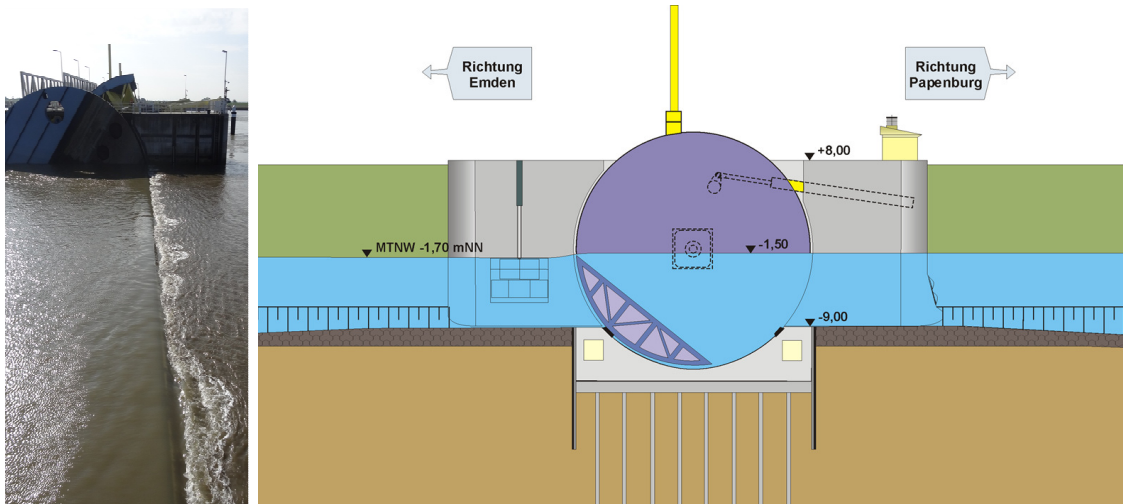


Masterplan Ems 2050

Wasserbauliche Maßnahmen zur Lösung des Schlickproblems und zur Verbesserung des Gewässerzustands in der Unterems

Lösungsansatz: Sohlschwelle am Emssperrwerk

- Machbarkeitsuntersuchung -



Dezember 2016

Koordination:

BOR Markus Jänen

Bearbeitung:

Dr.-Ing. Thomas Teichfischer
M.Sc. Focko Gerdes
Dipl.-Ing. Friedhelm Roeloffzen
Dipl.-Ing. Katrin Rieper
Dr. rer. nat. Uwe Walter

Inhaltsverzeichnis

1. Vorgeschichte	1
2. Veranlassung	3
3. Maßnahmenbeschreibung	4
3.1. Vorbemerkung	4
3.2. Untersuchungsspektrum.....	5
4. Einschätzungen zur Machbarkeit	11
4.1. Technische Machbarkeit.....	11
4.1.1. Vorgehensweise	11
4.1.2. Maßnahmen am Baukörper Emssperrwerk	11
4.1.3. Sohlsicherung	18
4.1.4. Maßnahmen für den Schiffsverkehr	21
4.1.5. Zwischenfazit technische Machbarkeit	28
4.2. Nutzeneffekte / Zielerreichungsgrad.....	29
4.2.1. Vorbemerkungen	29
4.2.2. Dauerhafte Sohlschwelle	29
4.2.3. Flexible Sohlschwelle nur im Flut- / Ebbstrom	31
4.2.4. Flexible Sohlschwelle im Teil-Flutstrom	33
4.2.5. Zeitweise Komplettschließung des Sperrwerks	35
4.2.6. Teilöffnung	37
4.2.7. Schlussfolgerungen	38
4.3. Flächenbedarf	40
4.4. Raumwiderstände.....	42
4.5. Einschätzung möglicher Umweltauswirkungen	44
4.6. Wasserwirtschaftliche Verträglichkeit (Binnenentwässerung, Hochwasser- und Sturmflutschutz, Staufall)	46
4.6.1. Vorgehensweise	46
4.6.2. Ergebnisse der Studie von IMS	47
4.6.3. Übertragung der Ergebnisse auf die aktuellen Szenarien	48
4.6.4. Weitere Auswirkungen	52
4.6.5. Zwischenfazit wasserwirtschaftliche Verträglichkeit	54

4.7.	Verkehrliche Verträglichkeit.....	55
4.7.1.	Ziel	55
4.7.2.	Grundlagen und Annahmen	55
4.7.3.	Szenarien und Simulation der Verkehre	56
4.7.4.	Auswirkungen der Sohlschwelle auf die Wartezeiten	57
4.7.5.	Weitere Auswirkungen der flexiblen Tidesteuerung	59
4.7.6.	Veranschaulichung anhand eines Beispiels	60
4.7.7.	Zusammenfassung und Ausblick	66
4.8.	Verträglichkeit mit anderen Maßnahmen des „Masterplans Ems 2050“	68
4.9.	Widerstandsfähigkeit der Maßnahme gegen Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs	70
4.10.	Anpassungsfähigkeit / Nachsteuerungsmöglichkeit der Maßnahme	71
4.11.	Planungs- / Genehmigungsverfahren und –dauer, Umsetzungsdauer.....	72
4.12.	Überschlägiger Kostenrahmen.....	75
4.12.1.	Vorbemerkung	75
4.12.2.	Investitionskosten	75
4.12.3.	Laufende Kosten	77
4.12.4.	Sekundärkosten	77
4.12.5.	Kostenzusammenstellung	78
5.	Zusammenfassung	80
6.	Schlussfolgerungen	87
	Anlagen.....	90

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Bild 4.8: Lageplan Emssperrwerk mit Schleuse und Vorhäfen
- Anlage 2: Tabelle 5.1: Zusammenstellung der Ergebnisse der Machbarkeitsuntersuchung
- Anlage 3: 1. Studie zur technischen Machbarkeit (IMS / IRS, 2009)
- Anlage 4: 2. Studie zur technischen Machbarkeit (IMS, 2015)
- Anlage 5: Entwässerungsstudie (IMS, 2013)
- Anlage 6: Ergebnisbericht über die Wirkung einer dauerhaften und flexiblen Sohlschwelle (BAW, April 2016)
- Anlage 7: Ergänzungen zum Ergebnisbericht (BAW, Dezember 2016)
- Anlage 8: Verkehrsgutachten (Planco, 2016)
- Anlage 9*: Einschätzung möglicher Umweltauswirkungen (EMU, NLWKN, Januar 2017)

Masterplan Ems 2050 Wasserbauliche Maßnahmen Lösungsansatz: Sohlschwelle am Emssperrwerk - Machbarkeitsuntersuchung -

1. Vorgeschichte

Die in den vergangenen Jahrzehnten durchgeführten Ausbaumaßnahmen an der Ems haben zu tidedynamischen Veränderungen (z. B. der Tidewasserstände und der Tidedrömungsgeschwindigkeiten) geführt. Bild 1.1. zeigt beispielhaft in idealisierter Form die beobachtbare Veränderung in Höhe Papenburg.

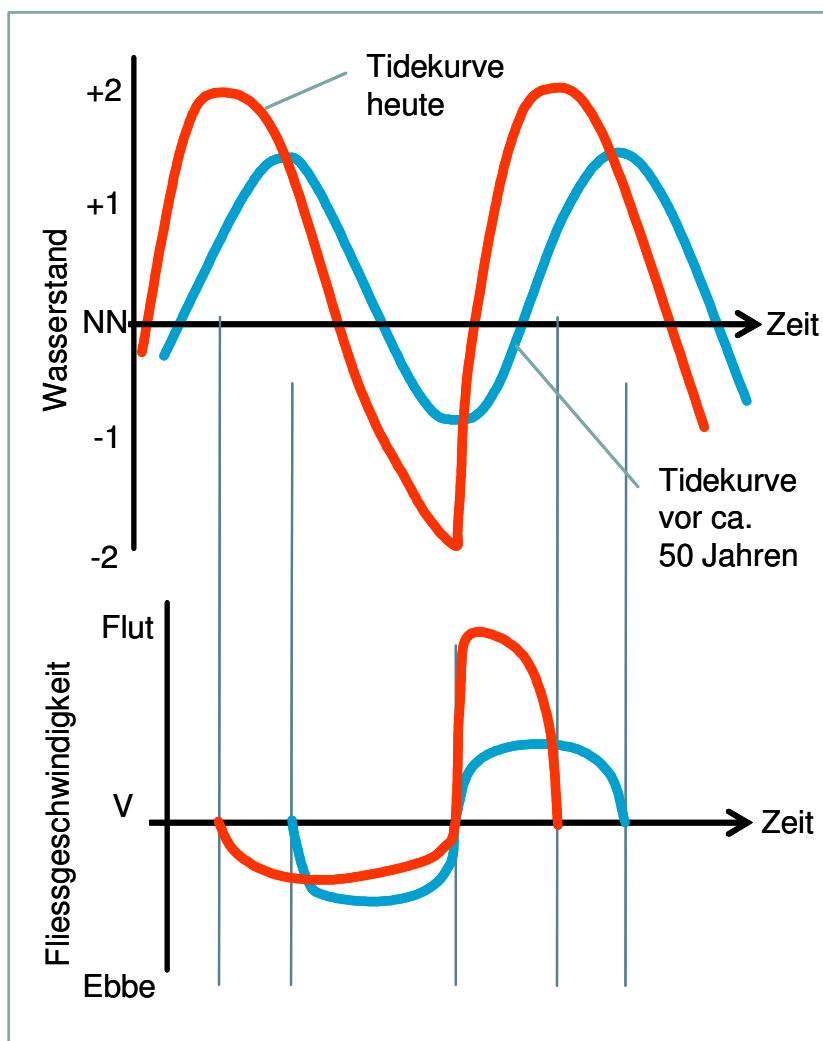


Bild 1.1.: Idealisierte Tidekurven und zugehörige idealisierte querschnittsgemittelte Strömungsgeschwindigkeiten in Höhe Papenburg (aus IMS / IRS, 2009)

Im oberen Teil der Grafik sind Tidekurven, also der Wasserstand, über die Zeit dargestellt. Die blaue Linie zeigt die Tidekurve, wie sie vor etwa 50 Jahren bei Papenburg verlief, die rote Linie stellt die Tidekurve am gleichen Ort zum heutigen Zeitpunkt dar. Die Tidekurve von vor 50 Jahren ist gekennzeichnet durch eine Symmetrie mit etwa gleichlangen Flut- und Eb-
bephasen. Im Vergleich dazu zeigt die heutige Tidekurve zunächst eine deutliche Erhöhung des Tidehubs, aber auch eine erhebliche Verkürzung der Flut und eine deutliche Verlängerung der Ebbephase.

Im unteren Teil der Abbildung sind Folgen dieser Veränderungen auf die mittleren Tidedrö-
mungsgeschwindigkeiten gezeigt. Durch die mit dem größeren Tidehub einhergehende Er-
höhung des Tidevolumens, also des Wasservolumens, welches mit jeder Tide die Unterems
auf- oder abwärts strömt, wie auch durch die Verkürzung der Flutphase, sind die Strömungs-
geschwindigkeiten bei Flutstrom extrem stark angestiegen, während die Strömungsge-
schwindigkeit des Ebbestroms tendenziell gleich stark geblieben ist bzw. sich sogar vermin-
dert hat („Flutstromdominanz“). Weil die Fähigkeit einer Strömung Sediment zu transportie-
ren proportional zum Quadrat der Fließgeschwindigkeit ist, kann auf diese Weise der Flut-
strom wesentlich mehr Sediment stromauf transportieren als der Ebbestrom wieder stromab
fördert. Diesen Prozess, der auch an anderen für die Schifffahrt vertieften Ästuaren beobach-
tet werden kann, bezeichnet man als „tidal pumping“.

Nahezu zeitgleich mit dem letztem Ausbau der Unterems endete 1995 bzw. 1996 die Ent-
nahme von Schlick aus dem Emden Hafen durch das Land und dem Emden Fahrwasser
durch den Bund und ihre Unterbringung an Land (bei Riepe bzw. auf dem Rysumer Nacken).
Das heisst, seit 1996 werden durchschnittlich rund 7 Mio. m³ Schlick pro Jahr nicht mehr
dem System entnommen, währenddessen der marine Import unverändert anhält.

Dieses Mehrdargebot an Schlick einerseits und jene tidedynamischen Veränderungen ande-
rerseits führen zu vermehrten Schlickablagerungen, insbesondere im Streckenabschnitt zwi-
schen Papenburg und Leerort. Folge dieses Effektes ist, dass die Schiffbarkeit für die regel-
mäßige Schifffahrt sowie Werftschiffe nur durch aufwendige und entsprechend des Eintrages
wiederkehrende Baggerarbeiten sichergestellt werden kann.

Die vergleichsweise hohen organischen Anteile in den Schwebstoffen bzw. im Schlick indu-
zieren starke Sauerstoffzehrungen mit entsprechend geringen Sauerstoffkonzentrationen im
Wasserkörper. Die hohen Schwebstoffanteile in Verbindung mit den geringen Sauerstoffge-
halten sind im Wesentlichen verantwortlich für den derzeit ökologisch unbefriedigenden Ge-
wässerzustand der Ems.

Es besteht demnach aus ökonomischen und ökologischen Gründen Handlungsbedarf.

2. Veranlassung

Mit der Unterzeichnung des Masterplans Ems 2050 im Frühjahr 2015 wurde das Ziel der „nachhaltigen Entwicklung und Optimierung des Ems-Ästuars im Hinblick auf die Natürlichkeit, Sicherheit und Zugänglichkeit“ festgeschrieben. Unter gemeinsamer Betrachtung ökologischer und ökonomischer Interessen ist die Lösung des Schlickproblems in der Unterems vorrangiges Ziel. Es soll damit die langfristige Verbesserung des ökologischen Zustands unter Sicherung der wirtschaftlichen Entwicklung der Region und der Erhalt der Ems als leistungsfähige Bundeswasserstraße sowie die Zugänglichkeit der Häfen erreicht werden.

In Artikel 10 des Masterplans Ems 2050 werden drei wasserbauliche Maßnahmen zur Lösung des Schlickproblems beschrieben, für die Machbarkeitsstudien zu erarbeiten sind. „Auf Grundlage der Ergebnisse und unter Verwendung eines übergreifenden Ziel- und Bewertungssystems wird entschieden, welcher der drei Lösungsansätze oder auch eine Kombination von Ihnen gemeinsam mit dem Ziel der Umsetzung weiter verfolgt werden soll.“ Zwei der drei Lösungsansätze, die Tidespeicherbecken und die Tidesteuerung mit dem Emssperrwerk, werden in der Verantwortung des Landes vom NLWKN bearbeitet, der dritte Ansatz zur Sohlschwelle wird von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes verfolgt.

Umfangreiche Untersuchungen zu einer dauerhaften, festen Sohlschwelle mit dem Ziel, das in den letzten Jahrzehnten abgesunkene Tideniedrigwasser wieder deutlich anzuheben und dadurch u. a. in der Unterems das Tidevolumen zu verringern sowie die Tidedynamik zu dämpfen, sind bereits in den Jahren 2008 bis 2014 erfolgt und haben deren technische Machbarkeit sowie die hydromorphologische Wirksamkeit belegt.

Die hier beschriebenen Betrachtungen zielen darauf ab, verschiedene Steuerungsszenarien flexibler Sohlschwellenelemente unter weitgehender Nutzung der vorhandenen Verschlussorgane des Emssperrwerks auf ihre Machbarkeit zu untersuchen und damit die im Masterplan Ems 2050 vom Bund zugesagte Machbarkeitsuntersuchung vorzulegen.

3. Maßnahmenbeschreibung

3.1. Vorbemerkung

Die ursprüngliche Idee des Einbaus einer Sohlschwelle am Emssperrwerk zielte darauf ab, das in den letzten Jahrzehnten abgesunkene Tideniedrigwasser wieder deutlich anzuheben und dadurch u. a. in der Unterems das Tidevolumen zu verringern sowie die Tidedynamik zu dämpfen.

Im Hinblick auf das in § 1 des Masterplans genannte vorrangige Ziel, die Lösung des Schlickproblems in der Unterems, wurden für den Lösungsansatz Sohlschwelle von der BAW Untersuchungen in einem mathematischen Modell durchgeführt. Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) konnte dabei auf eigene bereits zuvor umfangreich vorgenommene Untersuchungen zu einer festen Sohlschwelle aufbauen. Daher konzentrierten sich die weiteren Untersuchungen auf Variationen einer flexiblen Sohlschwelle. Es wurden dabei auch Varianten untersucht, die nicht dem ursprünglichen Sohlschwellenansatz (Beeinflussung des Ebbstroms) entsprechen, sondern auf den Flutast der Tide einwirken.

Hauptkriterium zur Beurteilung von Maßnahmen zur Lösung des Schlickproblems ist im Wesentlichen der Tidekennwert des residuellen Schwebstofftransports, also der Differenz aus dem Schwebstofftransport mit dem Flutstrom und dem Schwebstofftransport mit dem Ebbstrom. Hierzu sind von der BAW umfangreiche Untersuchungen durchgeführt und in einem Ergebnisbericht dokumentiert worden (BAW, April 2016). Die Ergebnisse ergänzender Untersuchungen wurden im Dezember vorgelegt (BAW, Dezember 2016).

3.2. Untersuchungsspektrum

Von der BAW ist folgendes Spektrum von verschiedenen Sohlschwellenvarianten und Steuerzenarien auf eine Wirksamkeit hinsichtlich der Lösung des Schlickproblems untersucht worden. In den Gutachten und Studien (Anlagen) werden für die Varianten zum Teil unterschiedliche Begriffe verwendet. Für die Machbarkeitsuntersuchungen (Sohlschwelle, WSA und Tidesteuerung, NLWKN) wurden zur Klarheit der Begrifflichkeiten einheitliche, durchgängige Kurzbezeichnungen eingeführt (s. Tabelle 3.1). Die Tidesteuerung des NLWKN ist hier nicht aufgenommen, wird aber in der Gesamtbetrachtung als Variante 6 „Teilöffnung (NLWKN)“ geführt.

Variante	Beschreibung	Kurzbezeichnung
Feste Sohlschwelle	dauerhaftes, starres Bauwerk, unflexibel	(entsprechend Kapitel 4.2. nicht weiter berücksichtigt)
Flexible Sohlschwelle im Ebbestrom	Sohlschwelle in HSÖ, andere Öffnungen geschlossen, Steuerung des Ebbstroms	(entsprechend Kapitel 4.2. nicht weiter berücksichtigt)
Flexible Sohlschwelle im Flutstrom	Sohlschwelle in HSÖ (NHN - 4 m), alle anderen Öffnungen geschlossen, Steuerung des Flutstroms (2 h - 6 h)	Variante 1: Flexible Sohlschwelle 2 h Variante 2: Flexible Sohlschwelle 4 h
Zeitweise geschlossenes Sperrwerk	Komplett geschlossenes Sperrwerk um Niedrigwasser, Beginn NHN - 1,00 m, Ende bei Wasserstandsgleichheit	Variante 3: Zeitweise Komplettschließung
"Flexible Sohlschwelle" Teilöffnungen bei geschlossener HSÖ (HSÖ = Haupt-Schiffahrts-Öffnung)	HSÖ geschlossen, alle anderen Verschlüsse teilgeöffnet. Steuerung des Flutstroms (4 h)	Variante 4: Teilöffnung
Flexible Sohlschwelle Teilöffnungen und Sohlschwelle in HSÖ	Sohlschwelle in HSÖ (NHN - 1 m), alle anderen Verschlüsse teilgeöffnet. Steuerung des Flutstroms (4 h)	Variante 5: Teilöffnung mit Sohlschwelle

Tabelle 3.1.: Auflistung der Untersuchungsvarianten

Es hat sich bereits im frühen Stadium der Untersuchungen gezeigt, dass die feste Sohlschwelle, insbesondere hinsichtlich der ökologischen und der schiffsverkehrlichen Verträglichkeit nur schwer umsetzbar ist. So wäre beispielsweise der Bau einer Schleuse unumgänglich. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass eine flexible Sohlschwelle im Ebbestrom hinsichtlich der Lösung des Schlickproblems nur geringe Wirksamkeit zeigt. Daher werden diese Varianten zwar noch allgemein beschrieben, aber nicht mehr in die Detailuntersuchung der Machbarkeit einbezogen.

Bild 3.1. zeigt die Torstellungen für den Ist-Zustand (komplett geöffnet) oben sowie die aktiven Phasen als dauerhafte Sohlschwelle mit der Schwellenhöhe von HNH - 1,50 m (mitte) und für die flexible Sohlschwellenvariante im Flutstrom (unten). Im flexiblen Sohlschwellenbetrieb sind die Nebenöffnungen NÖ1 bis NÖ5 und die Binnenschiffahrtsöffnung geschlos-

sen. Das vorhandene Kreisdrehssegment der HSÖ wird bis auf die Oberkantenhöhe von HNH – 4.0 m gedreht.

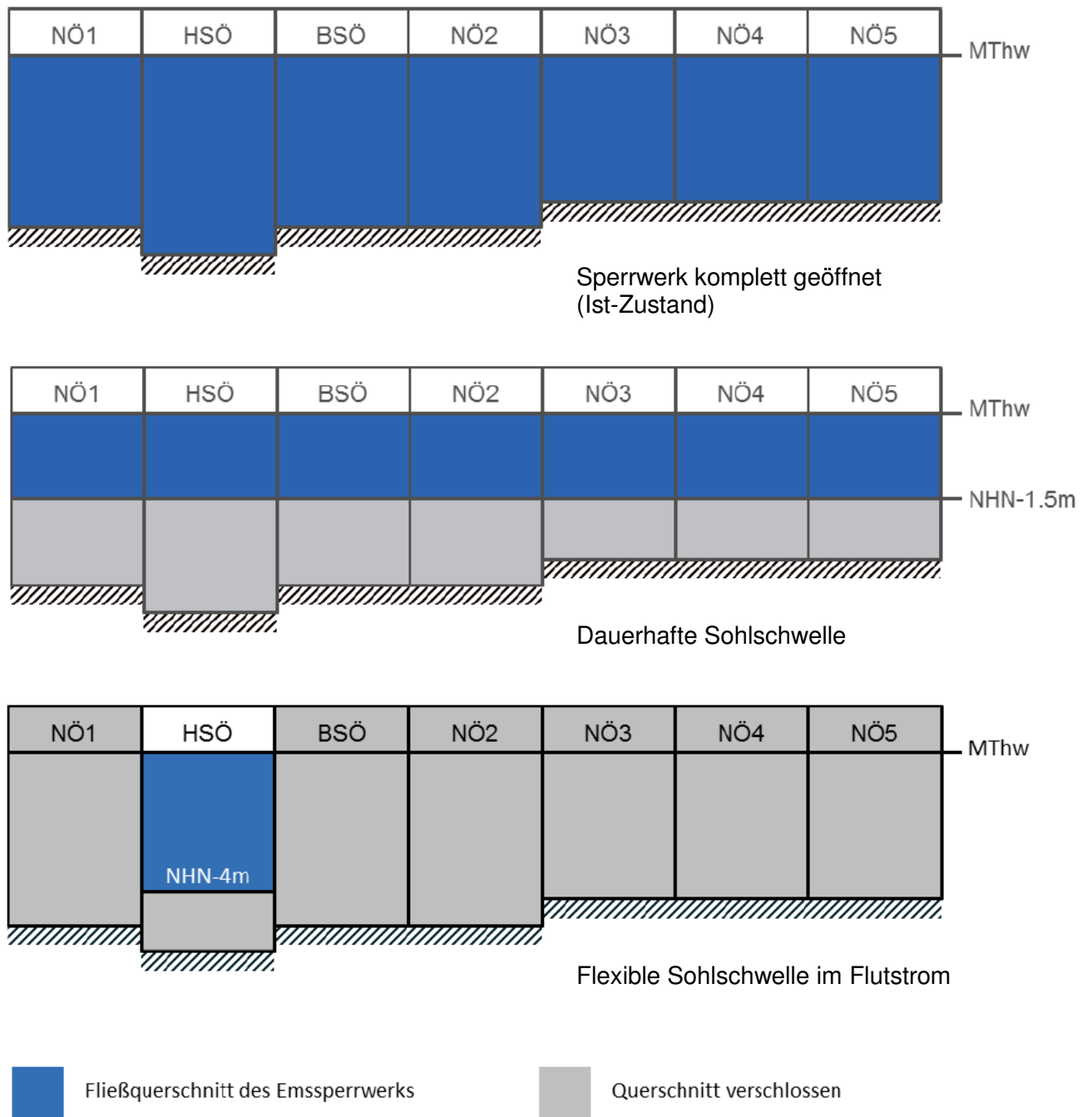


Bild 3.1.: Torstellungen der Varianten
 „Dauerhafte Sohlschwelle“ und „Flexible Sohlschwelle im Flutstrom“

In Bild 3.2. sind die zeitlichen Verläufe der Torsteuerung bei den Varianten der kompletten Ebbstrom- / Flutstromsteuerung (oben) und der zeitlich variierten Steuerung im Flutstrom skizziert. Öffnungs- und Schließzeiten sowie Sicherheitszuschläge sind hier nicht berücksichtigt.

Eine Wasserstandsganglinie (blau) und eine Strömungsganglinie (Rot) am Emssperrwerk für den Ist-Zustand ist jeweils hinterlegt. Während des Aktivierungszeitraums der Sohlschwelle können sich die Ganglinien am Emssperrwerk erheblich ändern.

