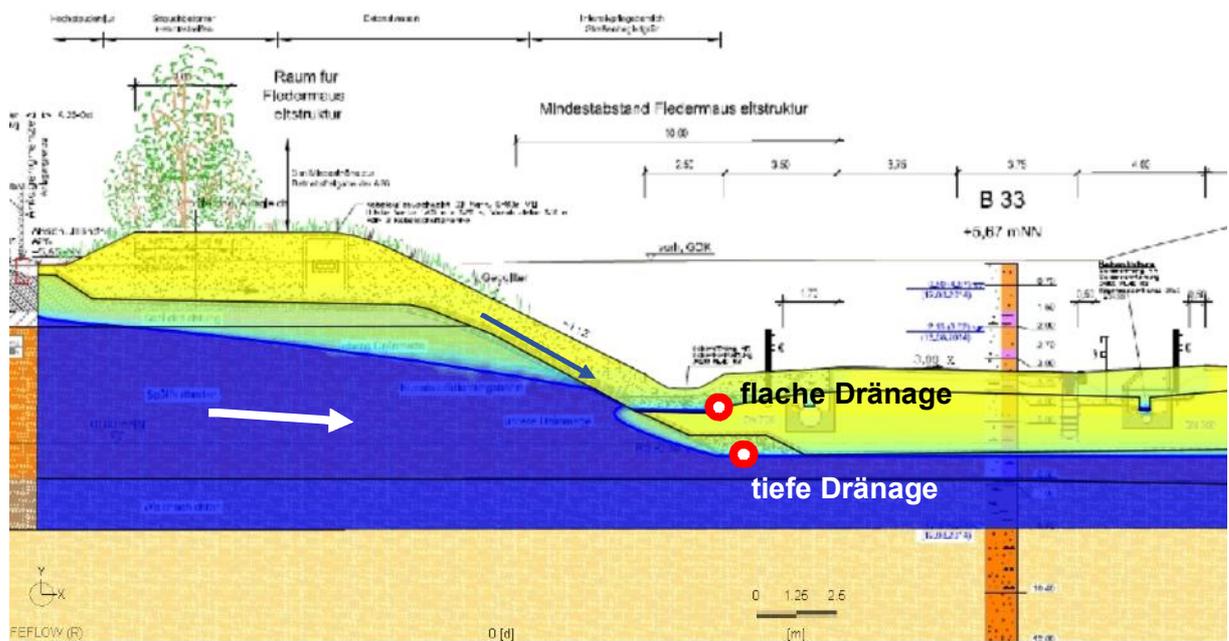


Abb. 22: Strömungssituation Schnitt A (Ostende ohne Baggergutdeponie)

In der Abb. 23 und der Abb. 24 ist das Ergebnis der Modellrechnung für den Profilschnitt A unter Berücksichtigung der Auswirkungen der geplanten Baggergutdeponie dargestellt. Der Stauwasserabstrom erfolgt in dieser Situation nach Osten, in den Dränierungsbereich unterhalb der geplanten Deponie. Während an der westlichen tiefen Dränage der Wasserandrang auf etwa die Hälfte reduziert ist, fasst die östliche kein Wasser mehr.

Die Unterkante des Fahrbahnaufbaus liegt auch unter Berücksichtigung der Auswirkungen der geplanten Baggergutdeponie im ganzen Profil mehr als 2 Meter über dem Stauwasserstand.

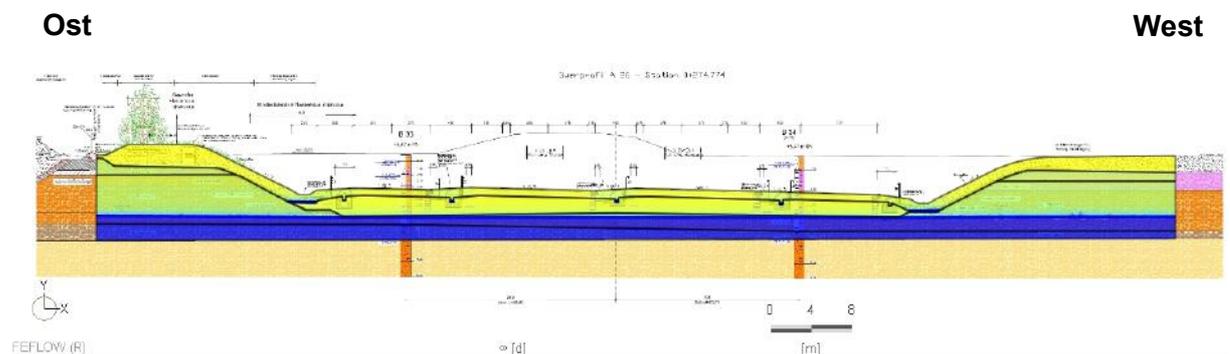


Abb. 23: Strömungssituation Schnitt A (mit Baggergutdeponie)

