

BERICHT

Titel: Forum Tideelbe - Machbarkeitsstudie

Tideanschluss Alte Süderelbe

Wasserwirtschaftliche Aspekte

Datum: 11.06.2020
Auftraggeber: Freie und Hansestadt Hamburg
Forum Tideelbe
Mattentwiete 5, 20457 Hamburg
c/o
ReGe Hamburg
Projekt-Realisierungsgesellschaft mbH
Überseeallee 1, 20457 Hamburg
Auftrag vom: 08.05.2019
Ansprechpartner: Herr Dipl.-Ing. O. Mante
Frau Dipl.-Ing. J. Kanis

Auftragnehmer: BWS GmbH

Aktenzeichen: 19.P.042/TAS
Projektleitung: Herr Dipl.- Geogr. Hydr. L. Krob
Projektbearbeitung: Frau Dipl.-Ing. D. Salecker
Herr Dipl.-Geol. M. Keller

Ausfertigung Nr.:

I N H A L T	S e i t e
1 Anlass und Aufgabenstellung	1
2 Wasserwirtschaftliche Systembeschreibung	3
2.1 Einzugsgebiet der Alten Süderelbe	3
2.2 Betrachtungsraum	3
2.4 Gewässerabschnitte/Stationierungen im Bestand	4
2.6 Wasserstandshaltung in der Alten Süderelbe	6
2.7 Entwässerung (Sicherung Hochwasserschutz)	6
2.8 Bewässerung (Sicherstellung Forstschutzberegnung)	7
2.9 Grundwasser	8
3 Methoden	11
3.1 Hydrologische Randbedingungen	12
3.1.1 Datengrundlage	12
3.1.2 Gebietsabflussspenden	12
3.1.3 Einheitsganglinien	14
3.1.4 Tiderandbedingung	14
4 Bathymetrie der Anbindungsvarianten	16
4.1 Herleitung der Bathymetrie für die Anbindungsvariante 1	16
4.2 Anbindungsvariante 1	17
4.3 Anbindungsvariante 1a	18
4.4 Anbindungsvariante 2	18
4.5 Anbindungsvariante 3	19
4.6 Anbindungsvariante 3a	19
4.7 Anbindungsvariante 4	20
4.8 Modellaufbau	21
5 Ergebnisse der HN-Modellierung	23
5.1 Wasserstände	23

5.2	Strömungsgeschwindigkeiten	25
5.3	Überflutungsbereiche bei MThw und MTnw	28
5.4	Tidevolumen	29
6	Auswirkungen auf die Bewirtschaftung	31
6.1	Sicherstellung der Frostschtzberegnung	31
6.2	Sicherstellung des Binnenhochwasserschutzes (Ergebnis HN-Modellierung)	31
7	Mögliche Auswirkungen auf die Grundwassersituation	32
7.1	Grundwasserstand/-druckhöhe	32
7.2	Grundwasserbeschaffenheit	35
8	Vergleichende Betrachtung der Anbindungsvarianten	37
9	Literatur	40

Tabellen

Tab. 1:	Gebietsabflussspenden Moorbürger Landscheide und Moorwettern	13
Tab. 2:	Gebietsabflussspenden Alte Süderelbe	13
Tab. 3:	Parameter der Einheitsganglinie	14
Tab. 4:	Sohltiefen und Sohlbreiten der Gewässer im Modell in den einzelnen Anbindungsvarianten	22
Tab. 5:	Maximale und minimale Wasserstände (WST) an ausgewählten Punkten im modellierten Gewässernetz in den einzelnen Anbindungsvarianten	24
Tab. 6:	Maximale Strömungsgeschwindigkeiten (v) an ausgewählten Punkten im modellierten Gewässernetz in den einzelnen Anbindungsvarianten	27
Tab. 7:	Definition der Fließrichtungen in den betrachteten Gewässerabschnitten	28
Tab. 8:	Überflutungsflächen in den einzelnen Anbindungsvarianten	30
Tab. 9:	Geschaffenes Tidevolumen in den einzelnen Anbindungsvarianten	30

Abbildungen

Abb. 1:	Grundwasserströmungssituation im 1. HGWL	9
Abb. 2:	Natürliche Weichschichten im Bereich der Alten Süderelbe (AHU 1996)	10
Abb. 3:	Hydraulische Wirkung sandiger Zwischenschichten	33
Abb. 4:	Wirkung einer Unterbrechung sandiger Zwischenschichten	34
Abb. 5:	Mögliche Auswirkungen im Bereich Schöpfwerk Hohenwisch	35

Anlagen

Anl. 1:	Wasserwirtschaftlicher Bestand und Geländehöhen
Anl. 2.1:	Bathymetrie Anbindungsvariante 1
Anl. 2.2:	Bathymetrie Anbindungsvariante 1a
Anl. 2.3:	Bathymetrie Anbindungsvariante 2
Anl. 2.4:	Bathymetrie Anbindungsvariante 3
Anl. 2.5:	Bathymetrie Anbindungsvariante 3a
Anl. 2.6:	Bathymetrie Anbindungsvariante 4
Anl. 3.1:	Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen I (Wasserstände) Anbindungsvariante 1
Anl. 3.2:	Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen I (Wasserstände) Anbindungsvariante 1a
Anl. 3.3:	Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen I (Wasserstände) Anbindungsvariante 2
Anl. 3.4:	Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen I (Wasserstände) Anbindungsvariante 3
Anl. 3.5:	Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen I (Wasserstände) Anbindungsvariante 3a
Anl. 3.6:	Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen I (Wasserstände) Anbindungsvariante 4
Anl. 4.1:	Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen II (Strömungsgeschwindigkeiten und Stauwasserdauern) Anbindungsvariante 1
Anl. 4.2:	Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen II (Strömungsgeschwindigkeiten und Stauwasserdauern) Anbindungsvariante 1a
Anl. 4.3:	Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen II (Strömungsgeschwindigkeiten und Stauwasserdauern) Anbindungsvariante 2

- Anl. 4.4: Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen II
(Strömungsgeschwindigkeiten und Stauwasserdauern)
Anbindungsvariante 3
- Anl. 4.5: Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen II
(Strömungsgeschwindigkeiten und Stauwasserdauern)
Anbindungsvariante 3a
- Anl. 4.6: Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen II
(Strömungsgeschwindigkeiten und Stauwasserdauern)
Anbindungsvariante 4
- Anl. 5.1: Überschwemmungsbereiche bei Tnw und Thw
Anbindungsvariante 1
- Anl. 5.2: Überschwemmungsbereiche bei Tnw und Thw
Anbindungsvariante 1a
- Anl. 5.3: Überschwemmungsbereiche bei Tnw und Thw
Anbindungsvariante 2
- Anl. 5.4: Überschwemmungsbereiche bei Tnw und Thw
Anbindungsvariante 3
- Anl. 5.5: Überschwemmungsbereiche bei Tnw und Thw
Anbindungsvariante 3a
- Anl. 5.6: Überschwemmungsbereiche bei Tnw und Thw
Anbindungsvariante 4
- Anl. 6: Sicherstellung des Binnenhochwasserschutzes
Anbindungsvariante 1

Abkürzungsverzeichnis

$A_{E,0}$	Oberirdisches Einzugsgebiet
ASE	Stillgewässerteil der Alten Süderelbe
ASE_MB	Moorburger Teil der Alte Süderelbe
BLR	Bullerrinne
CTA	Container Terminal Altenwerder
FAS	Fließgewässerabschnitt der Alten Süderelbe
HGR	Hakengraben
HGWL	Hauptgrundwasserleiter

HN-Modell	Hydrodynamisch-numerisches Modell
HPA	Hamburg Port Authority
HQ ₃₀	Hochwasserabfluss einer 30-jährlichen Eintrittswahrscheinlichkeit
HWSF	Hoenwischer Schleusenfleet
MBL	Mühlenberger Loch
MQ	Mittlerer Abfluss
Mq	Mittlere Gebietsabflussspende
MThw	Mittleres Tidehochwasser
MTnw	Mittleres Tideniedrigwasser
NFS	Neuenfelder Schleusenfleet
NHN	Normalhöhennull
RSG	Rosengarten (Verbindungsgewässer)

1 Anlass und Aufgabenstellung

Untersuchungen der Bundesanstalt für Wasserbau haben gezeigt, dass sich der Anschluss der Alten Süderelbe an die Tideelbe und die damit verbundene Schaffung von zusätzlichem Flutraum dämpfend auf den Tidehub und den stromaufwärts gerichteten Transport von Sedimenten auswirken kann (Bundesanstalt für Wasserbau 2014).

Aus den verschiedenen denkbaren Anbindungsvarianten sind in Anlehnung an Schuchardt et al. (2016) in der Studie „Randbedingungen und Untersuchungsbedarf der Machbarkeitsstudie ‚Tideanschluss Alte Süderelbe‘“ (BWS 2018b) 5 Varianten hinsichtlich ihrer technischen und fachlichen Randbedingungen ausgewertet worden, von denen im Zuge der Machbarkeitsstudie „Tideanschluss Alte Süderelbe“ die folgenden 4 Anbindungsvarianten näher untersucht werden sollten:

- Anbindungsvariante 1:** Einseitiger Anschluss an das Köhlfleet (65 m)
- Anbindungsvariante 2:** Zweiseitiger Anschluss an das Köhlfleet (65 m) und das Mühlenberger Loch (Unterquerung Airbus-Start- und Landebahn)
- Anbindungsvariante 3:** Dreiseitiger Anschluss an das Köhlfleet (65 m), das Mühlenberger Loch (Unterquerung der Airbus-Start- und Landebahn) und die Süderelbe (25 m)
- Anbindungsvariante 4:** Dreiseitiger Anschluss an das Köhlfleet (65 m), das Verbindungsgewässer/ Neuenfelder Schleusenfleet und die Bullerrinne (2 m)

Im Ergebnis der Sitzung des Lenkungskreises zum Thema „Tideanschluss Alte Süderelbe“ am 16.12.2019 ist die Machbarkeitsstudie um 2 weitere Anbindungsvarianten erweitert worden:

- Anbindungsvariante 1a:** Anschluss an das Köhlfleet (65 m) mit zusätzlichem Ausstrom über das Verbindungsgewässer/ Neuenfelder Schleusenfleet
- Anbindungsvariante 3a:** Dreiseitiger Anschluss an das Köhlfleet (65 m), das Mühlenberger Loch (Unterquerung Airbus-Start- und Landebahn) und die Süderelbe (110 m) inkl. Abtrag Erdwall Altenwerder

Bedingt durch den Ein- und Auslass der vollen mittleren Tide und die vorgesehene Anpassung der mittleren Sohltiefe der Alten Süderelbe können Betroffenheiten entstehen, die im Rahmen der Machbarkeitsstudie einzuschätzen sind. Weitere Restriktionen im Projektgebiet sind:

- Die Gewährleistung des Binnenhochwasserschutzes auch bei Schließung der Sperrwerke im Fall von Kettentiden.
- Die Beachtung der Belange des Süderelbefonds: Da die Alte Süderelbe sowohl als Vorfluter für die Entwässerung der Obstanbauflächen als auch als Wasserreservoir für deren Bewässerung dient (die größten Wasserentnahmen erfolgen zum Zwecke der Frostschutzberegnung), werden zusätzliche Anforderungen an das Wasserdargebot gestellt, die eingehalten werden müssen (Schuchardt et al. 2016).

Die einzelnen Anbindungsvarianten wurden mit Hilfe hydrodynamisch-numerischer Modelle untersucht. Im Ergebnis stehen einströmendes Tidevolumen, Wasserspiegellagen, Strömungsgeschwindigkeiten und Überflutungsflächen für die einzelnen Anbindungsvarianten zur Verfügung.

Daneben wurden mögliche Auswirkungen der Maßnahme auf die chemische und hydraulische Grundwassersituation abgeschätzt und verbal argumentativ bewertet.

2 Wasserwirtschaftliche Systembeschreibung

2.1 Einzugsgebiet der Alten Süderelbe

Die Alte Süderelbe liegt im Südwesten Hamburgs. Ihr Einzugsgebiet umfasst eine Fläche von knapp 90 km². Es grenzt im Norden an den Landscheideweg in Finkenwerder sowie die Start- und Landebahn auf dem Betriebsgelände von Airbus. Im Osten wird es durch die Moorburger Landscheide, den Moorburger Alter Deich, den Moorburger Elbdeich, die A7 sowie die Vollhöfner Weiden begrenzt. In südliche Richtung erstreckt sich das Einzugsgebiet in den Bereich der Geest über die Neuenfelder und Fischbecker Heide und die Schwarzen Berge bis zu den Gemeinden Ehestorf und Daerstorf in Niedersachsen. Im Westen umschließt es die Gemeinde Neu Wulmstorf in Niedersachsen und wird durch den Verlauf der Wulmstorfer Straße, den Nincoper Deich, den Marschkamper Deich, den Neuenfelder Fährdeich und den Neuen Fährweg abgegrenzt.

Etwa zwei Drittel des Einzugsgebietes der Alten Süderelbe liegen auf Hamburger Stadtgebiet, ein Drittel gehört zu Niedersachsen (BWS 2018a).

2.2 Betrachtungsraum

Im Zuge der Machbarkeitsstudie ist für alle untersuchten Anbindungsvarianten ein identischer Betrachtungsraum gewählt worden (vgl. Anl. 1). Dieser wird im Nordwesten durch das Airbus-Betriebsgelände begrenzt, im Norden umschließt es das Naturschutzgebiet Westerweiden und verläuft entlang des Finkenwerder Süderdeiches, des Osterfelddeiches und des Aue-Hauptdeiches bis zum Storchennestsil.

Von dort verläuft die Grenze weiter in südliche Richtung, dem Aue-Hauptdeich folgend, entlang der Aluminiumstraße und nördlich des Vollhöfner Waldes weiter in östliche Richtung entlang der Straße Vollhöfner Weiden. Der Betrachtungsraum umschließt den Kirchtalgraben und die Bullerrinne sowie den Erdwall Altenwerder.