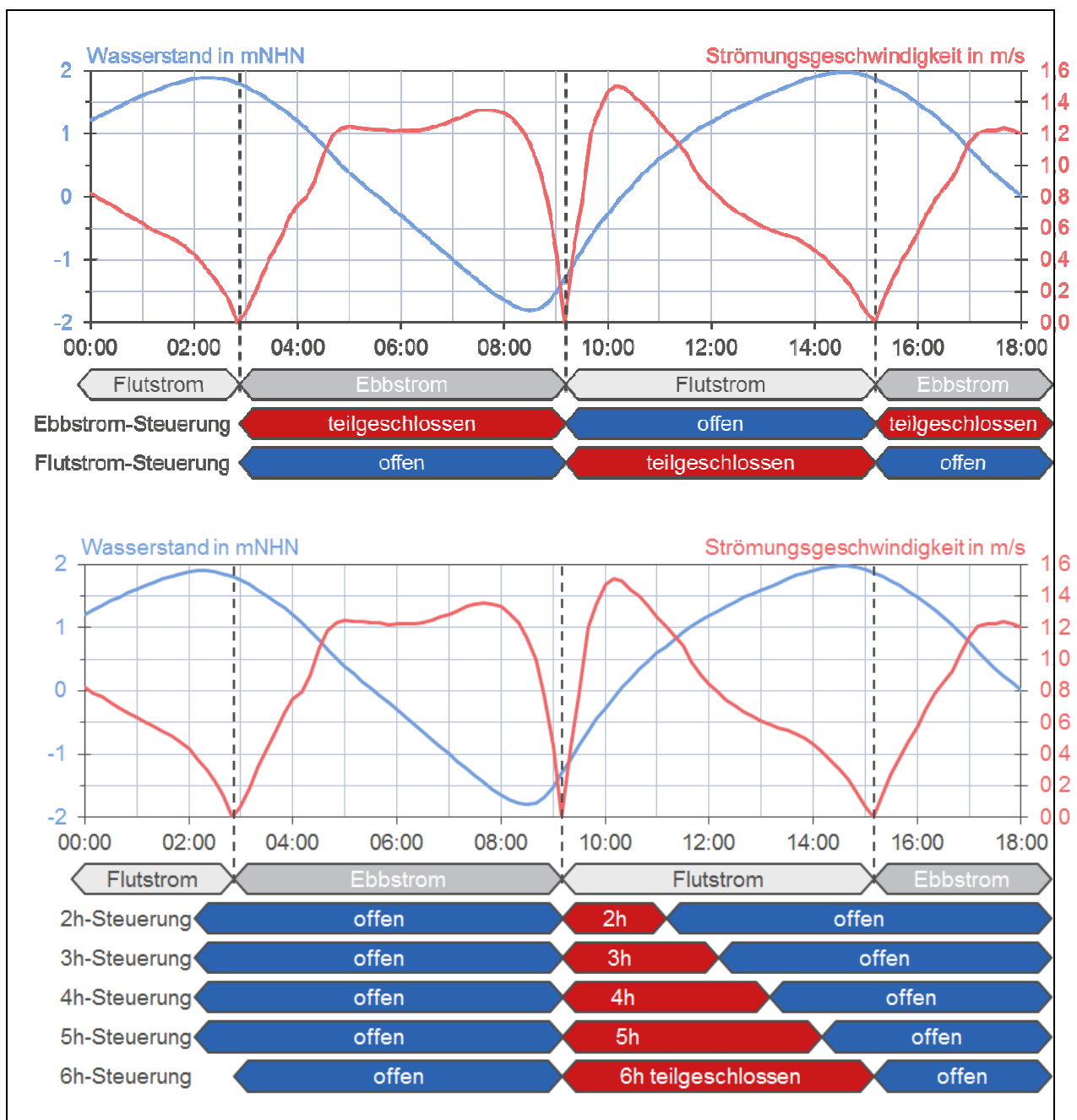


Bild 3.2.: Skizzen der zeitlichen Verläufe der Torsteuerung

Die Torstellungen für die Varianten der „flexiblen Sohlschwelle“ über Teilöffnungen ohne (Var. 4, oben) und mit Sohlschwelle in HSÖ auf NHN – 1 m (Var. 5, unten) zeigt Bild 3.3.

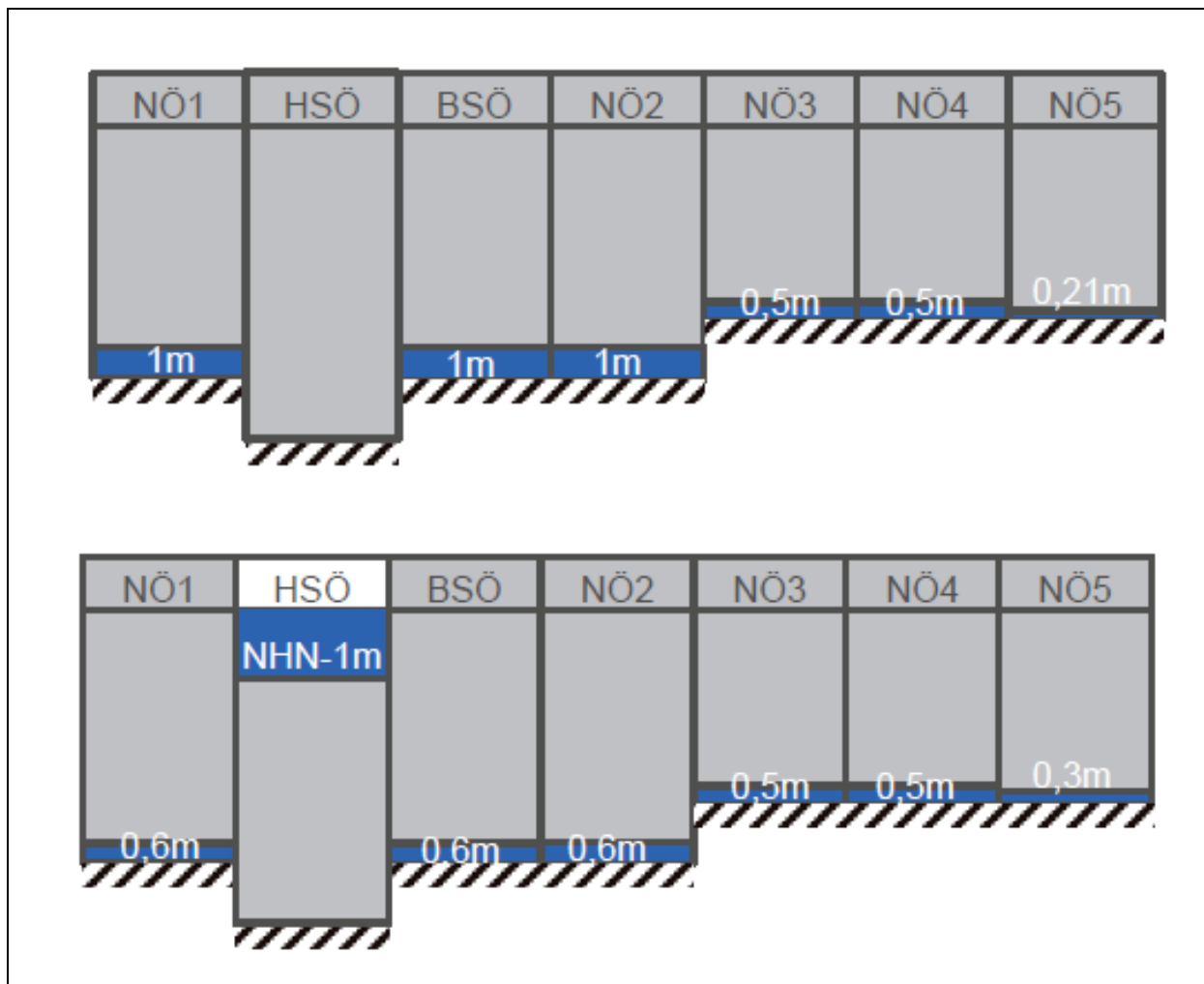


Bild 3.3.: Torstellungen der flexiblen Sohlschwellenvariante über Teilöffnungen ohne (oben) und mit Sohlschwelle in der HSÖ

Die Öffnungsweiten der einzelnen Verschlüsse sind so gewählt, dass der gleiche Versperrgrad (ca. 90 %, je nach Wasserstand) erreicht wird wie bei der flexiblen Sohlschwelle (HSÖ bei NHN – 4 m). Die Torstellung für das zeitweise geschlossene Sperrwerk bedarf keiner gesonderten Darstellung.

Bild 3.4. zeigt die zeitlichen Verläufe der Torsteuerungen für die Sohlschwelle im Flutstrom (für 2 h und 4 h, Varianten 1 und 2). Dabei entspricht die 4h-Steuerung auch den Zeitfenstern für die Teilöffnungen mit und ohne Sohlschwelle in der HSÖ. Mit Ende des Ebbstroms beginnt der Schließvorgang der jeweiligen Tore, der 20 min dauert. Nach Ablauf der Steuerungszeit (4 h) werden die Tore wieder geöffnet (Öffnungsdauer 1 h). Während dieser Zeit zzgl. je 15 min vorher und nachher ist für die Schifffahrt die Passage durch das Sperrwerk nicht möglich

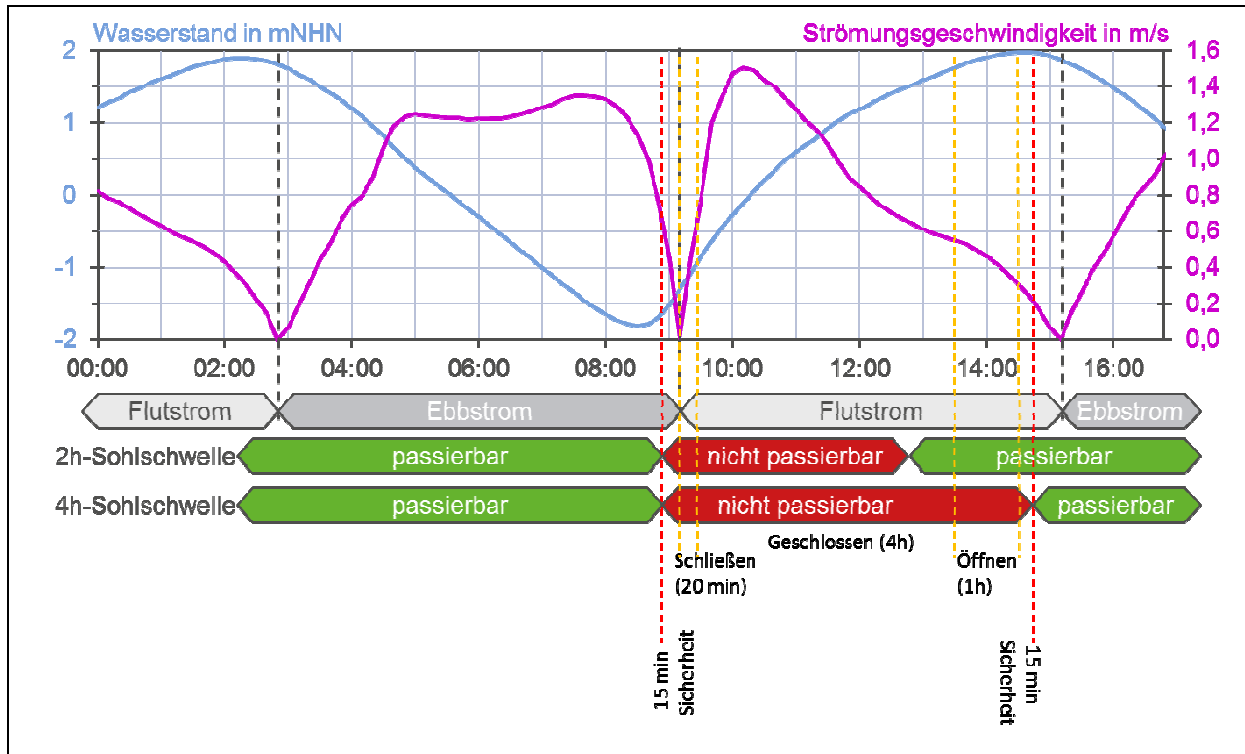


Bild 3.4.: Zeitlicher Verlauf der 4-h-Sohlschwelle im Flutstrom (Variante 2) bzw. der Teilöffnungen mit und ohne Sohlschwelle (Varianten 4 und 5)

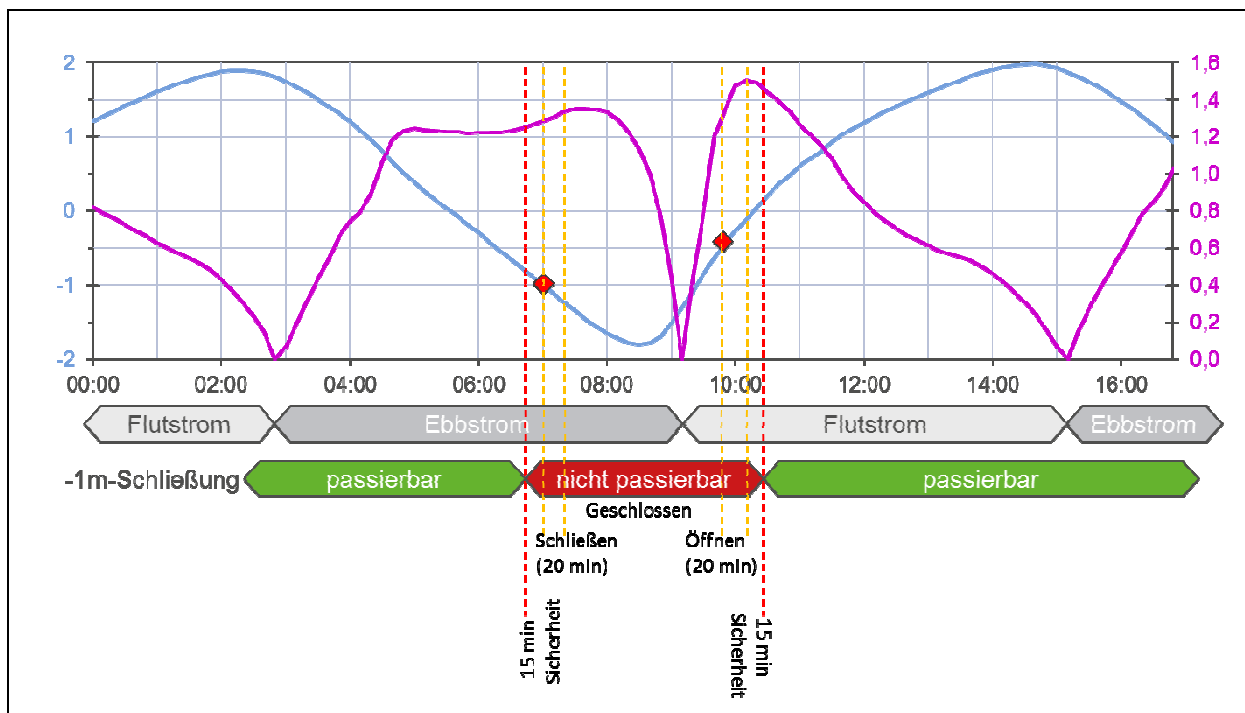


Bild 3.5.: Zeitlicher Verlauf der zeitweisen Komplettschließung (Variante 3)

Für die Variante „Zeitweise Komplettschließung des Sperwerks“ (Bild 3.5) beginnt die Schließzeit bei einem Wasserstand von $NHN - 1$ m bei ablaufendem Wasser und wird mit 20 min angesetzt. Bei Erreichen der Wasserstandsgleichheit im Ober- und Unterwasser im Flutstrom werden die Tore wieder geöffnet. Die Öffnungsdauer wird wegen der Wasserstandsgleichheit hier lediglich mit 20 min veranschlagt. Für die Schifffahrt kommen aus Sicherheitsgründen noch jeweils 15 min vor Schließbeginn und nach Öffnungsende als Sperrzeit dazu.

4. Einschätzungen zur Machbarkeit

4.1. Technische Machbarkeit

4.1.1. Vorgehensweise

In einer ersten Studie zur technischen Machbarkeit einer festen, dauerhaften Sohlschwelle (IMS / IRS, 2009) wurden bautechnische Möglichkeiten der Umsetzung dieser Idee entwickelt und dargelegt. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden auch Möglichkeiten der Integration einer Schleuse, die bei einer dauerhaften Sohlschwelle zur Aufrechterhaltung der Schifffahrt unerlässlich war, erarbeitet.

Im Zuge der weiteren Befassung mit dem Thema trat der Ansatz einer flexiblen Sohlschwelle unter möglichst weitgehender Nutzung der vorhandenen Bausubstanz (Sperrwerksverschlüsse) in den Vordergrund. In einer entsprechenden auf der Studie zur festen Sohlschwelle (IMS / IRS, 2009) fußenden Untersuchung (IMS, 2015) wurden verschiedene technische Lösungen für die Nutzung bzw. Umgestaltung der vorhandenen Sperrwerksverschlüsse dargelegt, die in vier Gesamtvarianten mündete. Diese reichten von der Neugestaltung / Ergänzung aller Sperrwerksöffnungen in unterschiedlich aufwendiger Form bis zur einfachsten Lösung der alleinigen Nutzung des Kreisdrehsegments der HSÖ zur Erzeugung einer Schwellenwirkung.

Dabei bestand der wesentliche Gedankenansatz darin, dass bei einer beweglichen Schwelle auf ein Schleusenbauwerk möglicherweise verzichtet werden kann. Die Schifffahrt soll den Bereich des Sperrwerks und der Sohlschwelle zu den Zeiten passieren, in denen die bewegliche Schwelle gelegt ist. Die Flexible Sohlschwelle sollte in Anlehnung an die feste Sohlschwelle eine Anhebung des Tideniedrigwassers bewirken und somit auch im Zeitbereich um Niedrigwasser aktiviert sein. Die dabei auftretenden Bauwerksbelastungen sind mit denen der aktuellen Varianten 1 – 5 zwar nicht gleichzusetzen. Aufbauend auf den Ergebnissen der Studie wurde aber verbal-argumentativ abgeleitet, inwieweit das Sperrwerk den Belastungen der aktuellen Varianten, widerstehen kann.

4.1.2. Maßnahmen am Baukörper Emssperrwerk

4.1.2.1. Ergebnisse der Studie von IMS

In der Studie (IMS, 2015) werden zunächst technische Einzellösungen in Form von Teilvarianten untersucht, die dann in einem zweiten Schritt zu Gesamtvarianten zusammengestellt werden. Die Gesamtvarianten wurden unter dem Aspekt ausgewählt, ein möglichst breites Spektrum denkbarer Lösungen aufzuspannen. Die Lösungen unterscheiden sich im Wesentlichen durch das Ausmaß der Verwendung der vorhandenen Bausubstanz des Emssperr-

werks und erreichen in Bezug auf die Flexibilität und Reversibilität durchaus unterschiedliche zeitliche Qualitäten.

Die anspruchsvollste Lösung besteht aus dem Bau zusätzlicher Wehrverschlüsse auf der Emders Seite des Sperrwerks vor jedem bestehenden Verschluss mit Hilfe von Drehsegmenten (Variante G1b, s. Bild 4.1.). Diese Lösung funktioniert völlig unabhängig vom bestehenden Sperrwerk und bietet die beste Flexibilität und Reversibilität.

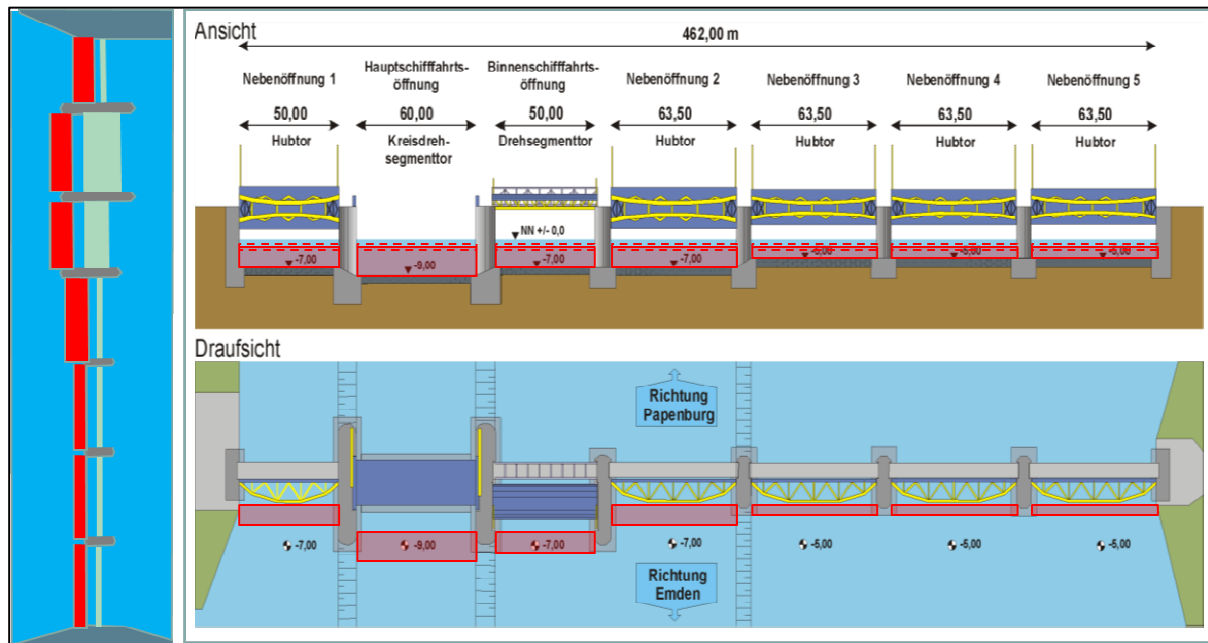


Bild 4.1.: Variante G1b, Drehsegmente in allen Öffnungen

Sie verursacht aber mit € 117,7 Mio. auch die höchsten Kosten aller Gesamtvarianten. Damit ist diese Variante aber immer noch erheblich günstiger als die in der Studie für die feste Sohlschwelle (IMS / IRS, 2009) untersuchten Varianten mit Schleusenbauwerken, die in einer Größenordnung von etwa 160 Mio. € Gesamtkosten lagen.

Das geforderte Planungsziel wird auch mit der Variante G.2.b (Bild 4.2.) erreicht, die eine Art Gegenpol zur vorgenannten Variante darstellt. In den Zeiten aktiver Sohlschwellenfunktion wird das Kreisdrehsegment in der HSÖ als überströmter Wehrverschluss genutzt, sämtliche anderen Verschlüsse, also die Hubtore und das Drehsegment in der BSÖ sind dabei geschlossen. Während der übrigen Zeit sind alle Tore geöffnet. Diese Lösung nutzt die vorhandene Substanz des Emssperrwerks vollständig und findet sich in den aktuellen Varianten 1 und 2 (Flexible Sohlschwelle 2h / 4h) wieder. Naturgemäß ist eine solche Lösung mit den geringstmöglichen Investitionskosten verbunden. Sie werden derzeit mit maximal € 2,5 Mio. abgeschätzt (ohne die Kosten für bei allen Varianten notwendigen ergänzenden Maßnahmen wie Sohlsicherung, Liegestellen).

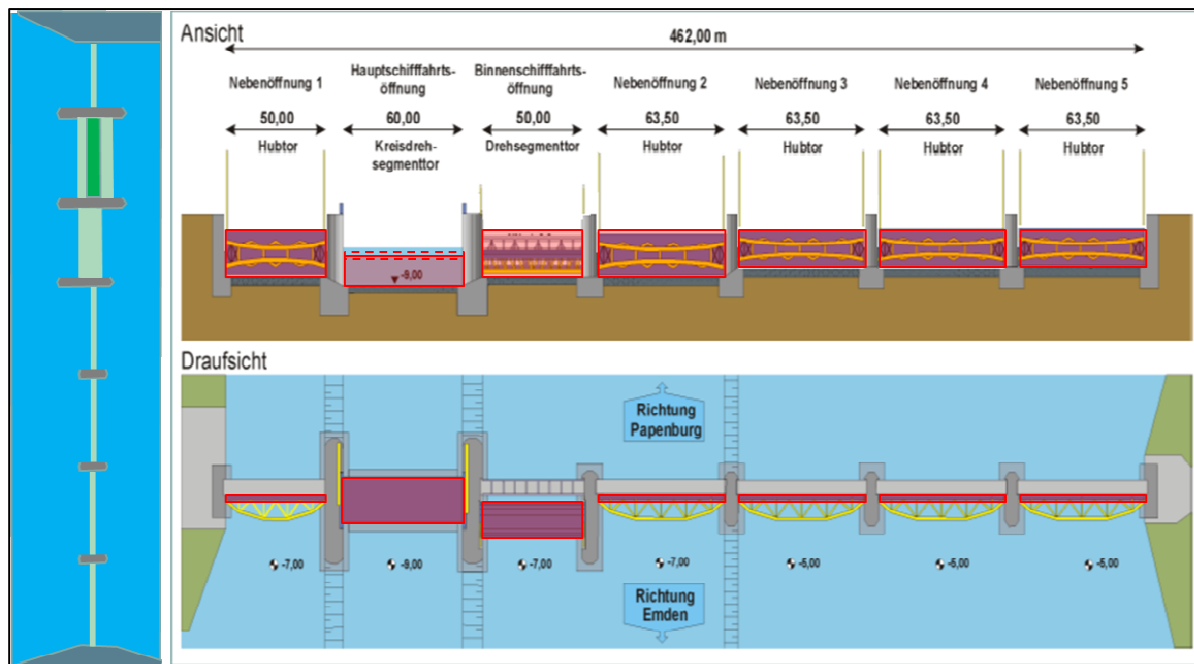


Bild 4.2.: Variante G2b, Sohlschwelle in HSÖ, andere Öffnungen geschlossen

Zwischen diesen beiden Polen liegen die Varianten G.1.a und G.2.a. Sie erfordern Investitions- und Unterhaltungskosten in mittlerer Größenordnung. Gleichwohl haben auch diese beiden Varianten einen durchaus unterschiedlichen Charakter. Bei der Variante G.1.a (Bild 4.3.) werden Sohlschwellelemente in sämtlichen Öffnungen vorgesehen, so dass der Abfluss insbesondere bei aktiver Sohlschwelle auf sämtliche Öffnungen verteilt wird. Bei Variante G.2.a (Bild 4.4.) werden hingegen die vorhandenen Hubtore des Emssperwerks genutzt, indem diese bei aktiver Sohlschwellenfunktion geschlossen werden. Der Abfluss wird dann über die beiden neu zu errichtenden Drehsegmente in der HSÖ und BSÖ abgeführt.