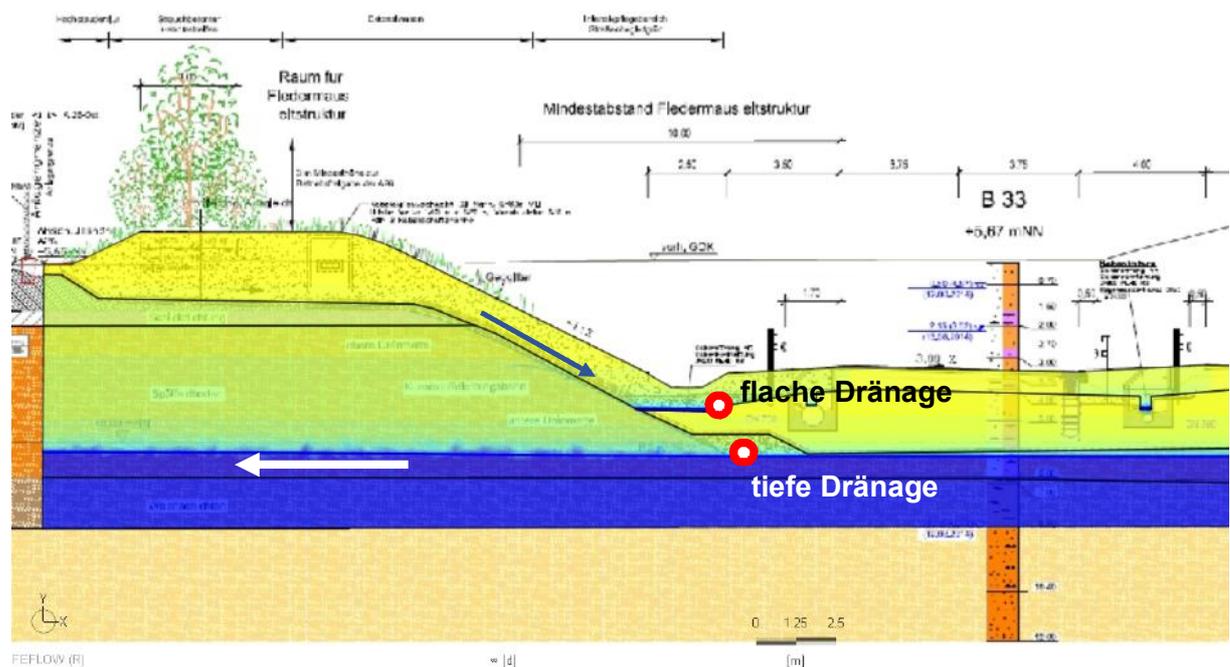


Abb. 24: Strömungssituation Schnitt A (Ostende ohne Baggergutdeponie)

4.2.2 Rechenläufe zum Modellschnitt B

In der Abb. 25 ist als Ergebnis der Modellrechnung für den Profilschnitt B die Situation eines fortgesetzten Betriebs der Entwässerungsfelder östlich der Trasse dargestellt. Im Vergleich zum Profil A ist hier ein stärkerer Zustrom von Westen gegeben, da hier eine größere Restfläche des Aufhöhungskörpers angrenzt, in der sich durch die Einsickerung von Niederschlagswasser höhere Stauwasserstände ausbilden. Entsprechend ist beim Profil B an der westlichen tiefen Dränage auch der Stauwasserandrang stärker.

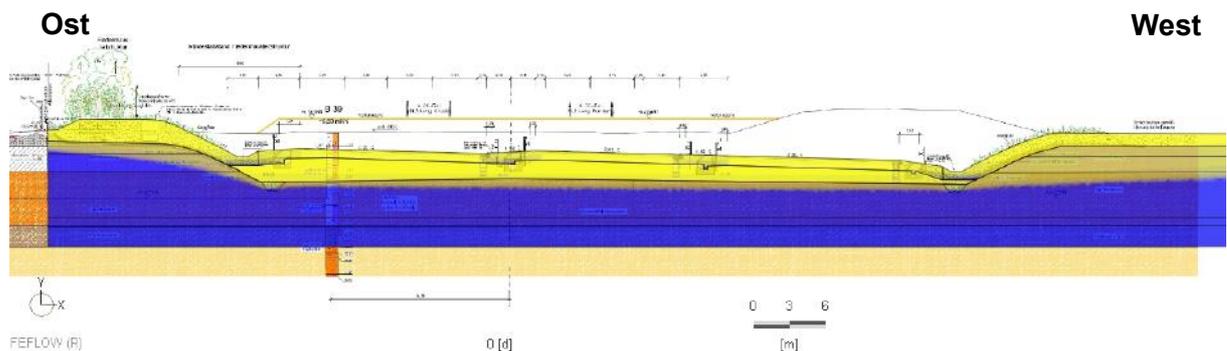


Abb. 25: Strömungssituation Schnitt B (ohne Baggergutdeponie)

In der vergrößerten Darstellung des östlichen Randbereichs (siehe Abb. 26) ist zu erkennen, dass im Bereich des Profils B das Stauwasser nicht an die KDB der Böschung drückt.