Nach Süden bilden die Straßen Moorburger Elbdeich, die Hohenwischer Straße, Achtern Brack, Vierzigstücken, Hasselwerder Straße sowie der Neuenfelder Fährdeich die äußere Begrenzung. Über den Neuen Fährweg, den Neuenfelder Hauptdeich und die Straße Am Rosengarten schließt die Grenze des Betrachtungsraumes wieder an das Airbus-Betriebsgelände an.

2.3 Höhenverhältnisse

Auf Grundlage hochaufgelöster Laserscandaten ist ein Digitales Geländemodell erstellt worden (vgl. Anl. 1). Die Geländehöhen im Betrachtungsraum liegen größtenteils im Bereich zwischen +1 mNHN und +3 mNHN. Geländehöhen größer +3 mNHN finden sich im nördlichen Teil des Naturschutzgebietes Westerweiden, der Deponie Francop, dem Altspülfeld südlich der Aue, zwischen den Gleisen der Hafenbahn und der A7 sowie östlich der A7 im Bereich des Erdwalls Altenwerder.

Zwischen der METHA Brücke und der Graft, sowie östlich der Graft liegen die Geländehöhen im ursprünglichen Gewässerbett der Alten Süderelbe unterhalb von +1 mNHN.

2.4 Gewässerabschnitte/Stationierungen im Bestand

Über die Aue (AUE) stehen die Gewässer des Betrachtungsraums in Verbindung mit der Tideelbe (vgl. Anl. 1). Die Station AUE 0 befindet sich im Bereich des Köhlfleets. Das Storchenneestsil befindet sich im Bereich der Station AUE -236. Das westliche Ende der Aue (Station AUE -704,99) bildet den Beginn des Stillgewässerteils der Alten Süderelbe (ASE). Die Stationierung beginnt im Osten mit ASE 0 und endet vor der Airbus-Start- und Landebahn mit Station ASE -4400. Bei Station ASE -4142,29 zweigt das Verbindungsgewässer (RSG) in Richtung Südwesten ab. Die Stationierung startet im Westen des Verbindungsgewässers mit Station RSG 0, im Anschlussbereich an die Alte Süderelbe befindet sich Station RSG -1620. Im Westen schließt das Verbindungsgewässer an den Neuenfelder Schleusenfleet (NFS) an (Station: NFS -136,77). Bei Station NFS -865,94 bindet das Neuenfelder Schleusenfleet an das Mühlenberger Loch (MBL) und damit an die Tideelbe an.

Vom westlichen Ende der Aue (AUE -704,99) verläuft in südliche Richtung der Fließgewässerabschnitt der Alten Süderelbe (FAS). Im Norden befindet sich die Station FAS 0, im Süden ist bei Station FAS -1646,23 das Hohenwischer Schleusenfleet an den Fließgewässerabschnitt angeschlossen. In diesem Bereich befindet sich auch die Graft.

An Station FAS -1625 zweigt der Ostarm der Alten Süderelbe (ASE_OST) vom Fließgewässerabschnitt der Alten Süderelbe in östliche Richtung ab. Im Westen befindet sich Station ASE_OST 0. Die Abdämmung Pagensand befindet sich im Bereich der Station ASE_OST -1843,26.

2.5 Gewässersystem im Bestand

Die Alte Süderelbe ist ein ehemals tidebeeinflusster Seitenarm der Elbe, der nach der schweren Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 von der Elbe abgetrennt wurde und sich seitdem als Stillgewässer entwickelt hat. Die mittleren Strömungsgeschwindigkeiten im Stillgewässerteil der Alten Süderelbe, dem Fließgewässerabschnitt und im Ostarm der Alten Süderelbe liegen bei mittleren Abflussverhältnissen im Bereich kleiner 0,1 m/s. Lediglich in der Aue können höhere Strömungsgeschwindigkeiten von bis zu 0,3 m/s auftreten. Hier besteht über das Storchennestsiel eine direkte Verbindung zum Finkenwerder Vorhafen und damit zur Elbe. Über das Storchennestsiel erfolgt die Entwässerung der Einzugsgebiete der Moorburger Landscheide und der Moorwettern, im Bedarfsfall aber auch die Zuwässerung zur Alten Süderelbe (Vorhalten des erforderlichen Wasservolumens für die Frostsutzberegnung und die Bewässerung im Sommer). Darüber hinaus besteht seit dem Frühjahr 2020 über das neu geschaffene Verbindungsgewässer eine weitere Anbindung an die Tideelbe über das Neuenfelder Schleusenfleet und von dort zum Schöpfwerk Neuenfelde.

Im Bestand weist die Aue maximale Sohlthiefen zwischen -2,1 mNHN und -2,93 mNHN auf. Die Sohlbreite schwankt um 10 m. Von der Aue kommend in Richtung ASE -2000 nehmen die Sohlthiefen von etwa -1 mNHN auf etwa -2 mNHN zu. Die Sohlbreiten variieren zwischen 20 m bis 40 m, wobei eine genaue Bestimmung bedingt durch relativ breite Gewässerprofile und geringe Böschungsneigungen schwierig ist. Zwischen ASE -2000 und ASE -3000 betragen die maximalen Sohlthiefen etwa -2,4 mNHN. Westlich der Station ASE -3000 gibt es größere lokale Schwankungen in den maximalen Sohlthiefen. Neben flacheren Bereichen (Sohlthiefe -1,7 mNHN) kommen Bereiche mit Sohlthiefen bis -3,1 mNHN vor. Direkt östlich der Airbus-Start- und Landebahn sind die Sohlthiefen mit ca. -0,20 mNHN wesentlich geringer. Die Sohlbreiten in dem Bereich belaufen sich auf bis zu 120 m.

In südliche Richtung schließt sich der Fließgewässerabschnitt (FAS) an die Aue bzw. den Stillgewässerteil der Alten Süderelbe an. Die Sohlbreiten in dem Bereich belaufen sich auf etwa 10 m, die Sohlthiefe liegt bei -2,0 mNHN. Lokal variieren die Sohlthiefen und Sohlbreiten.

Im Ostarm der Alten Süderelbe (ASE_OST) nehmen die maximalen Sohlthiefen von West nach Ost tendenziell ab. Im Bereich ASE_OST 0 liegt die Sohle bei -0,7 mNHN, im Bereich der Abdämmung Pagensand beträgt die Sohlthiefe -0,4 mNHN, wobei auch tiefere und flachere Bereiche vorkommen. Die Sohlbreiten schwanken in der Regel um 5 m.

2.6 Wasserstandshaltung in der Alten Süderelbe

Die Wasserstandshaltung in der Alten Süderelbe wird über automatisch gesteuerte Schütztafeln am Auslass Storchennestsiehl geregelt. Gemäß Planfeststellungsbeschluss vom 28.10.2004 „Wasserwirtschaftliche Neuordnung der Alten Süderelbe“ wird in der Alten Süderelbe seit dem 01.03.2019 ein betrieblicher Wasserstand von +0,30 mNHN gehalten (BWS 2018a).

2.7 Entwässerung (Sicherung Hochwasserschutz)

Das Schöpfwerk Moorborg entwässert den Parallelgraben, der in Süd-Nord-Richtung parallel zur A7 verläuft, in das System Altenwerder. An den Parallelgraben sind die Oberste Untenburger Wetterung, die Unterste Untenburger Wetterung und der Autobahnseitengraben der A7 direkt angeschlossen. Das Schöpfwerk Moorborg-West besitzt im Bestand nur eine untergeordnete Funktion.

Die Abflüsse von den Geestflächen und dem Moorgürtel werden von der Moorwettern und der Moorburger Landscheide aufgenommen und über das Schöpfwerk Hohenwisch in das Hohenwischer Schleusenfleet entwässert. Von dort gelangt das Wasser über den Fließgewässerabschnitt der Alten Süderelbe in die Aue und am Storchennestsiehl in die Tideelbe oder in den Stillgewässerteil der Alten Süderelbe. In den Fließgewässerabschnitt der Alten Süderelbe münden weiterhin die Abflüsse aus dem direkten Einzugsgebiet sowie von den Flächen der TRIMET Aluminiumwerke ein.

Die gepolderten Marschflächen in den Gebieten der Schleusenverbände Francop und Viersielen sind nach Norden über die Siele und Schöpfwerke Viersielen und Francop mit der Alten Süderelbe verbunden. Die Entwässerung dieser Flächen erfolgt jedoch insbesondere in Zeiten der Frostsutzberegnung vorrangig in Richtung Süden über die Dränung und die Polderschöpfwerke in die Moorwettern bzw. zukünftig in Teilen auch in die im Rahmen der A26 West herzustellende Nordwettern.

Das im Norden und Süden an die Alte Süderelbe angrenzende Einzugsgebiet innerhalb des ehemaligen Außendeiches der Alten Süderelbe (u.a. Flächen des Airbus-Betriebsgeländes, der Naturschutzgebiete Westerweiden und Mühlensand sowie die Flächen der Sommerdeichverbände Vierzigstücken und Francop) entwässert ganzjährig direkt in die Alte Süderelbe.

Nach Norden ist die Alte Süderelbe über sechs Deichsiele (drei davon mit Schöpfwerken) mit den Gewässern des Be- und Entwässerungsverbands Finkenwerder Süd verbunden. Die Entwässerung der dortigen Flächen erfolgt in die Elbe und nur bei Bedarf in die Alte Süderelbe. Die Wasserversorgung zur Beregnung/Bewässerung erfolgt hingegen über drei Schöpfwerke aus der Alten Süderelbe.

Die Entwässerung der Schleusenverbände Neuenfelde und Neuenfelder Außendeich erfolgt für das Gebiet nördlich der Nincoper Straße durch das Deichsiel bei Hasselwerder in das Neuenfelder Schleusenfleet und dann weiter über das Deichsiel und Schöpfwerk Neuenfelde in das Mühlenberger Loch mit Anschluss an die Tideelbe. Das Neuenfelder Schleusenfleet und die Flächen des Sommerdeichverbandes Rosengarten sind über das neugeschaffene Verbindungsgewässer mit der Alten Süderelbe verbunden.

2.8 Bewässerung (Sicherstellung Forstschutzberegnung)

Der intensive Obstanbau in den Schleusenverbandsgebieten erfordert eine gesicherte Bewässerung. Neben der Bewässerung der Obstbäume in trockenen Perioden hat insbesondere die Frostschutzberegnung eine große Bedeutung zur Vermeidung wirtschaftlicher Schäden durch Frost während der Obstbaumbüte.

Beregnungsanlagen sind vor allem in den gepolderten Bereichen der Verbände Hohenwisch, Francop, Viersielen und Neuenfelde sowie in den Sommerdeichverbänden Rosengarten, Vierzigstücken und Francop installiert. Weitere Beregnungsflächen befinden sich in den Gebieten des Be- und Entwässerungsverbandes Finkenwerder Süd.

Das für die Bewässerung und Frostschutzberegnung erforderliche Wasser wird überwiegend in Frostschutzberegnungsteichen vorgehalten und von dort über Pumpen den Beregnungsanlagen zugeführt. Die Versorgung der Beregnungsteiche in den Verbandsgebieten erfolgt überwiegend aus der Alten Süderelbe über eine direkte Entnahme mit Pumpen oder über die Zuleitung von Wasser im Freigefälle durch die Deichsiele Viersielen und Francop über ein verzweigtes System von Wettern, Freeren, Wassergängen und Gräben. Die Alte Süderelbe steht über das Deichsiel Storchennestsiei im Austausch mit der Tideelbe. Dadurch ist eine Zuwässerung in die Alte Süderelbe bei gegebenen Wasserstands differenzen möglich.

Die Schleusenverbände Neuenfelde und Neuenfelder Außendeich werden seit dem Frühjahr 2020 über das Verbindungsgewässer mit Wasser aus der Alten Süderelbe zur Bewässerung und Frostschutzberegnung versorgt. Die Leistungsfähigkeit über das Deichsiel Neuenfelde ist aufgrund stetiger Auflandungen im Außenbereich im Mühlenberger Loch und Sedimenteintrag in das Neuenfelder Schleusenfleet zunehmend herabgesetzt (BWS 2012).

2.9 Grundwasser

Der Lauf der Alten Süderelbe liegt vollständig im Bereich der Elbmarsch, deren niedrige und reliefarme Flächen den Verlauf des Urstromtals der Elbe markieren. Das Urstromtal stellt eine kaltzeitliche, rinnenförmige Erosionsform dar, die maßgeblich im Zuge der jüngsten Kaltzeit (Weichsel-Kaltzeit) durch Schmelzwasserströme mit sandig-kiesigen Sedimenten gefüllt wurde.

Die sandig-kiesige Füllung des Elbeurstromtals baut einen weiträumigen und homogenen Grundwasserleiter (1. Hauptgrundwasserleiter bzw. 1. HGWL) auf, der eine mittlere Mächtigkeit von etwa 20 Metern aufweist. Die Körnung der Sedimente verfeinert sich aufgrund der über den Ablagerungszeitraum nachlassenden Wassermengen und Strömungsgeschwindigkeiten in der Vertikalen tendenziell von der Basis in Richtung Oberfläche.

Der 1. HGWL wird größtenteils durch geringdurchlässige natürliche Weichschichten (Klei und Torf) überlagert. Die Weichschichten besitzen im Bereich der Alten Süderelbe überwiegend eine Mächtigkeit von ca. 5 Metern. Die Druckpotenziale des Grundwassers liegen nahe der Geländeoberfläche, so dass der Grundwasserleiter gespannt ist. Im Bereich der Alten Süderelbe liegen die Grundwasserpotenziale bei ca. $\pm 0,0$ mNHN. Der Schwankungsbereich der Grundwasserpotenziale ist mit ca. 0,5 m gering.