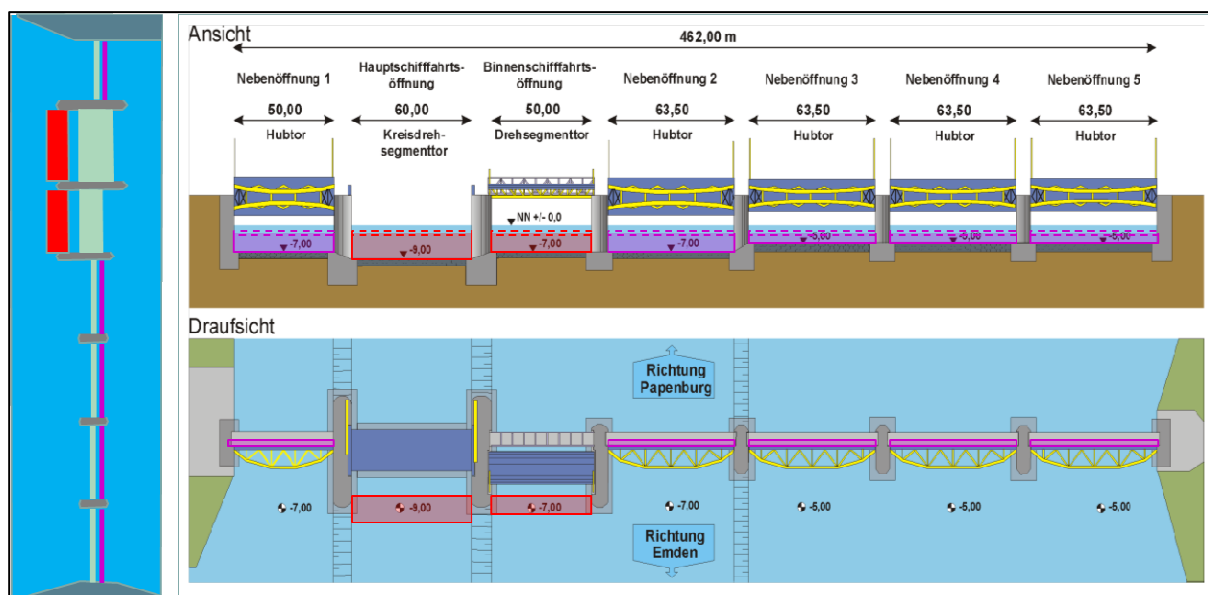


Bild 4.3.: Variante G1a, schwimmende Elemente und Drehsegmente

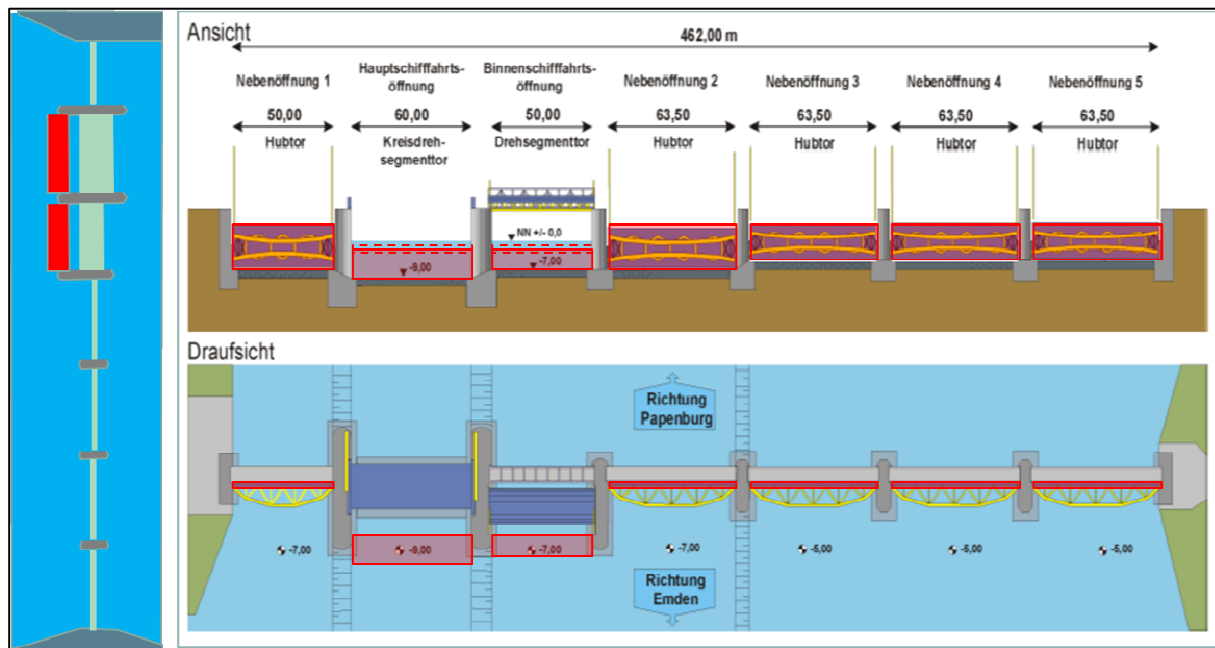


Bild 4.4.: Variante G2a, Drehsegmente vor HSÖ und BSÖ, Hubtore gemäß Bestand

4.1.2.2. Aktuelle Varianten

Die aktuell zu betrachtenden Varianten 1 - 5 sind, wie auch die Variante 6 des NLWKN, so angelegt, dass voraussichtlich keine zusätzlichen Baumaßnahmen in Form neuer oder veränderter Verschlüsse erforderlich werden.

Bei den Variante „Flexible Sohlschwelle 2h und 4 h“ werden bei Tideniedrigwasser alle Tore bis auf das der Hauptschiffahrtsöffnung geschlossen. Das Drehsegmenttor der Hauptschiffahrtsöffnung wird auf eine Höhe von NHN -4,0 m angehoben, so dass lediglich der Durchflussquerschnitt zwischen dieser Höhe und dem Wasserspiegel verbleibt. Nach 2 bzw. 4 Stunden wird das Sperrwerk wieder vollständig geöffnet.

In der Machbarkeitsstudie (IMS, 2015) zur flexiblen Sohlschwelle war die Möglichkeit, nur die Hauptschiffahrtsöffnung für eine Tidesteuerung zu nutzen, bereits betrachtet worden (dort als Variante G.2.b bezeichnet). Ausgangspunkt der Überlegungen war aber ein Betrieb der Schwelle während des Niedrigwassers, der eher dem Zeitfenster der zeitweisen Komplettschließung entspricht. Trotzdem lässt sich nach IMS die Beurteilung auch auf die aktuellen Varianten 1 und 2 übertragen.

In der Studie (IMS, 2015) heißt es dazu:

„Der derzeitige technische Zustand des Kreisdrehsegmentes würde die versuchsweise Erprobung dieser Gesamtvariante erlauben.“

Die am Kreisdrehsegment angebrachten Dichtungen werden in der hier vorgesehenen Stellung (NHN -4,0 m) umströmt. Neben der Tatsache, dass dadurch Leck-Wassermengen auftreten, werden die Dichtungen durch den hydrostatischen Druck der Wasserspiegeldifferenz, die sich während der Teilschließung bei Flutstrom ergibt, belastet. In der gegenwärtigen Bauform sind Dichtung und Halterung für einen statischen Differenzdruck von 2 m ausgelegt. Es bleibt zunächst ungeklärt, ob die mit der ständigen Umströmung der Dichtungen verbundene Schwingungsbelastung der Dichtung und ihrer Befestigung nicht auch bei geringerem Differenzdruck zu Schäden führt.

Unter der Voraussetzung einer positiven Klärung der Dichtungsfrage kann aus Sicht von IMS das Kreisdrehsegment die Anforderungen des Betriebsszenarios erfüllen. Möglicherweise bestehen aber aus Sicht des Sturmflutschutzes Bedenken zur Nutzung dieses Verschlusses, da es durch den ständigen Betrieb als Sohlschwelle eher zu Störungen kommen kann. Die Funktion des Bauwerks als Sturmflutschutzbauwerk wäre dadurch beeinträchtigt. Deswegen ist in der Studie (IMS, 2015) auch eine Variante aufgenommen worden, die den Neubau eines Wehrverschlusses nur für die Tidesteuerung seeseitig der Hauptschiffahrtsöffnung vorsieht. Damit könnte das Kreisdrehsegment als zweiter Verschluss allein für die Sturmflutschutzfunktion eingesetzt werden. Die Kosten für diesen zusätzlichen Verschluss wurden mit 17 Mio. Euro abgeschätzt.

Die Bewegung der übrigen Verschlüsse (alle Nebenöffnungen und die BSÖ) wird aus Sicht des Sturmflutschutzes weniger kritisch beurteilt, weil es sich um von oben schließende Verschlüsse handelt (sogenannte Schütze), die als Hubtore oder Drehsegment (BSÖ) ausgebildet sind. Diese schließen (beispielsweise bei Stromausfall) auch unter Eigengewicht und gelten insgesamt als ausgesprochen robuste und bewährte Konstruktionen.

Bei der zeitweisen Komplettschließung (Variante 3) wird bei ablaufendem Wasser ab einem Wasserstand von NHN -1,0 m das Sperrwerk vollständig geschlossen. Die Wiederöffnung erfolgt, wenn nach dem Niedrigwasser der Wasserstand auf der Seeseite soweit angestiegen ist, dass auf beiden Seiten des Sperrwerks der gleiche Wasserstand herrscht. Dieses Betriebsszenario ist mit den vorhandenen Sperrwerksverschlüssen sofort umsetzbar. Es gelten auch hier die Bedenken hinsichtlich des Sturmflutschutzes bei einer ständigen Nutzung der Hauptschiffahrtsöffnung als flexible Sohlschwelle, wie oben beschrieben.

Die Modellrechnungen (BAW, April 2016, Dezember 2016) zeigen, dass bei der Flexiblen Sohlschwelle 4h (Variante 2) durch das Öffnen der Sperrwerkstore deutlich sichtbare Sunk- und Schwallwellen ausgelöst werden. Dabei ist der Füllschwall ausgeprägter als der Entnahmesunk. Der Füllschwall wird am Wehr in Herbrum reflektiert und führt so zu einer Anhebung des Tidehochwassers stromauf von Papenburg. Um die entstehenden Sunk- und Schwallwellen zu reduzieren, können Steuerungen mit einer langsameren Öffnungsdauer untersucht werden. Damit die Sperrzeit hierdurch nicht verlängert wird, sollte hierbei nicht das Ende des Öffnens nach hinten verschoben werden, sondern das Öffnen der Tore früher

beginnen. Da zum Zeitpunkt des Schließens bei der 4h-Sohlschwelle sehr geringe Strömungsgeschwindigkeiten vorherrschen, sind die durch das Schließen ausgelösten Sunk- und Schwallwellen minimal. Ein ähnliches Verhalten von Sunk- und Schwallwellen wie bei der flexiblen Sohlschwelle 4h kann, allerdings in abgeschwächter Form, auch für die 2h-Variante unterstellt werden (gleicher Schließzeitpunkt, früherer Öffnungszeitpunkt).

Bei den Varianten 4 und 5 (Teilöffnungen mit und ohne Sohlschwelle) werden die Sperrwerkstore während des Ebbestroms geschlossen. Durch die während des Schließvorgangs vorherrschenden Strömungsgeschwindigkeiten wird ein Stauschwall stromauf und ein Absperrsink stromab des Sperrwerks hervorgerufen. Wie bei der 4h-Sohlschwelle auch, wird die Schwallwelle am Wehr in Herbrum reflektiert. Da die reflektierte Schwallwelle bei den Teilöffnungen aber nicht mit dem Tidehochwasser zusammenfällt, tritt durch sie auch keine Erhöhung des Tidehochwassers auf. Der Absperrsink bewirkt bei den Teilöffnungen eine Absenkung des Tideniedrigwassers stromab des Sperrwerks, welche auch direkt stromab des Sperrwerkes ihre größte Ausprägung aufweist.

Das Öffnen der Sperrwerkstore beginnt bei den Teilöffnungen bei Wasserstandsgleichheit im Ober- und Unterwasser und dauert 20 Minuten an. Während des Öffnens steigt der Wasserstand stromab des Sperrwerks weiter an und, da nicht genug Wasser durch das sich öffnende Sperrwerk nach stromauf gelangen kann, bildet sich wieder eine Wasserstandsdiﬀerenz aus. Durch diese Wasserstandsdiﬀerenz entsteht ein Füllschwall stromauf und ein Entnahmesink stromab des Sperrwerks. Der Füllschwall und die einlaufende Tidewelle überlagern sich, diese überlagerte Welle wird am Wehr in Herbrum reflektiert. Durch eine Optimierung des Öffnungszeitpunktes können die durch das Öffnen hervorgerufenen Sunk- und Schwallwellen verringert werden.

Bei den Teilöffnungen sind die durch das Schließen der Sperrwerkstore entstehenden Sunk- und Schwallwellen ausgeprägter als die durch das Öffnen entstehenden.

Die Teilöffnungen (Varianten 4 und 5) unterscheiden sich von der Tidesteuerung des NLWKN (Variante 6) durch geringfügig vergrößerte Zeitfenster bei einem höheren Versperungsgrad (ca. 90 % gegenüber 60 % bei Variante 6). Diese Szenarien wurden im Rahmen der IMS-Studie zur technischen Machbarkeit nicht gesondert betrachtet. Hier kann jedoch auf die Ausführungen in der Machbarkeitsuntersuchung des NLWKN zurückgegriffen werden.

Bei der Teilöffnung mit Sohlschwelle (Variante 5) kommt die Teilöffnung der HSÖ als überströmtes Wehr mit Wehroberkante bei $NHN - 1$ m hinzu. Es gelten in entsprechend abgeschwächter Form die Hinweise zum Betrieb der flexiblen Sohlschwelle (s. o.).

Die vorhandenen Verschlüsse des Emssperrwerks sind grundsätzlich technisch geeignet, eine flexible Tidesteuerung, ggf. mit partiellen Ertüchtigungen oder ergänzenden Einbauten,

zu realisieren. Im Zuge des Fortgangs der Untersuchungen zu den Steuerungsvarianten wurde deutlich, dass es neben der technischen Machbarkeit hinsichtlich weiterer relevanter Bereiche (hydromorphologische Wirksamkeit, Verträglichkeit mit dem Schiffsverkehr) noch Optimierungspotenzial gibt. Unter Berücksichtigung weiterer Optimierungen und möglicher Verfahrenskombinationen sind in weiteren Untersuchungen gemeinsam mit dem Bauwerks-eigentümer (NLWKN) Detailbetrachtungen anzustellen, inwieweit das Bauwerk den statischen und dynamischen Belastungen der weiterentwickelten Steuerszenarien gewachsen ist.

4.1.3. Sohlsicherung

Bild 4.5. zeigt für die Variante 2 „Flexible Sohlschwelle, 4h“ und Varianten 4 und 5 (Teilöffnung mit und ohne Sohlschwelle) die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten (tiefengemittelt) und die jeweilige Dauer hoher Strömungsgeschwindigkeiten $> 2\text{ m/s}$ im weiteren Umfeld des Sperrwerks.

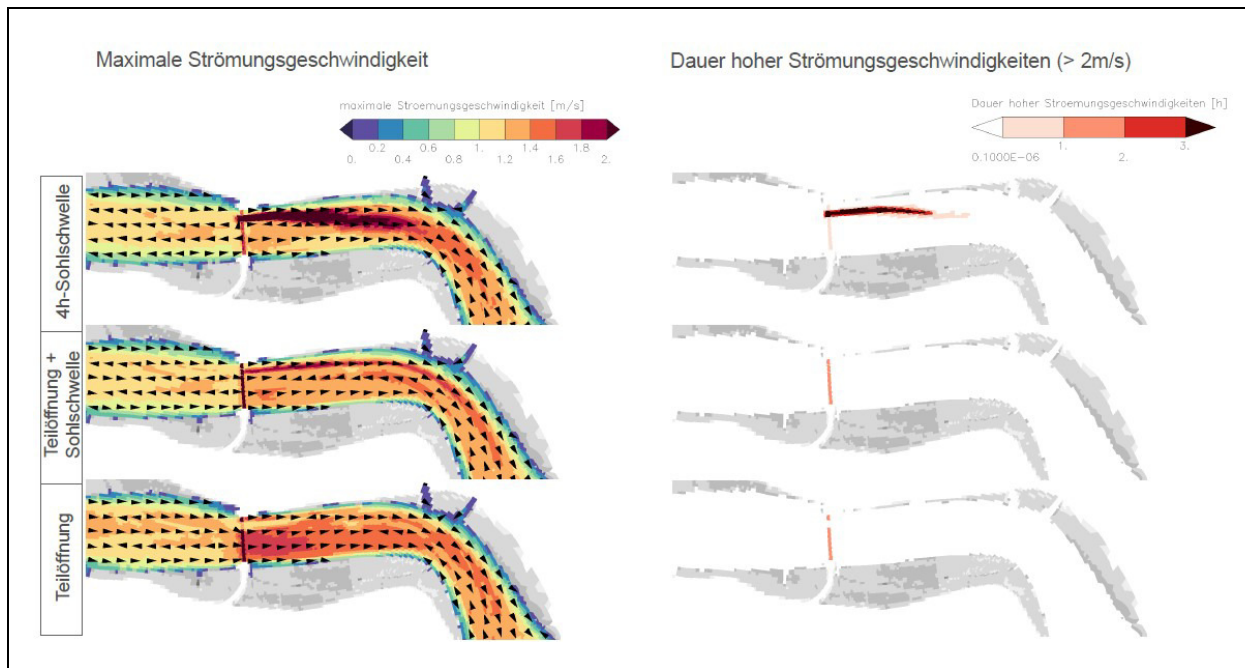


Bild 4.5.: Maximale Strömungsgeschwindigkeiten im Sperrwerksumfeld
(BAW, Dezember 2016)

Bei der flexiblen Sohlschwelle, 4h (Bild 4.5., oben) wird der Fließwiderstand im Sperrwerk durch die Konzentration der Strömung auf einen kleinen Querschnitt stark erhöht. Es entstehen während des Schließzeitraums beträchtliche Wasserstandsdifferenzen zwischen der Seeseite und der Landseite des Sperrwerks, die zu sehr hohen Fließgeschwindigkeiten im Sperrwerk führen und die sich in Richtung Leer großräumig fortsetzen.

Die Berechnungen der BAW zeigen, dass sich ein Strömungsschussstrahl über mehrere hundert Meter Länge bis zur Oldersumer Kurve ausbildet. An den Rändern des Schussstrahls kommt es zu Rezirkulationsströmungen, so dass die Zone erhöhter Strömungsgeschwindigkeit und hoher Strömungsturbulenz deutlich größer als der Schussstrahl selbst ist. In dieser Zone ist die Fähigkeit der Strömung, Sediment aufzunehmen, wesentlich größer als heute, so dass es dort zu großen ausgedehnten Kolken kommen wird.

Zur Sicherung wäre also eine großflächige Abdeckung der Gewässersohle mit Deckwerken notwendig und eine Sicherung der Ränder gegen Randkolke. Die Größe der zu sichernden Fläche könnte sich, grob geschätzt, auf 50 bis 100 ha belaufen.

Bei den Teilöffnungen stellt sich ein grundsätzlich anderes Strömungsbild dar. Die Strömungen sind gegenüber der flexiblen Sohlschwelle wesentlich gleichmäßiger über den gesamten Querschnitt verteilt. Bei der Teilöffnung mit Sohlschwelle zeigt sich eine geringe Konzentration der Strömung hinter der HSÖ, während bei der Teilöffnung ohne Sohlschwelle der Bereich hinter der (hier komplett geschlossenen) HSÖ im Strömungsschatten liegt.

Insgesamt sind die Varianten der Teilöffnung des WSA der des NLWKN sehr ähnlich. So zeigt sich auch bei dem Strömungsbild der Teilöffnung des NLWKN ein sehr ähnlicher Verlauf wie bei den Teilöffnungen des WSA (Bild 4.6.).

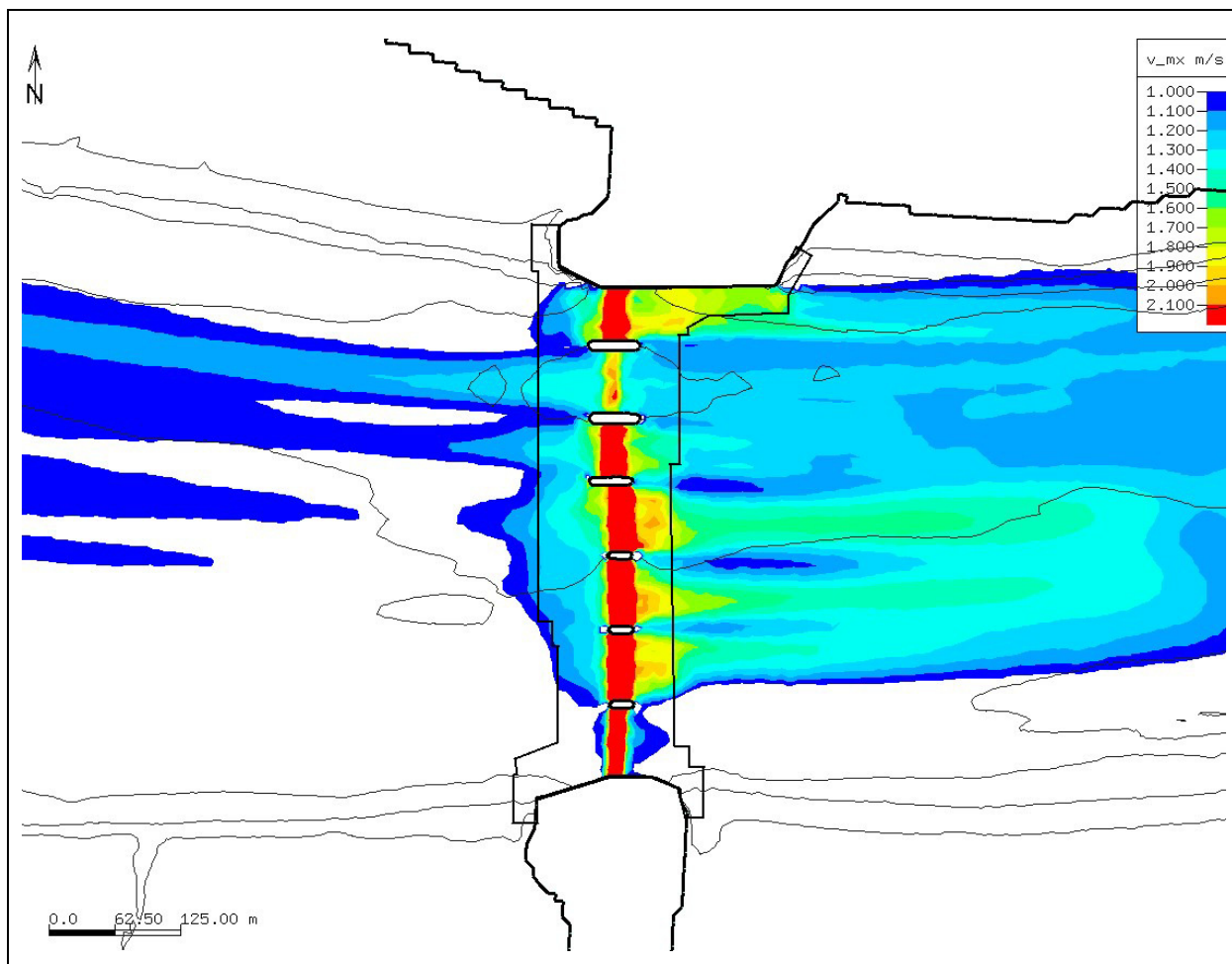


Bild 4.6.: Variante Teilöffnung NLWKN:
Maximale tiefengemittelte Strömungsgeschwindigkeiten im Nahbereich des ESW
(Zanke und Partner, 2016, zitiert in NLWKN, 2016)

Hinsichtlich erforderlicher Kolkschutzmaßnahmen wird daher für die Teilöffnungen des WSA (Varianten 4 und 5) die gleiche Kolkschutzmaßnahme vorgesehen wie bei Variante 6 (Teilöffnung NLWKN). Diese erstreckt sich über drei Bereiche mit einer Gesamtfläche von ca. 32 ha und ist in Bild. 4.7. (NLWKN, 2016) dargestellt.