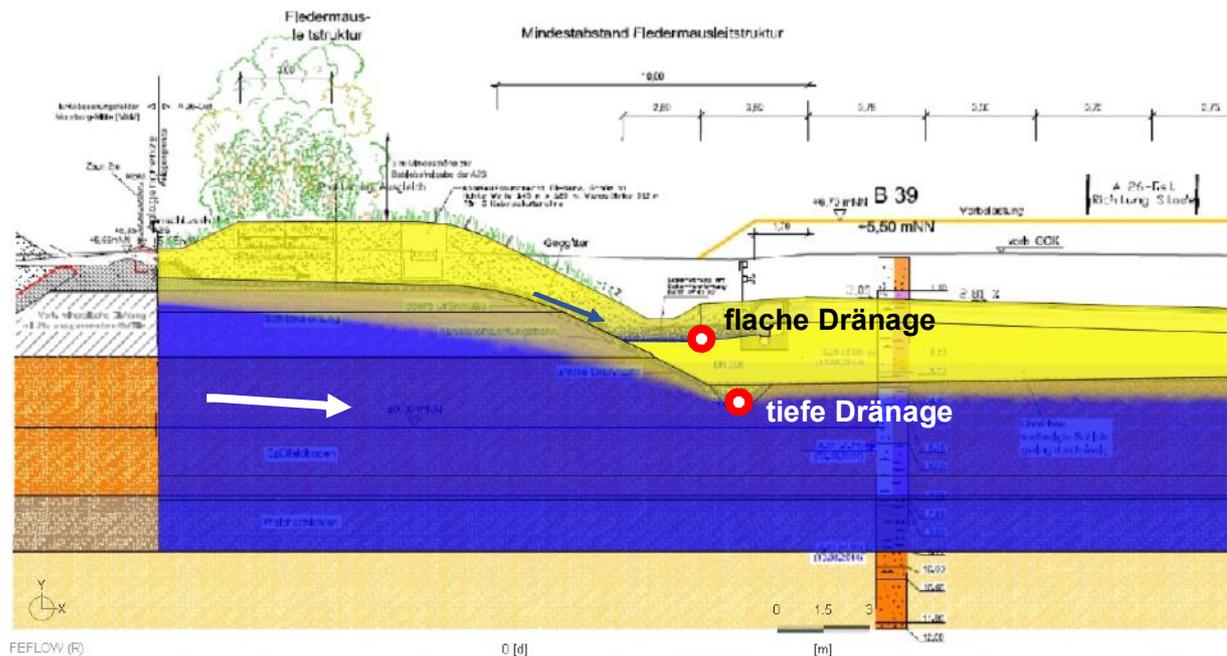


Abb. 26: Strömungssituation Schnitt B (Ostende ohne Baggergutdeponie)

Im Profil B beträgt der geringste Abstand der Unterkante des Fahrbahnaufbaus zum Stauwasser rd. 1,8 Meter. Dies gilt sowohl für die Situation mit als auch ohne Berücksichtigung der geplanten Baggergutdeponie.

In der Abb. 27 und der Abb. 28 ist das Ergebnis der Modellrechnung unter Berücksichtigung der Auswirkungen der geplanten Baggergutdeponie dargestellt. Der Stauwasserabstrom erfolgt dann, wie beim Profil A, nach Osten. Der Stauwasserandrang an der westlichen tiefen Dränage ist auf etwa ein Fünftel reduziert.

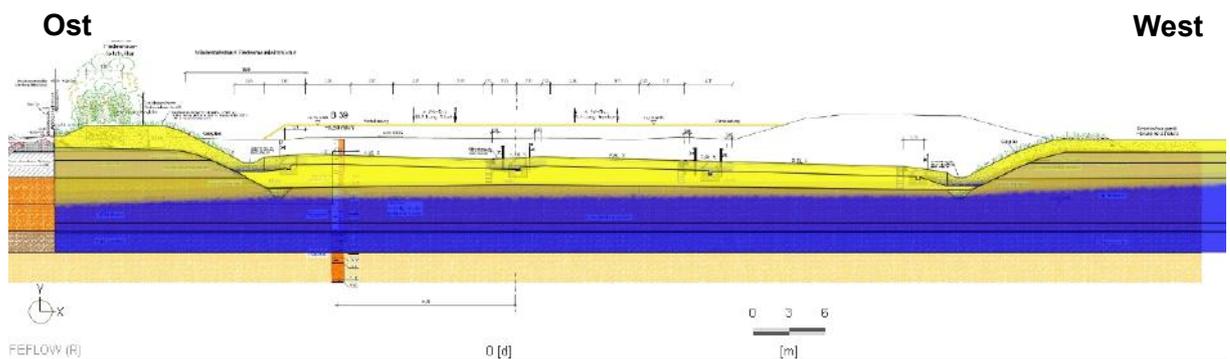


Abb. 27: Strömungssituation Schnitt B (mit Baggergutdeponie)

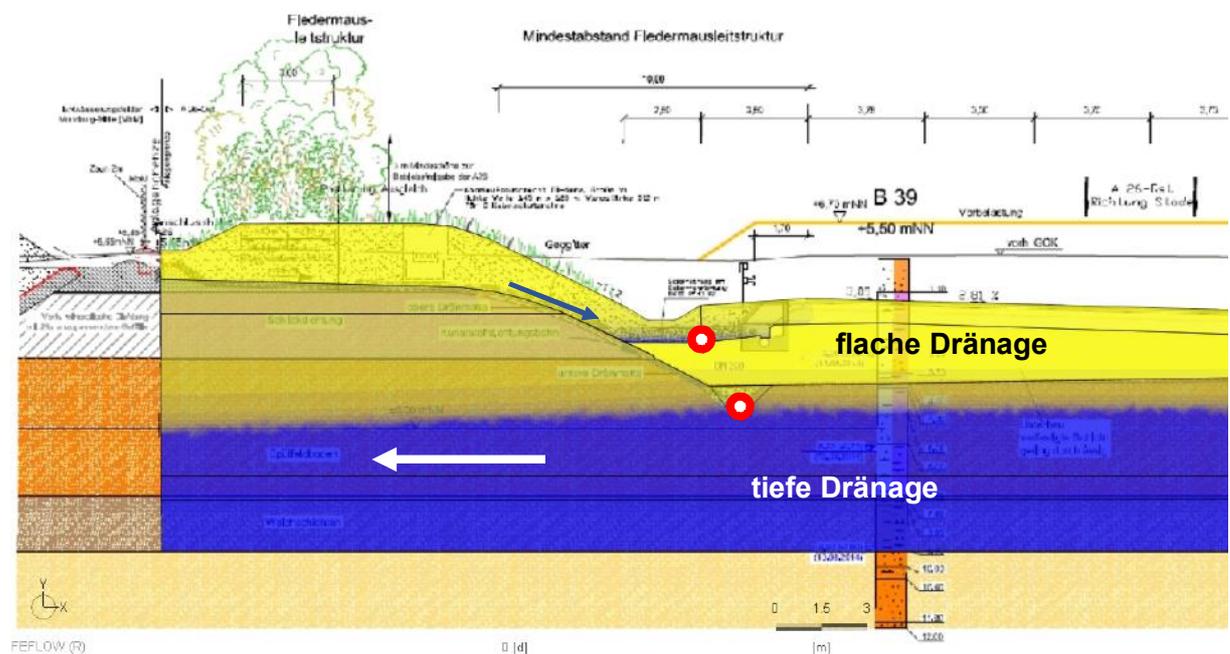


Abb. 28: Strömungssituation Schnitt B (Ostende mit Baggergutdeponie)