Im Betrachtungsraum ist die Grundwasserströmung nach Südsüdwest gerichtet (siehe Abb. 1). Die Strömungsrichtung resultiert aus der Grundwasseraussickerung durch die Wasserhaltung in der Marsch und die Grundwasserentnahme aus den südlich liegenden Flachbrunnen des Wasserwerks Süderelbmarsch. Die maßgebliche Neubildung des Grundwassers erfolgt durch den Zustrom aus der hydraulisch an den 1. HGWL angebundenen Elbe.

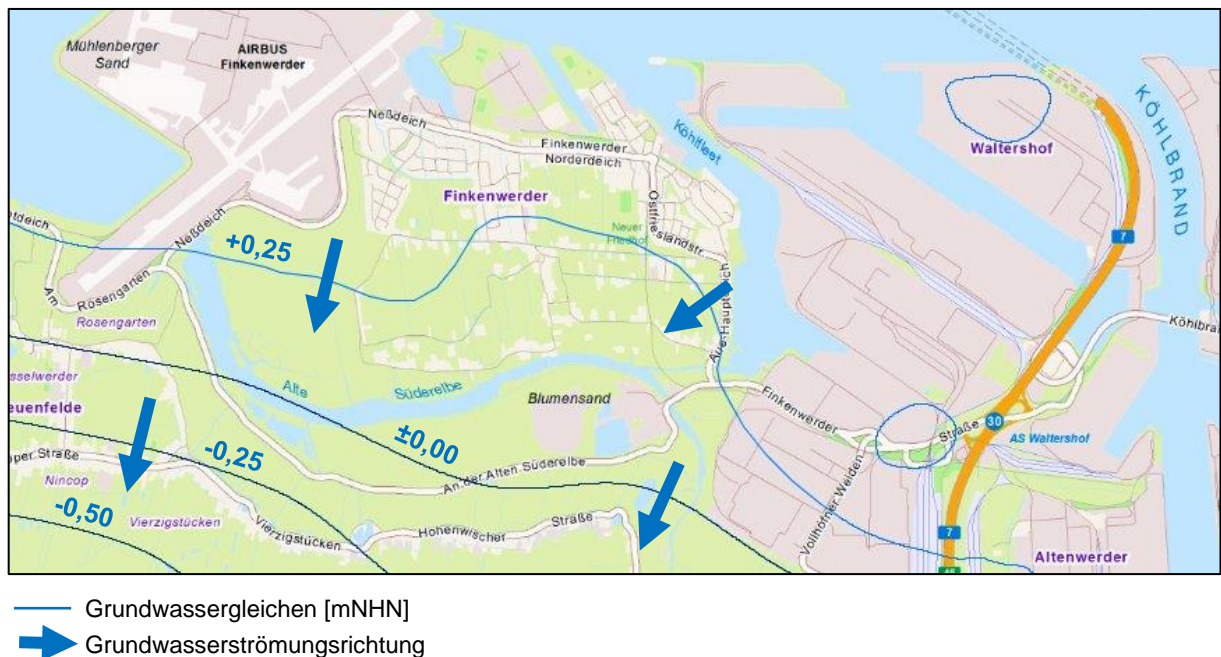
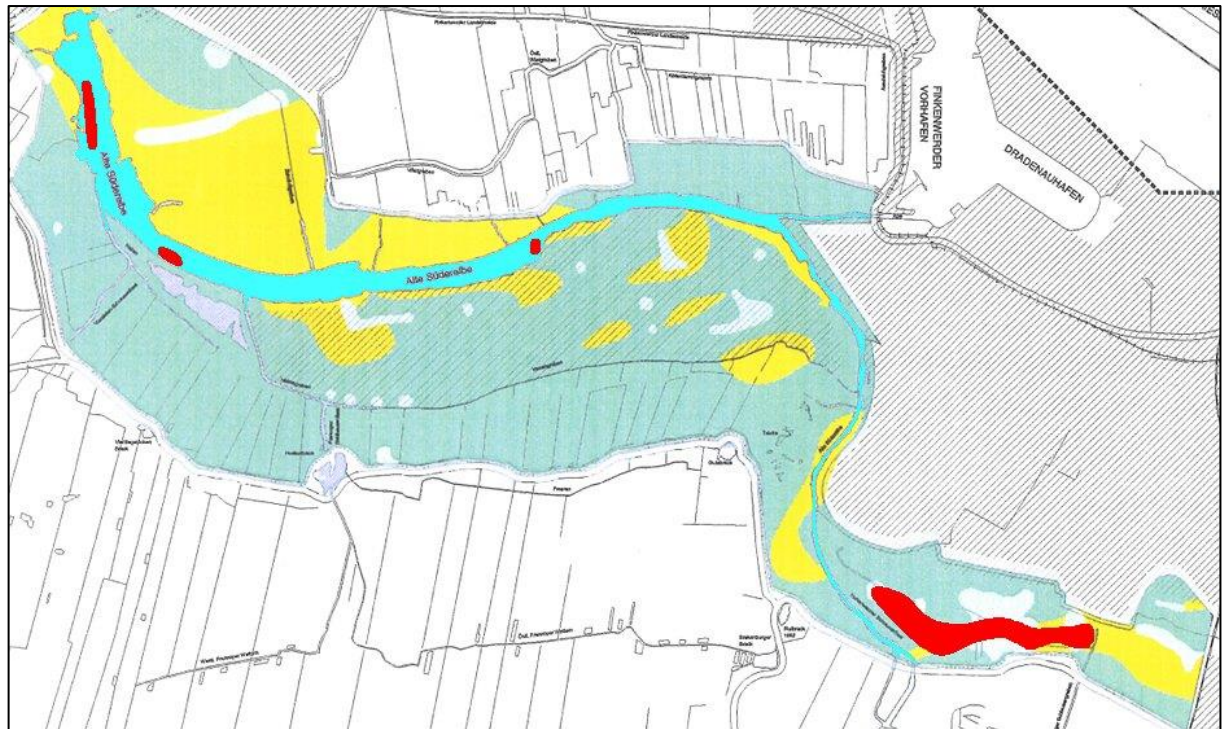


Abb. 1: Grundwasserströmungssituation im 1. HGWL

Durch die natürlichen Weichschichten sind das Oberflächen- und das Grundwasser des 1. HGWL weitgehend hydraulisch getrennt. Aufgrund der Wasserhaltung in der Marsch werden die Oberflächen- und Bodenwasserstände weiträumig abgesenkt. Dadurch stellt sich ein nach oben gerichteter Strömungsgradient ein, der zu einer flächigen Aussickerung von Grundwasser führt. Aufgrund der geringen Durchlässigkeiten der Weichschichten sind die Sickerraten jedoch sehr gering.

Im Bereich von Fehlstellen der Weichschichten bestehen lokal direkte hydraulische Verbindungen (siehe Abb. 2). Darüber hinaus sind in die Weichschichten in Teilbereichen sandige Zwischenschichten eingeschaltet. Wenn ein Oberflächengewässer in die Klei- und Torfablagerungen einschneidet, kann sein Wasserstand als Druckpotenzial ggf. über die sandigen Zwischenschichten weit in den Weichschichtenkörper hineinwirken (vgl. AHU 1996).



- Alte Süderelbe
- Weichschichtenbasis unter -2 mNHN
- Weichschichtenbasis oberhalb -2 mNHN
- Weichschichten mit sandigen Zwischenschichten
- sandige Fehlstellen

Abb. 2: Natürliche Weichschichten im Bereich der Alten Süderelbe (AHU 1996)

3 Methoden

Die hydraulische Modellierung erfolgt 1-dimensional instationär mit der Software Mike 11 der Firma DHI (Release 2014, Service Pack 3).

Mike 11 erlaubt die Betrachtung verzweigter und gekoppelter Flusssysteme mit instationären (d.h. über die Zeit veränderlichen) Abflussbedingungen. Es können sowohl strömende als auch schießende Abflussverhältnisse betrachtet werden. Wasserstandsabhängige Steuerungs- und Betriebsprozesse können im Modell durch Schöpfwerke (Pumpwerke) und Schleusen abgebildet werden. Eine weitere Beeinflussung der Wasserstände kann durch den Einbau von Querbauwerken in den Fließquerschnitt erfolgen. Dies sind unter anderem Brücken, Durchlässe, über- oder unterströmbare Wehre sowie Sohlabstürze, -schwelen und -gleiten.

In Mike 11 werden die vollständigen Bewegungsgleichungen nach Saint-Venant gelöst (siehe unter anderem (DHI 2009)). Voraussetzung hierfür ist, dass alle Rand- und Anfangsbedingungen sowie die Systemgeometrie bekannt sind. Die Systemgeometrie wird durch Profile, Peilungen, Bauwerksdaten und weitere Geländedaten bestimmt. Rand- und Anfangsbedingungen umfassen Angaben über zeitlich variable Zuflüsse oder Wasserstände an den Modellrändern sowie Zuflüsse im Verlauf des Fließgewässers bzw. des Gewässersystems (BWS 2014).

Die Modellgrundlage für dieses Projekt bilden drei bereits vorhandene hydraulische Modelle:

- Modell Alte Süderelbe (BWS 2018a)
- Modell Hohenwisch (BWS 2016)
- Modell Moorburg (BWS 2014)

3.1 Hydrologische Randbedingungen

3.1.1 Datengrundlage

Im Teileinzugsgebiet der Alten Süderelbe liegen keine Messergebnisse über Abflüsse vor. Aussagen über den Gebietsabfluss können jedoch aus den Betriebsstunden und Pumpenleistungen von Schöpfwerken abgeleitet werden. Als Datengrundlage hierfür stehen die Aufzeichnungen der Betriebsstunden des Schöpfwerks Hohenwisch als Tageswerte seit Beginn des hydrologischen Jahres 2003 zur Verfügung. Für den Zeitraum 2012-2013 liegen Frequenzen der Pumpen des Schöpfwerks Hohenwisch in 3-Minutenintervallen vor, im Zeitraum von 2014 bis 2017 in 1-Minutenintervallen.

Im Zuge der Bearbeitung des Projektes „Entwässerungs- und Betriebskonzept Alte Süderelbe“ (BWS 2018a) sind die Ergebnisse der Betriebsstundenauswertung der Jahre 2003 bis 2010 (BWS 2014) und die Ergebnisse der Frequenzanalyse der Jahre 2012 bis 2017 zu einem einheitlichen Datensatz zusammengeführt worden.

Die Tiderandbedingung ist auf Grundlage der „Gewässerkundlichen Informationen“ des gewässerkundlichen Jahres 2018 (HPA 2018) ermittelt worden. Daneben standen Ergebnisse des Strömungsatlas der HPA, Szenario 1 – mittlere Tidebedingungen bei einem Oberwasserzufluss von 350 m³/s (HPA 2019) zur Verfügung.

3.1.2 Gebietsabflussspenden

Die Ableitung der hydrologischen Randbedingungen erfolgte analog zum Vorgehen in den Projekten „Neuordnung der Wasserwirtschaft Moorburg“ (BWS 2014) beziehungsweise „Hydraulische Nachweise für die Gewässereinleitungen der A26 West zwischen der A7 und der Landesgrenze“ (BWS 2016). Dort wurde eine statistische Auswertung der täglichen Fördermengen der Schöpfwerke Hohenwisch und Moorburg durchgeführt.

Der mittlere Abfluss (MQ) wurde durch Mittelung aller Tageswerte gebildet. Der Abfluss des Lastfalles HQ₃₀ (zum Nachweis der Sicherstellung des Binnenhochwasserschutzes) ist durch die Anpassung der Allgemeinen Extremwertverteilung an die trendbereinigte Stichprobe (trendbereinigt auf das Ende des ausgewerteten Zeitraumes (31.10.2012)) der Jahresmaxima der Abflüsse ermittelt worden. Die statistisch ermittelten Abflüsse HQ₃₀ und MQ sind in Tab. 1 in der Zeile „Statistik“ aufgeführt.

Die Teileinzugsgebiete im Untersuchungsgebiet nehmen aufgrund ihrer unterschiedlichen topografischen, morphologischen und hydrogeologischen Eigenschaften mit unterschiedlicher Ausprägung am Abflussgeschehen teil. Daher wurden diese typisiert und zu charakteristischen Teileinzugsgebietstypen zusammengefasst: a) Geestgebiete, b) dränierte Poldergebiete, c) ländliche Gebiete sowie d) Wohnen, Gewerbe und Infrastruktur. Für die unterschiedlichen Teileinzugsgebietstypen wurden pro Lastfall charakteristische Gebietsabflussspenden ermittelt. Die charakteristischen Gebietsabflussspenden sind so auf die Gebietsstrukturen des Teileinzugsgebietes verteilt worden, dass die aufsummierten Produkte aus Flächen der Teileinzugsgebiete und Gebietsabflussspenden in etwa den statistisch ermittelten Abflüssen der gewünschten Jährlichkeit beziehungsweise dem mittleren Abfluss entsprechen.

Tab. 1: Gebietsabflussspenden Moorburger Landscheide und Moorwettern

Schöpfungswerk Hohenwisch						
Gebietsstruktur	A _{Eo} , Hohenwisch [km²]	Anteil an Gesamtfläche	MQ		HQ ₃₀	
			Mq [l/skm²]	MQ [m³/s]	Hq ₃₀ [l/skm²]	HQ ₃₀ [m³/s]
Moorburger Landscheide						
Geestgebiete	10,3	0,14	3	0,03	65	0,67
dränierte Poldergebiete	0,0	0,00	15	0,00	45	0,00
ländliche Gebiete	4,7	0,06	18	0,08	150	0,70
Wohnen, Gewerbe, Infrastruktur	6,0	0,08	6	0,04	200	1,20
Moorwettern						
Geestgebiete	22,0	0,29	3	0,07	50	1,10
dränierte Poldergebiete	10,8	0,14	15	0,16	40	0,43
ländliche Gebiete	12,4	0,16	18	0,22	130	1,61
Wohnen, Gewerbe, Infrastruktur	9,8	0,13	6	0,06	160	1,57
	76,1	Σ		0,66		7,28
		Statistik	9	0,71	96	7,28
				-7%		0%

Im Projekt „Entwässerungs- und Betriebskonzept Alte Süderelbe“ (BWS 2018a) erfolgte die Übertragung der Gebietsabflussspenden auf das Modellgebiet der Alten Süderelbe (vgl. Tab. 2). Diese Abflussspenden sind auch in dieser Machbarkeitsstudie angesetzt worden.