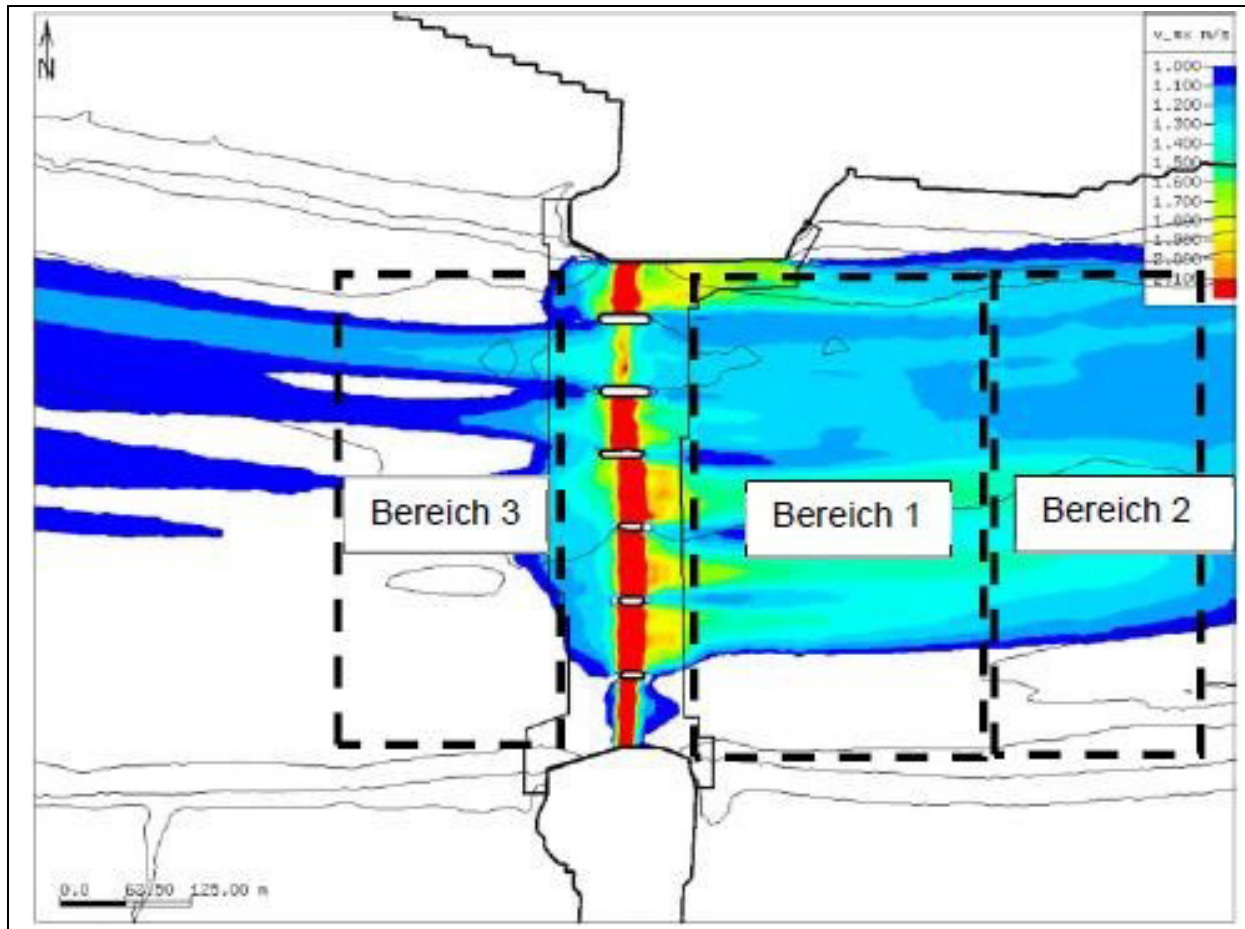


Bild 4.7.: Variante Teilöffnung NLWKN:

Sohlsicherung mit Schüttsteinen der Durchmesser

Bereich 1: 85/255 mm => CP90/250 (TLW2003) Schichtdicke > 0,50 m (138.000 m²),

Bereich 2: 65/195 mm => CP63/180 (TLW2003) Schichtdicke > 0,45 m (92.000 m²),

Bereich 3: 35/104 mm => CP45/125 (TLW2003) Schichtdicke > 0,25 m (92.000 m²).

(IGB 2016, zitiert in NLWKN, 2016)

Bei der zeitweisen Komplettschließung (Variante 3) kann es durch den Schließvorgang, der im laufenden Ebbestrom erfolgt, stromab des Sperrwerks zu Kolkung kommen, die aber in Größe und Ausdehnung keinesfalls mit der Wirkung vergleichbar ist, die eine Einschränkung des Flutstroms mit sich bringt. Bevor Sohlsicherungsmaßnahmen realisiert werden, könnte ein Versuch klären, ob nicht die größere Strömungsruhe während der Schließzeit des Sperrwerks die Kolkwirkung ausgleichen kann.

4.1.4. Maßnahmen für den Schiffsverkehr

Eines der Oberziele des Masterplans ist der „...Erhalt der Ems als leistungsfähige Bundeswasserstraße sowie die Zugänglichkeit der Häfen“. Die verkehrliche Verträglichkeit der verschiedenen Varianten des Sohlschwellenansatzes wird in Kap. 4.7. ausführlich behandelt. In jedem Falle ist aber davon auszugehen, dass es im Zuge von zeitweisen Sperrungen der Durchfahrt durch das Emssperwerk zu Beeinträchtigungen der Schifffahrt kommt. Um diese im Sinne des Masterplans möglichst gering zu halten, sind im Umfeld der Maßnahme technische Vorkehrungen zu treffen, die die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs gewährleisten. Abhängig von der gewählten Variante und der Bewertung der zugehörigen Verkehrsbeeinträchtigungen reichen diese von der Optimierung der Zufahrtsituation über die Bereitstellung von Wartestellen bis hin zum Bau einer Schleuse. Eine Darstellung der möglichen schiffahrtstechnischen Einrichtungen findet sich am Ende dieses Kapitels in Bild 4.7.

4.1.4.1. Eingangsgroßen

Zur Abschätzung der Ausmaße von Schleuse und Warteplätzen ist generell von folgenden Annahmen auszugehen:

Die tägliche Anzahl der Bemessungsschiffe, gewählt in Anlehnung an die Anzahl der Binnengüterschiffe auf der Unterems des Jahres 2010/14 (nach „Verkehrsgutachten“ Planco Tab. 3.2 und 3.5) beträgt:

- 10 Binnenschiffe (Rheinschiffe) mit den Abmessungen: 95 m x 11,40 m x 2,70 m (3,20 m) und 1 Seeschiff 104 m x 16 m x 6,10 m zu Berg,
- 10 Binnenschiffe (Rheinschiffe) mit den Abmessungen: 95 m x 11,40 m x 2,70 m (3,20 m) und 1x Seeschiff 104 m x 16 m x 6,10 m zu Tal.

Die im Gutachten (Planco, 2016) prognostizierte leichte Zunahme in beiden Schiffsklassen bis 2030 (zusätzlich 1 Binnenschiff und 0,5 Seeschiffe pro Tag und Richtung nach Tab. 4.2 und Tab. 4.8, aufgeteilt nach Berg- und Talfahrt analog zu Tab. 3.2 und 3.5) wird hier nicht weiter berücksichtigt. Es wird angenommen, dass dies durch Änderungen im Fahrtablauf (späteres oder früheres Losfahren, angepasst an den neuen Rhythmus) kompensiert wird.

4.1.4.2. Funktionale Anforderungen

Der Bereich zur Annäherung von Schiffen an das Emssperrwerk (ESW) wird in den so genannten Übergangsbereich (Freibereich) und den Wartebereich aufgeteilt. Dort kann sowohl auf die Öffnung des Sperrwerkes als auch auf die Nutzung einer Schleuse sicher gewartet werden. Hier gelten üblicherweise allgemeine Anforderungen, die hauptsächlich die Sicherheit des Schiffsverkehrs betreffen:

- Die Möglichkeit der Reduzierung der Geschwindigkeit von Schiffen beim Heranfahren ist sicher gegeben, wenn gegen den Strom gefahren wird oder Stillwasserbedingungen herrschen (hier sind ergänzende Untersuchungen vorzunehmen).
- Kleinere Schiffe, wie z.B. Binnenschiffe können einen Wartepplatz sicher anfahren und festmachen, wenn gegen den Strom gefahren wird oder Stillwasserbedingungen herrschen.
- Größere Seeschiffe können sich nur in Position halten, wenn gegen den Strom gefahren wird oder Stillwasserbedingungen herrschen (ggfs. ist Schlepperhilfe erforderlich).
- Der Bereich muss gute Übersichtlichkeit bei Tag und Nacht bieten.
- Der Anfahrweg muss frei von Hindernissen sein.

Im Bereich Ditzum-Petkum quert eine Fähre die Fahrrinne, die Fahrinnenbegrenzung durch beidseitige Schlickbänke stellt auch ein Hindernis dar, die Machbarkeit muss durch Modellierung bei den anfallenden Stauszenarien überprüft werden. Ggf. sind Maßnahmen zu ergreifen, die z.B. den Kreuzungsverkehr beenden.

- Der Bereich sollte nicht in einer Kurve gelegen sein.
- Quer- und Längsströmungen sind wegen verringerter Manövrierfähigkeit der Schiffe bei den erforderlichen Manövern zum Warten so weit wie möglich zu vermeiden.
- Ggf. ist eine Abschirmung gegen Seitenwind wegen verringerter Manövrierfähigkeit vorzusehen.
- Die Überführungssituation für Werftschiffe ist zu berücksichtigen.

Da die o. g. Punkte mit den verschiedenen Stauszenarien unterschiedlich interagieren, muss die jeweilige Machbarkeit durch ein sogenanntes Nautical Impact Assessment mit Fahrsimulationen unter Berücksichtigung der Effekte, die aus diesen Stauszenarien resultieren, überprüft werden.

4.1.4.3. Technische Ausführung

Übergangsbereich (Freibereich)

Für die Umsetzung der Maßnahme mit und ohne Schleuse ist ein Übergangsbereich vorzusehen. Er bietet Schiffen die Möglichkeit, Geschwindigkeit zu reduzieren und anschließend im Wartebereich oder im Ausrichtungsbereich festzumachen bzw. ggf. bei Seeschiffen auf Position zu warten. Der Bereich könnte nach den derzeit bekannten Bedingungen eine erforderliche Länge von ca. 350 m bis 500 m haben.

Maßnahmen ohne Schleusenbetrieb

Wartebereich

Der Wartebereich dient dem sicheren Warten für spätere Sperrwerksdurchfahrten, entsprechend dem erwarteten Verkehrsaufkommen. Der Wartebereich, im Ober- und Unterstrom des ESW, ist mit ausreichenden Festmachereinrichtungen auszustatten, wartende Schiffe dürfen ausfahrende Schiffe nicht behindern. Der Wartepplatz in Hatzum und die Großschiffsliegestelle im Oberstrom des ESW stehen für Seeschiffe zu Tal zur Verfügung, weitere Seeschiffswartepplätze müssen in diese Richtung nicht weiter betrachtet werden.

Auch die Herstellung eines Wartepplatzes im Unterstrom des ESW für Seeschiffe zu Berg ist erforderlich. Möglicherweise kann mit N-Ports Emden eine Regelung gefunden werden, dass das Seeschiff zu Berg in Emden zu einem Zeitpunkt ablegen kann, an dem die Wartezeit am Sperrwerk vermieden wird. Dies ist aber vom Auslastungsgrad des Hafens abhängig und nicht sicher anzunehmen.

Setzt man die Ausstattung des Vorhafens von Herbrum als plausible und machbare Lösung an, werden entsprechend Ober- und Unterstrom je ca. 40 St. Dalben in Liegewannen von je ca. 1.400 m Länge erforderlich. Die Herstellkosten belaufen sich dafür auf ca. 6 bis 7 Mio €, die jährliche Unterhaltung wird bei ca. 4 Mio €/a liegen. Eine detaillierte Bemessung kann erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen, wenn die Randbedingungen genauer eingegrenzt werden können. Die prognostizierte hydromorphologische Wirkung der Gesamtmaßnahme auf den Schwebstoffhaushalt könnte sich deutlich positiv auf die Unterhaltungssituation auswirken.

Maßnahmen mit Schleusenbetrieb

Wartebereich

Allgemein gelten die gleichen Anforderungen wie auch für Wartebereiche ohne Schleusenbetrieb. Die erforderliche Anzahl an Wartepätzen kann um je 2 - 4 Stück reduziert werden,

da davon auszugehen ist, dass die ersten Schiffe direkt in den Ausrichtungsbereich fahren und keine Wartepplätze blockieren. Die Position der Wartepplätze ist von der Anordnung der Schleuse im Emssperrwerk und damit von der Lage der Fahrrinne abhängig.

Für die reduzierte Anzahl an Liegewannen und Liegedalben für die Wartepplätze belaufen sich die Herstellkosten auf ca. 4,7 Mio €, die jährliche Unterhaltung wird bei ca. 3,8 Mio €/a liegen. Auch hier kann eine detaillierte Bemessung erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen, wenn die Randbedingungen genauer eingegrenzt werden können.

Startplatz (Ausrichtungsbereich)

Die Startplätze (beiderseits der Schleuse) für die jeweils nächste Schleuseneinfahrt sind mit Festmacheinrichtungen auszustatten. Dort liegende Schiffe dürfen aus der Schleuse ausfahrende Schiffe nicht behindern. Angepasste Leitwerke sollen schnelles Einfahren ermöglichen und die Strömung beruhigen. Es sind ausreichende Festmachmöglichkeiten je Kammer und je Seite vorzusehen, bemessen für eine mit Bemessungsschiffen gefüllte Schleusenkammer. Die Startplätze haben voraussichtlich eine Länge von je ca. 300 m und eine Breite von ca. 30 m und müssen für ca. 2 bis 4 Schiffe ausgelegt werden.

Einfahrt (Leitwerke)

Die Einfahrt leitet die Schiffe vom Startplatz aus in die Schleusenkammer, dabei unterstützen die Leitwerke mechanisch und visuell eine schnelle und sichere Einfahrt der Schiffe vom Startplatz oder vom Übergangsbereich bzw. direkt und übergangslos aus der Anfahrt (bei Seeschiffen) in die Schleusenkammer. Die Leitwerke sind hydraulisch symmetrisch, bei Tidehub ggfs. schwimmend auszubilden. Sie müssen bei einer Länge von ca. 110 m eine Ausladung bis zu 27 m aufweisen. Dies bedeutet, dass zur Aufnahme der Schleusenkammer eine Nebenöffnung in direkter Nachbarschaft der HSÖ nicht in Frage kommt, da die Leitwerke dann in die Fahrrinne, die durch die HSÖ führt, reichen würden.

Schleusenkammer

Die in der weiteren Planung zu Grunde gelegte Schleuse mit einer Nutzlänge der Kammer von 225 m und einer Breite von 27 m wurde so dimensioniert, dass sie vier Großmotorgüterschiffe der mit den Eingangsgrößen genannten Abmessungen gleichzeitig aufnehmen kann. Gleichzeitig ermöglicht sie die gleichzeitige Nutzung von Seeschiffen mit Binnenschiffen in einer Schleusung. In weiteren Planungsschritten ist zu untersuchen, ob eine kleinere Kammer, z.B. mit den Abmessungen 225 m x 12,5 m für die Kompensation der Beeinträchtigungen der Schifffahrt ausreichend ist.

Die Drempttiefe der Schleuse muss zumindest ausreichend sein, um die Binnenschiffe als Hauptanteil der Schifffahrt mit ihrem Tiefgang von bis zu 3,70 m bei allen Wasserständen,

also auch bei Niedrigwasser, schleusen zu können. Legt man die max. Tiefgänge der Küstenschifffahrt zugrunde und fordert auch hierfür die Möglichkeit zur Schleusung bei Niedrigwasser, ergeben sich deutlich höhere Anforderungen an die Schleusendrempeltiefe.

Schleusenhaupt und Schleusenammer werden bestimmt durch den Einfahrt- und Festmachvorgang, den Losmachvorgang und die Ausfahrt der Schiffe. Weiterhin bestimmen das Öffnen und Schließen der Tore und die Änderung des Wasserstandes in der Kammer die Bauart und Ausrüstung des Bauwerkes.

Weitere in diesem Zusammenhang zu betrachtende Schleusenspezifikationen wie Kammerbauweise, Füllsystem, Torart, Schütze, Antriebssysteme, Festmacheeinrichtungen, Sicherheitseinrichtungen, Steuerhaus, Marken für die Schifffahrt, Pegelsystem etc. sind ggf. in weiteren Planungsschritten festzulegen.

Verlegung der Fahrrinne

Im Abschnitt von Ems-Km 29 bis Ems-Km 36, d. h. ober- und unterhalb des Emssperrwerkes, muss bei Einbau einer Schleuse die Fahrrinne auf zwei unterschiedlich verlaufende Strecken getrennt werden. Im nördlichen Bereich verläuft weiterhin die Fahrrinne für das Werftschiff durch die HSÖ des Sperrwerkes, die zu unterhalten ist. Im südlichen Bereich ist die Zufahrt zur Seeschleuse zusätzlich herzustellen und zu unterhalten. Dies bedeutet eine zusätzliche Strecke von ca. 7.000 m, die in einem bestimmten Turnus gebaggert werden muss. Dort werden nach den Erfahrungen mit dem Bau des ESW Holz und Torfreste angetroffen werden, so dass die Unterbringung des Baggergutes auf den Klappstellen nicht möglich sein wird. Die Herstellungskosten für die zusätzliche Fahrrinne belaufen sich auf ca. 30 Mio €. Wie sich die Unterhaltung nach der Herstellung einstellen wird, lässt sich zurzeit nicht kalkulieren. Die Gesamtfläche der Maßnahme wird ca. 50 ha betragen.

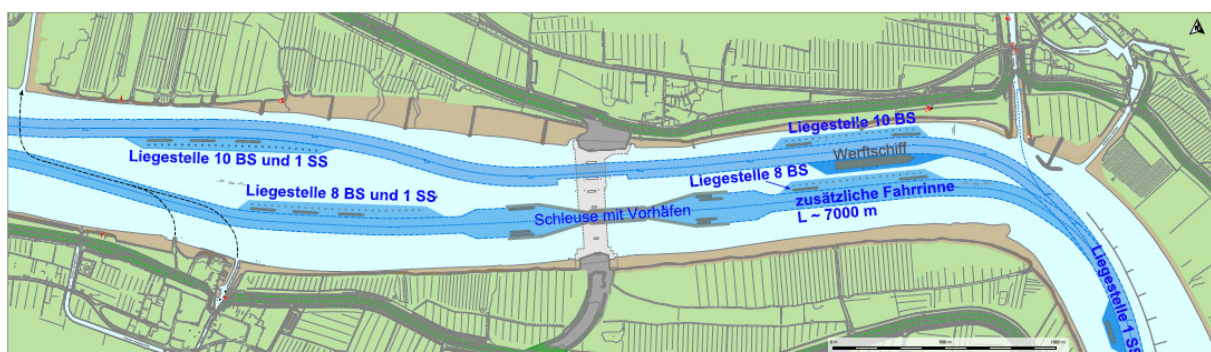


Bild 4.8.: Darstellung und Lage der schiffahrtstechnischen Einrichtungen (s. Anlage 1)

Weitere Anforderungen an eine Schleuse

Bei allen Überlegungen zu den Maßnahmen für den Schiffsverkehr sind die Sturmflutsicherungsfunktion und Überführungssituation für Werftschiffe zu berücksichtigen.

Anforderungen an das hydraulische Füll- und Entleerungssystem hinsichtlich der Minimierung von Wasserverlusten im Oberstrom und der Trennung von Salz- und Süßwasser werden diesem Fall nicht gestellt. Hingegen ist besonderes Augenmerk auf den Schlick zu richten, der sich auch bei der angenommenen positiven Wirkung der Maßnahme ablagert und besonders Dichtungen an Wellen etc. angreifen wird.

Durch die exponierte Lage der Schleuse mitten im Strom ist eine Kreuzungsfunktion mit Straßen, Eisenbahn, Kabel und Leitungen nicht erforderlich. Trotzdem ist eine Brücke zum Erreichen der Schleuse eine Option, die geprüft werden sollte. Ggfs. kann dazu die bestehende Betriebsbrücke genutzt werden.

Minimale und maximale Betriebswasserstände zur Schleusennutzung sind festzulegen, dabei sind beladene und unbeladene Bemessungsschiffe mit zugelassener Bauhöhe zu berücksichtigen. Weiterhin ist zu klären, inwieweit die Trennung von See-, Binnen- und Kleinschiffahrt beim Schleusungsvorgang bzw. beim Liegen/Warten erforderlich ist. Dazu könnte ein zusätzliches Mittelhaupt für die Kleinschiffahrtsschleusung eine Option sein, die gleichzeitig bei weniger Verkehr eine wirtschaftliche Schleusung z.B. nur von einem Binnenschiff und drei Sportbooten gewährleisten könnte.

Konstruktion und Material bestimmen die zukünftig erforderliche Wartung der Schleuse. Dabei ist es günstig, die Reservetore in gleicher Konstruktion wie die eingesetzten Tore auszuführen. Vollständige Trockenlegungen zur Revision, wie sie die WSV heute noch durchführt, sind international eher nicht mehr üblich, da sie zu teuer und aufwändig sind. Möglicherweise sind Teiltrockenlegungen das Mittel der Wahl, alternativ könnten Senkkästen wie in Wilhelmshaven zum Einsatz kommen.

Es ist davon auszugehen, dass bei betriebsbedingten Störungen der Schleusenfunktion (u.a. Inspektions- und Wartungsaufgaben) die Tidesteuerung ausgesetzt wird und somit auf eine redundante 2. Kammer, zumindest für Binnenschiffe, verzichtet werden kann.

4.1.4.4. Weitere Optionen / Hinweise

Es besteht die Möglichkeit der betrieblichen Trennung von See-, Binnen- und Kleinschiffahrt beim Liegen/Warten. Für die für die Kleinschiffahrt erforderlichen Warteplätze (bis zu ca. 50 Sportboote nach Planco) auf jeder Seite könnte an Stelle von Warteplätzen im Strom je ein Hafen z.B. Unterstrom in Ditzum und Oberstrom in Oldersum als Zwischenhalt eingerichtet

werden. Das Angebot zum Warten wäre für die erforderlichen Kapazitäten auszubauen, die Anordnung der Liegeplätze und deren Ausstattung zu klären.

Der Hafen in Oldersum bietet auch die Einfahrt in den Emsseitenkanal als Umfahrungsmöglichkeit zur Borssumer Schleuse in den Hafen Emden. Die Bekanntmachung der zu erwartenden Sperrzeiten wird zu einem veränderten Verhalten in Routen- und Zeitplanung führen, die die Fahrt über den Emsseitenkanal attraktiver erscheinen lassen könnte. Ob dies aber zu einer starken Reduzierung der Anzahl der erforderlichen Warteplätze für Kleinschiffahrt führt, müsste sich noch erweisen, da bei der Passage durch den Emsseitenkanal zwei zusätzliche Schleusungen in Borssum und Emden mit entsprechendem Zeitverlust erforderlich werden, um wieder in das Emsrevier zu gelangen. Außerdem kommt diese Strecke für Segelschiffe wegen der vorhandenen Brückendurchfahrten nicht in Betracht. Die beiden Häfen könnten auch die ggfs. erforderlichen Liegeplätze für Schlepper zur Unterstützung größerer Seeschiffe bieten. Eine Kostenschätzung hierzu muss noch erfolgen, falls das Erfordernis der Einrichtung dieser Häfen besteht.

Für Gefahrstoffe und Schiffe, die diese transportieren, gibt es spezielle Regelungen. Diese Sicherheitsaspekte und entsprechenden Bereiche für Gefahrgutschiffe (Kegelschiffe) sind noch nicht berücksichtigt, ein entsprechendes Erfordernis ist, wie auch für ggf. erforderliche Brandschutzmaßnahmen, zu klären.

Zur Gewährleistung eines funktionierenden Verkehrssicherungssystems sind weitere Maßnahmen (z.B. Sicherungsfahrzeuge, Verkehrsleitsysteme und die Verlängerung der Radarkette bis hinter das Emssperrwerk) im Detail zu untersuchen und festzulegen.

Öffnungs- und Schließzeiten sowie Betriebswasserstände sowie sich einstellende Tidewerte vor und nach der Sperwerksdurchfahrt sind in geeigneter Form frühzeitig bekannt zu machen.

4.1.5. Zwischenfazit technische Machbarkeit

Alle im Rahmen des Lösungsansatzes „Sohlschwelle“ untersuchten Varianten sind technisch machbar. Die dauerhafte Sohlschwelle sowie die flexible Sohlschwelle im Ebbstrom werden nicht weiter betrachtet (schwer umsetzbar bzw. gering wirksam).

Die Flexible Sohlschwelle im Flutstrom (Varianten 1 u. 2, „Flexible Sohlschwelle 2 h / 4 h“) sind hydromorphologisch hoch wirksam, induzieren aber hohe Strömungsbelastungen auf Bauwerk und Gewässersohle. Es wäre im Zuge weiterer Detailplanungen zu untersuchen, ob das Kreisdrehsegment den Belastungen auf Dauer gewachsen ist. Weiterhin wären umfangreiche Sohlsicherungsmaßnahmen erforderlich.

Die Variante 3 „Zeitweise Komplettschließung“ ist hydromorphologisch wirksam und wäre ohne größere technische Maßnahmen sofort umsetzbar. Es müssten lediglich Warteplätze für die Schifffahrt installiert werden. Neue Lastfälle treten nicht auf, die Beanspruchung der Gewässersohle ist die geringste aller Varianten.

Die Varianten 4 und 5 „Teilöffnung WSA“ und „Teilöffnung mit Sohlschwelle WSA“ sind hydromorphologisch sehr wirksam und technisch mit vergleichsweise geringem Aufwand machbar. Im Falle der Nutzung des Kreisdrehsegments der HSÖ als zusätzliches Schwellenelement gelten die Hinweise für die „Flexible Sohlschwelle“ (Varianten 1 und 2) gleichermaßen. Hinsichtlich der übrigen Verschlüsse wäre in Abstimmung mit dem NLWKN in Detailuntersuchungen (Naturmessprogramm o. ä.) zu klären, ob die auftretenden Belastungen dauerhaft aufgenommen werden können.

Die geschilderten Maßnahmen für die Schifffahrt sind technisch grundsätzlich machbar. Vor einer Realisierung sind detaillierte nautische Untersuchungen durchzuführen. Die Errichtung einer Schleuse ist mit hohen Kosten verbunden und hat, auch aus ökologischer Sicht, eine erhebliche Eingriffstiefe. Zudem ist die Reversibilität nicht ohne Weiteres gegeben.

4.2. Nutzeffekte / Zielerreichungsgrad

4.2.1. Vorbemerkungen

Im Rahmen der Untersuchungen der BAW (2016) wurde der Einfluss unterschiedlicher Szenarien der Steuerung des Emssperrwerkes auf verschiedene Tidekennwerte untersucht. Dabei wurde ein Hauptaugenmerk auf den residuellen Schwebstofftransport gelegt. Er gibt an, in welche Richtung der Sedimenttransport insgesamt vorwiegend stattfindet. Derzeit besteht eine starke Flutstromdominanz, was bedeutet, dass sich die Sedimente hauptsächlich stromauf bewegen. Die Folge sind die starke Verschlickung der Unterems und hohe Schwebstoffgehalte im Wasser.