4.2.3 Projektion der Stauwasserberechnungen

Mit den Stauwassermodellierungen konnten die Zustrommengen zu den tiefen (Altspülfeldkörper) und zu den flachen (Oberflächenabstrom) Dränagesträngen für den jeweiligen Profilstandort ermittelt werden. Zur Ableitung einer Prognose für den Stauwasserandrang im gesamten Einschnittbereich der Trasse wurden die Ergebnisse der Einzelprofile auf die Strecke übertragen. Dazu wurden zunächst die in der Abb. 29 dargestellten Teilstrecken festgelegt.

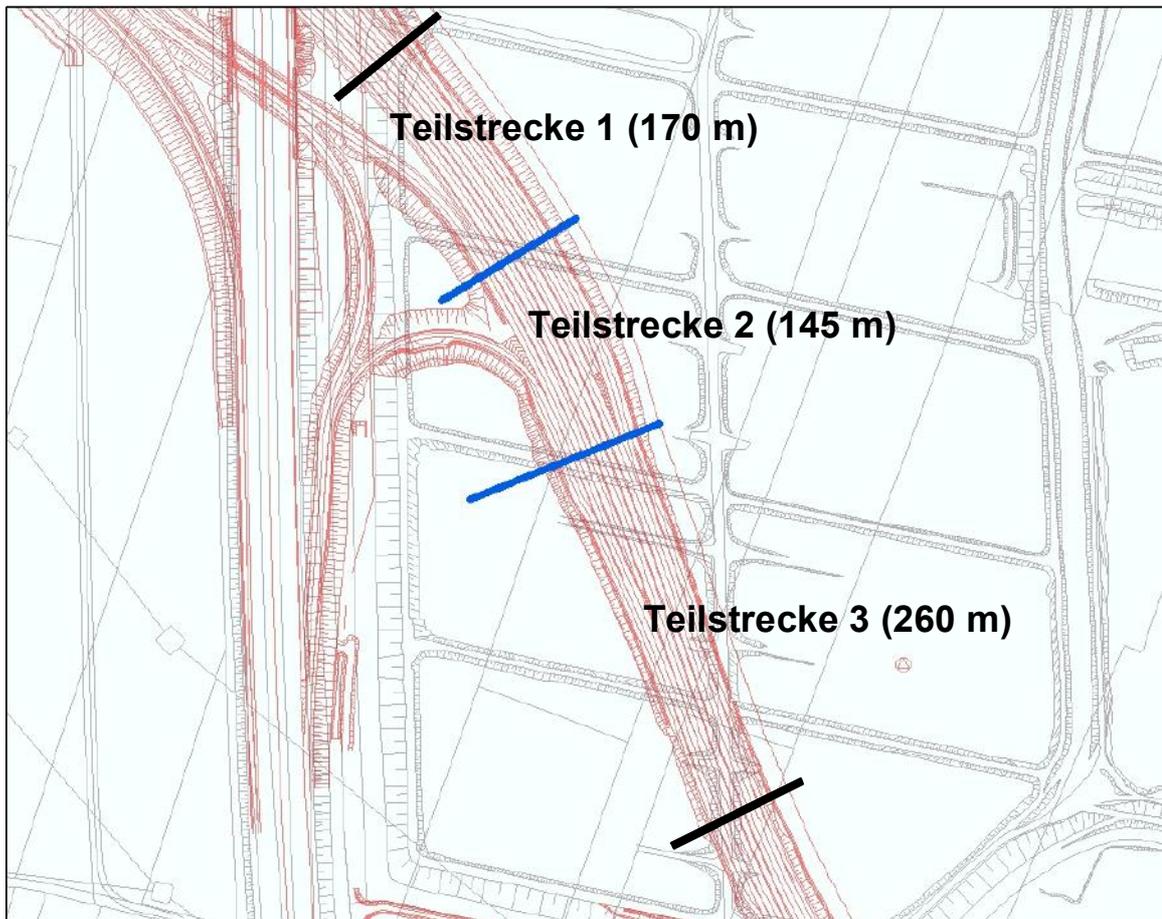


Abb. 29: Teilstrecken zur Übertragung der Modellrechnungen

Vom nordwestlichen Rand des Aufhöhungskörpers bis zum Verlauf des Modellschnittes A (Teilstrecke 1, 170 m) besitzt die geplante Gradientenlinie kein relevantes Gefälle, so dass die Berechnungsergebnisse zum Schnitt A auf dieses Teilstück übertragen werden können.

Aufgrund des einheitlichen Gefälles zwischen den Schnittlagen A und B kann von einem näherungsweise linearen Übergang der hydraulischen Randbedingungen im Bereich der Teilstrecke 2 (145 m) ausgegangen werden. Für diese Teilstrecke wurden daher das Mittel der Ergebnisse zu den Modellschnitten A und B angesetzt.

Infolge des weiteren Anstiegs der Gradienten endet am südlichen Ende der rd. 260 m langen südlichen Teilstrecke 3 der Einschnittsbereich der Trasse in den Altspülfeldkörper. Durch die Höhenlage der Trasse endet hier auch die tiefe Dränage im Altspülfeldkörper. Für diese Teilstrecke wurden der halbe Betrag der Ergebnisse zum Modellschnitt B angesetzt.