Tab. 2: Gebietsabflussspenden Alte Süderelbe

Alte Süderelbe						
Gebietsstruktur	A _{Eo} , Alte Süderelbe [km²]	Anteil an Gesamtfläche	MQ		HQ ₃₀	
			Mq [l/skm²]	MQ [m³/s]	Hq ₃₀ [l/skm²]	HQ ₃₀ [m³/s]
Alte Süderelbe						
Geestgebiete	0,0	0,00	3	0,00	65	0,00
dränierte Poldergebiete	0,0	0,00	15	0,00	40	0,00
ländliche Gebiete	22,0	0,93	18	0,40	150	3,30
Wohnen, Gewerbe, Infrastruktur	1,6	0,07	6	0,01	200	0,32
	23,6	Σ		0,41		3,62

3.1.3 Einheitsganglinien

Für die verschiedenen Gebietsstrukturen sind jeweils charakteristische Einheitsganglinien erstellt worden, die sich am Lastfall eines 24h-Regens orientieren. Als Vor- und Nachlauf des Hochwasserereignisses ist der mittlere Abfluss angesetzt worden.

Der Verlauf der Abflussganglinie ist mit Hilfe der in Dyck (1980) beschriebenen Kozeny-Funktion angenähert worden (vgl. Gl. 1). Die Parameter Scheitellaufzeit t_s und der Formfaktor m wurden iterativ bestimmt bei gleichzeitiger Überprüfung des resultierenden Wellenvolumens.

$$\frac{Q(t)}{Q_s} = \frac{t}{t_s} e^{\left(m - m \frac{t}{t_s}\right)} \quad \text{Gl. 1}$$

Für das Modellgebiet der Alten Süderelbe sind die in Tab. 3 aufgeführten Parameter verwendet worden. Die Ermittlung der Parameter erfolgte im Projekt „Entwässerungs- und Betriebskonzept Alte Süderelbe“ (BWS 2018a).

Tab. 3: Parameter der Einheitsganglinie

Alte Süderelbe		
Gebietsstruktur	t_s	m
ländliche Gebiete	24	1.42
Wohnen, Gewerbe, Infrastruktur	12	1.70

3.1.4 Tiderandbedingung

Durch die HPA sind synthetische Ganglinien am Pegel Seemannshöft sowie aus den Bereichen der Modellränder (Finkenwerder Vorhafen, Süderelbe Bullerrinne, Süderelbe CTA Wendekreis und am Pegel Cranz) aus dem „HPA Strömungsatlas“ zur Verfügung gestellt worden (HPA 2019). Anhand der Ganglinien sind die mittleren Phasenverschiebungen und Änderungen in den Amplituden ermittelt worden, die an den Modellrändern im Bezug zum Pegel Seemannshöft zu erwarten sind.

Eine mittlere Tidekurve am Pegel Seemannshöft steht nicht zur Verfügung. Die Ganglinie ist daher aus der mittleren Tidekurve des Pegels St. Pauli des Abflussjahres 2018 abgeleitet worden (HPA 2018). Die Kurve des Pegels St. Pauli ist derart skaliert worden, dass das MThw bzw. MTnw dem des Pegels Seemannshöft entspricht. Das MThw des Abflussjahres 2018 des Pegels Seemannshöft beträgt +2,09 mNHN, das MTnw beläuft sich auf -1,63 mNHN. Die Tiderandbedingung für die einzelnen Anbindungsvarianten sind durch Anpassung der Phasen und Amplituden aus der mittleren Tidekurve des Pegels Seemannshöft (Datengrundlage ebd. (2018)) ermittelt worden.

In Abstimmung mit allen Projektbeteiligten ist für das neu zu errichtende Sperrwerk Storchennest ein Sperrwasserstand von +2,5 mNHN festgelegt worden. Für das Szenario „Sicherstellung des Binnenhochwasserschutzes“ ist von einem binnenseitigen maximalen Wasserstand in der Alten Süderelbe von +2,5 mNHN ausgegangen worden. Das Sperrwerk bleibt über die Dauer des durch das Niederschlagsereignis erzeugten Abflussganglinie geschlossen. Eine Entlastung findet über das geplante Schöpfwerk Storchennest mit einer Leistung von ca. 9,0 m³/s statt.

4 Bathymetrie der Anbindungsvarianten

4.1 Herleitung der Bathymetrie für die Anbindungsvariante 1

Die Entwicklung einer Bathymetrie für die Anbindungsvariante 1 erfolgte iterativ in enger Abstimmung mit allen Projektbeteiligten. Ziel der Herleitung war es, im Gewässerverlauf der Alten Süderelbe einen Flutraum zu schaffen,

- in dem ein möglichst großes Wasservolumen aus der Tideelbe aufgenommen werden kann,
- ein mittlerer Tideniedrigwasserstand möglichst über die gesamte Gewässerfläche erreicht wird und der
- einen möglichst geringen ökologischen Eingriff verursacht.

Voraussetzung dafür sind ausreichend groß dimensionierte Gewässerprofile im Einstrombereich der Aue und in der Alten Süderelbe. In diesem Zusammenhang sind im Bereich der Aue, dem sich westlich anschließenden Stillgewässerteil sowie im Fließgewässerabschnitt der Alten Süderelbe verschiedene Querschnittsgeometrien, Sohliefen und Sohlbreiten untersucht worden.

Bei allen untersuchten Planvarianten ist das freie Ein- und Ausschwingen der vollen mittleren Tide über die Aue vorgesehen. Dadurch wird in Teilen eine Kappung, Verlegung sowie Neu-anbindung von Gewässern im Untersuchungsgebiet erforderlich.

In einem ersten Schritt ist die Aue mit einer Sohlbreite von 40 m, einer Sohltiefe von -2,5 mNHN und einer Böschungsneigung von 1:3 in das HN-Modell implementiert worden. Der sich südöstlich anschließende Teil der Alten Süderelbe hat im Modell ebenfalls eine Sohltiefe von -2,5 mNHN. In den übrigen Gewässerabschnitten fand keine Anpassung der Gewässerprofile statt. Im Ergebnis hat der erste Rechenlauf mit den vergleichsweise geringen Anpassungen der Geometrien der Aue und der Alten Süderelbe gezeigt, dass durch die nicht sehr leistungsfähige Gestaltung der Aue der Wasseraustausch zwischen der Alten Süderelbe und der Tideelbe behindert wird. Das hat zur Folge, dass der mittlere Tideniedrigwasserstand im westlichen Untersuchungsgebiet im Laufe eines Tidezyklus nicht erreicht wird. Zur Verbesserung der Einstromsituation wurde daraufhin die Öffnungsweite auf 65 m im Bereich der Aue bei einer Sohltiefe von -2,5 mNHN verbreitert.

Da etwa jede zehnte Tide am Pegel St. Pauli niedriger als -2,10 mNHN aufläuft, sollte auch für diese relativ häufigen Ereignisse ein ausreichend großes Volumen geschaffen werden. Der Bereich der Aue ist daraufhin angepasst und mit einer Sohltiefe von -3,5 mNHN, einer Sohlbreite von 65 m und mit senkrechten Wänden in das HN-Modell eingebaut worden.

Darüber hinaus sind die Querschnitte besonders im sich westlich anschließenden Stillgewässerteil der Alten Süderelbe verbreitert und vertieft worden. Nach Westen nimmt die Sohltiefe auf -2 mNHN ab. Weiterhin wurde der Fließgewässerabschnitt der Alten Süderelbe in Richtung Graft ausgebaut. Bis zur Graft ist eine Ausbautiefe von -3,5 mNHN gewählt worden, im sich östlich anschließenden Abschnitt nimmt die Ausbautiefe stufenweise ab und beträgt im Bereich der Abdämmung Pagensand etwa -2,5 mNHN.

Aufgrund der geringen Überflutungshöhen und der relativ geringen Zunahme des geschaffenen Flutraumes wurde in Abstimmung mit den Projektbeteiligten festgelegt, dass der Eingriff in Form von Ausbaggerungen in die ökologisch wertvollen Flächen im Fließgewässerabschnitt der Alten Süderelbe bis zur Graft minimiert werden sollte und in diesem Bereich eine natürliche Entwicklung des Gebietes unter Tideeinfluss angestrebt wird.

4.2 Anbindungsvariante 1

Unter Anbindungsvariante 1 erfolgt eine Abtrennung des Viersieler Schleusenfleetes vom Stillgewässerteil der Alten Süderelbe. Das hier anfallende Wasser wird über den Haken und den Hakengraben über ein neu zu errichtendes Schöpfwerk in die Alte Süderelbe entwässert. Der an den Fließgewässerabschnitt der Alten Süderelbe anbindende Hakengraben wird im Bereich des Zusammenflusses von Haken und Hakengraben gekappt oder abgedämmt sodass lediglich der 400 m lange Restarm des Hakengrabens am Tidegeschehen teilnimmt (vgl. Anl. 1).

Das Hohenwischer Schleusenfleet (HWSF) muss im Zuge der Anbindungsvariante 1 verlegt werden, um Privatflächen, die sich am heutigen Schleusenfleet befinden, aus dem Überflutungsraum sicher auszugrenzen. Im Planzustand bindet es etwa 450 m weiter östlich an die ausgebaute Alte Süderelbe an. Damit einhergehend verkürzt sich auch die Länge des Schleusenfleets von 900 m auf etwa 500 m.

Das Schöpfwerk Moorburg-West entwässert in die ausgebaute Alte Süderelbe. Das Schöpfwerk Moorburg entwässert über das Schöpfwerk Altenwerder Mitte in Richtung Süderelbe.

In der Anbindungsvariante 1 wird im Bereich der Aue von einer Sohlbreite von 65 m, einer Sohltiefe von -3,5 mNHN und rechteckigem Profil ausgegangen. Im Stillgewässerteil der Alten Süderelbe wird die Sohltiefe von -3,5 mNHN in westliche Richtung bis etwa zur Stationierung ASE -1350 fortgeführt (vgl. Anl. 2.1). Westlich hiervon nimmt die Ausbautiefe stufenweise ab und beträgt östlich der Airbus-Landebahn -2 mNHN. Im bebauten Bereich des Nordufers des Stillgewässerteils ist infolge der beengten Verhältnisse ein senkrechter Verbau vorgesehen. Außerhalb des bebauten Bereiches und entlang des Südufers des Stillgewässerteils der Alten Süderelbe ist die ausgebaute Alte Süderelbe mit einer Böschungsneigung von 1:3 in das HN-Modell implementiert worden.

Der Fließgewässerabschnitt zwischen Aue und Graft bleibt zum Bestand unverändert. Die Sohlbreiten in dem Bereich belaufen sich auf etwa 10 m, die Sohltiefe liegt bei -2,0 mNHN. Der sich in östliche Richtung anschließende Gewässerabschnitt wird in seiner Breite angepasst, sodass die Sohlbreite auch hier 10 m bei einer Böschungsneigung von 1:3 beträgt. Die Sohltiefe nimmt nach Osten hin ab und beträgt im Bereich der Abdämmung Pagen-sand -1,5 mNHN. Östlich hiervon erfolgt keine Veränderung am Bestandsgewässer.

In Anl. 2.1 bis 2.6 sind für alle Anbindungsvarianten die der Modellierung zugrunde gelegten Anpassungen der Bathymetrie zusammengefasst dargestellt.

4.3 Anbindungsvariante 1a

Anbindungsvariante 1a ist eine Erweiterung der Anbindungsvariante 1 und aller damit verbundenen Anpassungen des Gewässersystems (vgl. Kap. 4.2), um die unter 4.7 beschriebene, gesteuerte Anbindung an das Mühlenberger Loch über das ausgebaute Verbindungsgewässer und das Neuenfelder Schleusenfleet (vgl. Anl. 2.2).

4.4 Anbindungsvariante 2

Für die Anbindungsvariante 2 sind die unter 4.2 aufgeführten Anpassungen des Gewässersystems und der Gewässergeometrien erforderlich. Zusätzlich erfolgt in der Anbindungsvariante 2 der Ausstrom über vier Düker unter der Airbus-Start- und Landebahn. Der Durchfluss wird hier so gesteuert, dass er nur stromab von der Alten Süderelbe in Richtung Mühlenberger Loch stattfindet. Das Bauwerk wird geöffnet, sobald der Wasserstand der Alten Süderelbe höher als der der Tideelbe ist.

In Anbindungsvariante 2 ist im Stillgewässerteil der Alten Süderelbe, östlich der Airbus-Start- und Landebahn, gegenüber den Anbindungsvarianten 1 und 1a zur Anbindung an den Düker ein Doppeltrapezprofil mit einer Sohlbreite von 10 m im HN-Modell vorgesehen, um hier aufgrund der geringmächtigen Weichschichten den Anschluss an das Grundwasser gering zu halten. Die Sohltiefe liegt bei -2,5 mNHN (vgl. Anl. 2.3).