Die untersuchten Varianten wurden laufend erweitert und an neue Ideen angepasst. Dabei standen neben den positiven Einflüssen auf die Wasserqualität auch die negativen Auswirkungen wie Behinderung der Schifffahrt, Aufwand der Umsetzung und Entstehung starker Strömungen im Mittelpunkt. Im Ergebnis besteht ein Bündel an Varianten, das alle Möglichkeiten der Steuerung abdeckt. Für jede Variante werden im Folgenden die Art der Umsetzung, die Wirkung und der Grad der Zielerreichung beschrieben. Die Parameter werden untereinander und mit dem Ist-Zustand verglichen, der die derzeitige Situation beschreibt. Der Ist-Zustand entspricht somit auch der Null-Variante.

Der Zielerreichungsgrad der Maßnahmen bemisst sich hauptsächlich danach, inwieweit die Parameter Schwebstoffgehalt und residueller Schwebstofftransport verändert werden. Beim Schwebstoffgehalt wird eine Senkung angestrebt, beim Schwebstofftransport sowohl eine Senkung wie auch ein stärkerer Ausgleich zwischen Flut- und Ebbstrom. Auch eine verstärkte ebbstromseitige Räumung des Systems kann zur Zielerreichung beitragen.

4.2.2 Dauerhafte Sohlschwelle

Eine dauerhafte, feste Sohlschwelle im Bereich des Emssperrwerkes zeigt Potential, den residuellen Schwebstofftransport zu vermindern und streckenweise sogar umzukehren. Durch eine geringe Abnahme des Tidehochwassers und eine deutliche Anhebung des Tideniedrigwassers würde der Tidehub stromauf des Emssperrwerkes entsprechend abnehmen. Durch die Reduzierung der Flutstromgeschwindigkeiten würde die derzeit vorhandene Flutstromdominanz vermindert und teilweise in eine Ebbstromdominanz gekehrt werden. Daher ist die dauerhafte Sohlschwelle eine Variante, die den Schwebstoff-Haushalt der Unterems positiv beeinflussen würde.

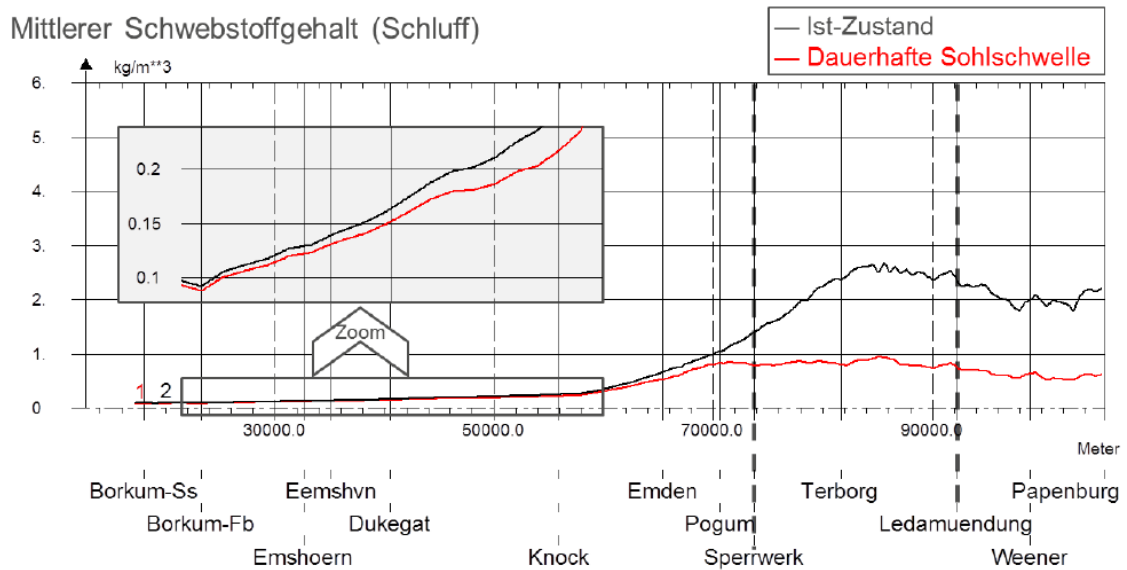


Bild 4.9.: Vergleich des mittleren Schwebstoffgehaltes zwischen Ist-Zustand und dauerhafter Sohlschwelle

Wie in Bild 4.9 zu erkennen, verringert sich der mittlere Schwebstoffgehalt zwischen dem Emssperrwerk und Papenburg erheblich. Der Gehalt an Schwebstoffen sinkt in diesem Bereich im Mittel um ca. $1,2 \text{ kg/m}^3$, was mehr als einer Halbierung entspricht. Dadurch sinkt auch der Schwebstofftransport in diesem Flutabschnitt. Für den residuellen Schwebstofftransport bedeutet dies, dass statt einer ausgeprägten Flutstromdominanz nun im Bereich Sperrwerk bis Papenburg eine ausgeglichener Bilanz vorliegt. Es stellt sich ein Zustand ein, bei dem die Transportrichtung örtlich leicht zwischen stromauf und stromab wechselt. Der sich ergebende residuelle Schwebstofftransport ist in Bild 4.10 zu sehen. Es zeigt sich, dass mit der dauerhaften Sohlschwelle eine erhebliche Verbesserung der Verschlickung der Unterems zu erwarten ist.

Allerdings könnte die dauerhafte Sohlschwelle nur durch einen ergänzenden Anbau im Bereich des Emssperrwerkes realisiert werden. Die durchgängige und dauerhafte Querschnittseinengung würde zu einer eingeschränkten ökologischen Durchgängigkeit führen. Weiterhin wäre zur Gewährleistung des Erhalts der Leistungsfähigkeit des Verkehrsweges Bundeswasserstraße Ems der Bau einer Schleuse nötig, weil die dauerhafte Sohlschwelle ohne Schleuse für Schiffe unpassierbar wäre. Daher wurden im Weiteren flexible Sohlschwellen untersucht, die den Querschnitt am Emssperrwerk nicht dauerhaft, sondern nur zu bestimmten Tidephasen einschränken. Zu den anderen Tidephasen ist Schiffsverkehr möglich.

Bezüglich des Salzgehaltes führt die dauerhafte Sohlschwelle zu einer Verbesserung der Situation durch Abnahme der Salzgehalte oberhalb des Emssperrwerkes. Grund dafür ist eine veränderte barokline Zirkulation durch verändertes Tidemittelwasser sowie eine Veränderung der Transportweglängen aufgrund der geringeren Flut- und Ebbstromgeschwindigkeiten.

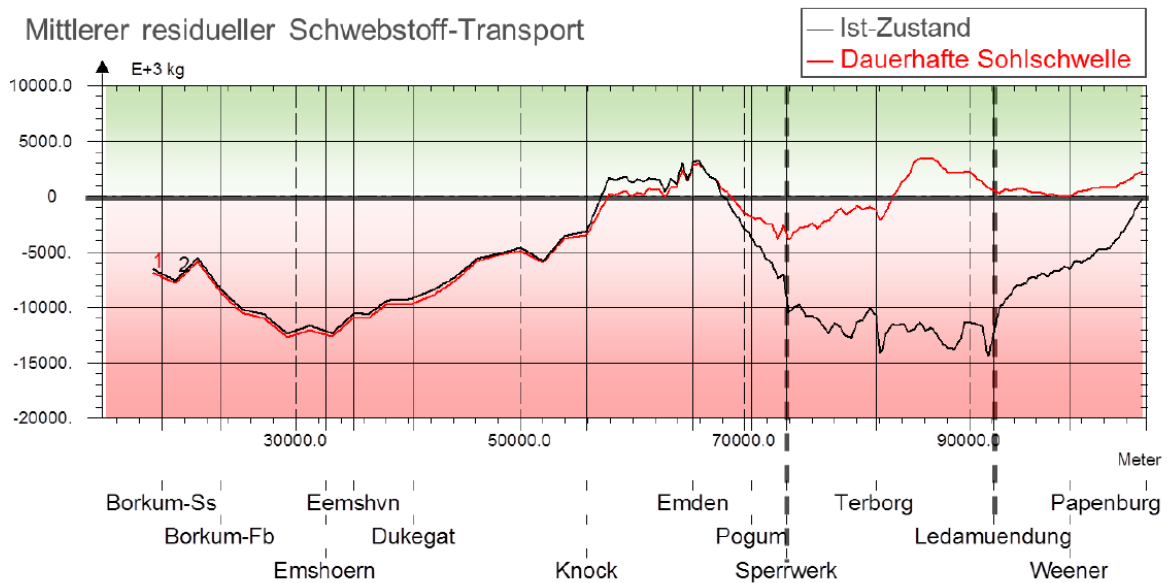


Bild 4.10.: Vergleich des mittleren Schwebstoffgehaltes zwischen Ist-Zustand und dauerhafter Sohlschwelle

4.2.3 Flexible Sohlschwelle nur im Flut- oder nur im Ebbstrom

Es wurde zunächst untersucht, welche Wirkung flexible Sohlschwellen (gemäß Untersuchungsspektrum, Kap. 3) zeigen, die entweder nur im Ebbe- oder nur im Flutstrom betrieben werden.

Durch eine Sohlschwelle im Flutstrom verlängert sich die Flutstromdauer und verkürzt sich die Ebbestromdauer. Dies führt zu einer veränderten Tide-Asymmetrie, die bezüglich der Flut- und Ebbestromgeschwindigkeiten (Ebbstromdominanz) und damit bezüglich des Schwebstofftransports eine deutliche Verbesserung im Vergleich zum Ist-Zustand bedeutet. Die flexible Sohlschwelle im Ebbestrom hingegen verlängert die Ebbestrom- und verkürzt die Flutstromdauer. Gleichzeitig wird das Flutstromvolumen gegenüber dem Ist-Zustand reduziert. Für den Schwebstofftransport stellt sich dadurch eine Verbesserung ein, die das Niveau der flexiblen Sohlschwelle im Flutstrom übertrifft. Die Veränderung des mittleren Schwebstoffgehaltes ist in Bild 4.11 dargestellt. Zu sehen ist, dass beide Varianten (Sohlschwelle in Flut- und Ebbestrom) zu einer Verringerung des Schwebstoffgehaltes führen.

Mittlerer Schwebstoffgehalt (Schluff)

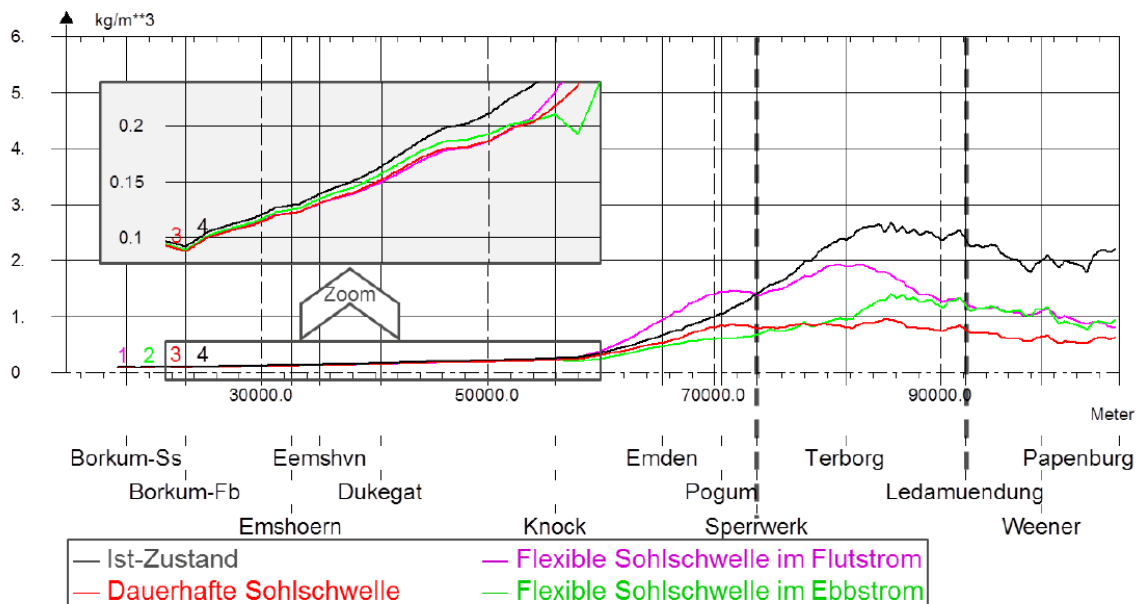


Bild 4.11.: Vergleich des mittleren Schwebstoffgehalts zwischen Ist-Zustand, dauerhafter Sohlschwelle und flexibler Sohlschwelle im Flut- / Ebbstrom

Entscheidend für das Gesamtergebnis ist allerdings der mittlere residuelle Schwebstofftransport. Dieser ist für die Tidesteuerung im Flut- und Ebbstrom in Bild 4.12 zu sehen. Hier zeigt sich, dass bei einem Eingriff in den Ebbstrom nur geringfügige Verbesserungen der Transportbilanz zu erwarten sind. Die flexible Sohlschwelle im Flutstrom dagegen erzielt sogar bessere Wirkungen als die dauerhafte Sohlschwelle. Es entsteht über weite Bereiche der Unterems ein seewärts gerichteter Transport, wo im Ist-Zustand ein starker stromauf gerichteter Transport zu beobachten war. Damit wird in Bild 4.12 das Bild aus Bild 4.11, wonach die flexible Sohlschwelle im Ebbstrom größere Verbesserungen bringt, umgekehrt.

Gegenüber der dauerhaften Sohlschwelle ist die Behinderung der Schifffahrt bei der Sohlschwelle im Flutstrom (bzw. im Ebbstrom) geringer, da die Querschnittseinengung nicht dauerhaft sondern nur während des Flutstroms erfolgt. Um die Einschränkungen für die Schifffahrt weiter zu verringern, wurde die flexible Sohlschwelle nicht für den Betrieb im gesamten Flutstrom untersucht sondern nur für 2, 3, 4, 5 oder 6 Stunden (Teil-Flutstrom).

Die flexible Sohlschwelle im Flut- bzw. Ebbstrom wird ebenfalls zu einer Verringerung des Salzgehaltes oberhalb des Sperrwerkes führen. Die Gründe sind wie bei der dauerhaften Sohlschwelle im veränderten Tidemittelwasser und der Verringerung der Fließgeschwindigkeiten zu sehen.

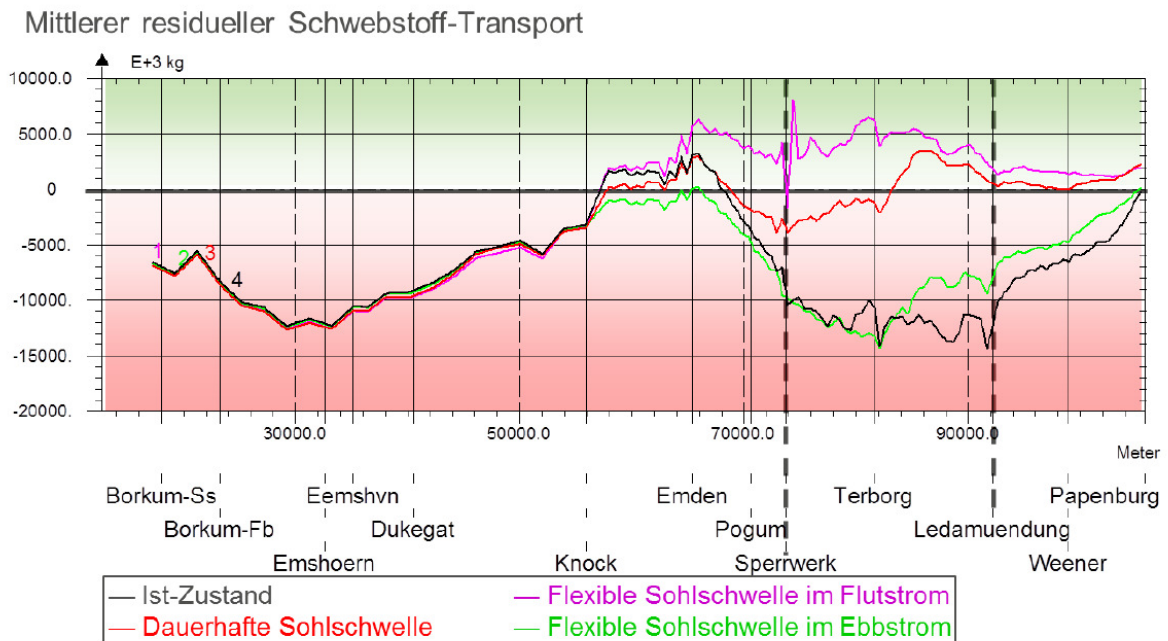


Bild 4.12.: Vergleich des mittleren residuellen Schwebstofftransports zwischen Ist-Zustand, dauerhafter Sohlschwelle und flexibler Sohlschwelle im Flut- / Ebbstrom

4.2.4 Flexible Sohlschwelle im Teilflutstrom

Eine optimale Schwebstoff-Transportbilanz wird durch die Minimierung der Abnahme des Tidevolumens bei gleichzeitiger Maximierung der Verlängerung der Flutstromdauer erzielt. Die flexible Sohlschwelle im Flutstrom sollte einerseits nicht während des gesamten Flutstroms aktiv sein, um eine zu starke Reduzierung des Tidestromvolumens zu vermeiden und andererseits nicht zu kurz aktiv sein, um eine ausreichende Verlängerung der Flutstromdauer zu erzielen. In Bild 4.13 ist der mittlere Schwebstoffgehalt für die verschiedenen Dauern der flexiblen Sohlschwelle im Flutstrom dargestellt. Es wird deutlich, dass die Abnahme des Schwebstoffgehaltes größer ist, je länger die Sohlschwelle betrieben wird. Allerdings erreicht keine der Varianten die Reduktion des Schwebstoffgehaltes, die bei der dauerhaften Sohlschwelle erreicht wird (Werte um 1 kg/m^3).

Größere Unterschiede in der Wirkung der verschiedenen Varianten ergeben sich beim mittleren residuellen Schwebstofftransport (Bild 4.14). Hier zeigen zwar alle Lösungen eine erhebliche Verbesserung gegenüber dem Ist-Zustand, die beste Wirkung erzielt allerdings die 4h-Variante dicht gefolgt von der 3h-Variante. Die Leistungsfähigkeit der dauerhaften Sohlschwelle wird in dieser Abbildung erreicht bzw. zum Teil deutlich übertroffen. Zudem sorgen alle Varianten für eine Verschiebung der Sedimentbilanz von einem stromauf zu einem stromab gerichteten Transport.

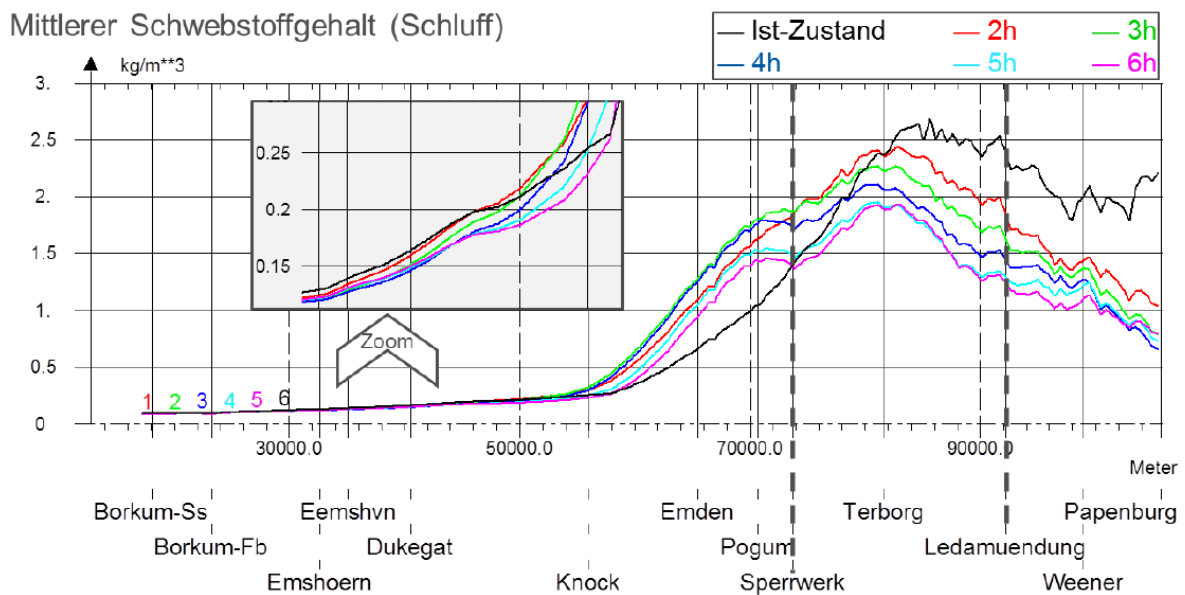


Bild 4.13.: Vergleich des mittleren Schwebstoffgehaltes zwischen Ist-Zustand und den Varianten der flexiblen Sohlschwelle im Teilflutstrom

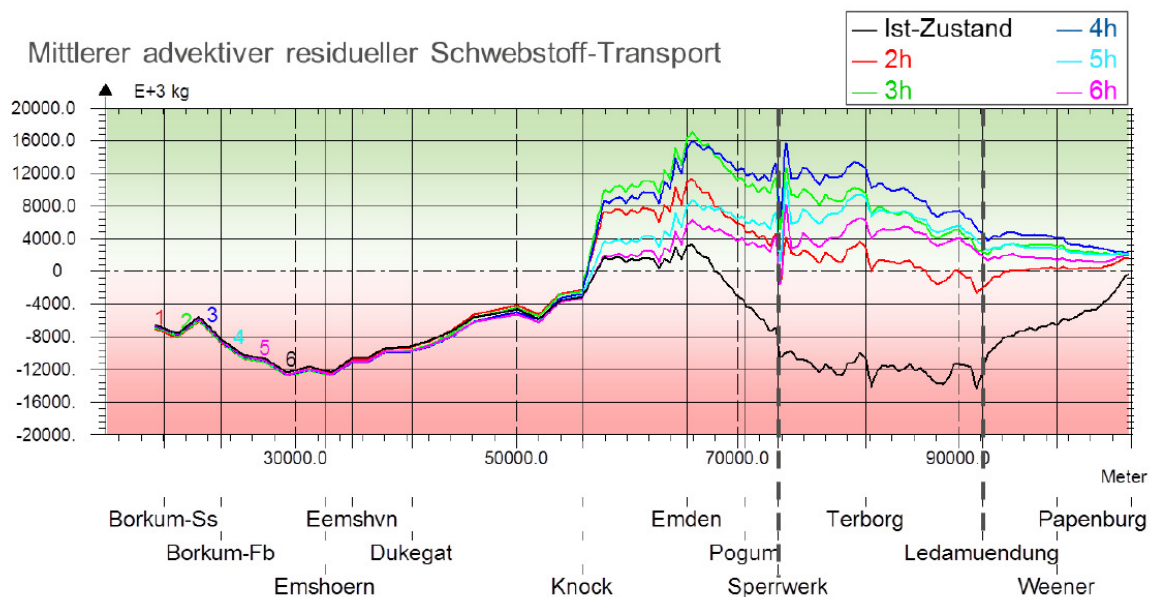


Bild 4.14: Vergleich des mittleren residuellen Schwebstofftransportes zwischen Ist-Zustand und den Varianten der flexiblen Sohlschwelle im Teilflutstrom

Im Hinblick auf die geringere Dauer der Beeinträchtigung der Schifffahrt ist neben der 4-h-Variante auch die 2-h-Variante interessant, wenngleich sie bezüglich der Minderung des Schlickeintriebs in die Unterems etwas weniger wirksam ist. Die besonders langen Varianten (5 Stunden, 6 Stunden) scheiden aus, da sie die Schifffahrt massiv einschränken und gleichzeitig keine optimalen Ergebnisse bezüglich des residuellen Schwebstofftransportes zeigen.

Zu beachten ist, dass die hier zugrunde gelegte Sohlschwellenlösung ohne Umbau des Emssperrwerkes prinzipiell realisiert werden kann. Es stellen sich allerdings hierbei im Sohlschwellenbetrieb sehr hohe Strömungsgeschwindigkeiten ein, die eine Überprüfung der Standsicherheit des Emssperrwerkes für diesen Betriebszustand erforderlich werden lässt.

Bei der Salzintrusion oberhalb des Sperrwerkes zeigen die unterschiedlichen Zeitdauern der flexiblen Sohlschwelle im Teilflutstrom unterschiedliche Wirkungen. Die 6-Stunden und die 5-Stunden Variante führen zu einer Verringerung der Salzgehalte, die 2-Stunden und die 3-Stunden Variante zu einer Erhöhung. Die Veränderung ist allerdings jeweils gering. Bei der 4-Stunden Variante sind kaum Änderungen ersichtlich.

4.2.5 Zeitweise Komplettschließung des Sperrwerkes

Bei der zeitweise kompletten Schließung des Emssperrwerkes um Tideniedrigwasser ist die Verkürzung der Ebbestromdauer bei kaum veränderter Flutstromdauer entscheidend für die geänderte Sedimentdynamik. Sich kaum verändernde Wasserstände und somit sehr geringe Strömungsgeschwindigkeiten zur Ebbestromkenterung zusammen mit einem geringeren Tidestromvolumen führen zu abnehmenden Flutstrom- und nahezu unveränderten Ebbestromgeschwindigkeiten und im Resultat zu einem ebbestrom-dominanten Schwebstofftransport in der Unterems und im Emden Fahrwasser. Dabei zeigt Bild 4.15, dass sich die Wirkung der zeitweisen Komplettschließung auf den Schwebstoffgehalt in der Ems im Bereich zwischen 4h-Sohlschwelle und dauerhafter Sohlschwelle bewegt.