Aus der beschriebenen Projektion der Profilergebnisse auf den gesamten Einschnittsbereich in den Altspülfeldkörper errechnet sich für die beidseitige flache Dränage der Trasse ein mittlerer Gesamtzutritt von rd. 20 m³ pro Tag bzw. rd. 0,8 m³ pro Stunde. Der Zutritt kann sich während starker Niederschläge durch eine verstärkte Einsickerung und den Zutritt von Direktabfluss in die Randmulde deutlich erhöhen. Da sich die Randmulde aufgrund des Gefälles ihrer Achse jedoch sehr schnell entleert, kann ein erhöhter Stauwasserzutritt durch eine Einsickerung über die Muldensohle nur kurzzeitig gegeben sein.

Den tiefen, im Altspülfeldkörper liegenden Dränagesträngen tritt bei einer Fortführung des Betriebes der Entwässerungsfelder Moorburg-Mitte eine mittlere Stauwassermenge von rd. 2,5 m³ pro Tag zu. Die Zusickeung in den Altspülfeldkörper und die Stauwasserströmung im Inneren sind aufgrund der überlagernden Schlickdichtung und der geringen Durchlässigkeiten des Materials sehr träge hydraulische Systeme. Daher wird die Zusickeungsrate in die tiefen Dränagen, unabhängig von der Witterung, nur geringfügig schwanken. Zum Beginn der Betriebsphase kann der Stauwasserandrang noch erhöht sein, da die Einstellung eines weitgehend stationären Strömungszustands, wie er den Modellrechnungen zugrunde liegt, voraussichtlich einen längeren Zeitraum benötigt. Der Wasserzutritt in die tiefen Dränagestränge wird eine Rate von 1 m³ pro Stunde voraussichtlich nicht überschreiten.

5 Aussagesicherheit

Nicht alle Randbedingungen der numerischen Modellierungen (z.B. hydraulische Kennwerte) sind exakt ermittelbar. Darüber hinaus sind zum derzeitigen Planungsstand nicht alle Bauabläufe und Detailplanungen festgelegt.

Bezüglich der hydrogeologischen Randbedingungen kann jedoch von einer hohen Aussagesicherheit ausgegangen werden, da für die Modellerstellung aufgrund der wasserwirtschaftlichen Situation (Trinkwassergewinnung durch das Wasserwerk Süderelbmarsch) ein großer Datenbestand bezüglich der geologischen Strukturen sowie der hydraulischen und chemischen Situation im Grundwasserleiter zur Verfügung stand. Durch vorausgehende Untersuchungen zur geplanten Baggergutdeponie ist darüber hinaus ein sehr guter Kenntnisstand zur Beschaffenheit des Porenwassers im Torf als eine der maßgeblichen Eingangsgrößen gegeben.

Bezüglich der prognostizierten Setzungsmaße sind aufgrund des geplanten Verfahrens zur Baugrundverbesserung keine erheblichen Abweichungen zu erwarten.

Insgesamt ist festzustellen, dass durch die Parameterbelegung und die Wahl der Randbedingungen in Verbindung mit dem ermittelten geringen Maß der Auswirkungen eine hohe Aus-sagesicherheit der Bewertung gegeben ist. Durch realistische Abweichungen im Bauablauf sind keine für die Bewertung maßgeblichen Veränderungen der vorhabensbezogenen Aus-wirkungen zu erwarten.

So ist beispielsweise ein vollständiger Abschluss der Baugrundverbesserung in relevant kür-zerer Zeit als dem angesetzten Jahr nicht zu erwarten. Eine zeitliche Streckung der Setzun-gen durch eine abschnittweise Bearbeitung und/oder längere Setzungszeiträume würde das Maß der vorhabensbezogenen Auswirkungen weiter reduzieren.

Mögliche Auswirkungen von Setzungen, die über die Aufstandsfläche des Dammkörpers hin-ausgehen (z.B. durch Baustraßen und Rampen) sind durch einen Sicherheitsaufschlag be-rücksichtigt. Dieser wird durch den Ansatz des maximalen Setzungsbetrages auf die ge-samte Breite der Aufstandsfläche des Dammkörpers erreicht.

6 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 natürlichen Weichschichten geführten Gründungspfähle voraus. Durch die bauzeitliche Porenwasserauspressung sind im Grundwasserleiter sowie im Rohwasser des Brunnens HFB2 keine Überschreitungen der Grenzwerte von Schadstoffparametern zu erwarten. Vorübergehend kann es vorhabensbezogen zu einer lokalen Überschreitung des Grenzwertes von 0,5 mg/l beim Indikatorparameter Ammonium (Trinkwasserverordnung) kommen. Aufgrund der geogenen Hintergrundbelastung und der Stoffeigenschaften ist jedoch auch diesbezüglich kein Handlungsbedarf gegeben. Die vorhabensbezogenen Auswirkungen auf die Druckpotenziale und die Strömungssituation im Grundwasserleiter sind vernachlässigbar gering.

Durch Drän- und Dichtelemente kommt es vorhabensbezogen im Einschnittbereich der Trasse nicht zu einer verstärkten Wassereinsickerung in den Altspülfeldkörper infolge der Entfernung der bestehenden Schlickabdeckung. Nachteilige Auswirkungen auf die Stauwassersituation sind daher nicht zu erwarten. Die in diesem Bereich durch Dränagen darüber hinaus erzeugte Absenkung des Stauwasserstands im Altspülfeldkörper ist aus Sicht des Grundwasserschutzes als verbessernd zu bewerten. Durch die Absenkung des Stauwasserstands ist ein Abstand zur Unterkante des Fahrbahnaufbaus von mehr als einem Meter gewährleistet.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass durch den geplanten Neubau der Verkehrseinheit 7051 der A 26 (A 7 bis Anschlussstelle Moorburg) unter den genannten Randbedingungen keine nachteiligen Auswirkungen auf die Grund- und die Stauwassersituation zu erwarten sind.