4.5 Anbindungsvariante 3

In Anbindungsvariante 3 wird der freie Ein- und Ausstrom der mittleren Tide über einen neu zu schaffenden Gewässerabschnitt der Alten Süderelbe in östliche Richtung zur Süderelbe hin zugelassen. Zusätzlich müssen die unter 4.2 und 4.4 aufgeführten Anpassungen am Gewässersystem durchgeführt werden (vgl. Anl. 2.4). Das Schöpfwerk Moorborg entwässert in der Anbindungsvariante 3 in den neuen Abschnitt der Alten Süderelbe.

Die ausgebauten Gewässerstränge werden größtenteils als Trapezprofile hergestellt. Der bestehende Ostarm der Alten Süderelbe wird von West nach Ost bis zur Abdämmung Pagensand von -2,0 mNHN auf eine Sohltiefe von -2,5 mNHN vertieft. Die Sohlbreite wird in diesem Abschnitt von 10 m auf 20 m erweitert. Östlich der Abdämmung Pagensand werden bis zur Unterquerung der A7 Profile mit einer Sohltiefe von -3,0 mNHN in das HN-Modell implementiert.

Der neu zu errichtende Gewässerabschnitt der Alten Süderelbe (ASE_MB) östlich der A7 (außendeichs des Altenwerder Hauptdeiches) wird mit einer Sohltiefe von -3,5 mNHN und Sohlbreiten von 25 m unter Verwendung rechteckiger Profile ins Modell eingebaut. Im Bereich der A7 ist infolge der beengten Verhältnisse eine um 20% reduzierte Sohlbreite (20 m) angenommen worden.

4.6 Anbindungsvariante 3a

Die Bathymetrie der Anbindungsvariante 3a entspricht der der Anbindungsvariante 3 (vgl. Kap. 4.5) mit dem Unterschied, dass die Gewässerabschnitte östlich der Graft leistungsfähigere Querschnitte aufweisen (vgl. Anl. 2.5).

Zwischen der Graft und der Station ASE_OST_neu -600 wird die Alte Süderelbe auf eine Sohltiefe von -2,5 mNHN vertieft, in Richtung Osten nimmt die Sohltiefe gestaffelt zu. Westlich des Schwanenteichs beläuft sie sich auf -3,0 mNHN, die Sohlbreite in dem Bereich soll im Ausbauzustand 29 m betragen. Im Bereich der Unterquerung der Hafenbahn, der geplanten Vorstellgruppe und der A7 wird im Ausbauzustand von einem rechteckigen Querschnitt ausgegangen. Die Sohlbreite wird mit 40 m angenommen.

Im Bereich des Erdwalls Altenwerder wird ein Gewässer (ASE_MB) mit einer Sohltiefe von -3,50 mNHN und einer Sohlbreite von 26 m angenommen. Die nördliche Gewässerböschung wird mit einer Neigung von 1:3 angenommen. Für die südliche Böschung wird bis zu einer Höhe von +1,50 mNHN ebenfalls von einer Neigung von 1:3 ausgegangen. Daran schließt sich bis zum Erreichen der +3,00 mNHN ein sehr flach geböschter Bereich an, so dass die Ausbaubreite des Gewässers auf Höhe von +3,00 mNHN rd. 110 m beträgt.

4.7 Anbindungsvariante 4

In Anbindungsvariante 4 erfolgt die Anbindung der Alten Süderelbe an die Tideelbe (Köhlfleet) wie unter 4.2 bei der Anbindungsvariante 1 beschrieben (vgl. Anl. 2.6). Daneben wird im Osten eine Verbindung (BLR) über den Schwanenteich, den Kirchtalgraben und die Bullerrinne an die Süderelbe geschaffen. Über diese Verbindung kann ebenfalls die volle mittlere Tide ein- und ausschwingen. Das Schöpfwerk Moorburg entwässert in diesen Teil der ausgebauten Alten Süderelbe.

Die ausgebauten Gewässerstränge (Kirchtalgraben und Bullerrinne) werden größtenteils als Trapezprofile mit einer Böschungsneigung von 1:2 und einer Sohlbreite von 2 m hergestellt, an Zwangspunkten werden Profile auch mit senkrechtem Verbau bei einer Sohlbreite von 5 m hergestellt. Die Sohltiefe ist über den gesamten östlichen Abschnitt mit -2 mNHN gewählt worden.

Im Nordwesten des Betrachtungsraums kann das Wasser das Untersuchungsgebiet über das ausgebaute Verbindungsgewässer und das Neuenfelder Schleusenfleet verlassen. Der Auslass ist gesteuert. Das Wasser kann das Untersuchungsgebiet nur in Richtung Mühlenberger Loch verlassen, wenn der binnenseitige Wasserstand größer als der Wasserstand der Tideelbe ist.

Das Verbindungsgewässer wird im Trapezprofil hergestellt, die Sohlbreite beträgt im Ausbauzustand 2 m bei einer Böschungsneigung von 1:2. Der Neuenfelder Schleusenfleet wird als Rechteckquerschnitt mit einer Sohlbreite von 15 m ausgebaut. Beide Gewässer haben im Ausbauzustand eine Sohltiefe von -2 mNHN.

4.8 Modellaufbau

Das sehr weit verzweigte Gewässersystem im Projektgebiet wurde im HN-Modell zu einem reduzierten Modellgewässernetz aggregiert und vereinfacht dargestellt. Im Modell Alte Süderelbe bestehen Koppelstellen für die Modelle Moorburg (BWS 2014) und Hohenwisch (BWS 2016), sodass die Betrachtung des gesamten Einzugsgebietes der Süderelbe möglich ist (BWS 2018a).

Die Plausibilisierung des Bestandsmodells erfolgte im Zuge von (BWS 2018a) anhand von zwei Referenzereignissen aus den Jahren 2015 und 2012. Für beide Ereignisse ist eine Differenz von 1 cm zwischen dem gemessenen und dem modellierten Spitzenwasserstand dokumentiert worden.

Die Anpassung der Geometrien der einzelnen Gewässerabschnitte ist in Abhängigkeit der Anbindungsvariante erfolgt. Einen Überblick über die zuvor beschriebenen Sohliefen und Sohlbreiten in den einzelnen Anbindungsvarianten gibt Tab. 4. In der Regel sind im Ausbauzustand Trapezprofile mit einer Böschungsneigung von 1:3 in das Modell eingebaut worden. In den Anbindungsvarianten 2 und 3 ist im Stillgewässerteil der Alten Süderelbe östlich der Airbus-Start- und Landebahn ein Doppeltrapezprofil vorgesehen. Die zweiten Werte in Tab. 4 an der Station ASE -4.002,94 beziehen sich jeweils auf das kleinere Trapez. In Bereichen mit beengten Platzverhältnissen, die keine Böschung zulassen (bspw. im Bereich der Aue sowie dem Nordufer des sich westlich anschließenden Stillgewässerteils der Alten Süderelbe), sind Profile mit senkrechten Wänden in das Modellgewässer eingebaut worden. Das Gerinne im Mühlenberger Loch wird in den Anbindungsvarianten 2, 3, 3a und 4 mit einer Böschungsneigung von 1:7 hergestellt.

Den ins Modell eingebauten Gewässerprofilen sind Rauheiten (Manning-Strickler-Beiwerte k_{St}) zugewiesen worden. Im Gewässer wurde ein k_{St} -Wert von $28 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ angesetzt. Die Abbildung von Bewuchs in den Vorländern der Profile erfolgt durch die Anpassung (Verminderung) der Rauheiten ($k_{St} = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$).

Tab. 4: Sohltiefen und Sohlbreiten der Gewässer im Modell in den einzelnen Anbindungsvarianten

Station	Anbindungsvariante 1		Anbindungsvariante 1a		Anbindungsvariante 2		Anbindungsvariante 3		Anbindungsvariante 3a		Anbindungsvariante 4	
	Sohlentiefe [m NHN]	Sohlbreite [m]	Sohlentiefe [m NHN]	Sohlbreite [m]	Sohlentiefe [m NHN]	Sohlbreite [m]	Sohlentiefe [m NHN]	Sohlbreite [m]	Sohlentiefe [m NHN]	Sohlbreite [m]	Sohlentiefe [m NHN]	Sohlbreite [m]
NFS -524,966	-	-	-2,0	15	-	-	-	-	-	-	-2,0	15
RSG -1035	-	-	-2,0	2	-	-	-	-	-	-	-2,0	2
ASE -4002,94	-2,0	252	-2,0	252	-2,0 bzw. -2,5	252 bzw. 10	-2,0 bzw. -2,5	252 bzw. 10	-2,0 bzw. -2,5	252 bzw. 10	-2,0	252
ASE -3002,94	-2,5	125	-2,5	125	-2,5	125	-2,5	125	-2,5	125	-2,5	125
ASE -2002,94	-3,0	253	-3,0	253	-3,0	253	-3,0	253	-3,0	253	-3,0	253
ASE -1002,94	-3,5	178	-3,5	178	-3,5	178	-3,5	178	-3,5	178	-3,5	178
ASE -2,94	-3,5	119	-3,5	119	-3,5	119	-3,5	119	-3,5	119	-3,5	119
AUE -367,534	-3,5	65	-3,5	65	-3,5	65	-3,5	65	-3,5	65	-3,5	65
FAS -501,53	-2,0	10	-2,0	10	-2,0	10	-2,0	10	-2,0	10	-2,0	10
FAS -1002,16	-2,0	10	-2,0	10	-2,0	10	-2,0	10	-2,0	10	-2,0	10
FAS -1506,41	-2,0	10	-2,0	10	-2,0	10	-2,0	10	-2,0	10	-2,0	10
ASE_OST -750,053*	-2,0	10	-2,0	10	-2,0	10	-2,0	10	-3,0	29	-2,0	10
ASE_OST -1508,06*	-1,5	10	-1,5	10	-1,5	10	-2,5	20	-3,0	29	-2,0	5
ASE_MB -615*	-	-	-	-	-	-	-3,0	25	-3,5	40	-	-
ASE_MB -1225*	-	-	-	-	-	-	-3,5	25	-3,5	26	-	-
BLR_SUED -556	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-2,0	2
BLR_NORD -976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-2,0	2

* In der Anbindungsvariante 3a lauten die Stationen von West nach Ost: ASE_OST -560, ASE_OST -1403, ASE_MB -153, ASE_MB -826

5 Ergebnisse der HN-Modellierung

5.1 Wasserstände

Die sich über den Simulationszeitraum einstellenden minimalen und maximalen Wasserstände sind für alle Anbindungsvarianten in Tab. 5 dargestellt. Eine Darstellung der Wasserstandsganglinien an ausgewählten Stationen findet sich für alle untersuchten Anbindungsvarianten in Anl. 3.1 bis 3.6.

Über den Verlauf der Aue und dem sich westlich anschließenden Teil der Alten Süderelbe stellen sich in allen Anbindungsvarianten fast identische maximale und minimale Wasserstände ein. Die Unterquerung der Airbus-Start- und Landebahn in den Anbindungsvarianten 2, 3 und 3a führt zu geringfügig (1 bis 2 cm) niedrigeren Wasserständen zwischen der Airbus-Start- und Landebahn (ASE -4402,94) und ASE -2002,94.

Im östlichen Untersuchungsgebiet zeigen die maximalen Wasserstände der untersuchten Varianten kaum Unterschiede. Die maximale Abweichung beträgt 2 cm.

Unterschiede zwischen den untersuchten Anbindungsvarianten zeigen dagegen die minimalen Wasserstände der Anbindungsvarianten 3 und 3a im Ostarm der Alten Süderelbe (ASE_OST) sowie im Fließgewässerabschnitt (FAS) (vgl. Anl. 3.4 und Anl. 3.5). Der relativ leistungsfähige Gewässerabschnitt ASE_MB am Erdwall Altenwerder führt im Vergleich zu den Anbindungsvarianten 1, 1a, 2 und 4 zu etwa 45 cm niedrigeren minimalen Wasserständen im Bereich des Containerterminals Altenwerder (ASE_OST -1508,06). In Richtung Aue reduziert sich die Differenz auf etwa 20 cm im Bereich 200 m südlich der Metha-Brücke (FAS -501,53). Die im Vergleich zur Anbindungsvariante 3 leistungsfähiger gestalteten Profile der Anbindungsvariante 3a führen dazu, dass sich zwischen Metha-Brücke und der Graft bis zu 10 cm niedrigere minimale Wasserstände einstellen als in der Anbindungsvariante 3. Im sich östlich anschließenden Abschnitt zwischen Graft und Süderelbe unterscheiden sich die minimalen Wasserstände der Anbindungsvarianten 3 und 3a kaum voneinander.