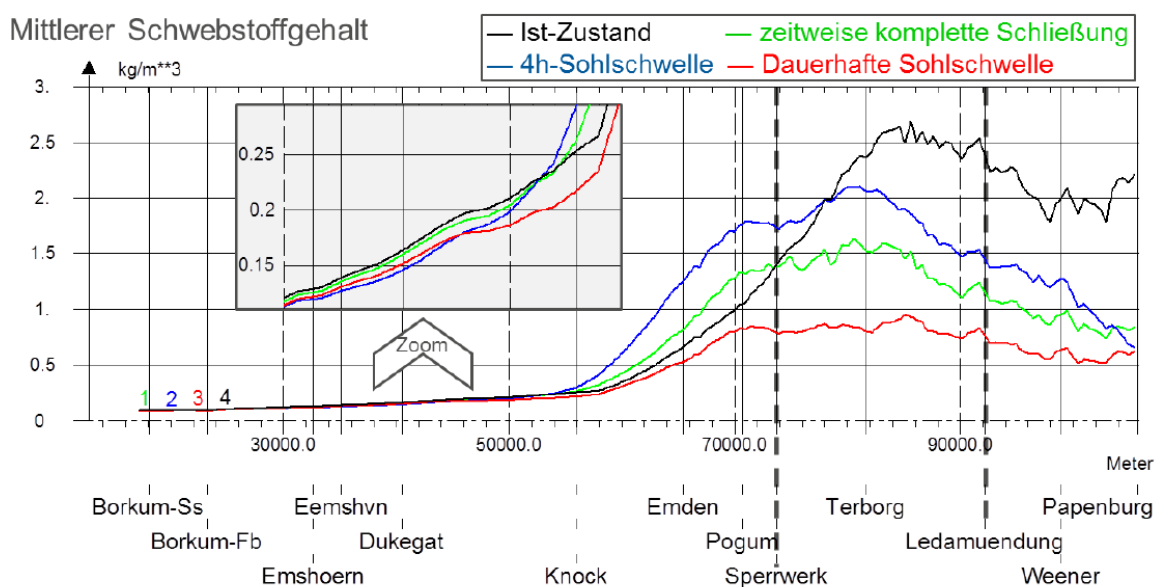


Bild 4.15.: Vergleich des mittleren Schwebstoffgehaltes zwischen Ist-Zustand, 4h-Sohlschwelle, zeitweiser Komplettschließung sowie dauerhafter Sohlschwelle

Die 4h-Sohlschwelle im Flutstrom führt im Gegensatz zu dieser Variante neben der Verkürzung der Ebbestromdauer auch zu einer Verlängerung der Flutstromdauer und zu einer geringeren Reduzierung des Tidestromvolumens, was insgesamt ein besseres Verhältnis der Ebbe- und Flutstromgeschwindigkeiten und somit eine bessere Schwebstofftransportbilanz zur Folge hat.

Die Wirkung der zeitweisen Komplettschließung auf den residuellen Schwebstofftransport ist in Bild 4.16 gegeben. Die Wirksamkeit liegt in etwa im Bereich der Wirksamkeit der dauerhaften Sohlschwelle. Die 4h-Sohlschwelle ist deutlich wirksamer. Auch die zeitweise Komplettschließung führt allerdings dazu, dass sich der Sedimenttransport von stromauf zu stromab umkehrt.

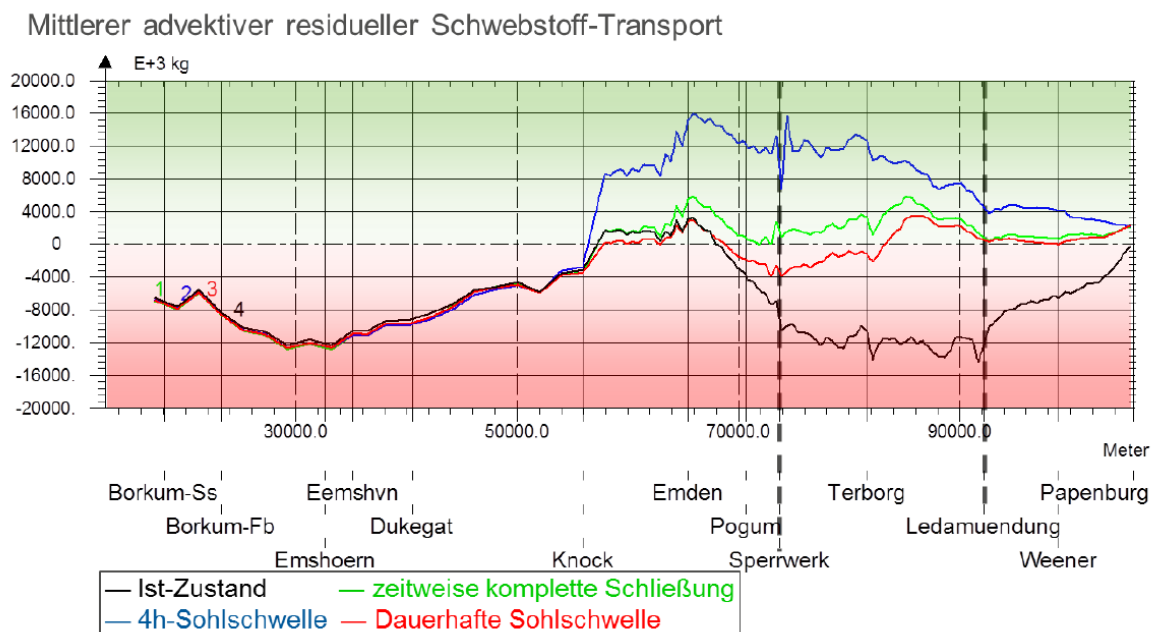


Bild 4.16.: Vergleich des mittleren residuellen Schwebstofftransportes zwischen Ist-Zustand, 4h-Sohlschwelle, zeitweiser Komplettschließung und dauerhafter Sohlschwelle

Wie die flexible Sohlschwelle in der hier untersuchten Form ist auch diese Variante ggf. ohne Umbau des Emssperrwerks realisierbar. Der Vorteil der zeitweise kompletten Schließung des Emssperrwerks um Tideniedrigwasser im Vergleich zur flexiblen Sohlschwelle ist, dass hohe Strömungsgeschwindigkeiten insbesondere in Bauwerksnähe im Bereich der Sohlschwelle vermieden werden. Somit kann eine großflächige Sohlsicherung gespart werden. Zudem wird die Schifffahrt weniger behindert als bei der 4-Stunden-Sohlschwelle, weil die Sperrzeit kürzer ist.

Auch bei der zeitweisen Komplettschließung ist eine Verringerung des Salzgehaltes in der Unterems zu beobachten. Die Gründe sind dieselben wie bei der dauerhaften Sohlschwelle, allerdings ist die Veränderung des Salzgehaltes etwas geringer.

4.2.6 Teilöffnung

Weiterhin wurden von der BAW alternative Torsteuerungen mit dem Ziel untersucht, die Bereiche mit großen Strömungsgeschwindigkeiten hinter dem Sperrwerk zu reduzieren. Hierzu werden mehrere Tore geöffnet, um den Durchfluss über die gesamte Breite des Sperrwerks zu erlauben und nicht auf eine Öffnung zu konzentrieren. Der Versperrgrad bleibt aber insgesamt gleich groß. Es wurden zwei zusätzliche Torsteuerungen getestet, wie Bild 4.17 zeigt.

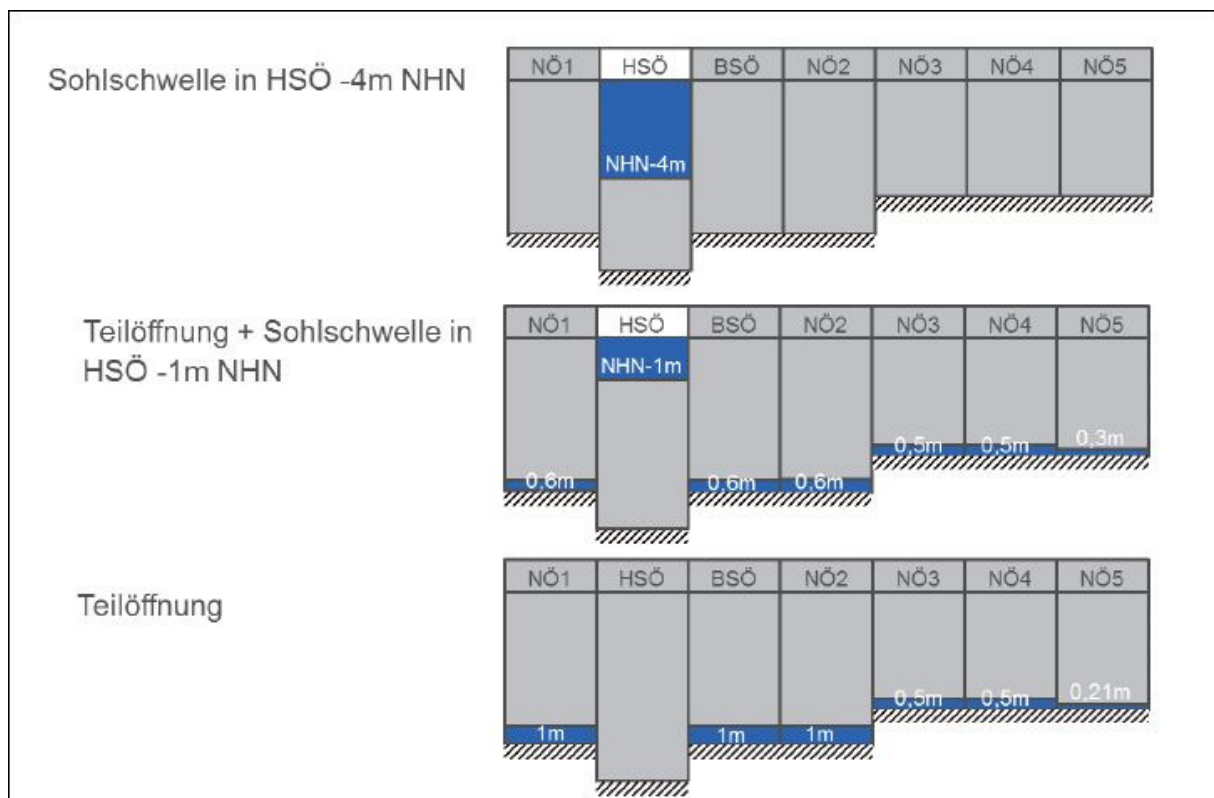


Bild 4.17.: Darstellung der unterschiedlichen Varianten der Torsteuerung

Die Ergebnisse für die zwei neuen Torsteuerungen sind in Bild 4.18 dargestellt. Zu sehen ist, dass alle drei Torsteuerungen (Sohlschwelle in HSÖ -4m NHN; Teilöffnung + Sohlschwelle in HSÖ -1m NHN; Teilöffnung) gute Ergebnisse erzielen. In allen drei Fällen kehrt sich die Flutstromdominanz beim Sedimenttransport in eine Ebbstromdominanz um. Die beiden neuen Varianten liegen allerdings noch geringfügig besser als die bisher betrachtete 4h-Sohlschwelle.

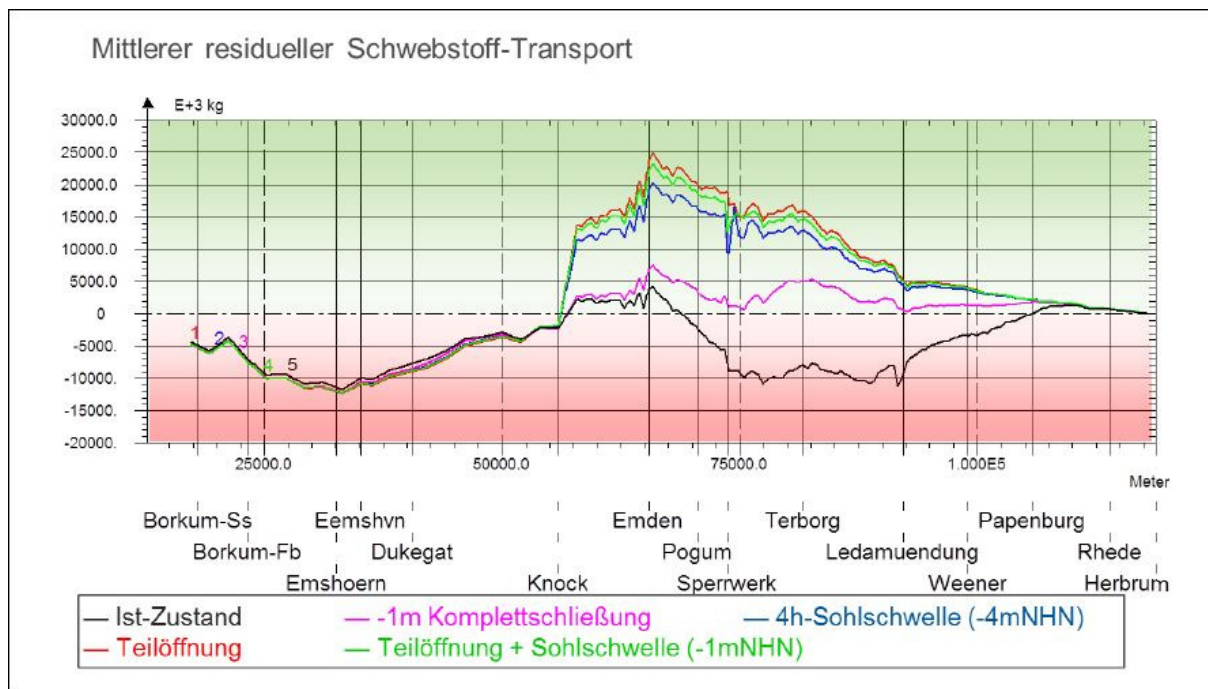


Bild 4.18.: Vergleich des mittleren residuellen Schwebstofftransportes zwischen Ist-Zustand und verschiedenen Torsteuerungen

Für die beiden zusätzlich betrachteten Torsteuerungen kann ebenfalls eine Abnahme des Salzgehaltes in der Unterems beobachtet werden. Die Werte sind jedoch gering und erreichen nicht das Niveau, dass bei der zeitweisen Komplettschließung erreicht wird.

4.2.7 Schlussfolgerungen

Alle von der BAW untersuchten Varianten der Sohlschwelle und der Torsteuerung haben einen positiven Einfluss auf den Schwebstoffgehalt im Wasser und den residuellen Schwebstofftransport. Der Grad der Zielerreichung ist allerdings unterschiedlich. Bei der Reduktion des Schwebstoffgehaltes erzielt die dauerhafte Sohlschwelle die besten Ergebnisse. Der Schwebstoffgehalt wird demnach um mehr als die Hälfte reduziert.

Beim residuellen Schwebstofftransport ergibt sich ein abweichendes Bild. Hier erreichen zwar alle Varianten eine Verringerung der Flutstromdominanz, die Ergebnisse weichen im Einzelnen aber stark voneinander ab. Die höchste Zielerreichung ergibt sich bei den unterschiedlichen Varianten der flexiblen Sohlschwelle im Flutstrom. Hier wird die Flutstromdominanz durchgehend in eine Ebbstromdominanz gekehrt. Innerhalb dieser Gruppe erzielen die Varianten „Teilöffnung“ und „Teilöffnung mit Sohlschwelle (-1m NHN)“ die höchsten Werte für den ebbstromseitigen Transport.

Die zeitweise Komplettschließung erzielt ebenfalls einen positiven Nutzeneffekt, dieser ist allerdings nicht so groß wie bei den Varianten der flexiblen Sohlschwelle im Flutstrom. Die Wirkung einer dauerhaften Sohlschwelle wird jedoch in Bezug auf die Parameter Schwebstoffgehalt und residueller Schwebstofftransport übertroffen.

Abschließend kann also festgestellt werden, dass die flexible Sohlschwelle im Flutstrom mit verschiedenen Sperrdauern und Toröffnungen den höchsten Nutzengrad verspricht. Sie bietet gegenüber der dauerhaften Sohlschwelle zudem den Vorteil, dass die Schifffahrt weniger behindert wird und kein neues festes Bauwerk erstellt werden muss.

4.3. Flächenbedarf

Bei Umsetzung einer wasserbaulichen Maßnahme entsteht ein Flächenbedarf, der in seiner Größe von der jeweiligen Verfahrensvariante abhängig ist.

Dabei generieren Bau- bzw. Ertüchtigungsmaßnahmen am vorhandenen Baukörper „Emsperrwerk“ keinen Flächenbedarf. Lediglich im Falle hoher Ansprüche an den Sturmflutschutz und bei Realisierung der Varianten 1 und 2 (Flexible Sohlschwelle, 2h / 4h) und Variante 5 (Teilöffnung mit Sohlschwelle) ist in der HSÖ ggf. eine zusätzliche Verschlusslinie in Form einer beweglichen Sohlschwelle (z.B. Drehsegment) einzubauen. Diese wird aber auf der Fläche der bereits vorhandenen Sohlsicherung angeordnet sein, so dass kein zusätzlicher Flächenbedarf besteht.

Eine Erweiterung der Sohlsicherung ist mit Ausnahme der Variante 3 (zeitweise Komplettschließung) für alle anderen Varianten (WSA und NLWKN) erforderlich. Die Variante 3 erzeugt in der „aktiven Phase“, also der Komplettschließung, keine nennenswerten Strömungen, daher wird eine zusätzliche Sohlsicherung für nicht erforderlich gehalten.

Da sich die Varianten 4 und 5 (Teilöffnungen mit und ohne Sohlschwelle, WSA) und Variante 6 (Teilöffnung, NLWKN hinsichtlich der Strömungsbelastungen stark ähneln, wird zunächst für diese Varianten die gleiche zusätzlich erforderliche Sohlsicherungsfläche von 32 ha veranschlagt. Diese ist in Kapitel 4.1.3 beschrieben und dort in Bild 4.7 skizziert. Bei Variante 1 und 2 (Flexible Sohlschwelle 2h / 4h) ist aufgrund der ausgeprägten Strömungsfahne eine erheblich weiträumigere Sohlsicherung erforderlich. Sie kann derzeit gemäß Bild 4.5 in Kapitel 4.1.3 nur grob zu ca. 100 ha abgeschätzt werden.

Der Flächenbedarf hängt zum größten Teil vom Erfordernis einer Schleuse ab. Ohne Schleuse bestehen die schiffahrtsrelevanten Baumaßnahmen in der Einrichtung eines Wartebereichs, der eine Fläche von ca. 4 ha überdeckt.

Im Falle einer Schleuse ist voraussichtlich ein komplett neuer Anfahrtsstrang mit teilweiser Verlegung der Fahrrinne und den in Kapitel 4.1.4.3. beschriebenen Einrichtungen herzustellen. Der Gesamt-Flächenbedarf für diese Baumaßnahme beträgt ca. 50 ha. Die Schleuse würde die ggf. neu zu erstellende Sohlsicherung teilweise überdecken, wofür ein Flächenabzug von ca. 5 ha in Ansatz gebracht werden kann. Im Fall der Variante 3 (zeitweise Komplettschließung), die keine zusätzliche Sohlsicherung erfordert, würde dieser Flächenabzug entfallen.

Die Positionen des Flächenbedarfs aus Baumaßnahmen sind in Tabelle 4.1. zusammengestellt. Die erforderlichen Flächen für Kompensation und Kohärenz hängen, wie der spätere tatsächliche Flächenbedarf auch, letztlich von der gewählten Zielvariante und der ökologischen Bewertung ab.

Tabelle 4.1.: Zusammenstellung der Flächenbedarfe

Flächenbedarf			
Modul	Ausführungsform	Flächenbedarf in ha	Bemerkungen
Maßnahmen am Baukörper Emssperrwerk	Ertüchtigung des vorh. Kreisdrehssegments	0,0	Varianten 1, 2 (Flex.Sohlschwelle), Variante 5 (Teilöffnung mit Sohlschwelle)
	zusätzl. Schwellenelement in HSÖ	0,0	
Sohlsicherung	keine Sohlsicherung	0,0	Variante 3 (Zeitweise Komplettschließung),
	3 Bereiche, gemäß Bild 4.7	32,0	Varianten 4, 5 (Teilöffnungen)
	nicht näher definiert, nach Bild 4.5	100,0	Varianten 1, 2 (Flex.Sohlschwelle)
Maßnahmen für den Schiffsverkehr	Warteplätze (ohne Schleuse)	4,0	Für Varianten ohne Schleuse
	Warteplätze (mit Schleuse)	50,0	Art und Abmessungen der Schleuse noch festzulegen
	Schleuse		
	Zusätzliche Fahrrinne		
	Überdeckung mit Sohlsicherung	-5,0	Abzug bei Überdeckung (nicht Variante 3)

4.4. Raumwiderstände

Raumwiderstände könnten sich aus den Vorgaben der Raumordnung und der Landesplanung und kommunalen Planungen ergeben. Hierzu stellen das Niedersächsische Landesraumordnungsprogramm, die Regionalen Raumordnungsprogramme der Landkreise sowie das Raumordnungskataster einerseits sowie andererseits die planerischen Vorgaben der Kommunalebene (Flächennutzungspläne, Landschaftspläne) die Grundlage dar. In einer vertieften Raumwiderstandsanalyse sind insbesondere folgende Schutzgüter auf die o.g. Vorgaben abzu prüfen:

- Menschen (Siedlungsräume, projektgebundenes Konfliktpotenzial)
- Landschaft/ landschaftsbezogene Erholung
- Tiere und Pflanzen (Natura 2000, Naturschutzgebiete)
- Boden
- Wasser (Grundwasser, Trinkwasser)
- Klima/ Luft
- Kultur- und Sachgüter
- Land- und Forstwirtschaft
- Infrastruktur und Nutzung

Die Ergebnisse der in dieser Machbarkeitsuntersuchung betrachteten Teilaspekte belegen, dass die für diese Maßnahme relevanten Schutzgüter „Tiere und Pflanzen“, „Wasser“ sowie „Infrastruktur und Nutzung“ darstellen. Zu den Ergebnissen geben die jeweiligen Kapitel Aufschluss und deuten darauf hin, dass nach jetzigem Planungsstand die grundsätzliche Machbarkeit gegeben sein wird. Die starke naturschutzfachliche Überprägung wie auch die Verträglichkeit mit der Schifffahrt bedürfen zwar der vertieften Betrachtung; dieses kann aber erst im Zuge der Detailplanung erfolgen.

Zu beachten ist, dass die möglichen Raumwiderstände zur Umsetzung der Maßnahme „Sohlschwelle beim Emssperrwerk“ von der jeweils betrachteten Variante der Sohlschwellenlösung abhängen. Insbesondere die Varianten mit hohen unmittelbaren Flächenbedarfen (Sohlsicherung, Schleuse), einschließlich der Maßnahmen für Ausgleich und Ersatz können nennenswerte Raumwiderstände hervorrufen. Bei der Variante der Komplettschließung könnte der Effekt der Niedrigwasseranhebung durch den Verlust von Wattflächen zu Raumwiderständen führen. Dennoch ist festzuhalten, dass der Maßnahmenbereich als kleinräumig zu betrachten ist und eine grundsätzliche Nichtvereinbarkeit mit den raumplanerischen Vorgaben nicht erkennbar ist.

Hinsichtlich der Nutzung von Wasserflächen durch Freizeit, Tourismus und Fischerei dürften mit der Maßnahme auch Vorteile verbunden sein. Eventuelle Beeinträchtigungen durch die Maßnahme können durch die prognostizierten Verbesserungen (Lösung des Schlickproblems) kompensiert werden.

Im Ergebnis ist festzuhalten, dass Raumwiderstände, die die Machbarkeit der Maßnahme gefährden könnten, nicht erkennbar sind.

4.5. Einschätzung möglicher Umweltauswirkungen

Der NLWKN hat dem Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Emden eine eigenständige „Einschätzung möglicher Umweltauswirkungen von Maßnahmen zur Tide-Steuerung am Emssperrwerk“ zur frühzeitigen Identifikation möglicher (schwerwiegender) Planungs- und Genehmigungshindernisse mit Stand vom 03.01.2017 vorgelegt (EMU, NLWKN, Anlage 9). Darin hat der Landesbetrieb für die sechs vorgelegten Varianten (fünf WSA-Varianten und eine NLWKN-Variante s. Kap. 3.2) zur Tidesteuerung am Emssperrwerk die möglichen Beeinträchtigungen in drei Hauptkomponenten zusammengefasst.

1. Beeinträchtigung durch Sohlverbau

Der NLWKN kommt zu der Einschätzung, dass mit einer Sohlsicherung durch Steinschüttungen ohne Verklammerung oder Verguss eine – zumindest zum Teil - dauerhaft naturferne Umgestaltung angenommen werden kann. Für die Varianten 1 und 2 werden dazu Flächen von jeweils mindestens 60 ha, für Varianten 4 - 6 von ca. 32 ha benötigt. Lediglich Variante 3 kommt ohne zusätzliche Sohlsicherungsmaßnahmen aus. Dadurch ergeben sich bei den Varianten 1 und 2 Genehmigungsvorbehalte, da bei ihnen eine erhebliche Beeinträchtigung des FFH-Gebietes „Unterems und Außenems“ aufgrund des Flächenverlustes nicht ausgeschlossen werden kann. Bei den (immer noch) erheblichen Beeinträchtigungen der Varianten 4 - 6 bestehen aber gute Chancen, dass im Falle eines erforderlich werdenden Abweichungsverfahrens gem. FFH-Verträglichkeitsprüfung, durch geeignete Maßnahmen, wie die Schaffung ästuartypischer Lebensräume, die Kohärenz des Natura 2000-Netzes wiederhergestellt werden kann.

2. Beeinträchtigung durch Verminderung der ökologischen Durchgängigkeit

Die ökologische Durchgängigkeit wird für mobile Organismen, insbesondere wandernde Fische und Rundmäuler, durch alle Varianten zeitweilig eingeengt; bzw. die höheren Strömungsgeschwindigkeiten bergen die Gefahr mechanischer Schädigungen. Ob mit der Beeinträchtigung der Schutzgüter Tiere, Lebensraumtypen und Boden/Wasser die Erheblichkeitsschwellen überschritten werden, muss einer weitergehenden Überprüfung vorbehalten bleiben.