Hamburg, 03.08.2016

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

Dipl.-Geol. Marcus Keller
(Projektleitung)

Quellen

- [1] ARGE A 26 BBI.KED (2013): A26 Ost, AK HH-Süderelbe (A7) bis AD/AS HH-Stillhorn (A1), VKE 7051: AK HH-Süderelbe (A7) – AS HH-Moorburg, Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung, Streckengutachten – Vorbericht, Hamburg
- [2] Uni Hamburg, Institut für Bodenkunde (2007): Moorburg-Mitte, Gutachten zur Beurteilung der Spülfeldnutzung auf den Wasserpfad, Hamburg
- [3] Projektgemeinschaft Umtec/BBI (2014): Baggergutmonodeponie Moorburg - Vertiefender Variantenvergleich zur Ausbildung der Deponieaufstandsfläche („Feinstudie“), Hamburg
- [4] KED Ingenieure GmbH (2011): Baugrundbericht zur Baggergutdeponie Moorburg-Mitte, Hamburg
- [5] BWS (in Bearbeitung): Erstellung und Anwendung eines numerischen Strömungs- und Transportmodells zur geplanten Baggergutdeponie Moorburg, Hamburg
- [6] BWS (2014): Grundwassermodellierung für die Südliche Bahnanbindung Altenwerder (SBA), Hamburg
- [7] BWS (2016): Variantenvergleich für die Südliche Bahnanbindung Altenwerder (SBA), Schutzgüter Wasser / Boden, Hamburg

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.

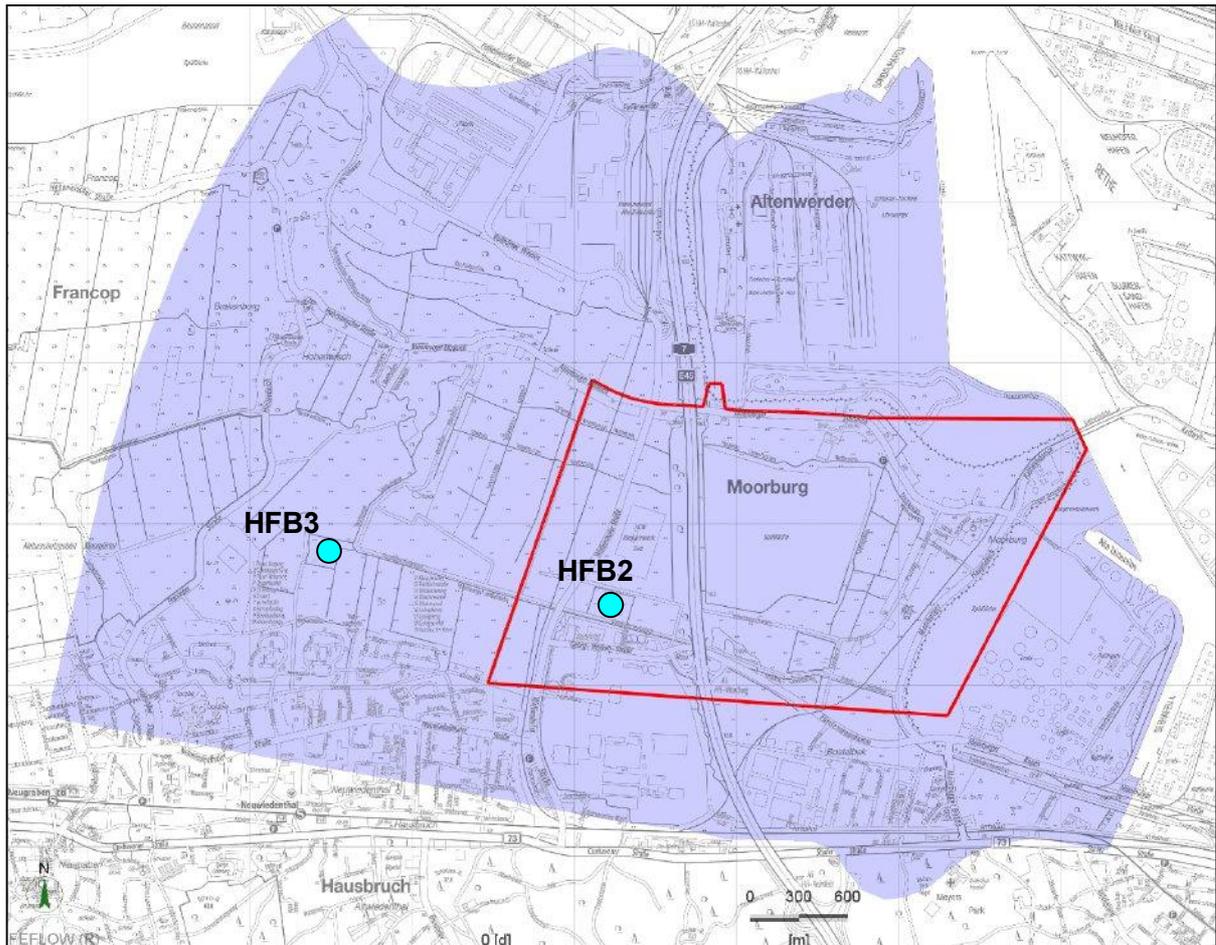


Abb. 1: Modellabgrenzung und Aussageraum (rot umrandet)

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.