Tab. 5: Maximale und minimale Wasserstände (WST) an ausgewählten Punkten im modellierten Gewässernetz in den einzelnen Anbindungsvarianten

Station	Anbindungsvariante 1		Anbindungsvariante 1a		Anbindungsvariante 2		Anbindungsvariante 3		Anbindungsvariante 3a		Anbindungsvariante 4	
	WST _{max} [m NHN]	WST _{min} [m NHN]	WST _{max} [m NHN]	WST _{min} [m NHN]	WST _{max} [m NHN]	WST _{min} [m NHN]	WST _{max} [m NHN]	WST _{min} [m NHN]	WST _{max} [m NHN]	WST _{min} [m NHN]	WST _{max} [m NHN]	WST _{min} [m NHN]
NFS -524,966	-	-	1,83	-1,12	-	-	-	-	-	-	1,83	-1,12
RSG -1035	-	-	2,00	-1,27	-	-	-	-	-	-	2,00	-1,27
ASE -4002,94	2,12	-1,59	2,12	-1,58	2,10	-1,57	2,11	-1,58	2,11	-1,58	2,12	-1,58
ASE -3002,94	2,12	-1,59	2,12	-1,58	2,10	-1,57	2,11	-1,58	2,11	-1,58	2,12	-1,58
ASE -2002,94	2,12	-1,58	2,11	-1,58	2,10	-1,57	2,11	-1,57	2,11	-1,58	2,11	-1,58
ASE -1002,94	2,11	-1,57	2,11	-1,57	2,10	-1,56	2,10	-1,57	2,10	-1,57	2,10	-1,57
ASE -2,94	2,10	-1,57	2,10	-1,56	2,09	-1,56	2,10	-1,57	2,10	-1,57	2,09	-1,56
AUE -367,534	2,09	-1,59	2,09	-1,59	2,09	-1,59	2,09	-1,59	2,09	-1,59	2,09	-1,59
-501,53	2,10	-1,38	2,10	-1,38	2,09	-1,38	2,11	-1,56	2,11	-1,58	2,09	-1,37
FAS -1002,16	2,11	-1,34	2,11	-1,34	2,10	-1,34	2,12	-1,57	2,12	-1,62	2,09	-1,32
FAS -1506,41	2,12	-1,33	2,11	-1,33	2,11	-1,33	2,13	-1,59	2,13	-1,70	2,10	-1,30
ASE_OST -750,053*	2,13	-1,33	2,13	-1,32	2,12	-1,33	2,14	-1,73	2,14	-1,75	2,12	-1,29
ASE_OST -1508,06*	2,14	-1,29	2,14	-1,29	2,13	-1,29	2,15	-1,74	2,15	-1,75	2,13	-1,30
ASE_MB -615*	-	-	-	-	-	-	2,15	-1,74	2,16	-1,74	-	-
ASE_MB -1225*	-	-	-	-	-	-	2,16	-1,74	2,16	-1,73	-	-
BLR_SUED -556	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,12	-1,30
BLR_NORD -976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,13	-1,43

* In der Anbindungsvariante 3a lauten die Stationen von West nach Ost: ASE_OST -560, ASE_OST -1403, ASE_MB -153, ASE_MB -826

5.2 Strömungsgeschwindigkeiten

Die sich über den Simulationszeitraum einstellenden maximalen Strömungsgeschwindigkeiten für die einzelnen Anbindungsvarianten sind in Tab. 6 zusammengestellt. Eine Darstellung der Strömungsgeschwindigkeiten über die Dauer einer Tide an ausgewählten Stationen findet sich für alle untersuchten Anbindungsvarianten in Anl. 4.1 bis 4.6.

Das Vorzeichen der Strömungsgeschwindigkeit ist dabei der Anzeiger der Fließrichtung im Gewässerabschnitt. Für die hier dargestellten Gewässer sind die jeweiligen Fließrichtungen in Tab. 7 aufgeführt. Daneben sind an ausgewählten Stationen Stauwasserdauern ermittelt worden. Die Grenzfließgeschwindigkeit, ab der von einem quasi-stehendem Gewässer ausgegangen werden kann, ist mit 0,1 m/s festgelegt worden.

Im Bereich der Aue treten in allen Anbindungsvarianten etwa gleiche Strömungsgeschwindigkeiten von etwa 1,6 m/s beim Ausstrom und etwa 1,1 m/s beim Einstrom auf. Die Stauwasserdauer betragen hier wenige Minuten je Tide. Westlich der Aue nimmt der Standgewässercharakter und damit die Stauwasserdauer in der Alten Süderelbe immer mehr zu und erreicht am Westende der Alten Süderelbe bei Anbindungsvariante 1 eine Dauer von mehr als 800 Minuten je Tide. Dementsprechend nehmen die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten von 0,77 m/s auf 0,13 m/s (beim Ausstrom) bzw. von 0,43 m/s auf 0,05 m/s (beim Einstrom) ab.

Die Unterquerung der Airbus-Start- und Landebahn (in den Anbindungsvarianten 2, 3 und 3a) führt im äußersten Westen der Alten Süderelbe zu geringfügig höheren Strömungsgeschwindigkeiten. In den Anbindungsvarianten 1 und 1a beträgt die maximale Strömungsgeschwindigkeit 0,13 m/s, beim Ausstrom durch das Durchlassbauwerk in den Anbindungsvarianten 2 und 3/ 3a werden Strömungsgeschwindigkeiten von etwa 0,2 m/s erreicht. Die Stauwasserdauer verkürzt sich in der Anbindungsvariante 2 östlich der Airbus-Start- und Landebahn um 54 min pro Tidezyklus. Die Öffnung des Durchlassbauwerkes führt jedoch auch zu einer Reduzierung der Rückströmung aus der Alten Süderelbe über die Aue in das Köhlfleet. Dadurch reduzieren sich die Strömungsgeschwindigkeiten in dem sich östlich anschließenden Teil der Alten Süderelbe (zwischen ASE -2002,94 und der Aue), die Stauwasserdauern sind unter Anbindungsvariante 3 im Vergleich zu den übrigen Anbindungsvarianten am längsten (um bis zu 54 min pro Tidezyklus an Station ASE -1002 verglichen mit Anbindungsvariante 1). Im Bereich der Aue und dem südöstlichen Untersuchungsgebiet sind die Änderungen in den Strömungsgeschwindigkeiten zwischen den Anbindungsvarianten 1, 1a und 2 nur minimal.

Die zusätzliche Öffnung der Alten Süderelbe zur Süderelbe über das neu zu errichtende Gewässer ASE_MB in den Anbindungsvarianten 3 und 3a führt im Gegensatz zu den Anbindungsvarianten 1 und 2 zu einer Verschiebung der Zone mit sehr geringen Strömungsgeschwindigkeiten. Während in den Anbindungsvarianten 1 und 2 relative hohe Strömungsgeschwindigkeiten und kurze Stauwasserdauern (von maximal 16 min) zwischen Metha-Brücke und Graft auftreten, gelangt in der Anbindungsvariante 3 durch das relativ leistungsfähige Gewässer im östlichen Untersuchungsgebiet eine größere Wassermenge in das östliche Untersuchungsgebiet und wieder hinaus. Dadurch nehmen die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten zwischen Metha-Brücke und Graft (im Bereich der Station FAS -1002,16) von etwa 0,71 m/s auf etwa 0,57 m/s ab.

Der geschaffene Tideraum wird in den Anbindungsvarianten 3, 3a und 4 sowohl über die Aue als auch von Süden über den neuen Moorburger Teil (ASE_MB, vgl. Anl. 4.4, Anl. 4.5) der Alten Süderelbe bzw. über die Bullerrinne (vgl. Anl. 4.6) mit Wasser befüllt. In Abhängigkeit von der Gewässergeomtrie werden unterschiedliche Volumina in das Untersuchungsgebiet transportiert, die dann auf die Wassermassen, die über die Aue in das Untersuchungsgebiet eingelaufen sind, treffen. In dem Bereich sind die Strömungsgeschwindigkeiten gering, die Stauwasserdauern relativ lang. Die Lage der Zone verschiebt sich in den einzelnen Anbindungsvarianten.

Tab. 6: Maximale Strömungsgeschwindigkeiten (v) an ausgewählten Punkten im modellierten Gewässernetz in den einzelnen Anbindungsvarianten

Station	Anbindungsvariante 1		Anbindungsvariante 1a		Anbindungsvariante 2		Anbindungsvariante 3		Anbindungsvariante 3a		Anbindungsvariante 4	
	$v_{\max, \text{neg}}$ [m/s]	$v_{\max, \text{pos}}$ [m/s]	$v_{\max, \text{neg}}$ [m/s]	$v_{\max, \text{pos}}$ [m/s]	$v_{\max, \text{neg}}$ [m/s]	$v_{\max, \text{pos}}$ [m/s]	$v_{\max, \text{neg}}$ [m/s]	$v_{\max, \text{pos}}$ [m/s]	$v_{\max, \text{neg}}$ [m/s]	$v_{\max, \text{pos}}$ [m/s]	$v_{\max, \text{neg}}$ [m/s]	$v_{\max, \text{pos}}$ [m/s]
NFS -524,966	-		-0.42	0.02	-	-	-	-	-	-	-0.43	0.02
RSG -1035	-		-0.37	0.60	-	-	-	-	-	-	-0.37	0.60
ASE -4002,94	-0.13	0.05	-0.13	0.05	-0.20	0.06	-0.20	0.07	-0.20	0.07	-0.13	0.05
ASE -3002,94	-0.50	0.18	-0.50	0.17	-0.58	0.18	-0.59	0.18	-0.59	0.18	-0.50	0.17
ASE -2002,94	-0.30	0.17	-0.30	0.16	-0.32	0.12	-0.33	0.13	-0.33	0.13	-0.30	0.16
ASE -1002,94	-0.50	0.27	-0.50	0.26	-0.52	0.21	-0.52	0.22	-0.52	0.22	-0.50	0.26
ASE -2,94	-0.77	0.43	-0.77	0.42	-0.78	0.35	-0.79	0.36	-0.79	0.36	-0.77	0.42
AUE -367,534	-1.58	1.19	-1.57	1.17	-1.60	1.03	-1.60	0.99	-1.60	1.00	-1.58	1.18
FAS -501,53	-0.60	0.63	-0.59	0.63	-0.58	0.64	-0.41	0.51	-0.42	0.53	-0.62	0.69
FAS -1002,16	-0.71	0.65	-0.71	0.65	-0.68	0.66	-0.38	0.55	-0.41	0.57	-0.76	0.70
FAS -1506,41	-0.59	0.41	-0.59	0.41	-0.56	0.41	-0.15	0.32	-0.20	0.35	-0.65	0.46
ASE OST -750,053*	-0.35	0.31	-0.35	0.31	-0.33	0.30	-0.30	0.56	-0.11	0.27	-0.57	0.38
ASE OST -1508,06*	-0.21	0.12	-0.21	0.11	-0.19	0.11	-0.24	0.44	-0.16	0.42	-0.41	0.23
ASE_MB -615*	-		-	-	-	-	-0.38	0.55	-0.34	0.60	-	-
ASE_MB -1225*	-		-	-	-	-	-0.38	0.52	-0.35	0.68	-	-
BLR_SUED -556	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-0.12	0.37
BLR_NORD -976	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-1.42	1.76

* In der Anbindungsvariante 3a lauten die Stationen von West nach Ost: ASE_OST -560, ASE_OST -1403, ASE_MB -153, ASE_MB -826

Tab. 7: Definition der Fließrichtungen in den betrachteten Gewässerabschnitten

Gewässer	$V_{\max, \text{neg}}$	$V_{\max, \text{pos}}$
NFS	Richtung Elbe	Richtung RSG
RSG	Richtung ASE	Richtung NFS
ASE	Richtung Airbus Start- und Landebahn	Richtung AUE
AUE	Richtung ASE/ FAS	Richtung Elbe
FAS	Richtung ASE_OST	Richtung ASE/ AUE
ASE_OST	Richtung A7	Richtung FAS
ASE_MB	Richtung Elbe	Richtung ASE_OST
BLR_SUED	Richtung BLR_NORD	Richtung ASE_OST
BLR_NORD	Richtung Elbe	Richtung BLR_SUED

In der Anbindungsvariante 3 fallen die Strömungsgeschwindigkeiten zwischen Metha-Brücke und Graft im Vergleich zu den Anbindungsvarianten 1 und 2 geringer aus. Im Bereich der Graft sind die Geschwindigkeiten am geringsten und die Stauwasserdauer mit insgesamt 472 min am längsten. In Anbindungsvariante 3a kann bedingt durch die höhere hydraulische Leistungsfähigkeit des Gewässerabschnittes ASE_OST Wasser aus dem nördlichen Untersuchungsgebiet schneller in südliche Richtung fließen, sodass sich der Bereich mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten und langer Stauwasserdauer Richtung Osten bis Station ASE_OST -560,87 verschiebt.

Die Anbindung der Alten Süderelbe über die Bullerrinne an die Süderelbe erfolgt über ein Gewässer mit relativ kleinem Fließquerschnitt, das nur einen geringen Wasseraustausch erlaubt. Die Zone mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten und langen Stauwasserdauern, verschiebt sich daher in Richtung Osten. Die geringsten Strömungsgeschwindigkeiten treten in der Anbindungsvariante 4 nördlich des Schwanenteichs auf.

Im Nordwesten des Untersuchungsgebietes hat die gesteuerte Anbindung über das Verbindungsgewässer und den Neuenfelder Schleusenfleet keinen Einfluss auf die Strömungsgeschwindigkeiten östlich der Airbus-Start- und Landebahn. Hier sind kaum Unterschiede in den Strömungsgeschwindigkeiten zur Anbindungsvariante 1 festzustellen. Während die Strömungsgeschwindigkeiten im Verbindungsgewässer als Folge des kleinen Fließquerschnitts relativ hoch sind, treten im hydraulisch leistungsfähigeren Neuenfelder Schleusenfleet relativ geringe Strömungsgeschwindigkeiten mit langen Stauwasserdauern von insgesamt 411 min auf.

5.3 Überflutungsbereiche bei MThw und MTnw

Die Tab. 8 beinhaltet eine Zusammenstellung der überstauten Flächen bei MThw und MTnw für die untersuchten Anbindungsvarianten. Die Darstellung der überstauten Flächen erfolgt je Anbindungsvariante in Anl. 5.1 bis 5.6.

Zwischen der Airbus-Start- und Landebahn im Westen und dem Bereich der Abdämmung Pagensand im Osten sind die Überflutungsflächen bei MThw und MTnw in allen Anbindungsvarianten annähernd gleich.

Die Erweiterung des Untersuchungsgebietes um das Verbindungsgewässer in den Anbindungsvarianten 1a und 4 führt nur zu geringfügig größeren Überflutungsflächen (insgesamt 233,2 ha (Anbindungsvariante 1a) im Vergleich zu 231,3 ha in der Anbindungsvariante 1) bei MThw.