3. Beeinträchtigung durch Veränderung der hydro-morphologischen Kennwerte.

Nach Einschätzung des NLWKN gehen mit den Veränderungen der Tidewasserstände oberhalb des Emssperrwerkes variantenabhängig unterschiedliche Flächen im Eulitoral (Brackwasser- und Flusswatten, bis max. 90 ha bei Variante 3) und unterhalb des ESW Flächen des Sublitorals (max. 180 ha, Variante 3) verloren. Zusätzlich sind davon die Schutzgüter Tiere, Lebensraumtypen und Boden/Wasser betroffen. Bei keiner der Varianten geht der NLWKN davon aus, dass es dadurch zu einer erheblichen Beeinträchtigung im Sinne des § 34 BNatSchG kommt.

Ein Monitoringprogramm soll die Optimierung des Steuerungsbetriebes begleiten.

Eine ausführliche Betrachtung der zusätzlichen Beeinträchtigungen durch den Bau einer Schleuse, analog zu den drei untersuchten Hauptkomponenten, wurde vom NLWKN nicht durchgeführt. Eine erste, nicht abschließende Bewertung lässt erhebliche (weitere) Beeinträchtigungen gem. § 34 BNatSchG mit den zugehörigen Kohärenz- und Kompensationsmaßnahmen erwarten. Die Größenordnung sowie die Größenrelationen der notwendigen Kohärenz- und Kompensationsflächen wären weitaus höher als die reine Sohlsicherung für die Tidesteuerungsvarianten. Ob ein Schleusenbau eine Abweichungsprüfung gem. § 34 BNatSchG standhalten würde kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht abschließend beurteilt werden.

Als Fazit werden für die Varianten 3-6 keine unüberwindbaren Planungs- und Genehmigungshindernisse identifiziert, während für die Varianten 1 und 2 sowie für den Bau einer Schleuse Genehmigungsvorbehalte nicht ausgeschlossen werden.

Die Einschätzung möglicher Umweltauswirkungen, insbesondere auch die Bewertung der Genehmigungsfähigkeit einer Schleuse, wurde vom NLWKN unter der Annahme durchgeführt, dass der Steuerungsbetrieb saisonal (Mitte April bis Mitte November) durchgeführt wird. Inwieweit tatsächlich Einschränkungen der Steuerungszeiträume (Saisonbetrieb, Ausnahmen von Einzeltiden etc.) gemacht werden können, ist im weiteren Abstimmungsprozess zu klären.

4.6. Wasserwirtschaftliche Verträglichkeit (Binnenentwässerung, Hochwasser- und Sturmflutschutz, Stauffall)

4.6.1. Vorgehensweise

In der Studie „Auswirkungen einer Tnw-Anhebung beim Emssperrwerk auf die Wasserwirtschaft“ (IMS, 2013), der so genannten Entwässerungsstudie, wurden, ausgehend von den Simulationsergebnissen einer festen, dauerhaften Sohlschwelle, Erhöhungen von Tideniedrigwasserständen auf die Wasserwirtschaft im Entwässerungssystem Ems einschließlich des Leda-Jümme-Gebietes untersucht. Die Ausbreitung der Anhebung (Prognosewerte von -25 bis + 130 cm bei Abflüssen von 25 m³/s und 130 m³/s) einschließlich ihres Auslaufens im Bereich der Leda/Jümme ist in Bild 4.19. dargestellt. Zur Vereinfachung wurden nur die höheren Werte bei einem Abfluss von 25 m³/s näher betrachtet.

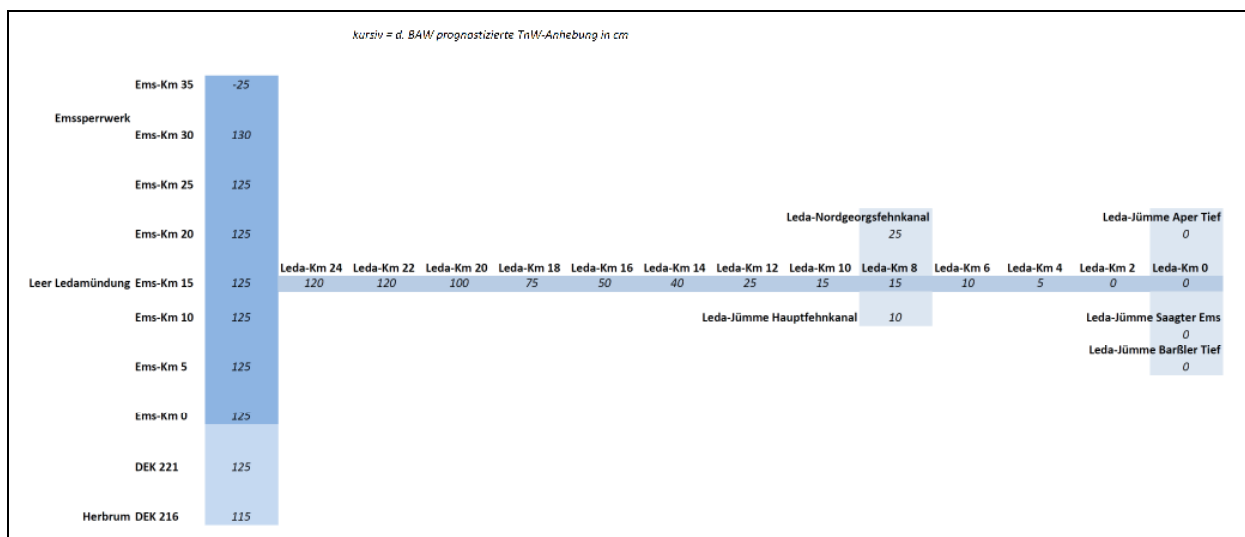


Bild 4.19.: Tnw-Anhebung in cm für den Worst-Case, verteilt auf die Gesamtstrecke Unterems und Leda/Jümme (WSA Emden)

Im Vergleich zu den prognostizierten Tnw-Anhebungen der aktuell verfolgten Varianten der flexiblen Sohlschwelle, der zeitweisen Komplettschließung und der Teilöffnungen um Niedrigwasser können die Untersuchung von IMS als Worst-Case-Szenarien interpretiert werden, da derzeit von teilweise deutlich geringeren Tnw-Anhebungen ausgegangen werden kann.

So sind für die flexible Sohlschwelle (2h- und 4h-Steuerung) und die Teilöffnungen nur geringe Abweichungen im Bereich weniger cm vom Tnw des Ist-Zustands zu erwarten. Für die teilweise Komplettschließung wurde unterstrom des Sperrwerks eine Absenkung des Tnw um 35 cm i.M. und oberstrom eine Anhebung von 75 cm i.M. bzw. maximal 95 cm prognostiziert. Diese neuen Randbedingungen werden auf die Ergebnisse der IMS-Studie projiziert und entsprechend eingeordnet.

4.6.2. Ergebnisse der Studie von IMS

In der Entwässerungsstudie (IMS, 2013) wurden insgesamt 265 Bauwerke im Untersuchungsgebiet recherchiert und daraus 110 Bauwerke in der ersten Schutzlinie identifiziert, bis zu denen der Tideeinfluss nachweislich heranreicht.

Die primären Auswirkungen einer Tnw-Anhebung auf die Wasserwirtschaft im Projektgebiet wurden im Rahmen der Studie für die folgenden Lastfälle untersucht:

- A Extremniederschlagsereignis
- B Extremniederschlagsereignis bei Kettentide
- C Sturmflutereignis
- D Schiffsüberführung (Sperrwerke geschlossen)

Die untersuchten Extremniederschlagsereignisse wurden zur Ermittlung der bauwerksspezifisch abführbaren Wassermengen (bei Siel- und Schöpfbauwerken) für die von der BAW ermittelten Zeitreihen der vorhabenbedingt beeinflussten Wasserstände (auf der unterstromigen Seite der Bauwerke) herangezogen.

Aus dem Vergleich des Abflussvolumens aus Extremniederschlag zur bauwerksspezifisch abführbaren Wassermenge wurde der Ausnutzungsgrad des jeweiligen Bauwerkes in Abhängigkeit der Jährlichkeit des Niederschlagsereignisses für den Ist- und Planzustand im Falle eines niedrigen und eines hohen Oberwasserabflusses von Ems und Leda ermittelt.

Auf Grundlage dieser Untersuchung konnten insgesamt 20 Bauwerke (5 Siel- und 15 Schöpfbauwerke) identifiziert werden, an denen unter den angenommenen Randbedingungen an mindestens einem der untersuchten Szenarien der rechnerische Wert für den Ausnutzungsgrad größer 1 ist, der Niederschlagsabfluss also nicht verlässlich abgeführt werden kann. Auf dieser Basis werden die 20 Bauwerke, die sich überwiegend im Verbandsgebiet des UV 108 (Sielacht Stickhausen) befinden, als kritisch eingestuft.

Rechnerisch sind bereits für den Ist-Zustand Anpassungen von Bauwerken in Form von einer Erhöhung der Pumpleistung bzw. der Pumpdauer erforderlich. Aus der Studie geht hervor, dass der Anteil der vorhabenbedingt erforderlichen Anpassungen an den als kritisch bezeichneten 20 Bauwerken im Verhältnis zu den rechnerisch insgesamt erforderlichen Anpassungen an den Bauwerken verhältnismäßig gering ist.

4.6.3. Übertragung der Ergebnisse auf die aktuellen Szenarien

4.6.3.1. Lastfall A: Extremniederschlagsereignis

Für die vier Varianten „Flexible Sohlschwelle 4 h“, „Teilöffnungen“ (mit und ohne Sohlschwelle in HSÖ) und „zeitweise Komplettschließung“ wurden die zu erwartenden Tnw-Anhebungen, die Ausgangspunkt der Untersuchung von IMS waren, durch die BAW (BAW, 2016) ermittelt und in Bild 4.20. dargestellt.

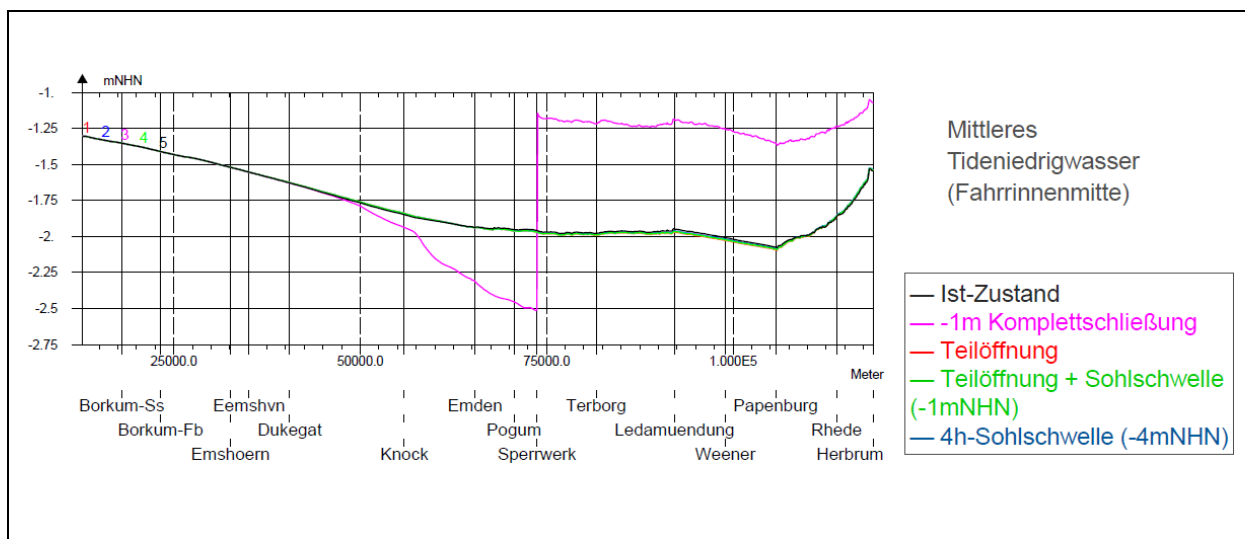


Bild 4.20.: MTnw-Verläufe für verschiedene Szenarien (BAW, 2016)

Die Varianten der Flexiblen Sohlschwelle 4 h und Teilöffnungen (mit und ohne Sohlschwelle in HSÖ) sind hinsichtlich der Tnw-Verläufe nahezu identisch und unterscheiden sich kaum vom Ist-Zustand. Für die zeitweise Komplettschließung zeigt sich eine Absenkung unterstrom und eine Anhebung um ca. 75 cm oberstrom des Emssperrwerks.

Allerdings beziehen sich die Verläufe der BAW-Abbildung auf ein Szenario mit einem konstanten Oberwasserzufluss von 44 m³/s in Herbrum und 5,7 m³/s der Leda und Jümme, während die Werte des Entwässerungsgutachtens (IMS, 2013) mit einem Oberwasserzufluss von 25 m³/s und 130 m³/s ermittelt wurden. Die Differenzen bleiben einer späteren intensiveren Betrachtung vorbehalten.

Überträgt man die aktuellen prognostizierten Tnw-Anhebungen der Ems für die vier Szenarien prozentual auf die Leda und Jümme, ist es möglich, in einem ersten Schritt auch die Werte für diesen Bereich linear zu ermitteln, um damit die kritischen Bauwerke unter den neuen Gesichtspunkten zu beleuchten.

Für die Flexible Sohlschwelle 4 h und die beiden Varianten der Teilöffnungen verteilen sich die prognostizierten und hochgerechneten Werte für die TnW-Anhebung prozentual im Vergleich zum Worst-Case wie folgt auf die Unterems und den Leda/Jümme-Bereich (Bild 4.21.):

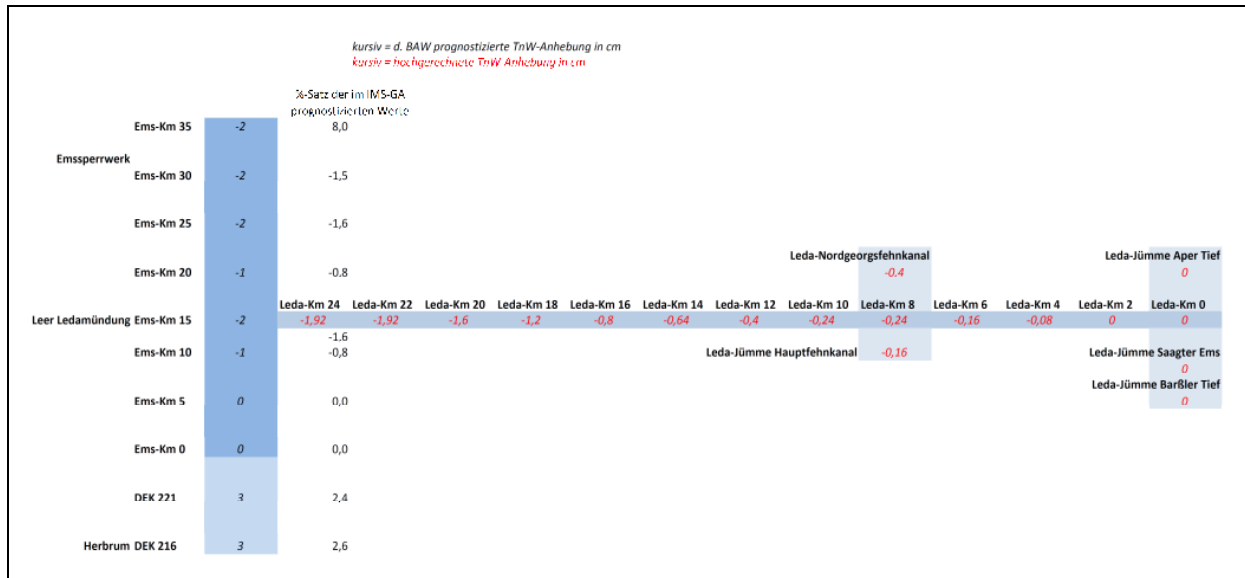


Bild 4.21.: MTnW-Anhebung in cm für Flexible Sohlschwelle 4 h und Teilöffnungen (WSA Emden)

Im Falle der MTnW-Anhebung für die Flexible Sohlschwelle 4 h und die Varianten Teilöffnungen ist im gesamten Leda-Jümme-Bereich, auch im Einzugsbereich der stark beeinträchtigten Sielacht Stickhausen eher eine Absenkung von bis zu 2% an Stelle einer Anhebung zu erwarten. Somit sind diese Szenarien sowohl für den Bereich der Sielacht Stickhausen als auch in allen anderen Bereichen unkritisch.

Für das Szenario „zeitweise Komplettschließung“ verteilen sich die prognostizierten und hochgerechneten Werte für die TnW-Anhebung gemäß Bild 4.22. auf die Unterems und den Leda-Jümme-Bereich. Im gesamten Leda-Jümme-Bereich ist eine Anhebung des TnW von bis zu 64% der im Worst-Case-Szenario beschriebenen Werte zu erwarten.

Von den insgesamt 20 für den Worst-Case nicht ausreichend leistungsfähig ermittelten Bauwerken gilt dies bei 12 Bauwerken bereits schon für den Ist-Zustand. Möglicherweise werden sich aus den verbleibenden 8 Bauwerken einige weitere ergeben, bei denen unter den angenommen Randbedingungen an mindestens einem der untersuchten Szenarien der rechnerische Wert für den Ausnutzungsgrad größer 1 ist, der Niederschlagsabfluss also nicht verlässlich abgeführt werden kann.

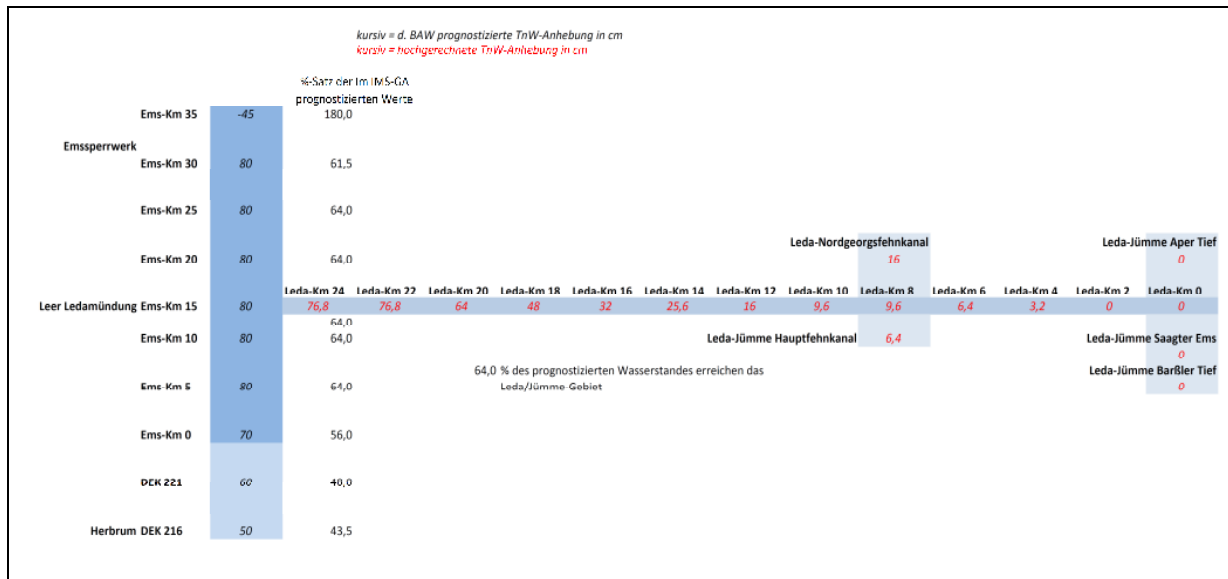


Bild 4.22.: MTnw-Anhebung in cm für die „Zeitweise Komplettschließung“

An einem Großteil (11 von 20 Bauwerken) werden nur geringe Veränderungen von unter 10 % erwartet. Dieser Wert liegt im Bereich der Berechnungsgenauigkeit und es ist davon auszugehen, dass bei einer um über 30% geringeren Belastung durch die Tnw-Anhebung keine Verschlechterungen mehr auftreten.

Nach den Untersuchungen von IMS wird an den 9 verbleibenden der 20 als kritisch eingeordneten Bauwerke eine Verschlechterung der Abflusssituation von mehr als 10 % eintreten. An allen diesen Bauwerken liegt gleichzeitig nach obiger Einschätzung bereits eine problematische Entwässerungssituation vor. Die Bewertungen der einzelnen Bauwerke sind in IMS (2013) detailliert vorgenommen worden.

Der allein aus der vorhabenbedingten Anhebung des Tnw (zeitweise Komplettschließung) resultierende finanzielle Anteil für die Ertüchtigung aller 9 Bauwerke wurde von IMS bereits im Worst-Case auf lediglich ca. 150.000 € ermittelt. Für die geringere Tnw-Anhebung bei der zeitweisen Komplettschließung sind die Effekte eher noch weniger ausgeprägt und stellen somit eine nur geringe Beeinträchtigung dar.

4.6.3.2. Lastfall B: Extremniederschlagsereignis bei Kettentide

Der Worst-Case-Lastfall Extremniederschlagsereignis bei Kettentide wurde anhand des Extremereignisses im Januar 2012 (langanhaltende hohe Gebietsniederschläge bei gleichzeitiger Kettentide) untersucht und eine Quantifizierung der Beeinflussung vorgenommen.

Am Emssperrwerk kommt es durch eine Tnw-Anhebung zu keinen Veränderungen während der Kettentide. Am Ledasperrwerk kommt es in geschlossenem Zustand zu einer Erhöhung des Binnenwasserstandes als Resultat des angehobenen Tnw zum Zeitpunkt der Sperrwerksschließung. Bei den weit geringeren Werten der Varianten „Flexible Sohlschwelle 4 h“, „Teilöffnungen“ und „zeitweise Komplettschließung“ ist daher auch davon auszugehen, dass die Situation besser beherrschbar sein wird.

4.6.3.3. Lastfall C: Sturmflutereignis

Im Worst-Case-Lastfall Sturmflutereignis wurde qualitativ die Beeinflussung durch eine Tnw-Anhebung anhand der Pegeldaten im Ober- und Unterwasser der Sperrwerke während der Allerheiligenflut 2006 untersucht, bei der im Bereich der Ems die höchsten Wasserstände seit 1906 verzeichnet wurden.

Es ist festzuhalten, dass am Emssperrwerk durch eine Tnw-Anhebung nahezu keine Veränderungen der Wasserstände während eines Sturmflutereignisses zu erwarten sind. Grund dafür sind die generell hohen Wasserstände während eines solchen Ereignisses.

Für das Ledasperrwerk zeigte sich, dass sich Beeinflussungen vor bzw. nach dem Sturmflutereignis ergeben. Im Ergebnis ist mit einer geringen Erhöhung des Binnenwasserstands bei geschlossenem Ledasperrwerk als Resultat des angehobenen Tnw zum Zeitpunkt der Schließung zu rechnen. Bei den weit geringeren Werten der aktuellen Varianten ist daher auch von einer besseren Beherrschbarkeit der Situation auszugehen.

4.6.3.4. Lastfall D: Schiffsüberführung (Sperrwerke geschlossen)

Der vierte untersuchte Worst-Case-Lastfall zielte auf die Beeinflussung während einer Schiffsüberführung ab. Die Quantifizierung der Beeinflussung durch eine Tnw-Anhebung erfolgte anhand der gemessenen Wasserstandsverhältnisse während der Überführung der „Disney Fantasy“ im Januar 2012. Am Emssperrwerk treten durch eine Tnw-Anhebung nahezu keine Veränderungen während des Aufstaus auf, sondern nur vor und nach der Normaltide. Am Ledasperrwerk kommt es nachlaufbedingt zum Anstieg des Binnenwasserstandes. Der Grenzwert zur Einschaltung der Schöpfwerkspumpen wird jedoch zu keinem Zeitpunkt erreicht.

Bei den weit geringeren Werten der aktuellen Varianten ist daher auch hier davon auszugehen, dass die Situation besser beherrschbar sein wird.

4.6.4. Weitere Auswirkungen

4.6.4.1. Grundwasserstände

Neben den Änderungen der T_{nw}-Verläufe der einzelnen Varianten mit ihren wasserwirtschaftlich bezogenen Auswirkungen zur Siel- und Schöpfwerkstätigkeit ändern sich auch die Verläufe des Tidemittelwassers. Diese sind in Bild 4.23. dargestellt.

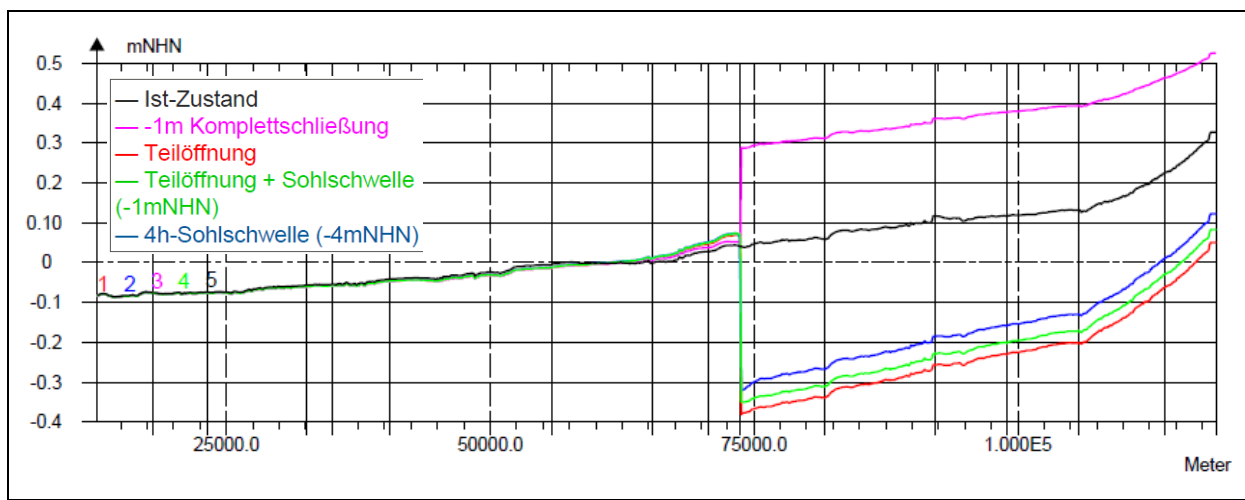


Bild 4.23.: Verläufe des mittleren Tidemittelwassers (BAW, 2016)

Für den Fall der zeitweisen Komplettschließung des Sperrwerks ist eine Anhebung des mittleren Tidewasserstandes um bis zu 30 cm zu erwarten. Daraus kann geschlossen werden, dass sich die Grundwasserstände in Bodenkörpern und Flächen, die im unmittelbaren Nahbereich zum Tideregime liegen und nicht durch die Binnenentwässerung geprägt sind, wie z.B. Vorlandbereiche, erhöhen.