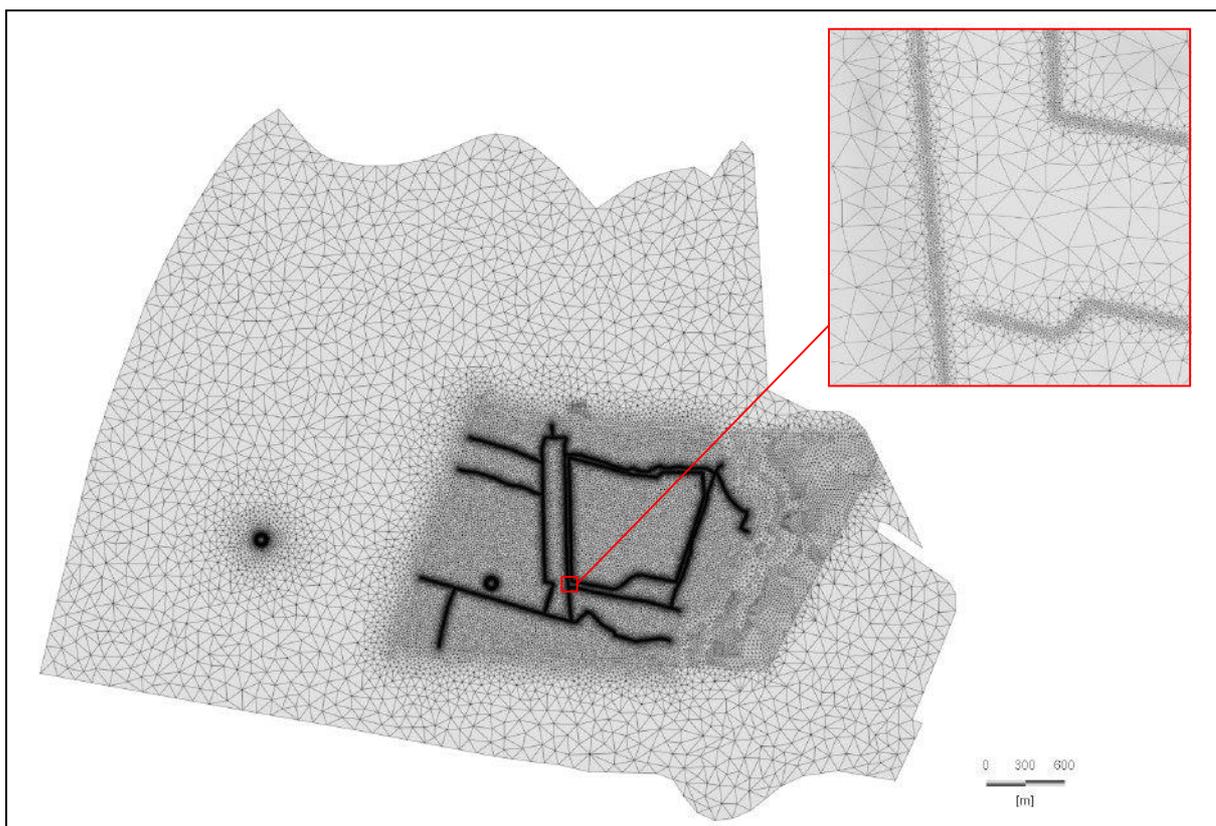


Abb. 2: Übersichtskarte

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.

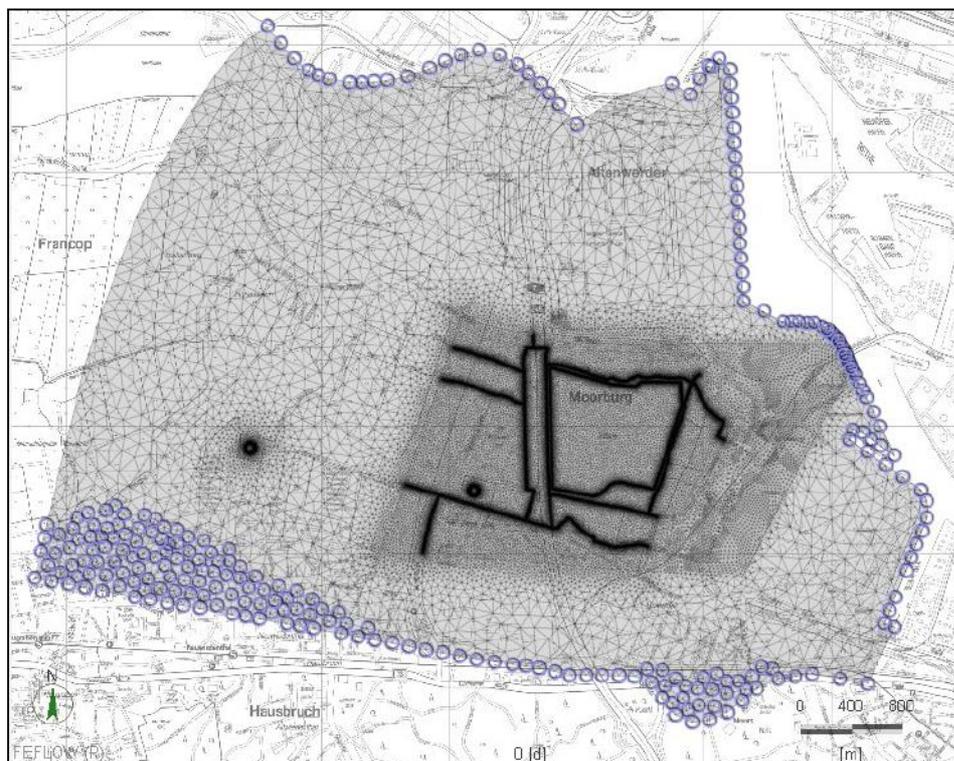


Abb. 4: Festpotenziale (blau) im Grundwassermodell

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.