Im östlichen Untersuchungsgebiet führt die Anbindung der Alten Süderelbe an die Süderelbe (Anbindungsvarianten 3, 3a und 4) im Bereich östlich der Abdämmung Pagensand zu einer Vergrößerung der Überflutungsfläche bei MThw (>243 ha). Im Bereich Moorborg ist die Größe der Überflutungsfläche abhängig von dem gewählten Ausbauprofil. In Anbindungsvariante 3a werden unter Verwendung eines geböschten Profils bei MThw größere Flächen (insgesamt 256,4 ha) überstaut als in Anbindungsvariante 3 (243,3 ha unter Annahme eines senkrechten Verbaus in dem Bereich).

In der Anbindungsvariante 4 werden hingegen bei MThw durch relative hohe Geländehöhen nur kleine Flächen außerhalb der ausgebauten Bullerrinne überstaut, insgesamt 245,6 ha.

Die Überflutungsflächen bei MTnw unterscheiden sich in den einzelnen Anbindungsvarianten kaum voneinander. Die größten Flächen werden mit 90,35 ha bzw. 98,3 ha in den Anbindungsvarianten 3 und 3a verzeichnet. Die Überflutungsflächen bei MTnw resultieren im Wesentlichen aus der Profilgestaltung der Anschlüsse in den einzelnen Anbindungsvarianten.

5.4 Tidevolumen

Bedingt durch unterschiedliche Gewässerquerschnitte und die Dimensionierung und Steuerung der Ein- und Auslassbauwerke ergeben sich für die untersuchten Anbindungsvarianten unterschiedliche Tidevolumina, die der Tideelbe entzogen werden. Die Tab. 9 enthält eine Zusammenstellung der Volumina, die in dem Modellgebiet durch den Tideanschluss geschaffen werden könnten. In der Summe könnte in der Anbindungsvariante 3a mit rd. 5.993.000 m³ das größte Volumen aufgenommen werden, gefolgt von der Anbindungsvariante 3 mit rd. 5.563.000 m³. Die Anbindungsvarianten 2 und 4 unterscheiden sich bezüglich des Tidevolumens (rd. 5.171.000 m³ bzw. rd. 5.120.000 m³) kaum voneinander. In den Anbindungsvarianten 1 und 1a würden mit rd. 4.869.000 m³ bzw. rd. 4.963.000 m³ die geringsten Volumina aus der Tideelbe aufgenommen werden.

Tab. 8: Überflutungsflächen in den einzelnen Anbindungsvarianten

	Anbindungsvariante 1		Anbindungsvariante 1a		Anbindungsvariante 2		Anbindungsvariante 3		Anbindungsvariante 3a		Anbindungsvariante 4	
	Überflutungsfläche		Überflutungsfläche		Überflutungsfläche		Überflutungsfläche		Überflutungsfläche		Überflutungsfläche	
	[ha]		[ha]		[ha]		[ha]		[ha]		[ha]	
MThw	231,3		233,2		230,75		243,3		256,4		245,6	
MTnw	84,5		87,64		84,75		90,35		98,3		86,95	

Tab. 9: Geschaffenes Tidevolumen in den einzelnen Anbindungsvarianten

Modellrand	Anbindungsvariante 1		Anbindungsvariante 1a		Anbindungsvariante 2		Anbindungsvariante 3		Anbindungsvariante 3a		Anbindungsvariante 4	
	Tidevolumen		Tidevolumen		Tidevolumen		Tidevolumen		Tidevolumen		Tidevolumen	
	[m³]		[m³]		[m³]		[m³]		[m³]		[m³]	
AUE	4.869.000		4.963.000		5.171.000		4.755.000		4.764.000		5.032.000	
ASE_MB	-		-		-		808.000		1.229.000		-	
BLR_NORD	-		-		-		-		-		88.000	
Summe	4.869.000		4.963.000		5.171.000		5.563.000		5.993.000		5.120.000	

6 Auswirkungen auf die Bewirtschaftung

6.1 Sicherstellung der Frostschutzberechnung

Mit einem geplanten Tideanschluss an die Alte Süderelbe kann die Bereitstellung des erforderlichen Wasservolumens für die Frostschutzberechnung durch den Betrieb des neu zu errichtenden Sperrwerkes Storchennest durchgehend sichergestellt werden. So könnte eine Betriebsordnung regeln, dass frühzeitig vor zu erwartenden Frostschnächten in der Alten Süderelbe ein konstanter Wasserstand von mindestens +0,30 mNHN durch eine entsprechende Steuerung eingehalten wird. Die Planung der Steuerung und der betrieblichen Anforderungen ist nicht Inhalt der Machbarkeitsstudie und würde im Falle weiterer Planungsschritte Berücksichtigung finden.

6.2 Sicherstellung des Binnenhochwasserschutzes (Ergebnis HN-Modellierung)

Zur Sicherstellung des Binnenhochwasserschutzes sind zwei Szenarien am Beispiel der Anbindungsvariante 1 betrachtet worden, wobei jeweils von einer Entlastung über Pumpen am Sperrwerk Storchennest ausgegangen wurde. Die Gesamtpumpenleistungen betragen 3,0 m³/s (Szenario 1) bzw. 9,0 m³/s (Szenario 2). Durch die fehlende Tidedynamik spiegelt sich in beiden betrachteten Szenarien der Wasserstand nach Schließen des Sperrwerkes Storchennest schnell aus, sodass sich über den gesamten Verlauf der Alten Süderelbe (vom Stillgewässerteil, über den Fließgewässerabschnitt bis in den Altarm hinein) die gleichen maximalen Wasserspiegellagen einstellen (vgl. Anl. 6). Der Einsatz von Pumpen mit einer Gesamtleistung von 3,0 m³/s führt zu maximalen Wasserständen von +2,80 mNHN an allen Kontrollpunkten. Die maximalen Wasserstände liegen damit 0,30 m über dem Sperrwasserstand von +2,50 mNHN.

Durch Erhöhung der Pumpenleistung auf 9,0 m³/s können die maximalen Wasserspiegellagen auf +2,50 mNHN, und damit auf den Sperrwasserstand, herabgesetzt werden.

7 Mögliche Auswirkungen auf die Grundwassersituation

7.1 Grundwasserstand/-druckhöhe

Der Wasserstand in der Alten Süderelbe beträgt derzeit weitgehend konstant +0,3 mNHN. Das mittlere Druckpotenzial im 1. Hauptgrundwasserleiter (1. HGWL) liegt im Bereich der Alten Süderelbe mit $\pm 0,0$ mNHN etwas niedriger als im Oberflächengewässer.

Im Istzustand ist durch die Restmächtigkeit der Weichschichten unterhalb der Gewässer-sole und durch Schlammablagerungen (Kolmation) von einer weitgehenden Einschränkung der hydraulischen Anbindung der Alten Süderelbe an den Grundwasserleiter auszugehen. Es erfolgt im Mittel eine Züsickerung von Wasser aus der Alten Süderelbe in den 1. HGWL. Fehlstellen der Weichschichten mit einer verstärkten hydraulischen Anbindung bestehen nur lokal (siehe auch Kap. 2.9).

Die Entschlammung/Eintiefung des Gewässersystems bei den dargestellten Anbindungsvarianten reicht in ein Niveau bis ca. -3,5 mNHN. Es ist davon auszugehen, dass in weiten Bereichen der Ausbaggerung eine Restmächtigkeit der natürlichen Weichschichten erhalten bleibt. Es ist jedoch von einer lokalen Herstellung oder Verstärkung hydraulischer Verbindungen zwischen der Alten Süderelbe und dem Grundwasserleiter auszugehen.

Der Tidehub in der Elbe beträgt im Bereich des Vorhabens derzeit ca. 3,8 m (MThw +2,2 mNHN und MTnw -1,6 mNHN). Mit dem geplanten Tideanschluss der Alten Süderelbe würde sich der mittlere Wasserstand gegenüber dem heutigen Wert nicht erheblich verändern. Infolge der tidebedingten starken Wasserstandsschwankungen würde sich jedoch ein kontinuierlicher Wechsel einer Ein- und Aussickerung in bzw. aus dem Grundwasserleiter einstellen.

Eine relevante hydraulische Auswirkung von Oberflächenwasser im Bereich der Überschwemmungsflächen auf die Grundwassersituation ist aufgrund der zeitlich begrenzten Wirkung und der geringdurchlässigen Weichschichten nicht zu erwarten.

Extreme hydraulische Impulse im Grundwasserleiter durch Sturmfluten sind vorhabensbezogen nicht gegeben, da mit dem geplanten Öffnungsbauwerk die eingelassene Tide auf +2,5 mNHN beschränkt werden soll.

Bei einem Tideanschluss an die Alte Süderelbe ist im Mittel weiter eine Einsickerung von Wasser aus der Alten Süderelbe in den 1. HGWL gegeben. Infolge des Tidegeschehens werden im Bereich der Alten Süderelbe in allen Anbindungsvarianten deutlich stärkere Schwankungen des Druckpotenzials im oberflächennahen Grundwasserleiter auftreten. Diese werden im Umfeld der geplanten Maßnahme aufgrund der dann immer noch eingeschränkten hydraulischen Anbindung nicht so stark ausfallen wie im ufernahen Bereich der Stromelbe. Aufgrund der Spannung des Grundwassers im 1. HGWL können sich tidebedingte Druckimpulse aber relativ schnell und weit ausbreiten.

Bei einer ausreichenden Überdeckung des Grundwasserleiters mit geringdurchlässigen Weichschichten sind durch zeitlich begrenzte erhöhte Grundwasserpotenziale keine nachteiligen Auswirkungen zu erwarten. Kritisch sind jedoch Bereiche mit sandigen Zwischenschichten zu bewerten, die auch im Bereich der Alten Süderelbe (insbesondere Finkenwerder Süderdeich) verbreitet sind (siehe Kap. 2.9). Über sandige Zwischenschichten können sich erhöhte Wasserstände in der Süderelbe oberflächennah ausbreiten und zu Vernässungen führen. Die hydraulischen Wirkungszusammenhänge sind in der Abb. 3 schematisch dargestellt.

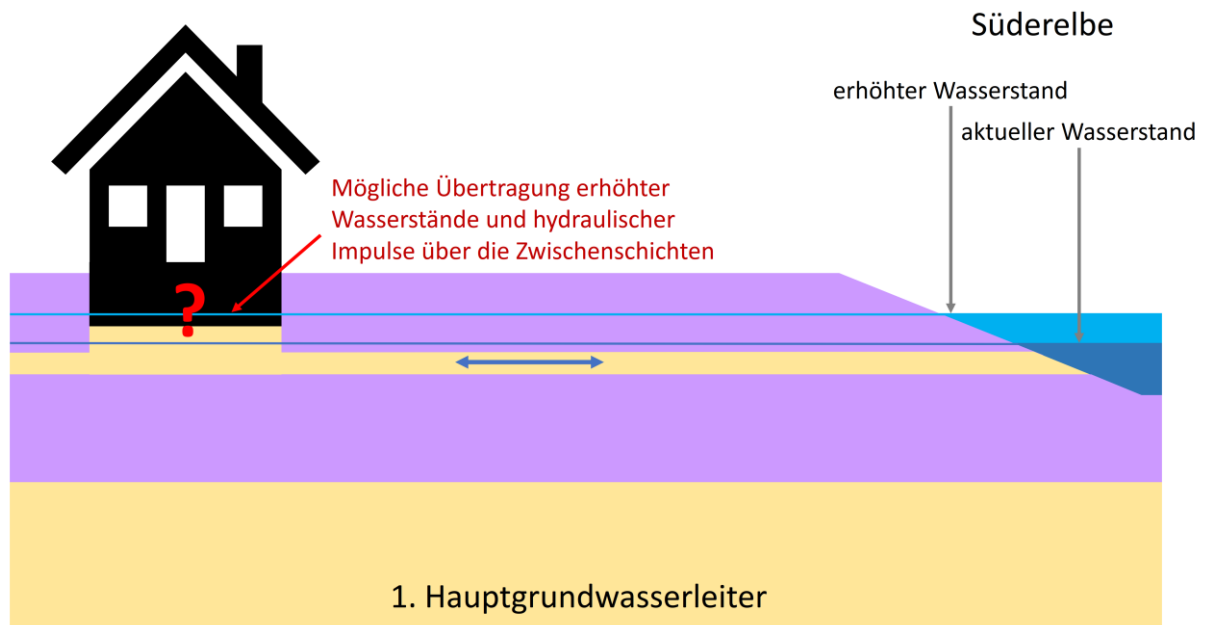


Abb. 3: Hydraulische Wirkung sandiger Zwischenschichten

Eine Weiterleitung hydraulischer Impulse aus der Alten Süderelbe im Weichschichtenkörper über sandige Zwischenschichten kann durch eine Unterbrechung der Zwischenschichten (z.B. mit einer Spundwand) verhindert werden. Eine entsprechende Minderungsmaßnahme ist jedoch ungeeignet, da sie gleichzeitig die zur Alten Süderelbe gerichtete dränierende Wirkung der Zwischenschichten unterbricht. Dadurch wären dauerhafte Stauwasserbildungen vor der Unterbrechung zu erwarten (siehe Abb. 4).