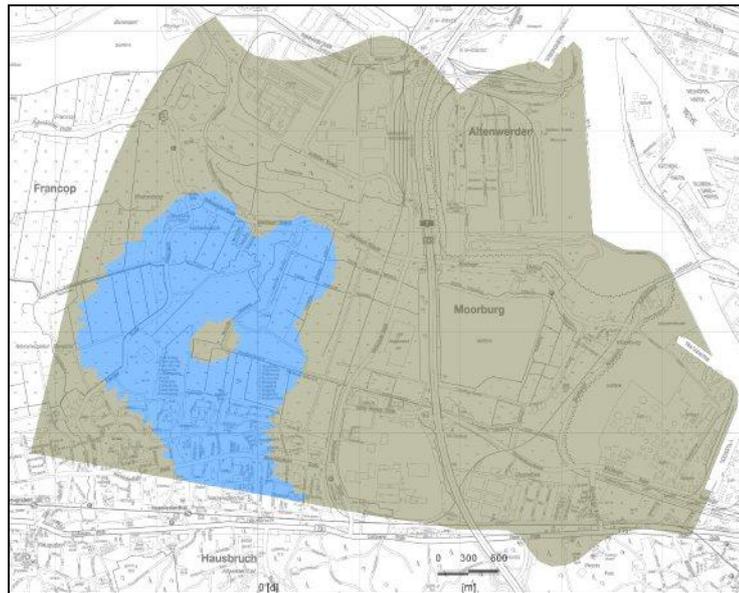


Abb. 5: Bereich ohne hydraulische Trennschichten (blau) an der Basis des 1. HGWL

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.

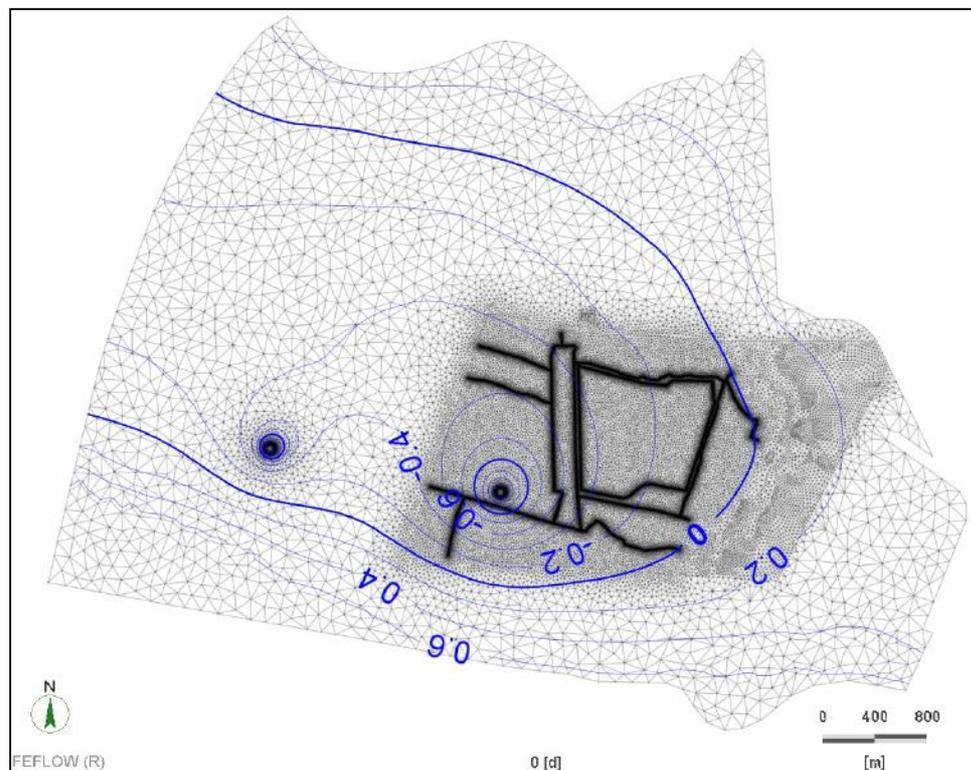


Abb. 6: Grundwasserströmungssituation im 1. HGWL Mitte Mai 2008

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.

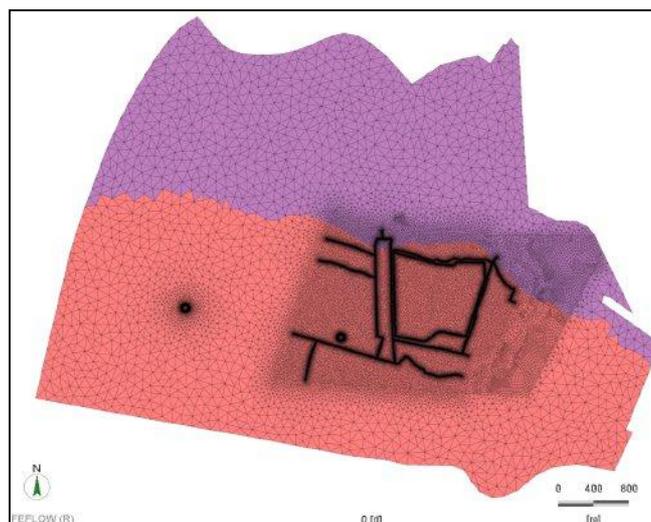


Abb. 7: Bereiche mit (rot) und ohne (lila) natürliche Ammonium-Konzentrationsminderung

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.