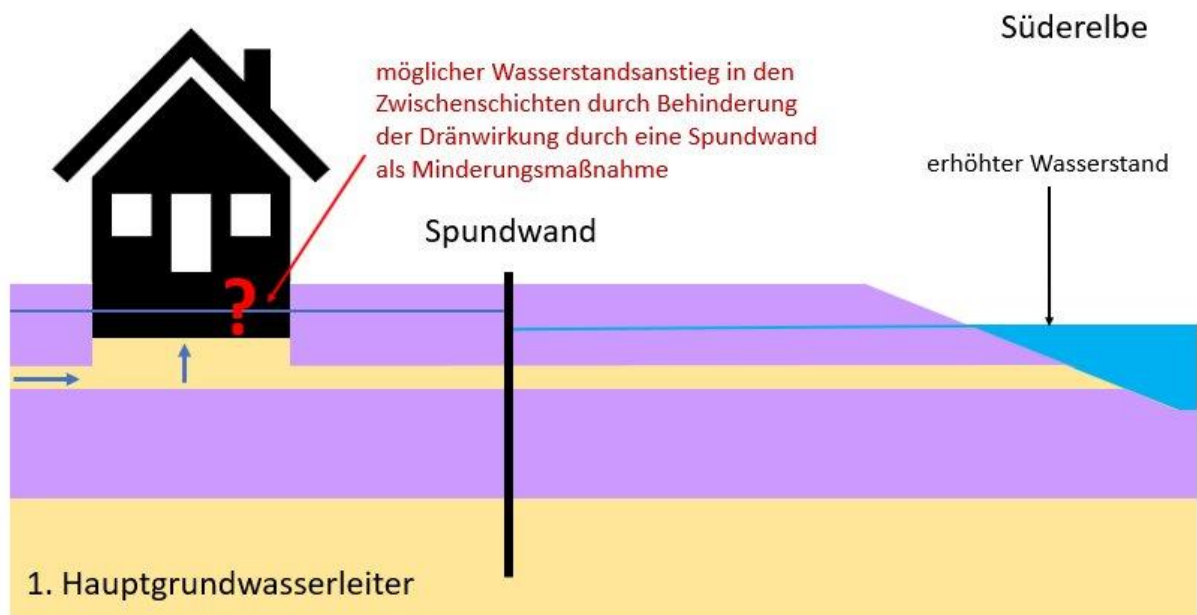


Abb. 4: Wirkung einer Unterbrechung sandiger Zwischenschichten

Alle Anbindungsvarianten sehen eine Verlegung des Hohenwischer Schleusenfleets vor, nach der das Gewässer im Planzustand ca. 450 m weiter östlich an die ausgebaute Alte Süderelbe anbindet. Im Bereich des geplanten neuen Verlaufs befindet sich eine Verbreitungslücke der natürlichen Weichschichten (siehe Kap. 2.9). Bei einer Verlegung des Gewässers in diesen Bereich ist eine verstärkte Einsickerung von Oberflächenwasser in den Grundwasserleiter zu erwarten. Durch die verstärkte Einsickerung steigen die Grundwasserpotenziale im Umfeld insbesondere bei Tidehochwasser und Binnenhochwasser an, so dass nachteilige Auswirkungen nicht ausgeschlossen werden können. Die hydraulischen Wirkungszusammenhänge sind in der Abb. 5 schematisch dargestellt.

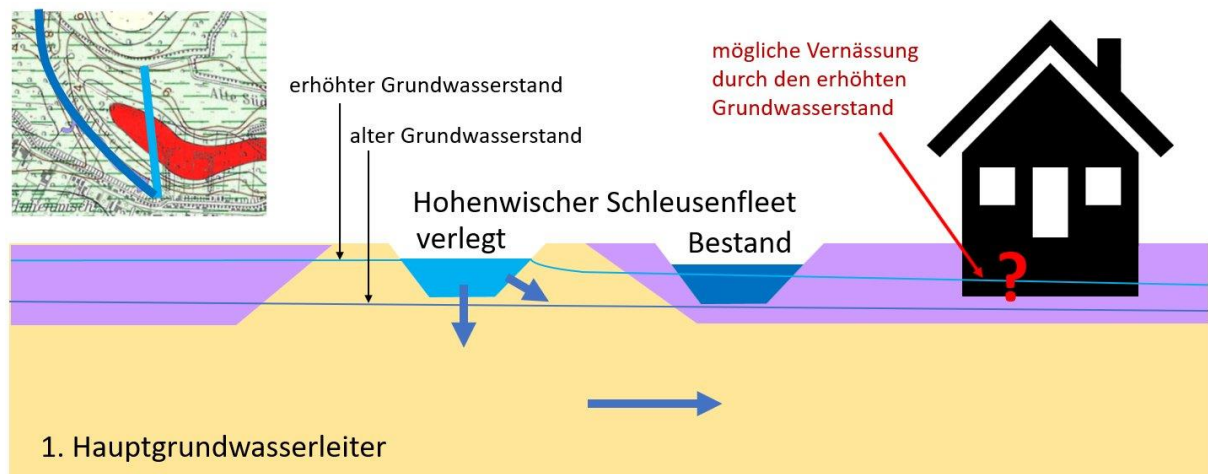


Abb. 5: Mögliche Auswirkungen im Bereich Schöpfwerk Hohenwisch

Die Verlegung des neuen Hohenwischer Schleusenfleets zur Anbindung des Schöpfwerks Hohenwisch an die Alte Süderelbe fällt in das Schutzgebiet (Zone III) des Wasserschutzgebiets Süderelbmarsch in einem Bereich mit geringen Mächtigkeiten und Fehlstellen der natürlichen Weichschichten. Die Schutzgebietsverordnung verbietet unter § 5, Abs. 13 die Vorname von Bodeneingriffen, durch die schützende Deckschichten beseitigt oder wesentlich vermindert werden. Für die Neuanlage des Gewässers ab dem Schöpfwerk Hohenwisch wäre demnach eine Ausnahmegenehmigung erforderlich.

7.2 Grundwasserbeschaffenheit

Im Kapitel 7.1 wird erläutert, dass die Anbindungsvarianten im Mittel zu einer Verstärkung der Einsickerung von Oberflächenwasser aus der Alten Süderelbe in den Grundwasserleiter führen. Mit der Einsickerung von Oberflächenwasser erfolgt auch eine Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit durch den einhergehenden Stofftransport.

Die möglichen Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit sind als sehr gering einzuschätzen. Die Bodeneingriffe des geplanten Gewässerausbaus erhöhen die hydraulische Verbindung zwischen Oberflächen- und Grundwasser voraussichtlich nur lokal erheblich. Den erheblich höheren Wasserständen in der Alten Süderelbe bei Tidehochwasser stehen niedrigere Wasserstände bei Tideniedrigwasser gegenüber. Der für die Grundwassersituation wirksame mittlere Wasserstand verändert sich gegenüber dem Istzustand daher nur geringfügig.

Ein weiteres Argument für geringe Auswirkungen auf die Grundwasserbeschaffenheit ist, dass das Grundwasser im Planungsraum bereits im Istzustand fast ausschließlich durch die Zusickerung von Elbwasser (der Stromelbe) neugebildet wird. Nachteilige Auswirkungen auf die südlich liegenden Fassungen des Wasserwerks Süderelbmarsch infolge einer geringeren Reinigung des Grundwassers durch verkürzte Strömungswege bzw. -zeiten sind nicht zu erwarten. Für eine messbare Beeinflussung des Rohwassers sind die verbleibenden Strömungszeiten (viele Jahre) zu lang und die vorhabensbezogen einsickernden Wassermengen zu gering.

8 Vergleichende Betrachtung der Anbindungsvarianten

Die hydraulischen Charakteristika der einzelnen Anbindungsvarianten (Wasserstand, Strömungsgeschwindigkeit, Tidevolumen, Überschwemmungsfläche) dienen einer wasserwirtschaftlichen Beschreibung der einzelnen Varianten und werden daher in der Kennzahlentabelle des zusammenfassenden Berichts der Machbarkeitsstudie aufgeführt. Eine vergleichende Bewertung wird hier nicht vorgenommen.

Unabhängig von den grundsätzlich als geringfügig prognostizierten Auswirkungen auf das Grundwasser sind bei einer vergleichenden Betrachtung der Anbindungsvarianten Unterschiede bei den grundwasserbezogenen Auswirkungen vorhanden, die nachfolgend zusammengestellt sind. Dabei wird unterschieden bezüglich Auswirkungen auf Gebäude, auf den Obstbau und die Trinkwassergewinnung.

Gebäude

Auswirkungen können dort auftreten, wo der Tideimpuls durch sandige Zwischenschichten in den Weichschichten von der Süderelbe in Richtung von Gebäuden weitergeleitet wird und dort die Vernässungsgefahr erhöht.

Darüber hinaus besteht durch Wasserstandsanhörungen im 1. HWL in Bereichen einer Entfernung geringdurchlässiger Schichten an der Sohle der Alten Süderelbe eine zusätzliche Gefährdung, wenn Gebäudesohlen durch fehlende oder geringmächtige Weichschichten einen direkten Kontakt zum 1. HWL haben. Das gilt auch für den Bereich der geplanten Verlegung des Hohenwischer Schleusenfleets, da hier der neue Gewässerverlauf im Bereich einer Fehlstelle der Weichschichten geführt werden soll.

Die Anbindungsvarianten 1 und 2 werden negativ gegenüber dem Ist-Zustand bewertet (potenzielle Gefährdung im Bereich Osterfelddeich und Finkenwerder Süderdeich und geringe potenzielle Gefährdung im Bereich Rosengarten/Neuenfelde). Deutlich negativ werden die Anbindungsvarianten 3, 4, 1a und 3a bewertet, da hier darüber hinaus auch eine potenzielle Gefährdung im Bereich Moorburg bzw. eine höhere potenzielle Gefährdung im Bereich Rosengarten/Neuenfelde vorliegt.

Obstbau

Auswirkungen können dort auftreten, wo der Tideimpuls durch sandige Zwischenschichten in den Weichschichten von der Süderelbe in Richtung von Obstbauflächen weitergeleitet wird und dort die Vernässungsgefahr erhöht. Darüber hinaus besteht durch Wasserstandsanhörungen im 1. HGWL durch die Entfernung geringdurchlässiger Schichten an der Sohle der Alten Süderelbe eine zusätzliche Gefährdung, wenn Obstbauflächen durch fehlende oder geringmächtige Weichschichten direkten Kontakt zum 1. HGWL haben.

Die Anbindungsvarianten 1, 2, 3 und 3a werden negativ gegenüber dem Ist-Zustand bewertet (potenzielle Gefährdung der Obstbauflächen im Bereich Osterfelddamm und Finkenwerder Süderdeich und geringe potenzielle Gefährdung im Bereich Rosengarten). Deutlich negativ werden die Anbindungsvarianten 4 und 1a bewertet, da hier darüber hinaus eine höhere potenzielle Gefährdung im Bereich Rosengarten/Neuenfelde vorliegt.

Grundwasserschutz/Trinkwassergewinnung

Das Wasserschutzgebiet Süderelbmarsch/Harburger Berge reicht im Bereich Altenwerder/Moorburg bis an die Alte Süderelbe heran. In der Verordnung zum WSG sind Abgrabungen bzw. die Reduzierung der geringdurchlässigen Weichschichten nur mit Ausnahmege-nehmigung möglich. Der Gewässerausbau der Alten Süderelbe am Rande der Schutzzone III fällt (im Grundsatz) unter die Verbote der Schutzgebietsverordnung. Darüber hinaus sind Wasserstandsanstiege im 1. HGWL zu erwarten, die die örtliche Grundwassersituation verändern.

Die Anbindungsvarianten 1, 2 und 1a werden negativ gegenüber dem Ist-Zustand bewertet. Hier besteht am Ostrand des Ausbauabschnittes (zwischen Graft und ASE_OST -1700, vgl. Anl. 2.1, Anl. 2.2 und Anl. 2.3) ein Eingriff in die Belange des Wasserschutzgebietes. Sollte eine Ausnahmege-nehmigung von den Verboten der Wasserschutzgebietsverordnung nicht möglich sein, ist dies im weiteren Verlauf durch Planungsänderung leicht anzupassen. Deutlich negativ werden die Anbindungsvarianten 3, 4 und 3a bewertet, da hier ein größerer Gewässerausbau in die Belange des Wasserschutzgebietes eingreift. Sollte eine Ausnahmege-nehmigung hier nicht möglich sein, ist dies im weiteren Verlauf durch Planungsänderung kaum umsetzbar.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Ausbauvarianten 1 und 2 aus wasserwirtschaftlicher Sicht (Grundwasserschutz) im Vergleich zu den anderen Anbindungsvarianten positiver zu bewerten sind.

Hamburg, 11.06.2020

gez. Dipl.-Geogr. Hydr. L. Krob
(Geschäftsführung)

gez. Dipl.-Ing. D. Salecker
(Projektbearbeitung)

gez. Dipl.-Geol. M. Keller
(Projektbearbeitung)

9 Literatur

AHU (1996): Umweltverträglichkeitsstudie Öffnung Alte Süderelbe; hydrologisch-wasserwirtschaftliche Untersuchungen. Titel 1: Hydrologisch-wasserwirtschaftliche Situation im Planungsgebiet und seiner Umgebung.

Bundesanstalt für Wasserbau (2014): Untersuchung des Strombaus und des Sedimentmanagements im Rahmen des "Tideelbekonzeptes": Bericht zur Wirkung der Maßnahme Alte Süderelbe.

BWS (2012): Modellgestützte Untersuchungen zum wasserwirtschaftlichen System Alte Süderelbe.

BWS (2014): Neuordnung der Wasserwirtschaft Moorbург.

BWS (2016): Hydraulische Nachweise für die Gewässereinleitungen der A26 West zwischen der A7 und der Landesgrenze.

BWS (2018a): Entwässerungs- und Betriebskonzept Alte Süderelbe.

BWS (2018b): Randbedingungen und Untersuchungsbedarf einer Machbarkeitsstudie „Tideanschluss Alte Süderelbe“.

A MODELLING SYSTEM FOR RIVERS AND CHANNELS. Entwickler: DHI. Danish Hydraulic Institute 2009.

Dyck, Siegfried (Hg.) (1980): Angewandte Hydrologie. 2. Aufl. Berlin: Ernst.

HPA (2018): Gewässerkundliche Information. Gewässerkundliches Jahr 2018.

HPA (2019): Strömungsatlas.

Schuchardt, B. et al. (2016): Ist die Anbindung der Alten Süderelbe an die Tideelbe ökologisch sinnvoll? Studie zu Vor- und Nachteilen verschiedener Anbindungsarten.