Außerdem ist es denkbar, dass es durch das weiter und höher als bisher eindringende salzhaltige Emswasser zu einer zunehmenden Versalzung des Grundwassers kommt. Entsprechende Untersuchungen wären im Zuge weiterer detaillierter Planungen ggf. durchzuführen. Weiterhin muss von einem Verlust von Wattflächen in Höhe von ca. 90 ha. zwischen dem ESW und Herbrum durch die Anhebung ausgegangen werden.

Für die Varianten „Flexible Sohlschwelle 4 h“ (Variante 2) und „Teilöffnungen“ (Varianten 4 und 5) stellt sich gemäß der BAW-Prognose die Situation anders dar. Bei einer Absenkung des mittleren Tidewasserstandes um bis zu 40 cm ist eher damit zu rechnen, dass sich die Grundwasserstände in Bodenkörpern und Flächen, die im unmittelbaren Nahbereich zum Tideregime liegen und nicht durch die Binnenentwässerung geprägt sind, wie z.B. Vorlandbereiche, absenken werden.

Da in zahlreichen Einwendungen und Stellungnahmen zu anderen Verfahren immer die Befürchtung geäußert wird, dass durch die geplanten Maßnahmen bei einer Verringerung des Grundwasserstandes Schäden an Gebäuden, landwirtschaftlichen Betrieben, Deichen und sonstige Bauwerke entstehen könnten, bzw. dass bereits vorliegende Schädigungen (z. B. Mauerrisse) sich verschlimmern könnten, ist davon auszugehen, dass im Rahmen von Detailplanungen genauere Untersuchungen durchgeführt werden müssen.

Es kann aber lt. Entwässerungsgutachten davon ausgegangen werden, dass vom Tideregime ausgehende Änderungen des Grundwasserstandes in Abhängigkeit der vorhandenen geologischen Verhältnisse sehr schnell abnehmen, denn in den binnenliegenden Gebieten wird der Emseinfluss auf die Grundwasserstände durch Wasserhaltung und Grundwasserförderung überprägt. Die Ausprägung ist für jeden Einzelfall genauer zu untersuchen.

4.6.4.2. Hochwasser- und Sturmflutschutz

Das Emssperrwerk ist zum einen ein Bauwerk zum Schutz vor landeinwärts gerichteten Sturmfluten. Zum anderen darf der seewärts gerichtete Hochwasserabfluss aus der Unterems nicht beeinträchtigt werden (Hochwasserneutralität).

Für alle Varianten, sofern sie ohne weitere feste Ein- und Umbauten am Emssperrwerk realisiert und ohne Schleuse betrieben werden, bleiben die heutigen Gegebenheiten des Hochwasser- und Sturmflutschutzes erhalten, da sich mit den variablen Verschlusselementen bei Bedarf der heutige Status jederzeit wieder herstellen lässt.

Bei den Varianten 1, 2 und 5, wird das vorhandene Kreisdrehsegment für den laufenden Steuerungsbetrieb genutzt. Vor dem Hintergrund, dass dieses zu jeder Zeit und unter allen Umständen für den Sturmflutschutz zur Verfügung stehen muss, könnten sich die ständigen Bewegungen und Lastwechsel negativ auswirken. Dieses ist zu prüfen, ggf. ist der Einsatz eines weiteren (nur für die Tidesteuerung einzusetzenden) Schwellenelementes vorzusehen. Die übrigen Sperrwerksverschlüsse schließen von oben nach unten, notfalls durch Eigengewicht. Sie sind aufgrund ihrer Bauart wesentlich robuster und würden somit auch unter Dauerbetrieb nicht in ihrer Funktion als Sturmflutschutztor beeinträchtigt werden.

Um die Hochwasserneutralität zu wahren, sollten zusätzliche Einbauten im Flusslauf der Ems vermieden werden. Ein ggf. erforderliches zusätzliches Schwellenelement sollte so gestaltet werden, dass es bei Bedarf möglichst weitgehend gelegt werden kann und somit der derzeitige Zustand wieder hergestellt wird.

Im Falle einer Schleuse ist diese in die vorhandene Sturmflutschutzlinie zu integrieren. Die Bauteile sind in Abmessungen (Schutzhöhen) und Statik auch auf den Sturmflutlastfall aus-

zulegen. Im Sinne von Redundanz und Sicherheit ist zu prüfen ob dieses für nur ein Schleusentor oder für beide Tore anzuwenden ist.

Der Einbau einer Schleuse beeinträchtigt den freien Hochwasserabfluss. Es ist aber im Falle eines Hochwassers möglich, die Effekte der Einengung durch das Schleusenbauwerk durch die Öffnung aller Schleusentore (sog. Dockschleusung) stark zu reduzieren. Die Tore der Schleuse sollen entsprechend dem erforderlichen Bestick ausgelegt und ggfs. redundant ausgeführt werden.

4.6.5. Zwischenfazit wasserwirtschaftliche Verträglichkeit

Die Varianten „Flexible Sohlschwelle 4 h“, „Teilöffnungen“ (mit und ohne Sohlschwelle in HSÖ) sind aus wasserwirtschaftlicher und wasserbaulicher Sicht verträglich.

Für die Variante der zeitweisen Komplettschließung sind einzelne Entwässerungsanlagen bzw. der Entwässerungsbetrieb voraussichtlich, insbesondere für den Lastfall Extremniederschlagsereignis (plus Kettentide) anzupassen, was aber mit einem vergleichsweise geringen Kostenaufwand möglich ist.

Im Falle der zeitweisen Komplettschließung kann es in ufernahen Bereichen zur Erhöhung des Grundwasserstands kommen, was mit erhöhten Salzeinträgen einhergeht. Die 4h-Sohlschwelle und die Varianten der Flexiblen Sohlschwelle über Teilöffnungen führen dagegen zu einer Grundwasserabsenkung mit den Gefahren von Bauwerksbeeinträchtigungen. Da sich diese Auswirkungen aber nur unwesentlich in die Binnenbereiche erstrecken, sind die erwarteten Beeinträchtigungen gering.

Sturmflut- und Hochwasserschutz sind durch keine der Varianten gefährdet. Ggf. sind ergänzende Maßnahmen zu treffen.

4.7. Verkehrliche Verträglichkeit

4.7.1. Ziel

Um eine Verringerung des Schlickanfalls in der Ems zu erreichen, wird untersucht, welche Effekte eine bewegliche Sohlschwelle am Emssperwerk hat. Neben dem erwarteten verringerten Schlickanfall stellt die geschlossene Sohlschwelle eine zeitliche Durchfahrtssperre für die Schifffahrt dar.

Ziel des von Planco erstellten Gutachtens (Planco, 2016) ist es, die theoretischen Verkehrsströme zu simulieren und somit die entstehenden Wartezeiten für die See- und Binnenschiffe für eine genutzte Sohlschwelle bis ins Jahr 2030 abzuschätzen. Des Weiteren war es Aufgabe des Gutachtens, Möglichkeiten zur Minimierung der Auswirkungen eines Sohlschwellenbetriebs auf die Schifffahrt aufzuzeigen.

4.7.2. Grundlagen und Annahmen

Zur Ermittlung der Ist-Situation wurden die Verkehrsstatistiken des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes Emden an der Schleuse Herbrum sowie Hafendaten aus dem Jahr 2010 ausgewertet. Aus diesen Unterlagen konnten Schiffszahlen, Größenklassen und Verkehrsbeziehungen für See- und Binnenschiffe auf der Ems ermittelt werden.

Demnach haben im Jahr 2010 ca. 520 (2014: 360) Seeschiffe sowie 6.700 Binnenschiffe den Emsabschnitt zwischen Emden und Papenburg befahren. Unter zusätzlicher Berücksichtigung der Fahrgastschiffe und Sportboote haben insgesamt etwa 17.800 Schiffspassagen auf der Ems stattgefunden.

Ausgehend von den Ist-Verkehren aus 2010 sowie der Verflechtungs- und der Seeverkehrsprognose des Bundesverkehrswegeplans 2030 konnten 790 Seeschiffe sowie etwa 7.100 Binnenschiffe im relevanten Emsabschnitt für 2030 prognostiziert werden. Unter Hinzunahme der sonstigen Schifffahrt sind insgesamt ca. 19.250 Schiffspassagen zu erwarten.

Das Schiffsverkehrsaufkommen auf der Ems unterliegt zahlreichen Randbedingungen und ist in höchstem Masse komplex. Sowohl logistische Frachtströme als auch die Tide wirken auf den Verkehr ein, der durch das Verkehrsaufkommen selbst wieder beeinflusst wird.

Um im Gutachten dennoch schlüssige Prognosen zu Wartezeiten zu erhalten, wurden im Wesentlichen die folgenden Vereinfachungen festgelegt:

- Die Schiffe fahren im Prognosejahr 2030 wie im Basisjahr 2010, ohne sich in irgendeiner Weise auf die neue Verkehrssituation und die Sperrzeiten am Emssperwerk einzustellen.

len. Schiffe steuern das Sperrwerk wie gewohnt an und müssen dann „überraschenderweise“ Wartezeiten in Kauf nehmen. Damit wird im Gutachten sichergestellt, dass es zu keiner geschönten Abschätzung der Wartezeiten kommen kann, da jede sich in der Realität einstellende Form der zeitlichen Anpassung der Schiffer zu einer Verminderung der Wartezeit führen wird.

- Der Verlauf der Tide wurde in der Modellrechnung des Gutachtens berücksichtigt, indem ein zeitlich begrenzter realer Tideverlauf aus dem Jahr 2010 beispielhaft verwendet wurde. Die Schiffsbewegungen wurden dann für 2030 zu denselben Tidezeitpunkten wie in 2010 simuliert.
- Die in 2030 zusätzlich verkehrenden Schiffe wurden gemäß der ermittelten zeitlichen Verteilung aus 2010 in 2030 eingefügt.
- Für alle Berechnungen wurde zur weiteren Vereinfachung mit der Solltiefe für die Ems gerechnet, die aufgrund der starken Verschlickung derzeit nicht überall permanent vorgehalten werden kann.

4.7.3. Szenarien und Simulation der Verkehre

Im Gutachten von Planco wurden die folgenden drei grundlegenden Szenarien für die Tidesteuerung auf ihre Auswirkungen bezüglich der durchschnittlichen Wartezeiten hin berechnet:

- 2-Stunden-Szenario,
- 4-Stunden-Szenario,
- zeitweise Komplettschließung.

Zum Vergleich wurde zudem jedes Szenario auch mit einer zusätzlichen Schleuse für See- und Binnenschiffe (225 m * 27 m) am Emssperrwerk untersucht.

Neben der eigentlichen Dauer der Schließung müssen für die Gesamtdauer der Sperrung weitere Zeiten für den Schließvorgang, die Öffnung und für die Sicherheit einbezogen werden. Einen Überblick gibt Tabelle 4.2.

Tabelle 4.2: Eckdaten der verschiedenen Szenarien

Szenario	2-Stunden	4-Stunden	Zeitw. Kompl.schl.
Schließzeitpunkt	Ebbstromkenterpunkt	Ebbstromkenterpunkt	Wasserstand -1m
Dauer der Schließung	120 Minuten	240 Minuten	ca. 150 Minuten
Zeit der Sperrung	230 Minuten	350 Minuten	220 Minuten

Für den Verlauf der Tide wurde ein Beispielzeitraum aus dem Jahr 2010 verwendet. Die Schiffsbewegungen wurden dann 2030 zu denselben Tidezeitpunkten wie 2010 simuliert. Die in 2030 zusätzlich verkehrenden Schiffe wurden gemäß der ermittelten zeitlichen Verteilung aus 2010 in 2030 eingefügt.

In den eigentlichen Verkehrssimulationen zu den Szenarien aus Tab. 4.2 wurde für jedes Schiff die Fahrt durch das Emsrevier unter Berücksichtigung von Geschwindigkeit, Tiefgang und Tidezeitpunkt rückblickend für das Jahr 2010 und zukünftig für das Jahr 2030 berechnet und die jeweilige zusätzliche Wartezeit für das einzelne Schiff ermittelt.

4.7.4. Auswirkungen der Sohlschwelle auf die Wartezeiten

Die Ergebnisse der Simulation sind in den folgenden Tabellen für 2010 und 2030 mit und ohne Schleuse für einzelne Schiffskategorien zusammenfassend dargestellt. Wichtig hierbei ist, dass keine aktiven Anpassungen der Schifffahrt auf die veränderte Situation mit Sperrzeiten vorgenommen wurden. Außerdem ist zu beachten, dass es sich bei den Angaben in der Tabelle um Durchschnittswerte handelt, die von Einzelwerten erheblich abweichen können. Beispielhaft erhöht eine sehr lange Wartezeit eines einzelnen Schiffs die Wartezeit aller Schiffe geringfügig.

Tabelle 4.3: Durchschnittliche Wartezeit nach Schiffgruppen 2010 in Minuten

Schiffskategorie	2-Std-Szenario		4-Std-Szenario		Zeitw. Komplettschl.	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	131	9	438	18	52	27
Binnengüterschiffe	89	27	210	53	66	82
Fahrgastschiffe	43	20	129	45	42	94
Sonstige	65	9	178	27	52	56
Kleinfahrzeuge	33	40	75	86	64	60
Durchschnitt (ungewichtet)	72	21	206	46	55	64

In der Tabelle 4.3 ist zu erkennen, dass die Variante „zeitweise Komplettschließung“ bei den wichtigen einlaufenden Schiffskategorien (See- und Binnengüterschiffe) die geringsten Wartezeiten erzeugt. Die höchsten Wartezeiten entstehen wie erwartet beim „4-Stunden-Szenario“, dass mit 350 Minuten Sperrzeit beinahe den gesamten Flutstrom blockiert. Auffällig ist, dass die zu Tal fahrenden Schiffe in der „2-Stunden“- und „4-Stunden-Variante“ deutlich geringere Wartezeiten haben. In der „zeitweisen Komplettschließung“ dagegen ist es umgekehrt, die Talfahrer haben (durchschnittlich) höhere Wartezeiten. Der Grund ist wohl in der Fahrweise zu suchen. Am effizientesten sind die Schiffe bei Fahrt mit der Strömung, das bedeutet zu Berg wird meist mit dem Flutstrom und zu Tal mit dem Ebbstrom gefahren. Da durch die flexible Tidesteuerung bei der „2-Stunden“- und der „4-Stunden-Variante“ im Flut-

strom gesperrt wird, entstehen hier hohe Wartezeiten für Bergfahrer. Bei der „zeitweisen Komplettschließung“ wird hingegen in den Flut- und den Ebbstrom eingegriffen (Sperrung über Tideniedrigwasser). Dadurch entstehen hier auch höhere Wartezeiten für Talfahrer. Nach den durchschnittlichen Wartezeiten erzeugt die „zeitweise Komplettschließung“ die geringsten Wartezeiten, gefolgt vom „2-Stunden-Szenario“.

Weiterhin wurde ermittelt, ob eine Schleuse die Wartezeiten senken kann. Die neue durchschnittliche Wartezeit sowie deren prozentuale Abnahme sind in Tabelle 4.4 dargestellt.

Tabelle 4.4.: Durchschnittliche Wartezeit in Minuten sowie prozentuale Abnahme mit Schleuse 2010 in Minuten (Abnahme in %)

Schiffskategorie	2-Std-Szenario		4-Std-Szenario		Zeitw. Komplettschl.	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	80 (-39 %)	8 (-3 %)	219 (-50%)	16 (-15 %)	43 (-18 %)	9 (-66 %)
Binnengüterschiffe	56 (-38 %)	10 (-62 %)	105 (-50%)	16 (-70 %)	42 (-36 %)	32 (-60 %)
Fahrgastschiffe	27 (-38 %)	10 (-52 %)	54 (-58 %)	16 (-64 %)	20 (-52 %)	36 (-62 %)
Sonstige	46 (-29 %)	7 (-29 %)	88 (-51 %)	16 (-40 %)	31 (-40 %)	19 (-67 %)
Kleinfahrzeuge	19 (-43 %)	18 (-56 %)	32 (-58 %)	27 (-69 %)	26 (-59 %)	28 (-54 %)
Durchschnitt (ungewichtet)	46 (-36 %)	11 (-48 %)	100 (-52%)	18 (-61 %)	32 (-42 %)	25 (-61 %)

Auch bei dieser Betrachtung steht das Szenario „zeitweise Komplettschließung“ bei den einlaufenden Schiffen gut da, weil die schon geringen Wartezeiten noch einmal deutlich sinken. Die größte Abnahme der Wartezeiten ist allerdings beim „4-Stunden-Szenario“ zu sehen. Dies ist vor allem durch die zuvor sehr großen Wartezeiten zu erklären. An den Unterschieden der Wartezeiten für Berg- und Talfahrer ändert sich nur sehr wenig.

Dieselbe Auswertung hat auch für die Verkehrsprognose des Jahres 2030 stattgefunden. In Tabelle 4.5 werden zunächst wieder die mittleren Wartezeiten nach Schiffskategorien ohne Schleuse vorgestellt.

Tabelle 4.5.: Mittlere Wartezeiten in Schiffskategorien für die Prognose 2030 ohne Schleuse in Minuten

Schiffskategorie	2-Std-Szenario		4-Std-Szenario		Zeitw. Komplettschl.	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	140	17	391	26	100	30
Binnengüterschiffe	91	37	210	64	68	113
Fahrgastschiffe	45	19	132	44	43	94
Sonstige	20	36	55	75	48	89
Kleinfahrzeuge	34	40	77	86	65	60
Durchschnitt (ungewichtet)	66	30	173	59	65	77

Es ist zu erkennen, dass in den meisten Szenarien die durchschnittlichen Wartezeiten teilweise erheblich ansteigen. Dies ist aufgrund der allgemeinen Steigerung der Schiffsbewegungen auch nachvollziehbar. Lediglich bei einlaufenden Schiffen ist im 2-Stunden- und im 4-Stunden-Szenario eine verringerte durchschnittliche Wartezeit zu beobachten. In der Gesamtbetrachtung ist hier das „2-Stunden-Szenario“ das mit den geringsten mittleren Wartezeiten, während das „4-Stunden-Szenario“ die höchsten Wartezeiten generiert.

Im Folgenden wird der Einfluss einer Schleuse auch auf den Verkehr in der Prognose 2030 untersucht. Die Daten dazu liefert Tabelle 4.6.

Tabelle 4.6.: Durchschnittliche Wartezeit mit Schleuse 2030 (Abnahme in %) in Minuten

Schiffskategorie	2-Std-Szenario		4-Std-Szenario		Zeitw. Komplettschl.	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	124(-12 %)	17 (-0 %)	245(-37 %)	26 (-3 %)	91 (-9 %)	17 (-46 %)
Binnengüterschiffe	55 (-40 %)	14 (-63 %)	101(-52 %)	19 (-71 %)	43 (-37 %)	52 (-53 %)
Fahrgastschiffe	29 (-35 %)	9 (-51 %)	56 (-57 %)	16 (-63 %)	20 (-53 %)	38 (-59 %)
Sonstige	15 (-24 %)	12 (-68 %)	30 (-44 %)	15 (-80 %)	21 (-57 %)	33 (-63 %)
Kleinfahrzeuge	19 (-27 %)	18 (-63 %)	33 (-39 %)	27 (-51 %)	28 (-35 %)	29 (-37 %)
Durchschnitt (ungewichtet)	48 (-42 %)	14 (-55 %)	93 (-57 %)	21 (-69 %)	41 (-57 %)	34 (-53 %)

Auch hier ist zu erkennen, dass eine Schleuse die Wartezeiten erheblich senken kann. Vor allem beim „4-Stunden-Szenario“ sowie der „zeitweisen Komplettschließung“ werden hohe Reduktionen der Wartezeit erreicht.

4.7.5. Weitere Auswirkungen der flexiblen Tidesteuerung

Durch Planco wurden weitere mögliche Folgen der flexiblen Tidesteuerung auf die Schifffahrt und die Hafenvirtschaft untersucht. Ein erheblicher Teil der Binnenschiffe, die den relevanten Emsabschnitt passieren, beliefert die Papierfabrik in Dörpen mit Rohstoffen. Fraglich war daher, ob eine Verschlechterung der verkehrlichen Situation auf der Ems zu einer Änderung des Lieferweges führt. Statt mit dem Seeschiff nach Emden könnten dieselben Rohstoffe auch nach Brake transportiert werden und dann von dort per Binnenschiff (über Hunte und Küstenkanal statt über Ems und Küstenkanal) nach Dörpen gelangen.

Diese Befürchtung wird allerdings durch die Ergebnisse des Gutachtens entkräftet. Die Anlieferung bleibt in den meisten Szenarios günstiger, auch wenn der Vorteil Emdens gegenüber Brake geringer wird. Eine Verlagerung des Verkehrs aufgrund sehr kleiner Kostenunterschiede ist allerdings nach Aussage der Gutachter nicht zu erwarten.

Selbiges gilt für die Seeverkehre. Hier werden zumeist Massengüter transportiert, bei denen es weniger auf die Transportzeit als mehr auf die gesamten Transportkosten ankommt. Diese würden sich durch die erhöhte Wartezeit auf der Ems nicht signifikant erhöhen.

Durch die zeitweise Sperrung des Emssperrwerkes werden zudem Liegestellen notwendig, damit die Schiffe auf beiden Seiten des Bauwerkes die Öffnung abwarten können. Es handelt sich dabei um Liegestellen für See- und Binnenschiffe, aber auch für kleinere Boote. Nach den Ergebnissen des Gutachtens müssten auf beiden Seiten des Sperrwerkes je zwei Liegeplätze für Seeschiffe sowie ca. acht Liegeplätze für Binnenschiffe geschaffen werden. Die genaue Anzahl ist abhängig vom betrachteten Szenario.

Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich die Anzahl der wartenden Schiffe durch eine lenkende Verkehrsunterstützung minimieren lässt. Die Schiffe würden dann nicht alle bis zum Emssperrwerk fahren und dort warten, sondern teilweise bereits vorher anlegen. Auch ist denkbar, dass die auf das Sperrwerk zulaufenden Schiffe in Kenntnis der Sperrung ihre Geschwindigkeit erhöhen oder drosseln, um entweder kurz vor oder kurz nach der Sperrung das Sperrwerk zu passieren.

Im Zuge weiterer Planungsschritte ist auf der Grundlage nautischer Expertisen der Fahrtverlauf bei den gegebenen Einschränkungen zwischen Herbrum und See über die Bandbreite mehrerer günstiger und ungünstiger Fallbeispiele zu konkretisieren und szenarisch abzubilden.

4.7.6. Veranschaulichung anhand eines Beispiels:

4.7.6.1. Grundlegende Annahmen

Im Folgenden soll anhand eines Beispiels erläutert werden, wie der tägliche Schiffsverkehr nach Einrichtung und Inbetriebnahme einer flexiblen Tidesteuerung aussehen könnte und welche Restriktionen zu erwarten sind. Hierbei wird zunächst angenommen, dass die Schiffe keine erheblichen Anpassungen vornehmen, um den Sperrzeiten auszuweichen. In einer anschließenden Sensitivitätsanalyse wird dann im Gegensatz zu den Annahmen im Gutachten der Firma Planco unterstellt, dass die Schiffsführer sich aktiv den neuen Gegebenheiten anpassen und versuchen, ihre Wartezeiten zu minimieren. Statt flutstromoptimiert fahren die Schiffe sperrzeitoptimiert.

Zur Ermittlung der Wartezeiten im Beispiel müssen einige Annahmen getroffen werden. Zunächst ist die Anzahl der Schiffe zu ermitteln, die das Emssperrwerk täglich im Jahr 2030 passieren werden (Prognosejahr). Das Gutachten von Planco nennt hier bei den Seeschiffen eine Anzahl von 790 Passagen pro Jahr (Seite 16). Dies entspricht im Schnitt zwei Seeschiffen pro Tag. Hierbei sind sowohl Berg- als auch Talfahrer enthalten, dennoch soll auf der

sicheren Seite liegend angenommen werden, dass beide Schiffe zu Berg fahren. Dies entspricht der ungünstigeren Situation, da Talfahrer mit dem Ebbstrom meist ohne Behinderung fahren können (Tidesteuerung nur im Flutstrom). Eine Ausnahme bildet hier lediglich die „zeitweise Komplettspernung“.

Für die Binnenschiffe musste ebenfalls eine Annahme getroffen werden. Hier weist das Planco-Gutachten im Jahr 2030 jährlich 7.118 Passagen des Emssperwerkes aus. Dies entspricht ca. 20 Passagen pro Tag. Es wird wiederum angenommen, alle 20 Schiffe seien Bergfahrer. Diese Annahme wirkt zunächst unrealistisch. Sie berücksichtigt allerdings, dass die Verteilung der Schiffe nicht gleichmäßig ist und es zu Verkehrsspitzen (Pulks) kommt. Dadurch steigt die Zahl der Bergfahrer bei der ungünstigen Annahme. Weiterhin wird unterstellt, dass alle Binnenschiffe bis Herbrum fahren und dort geschleust werden wollen. Dadurch wird die begrenzte Leistungsfähigkeit der Schleuse Herbrum berücksichtigt.

Für die weiteren Schiffsklassen können ebenfalls Annahmen getroffen werden. Dies ist aber kaum von Belang, da diese Schiffe / Boote in der Gestaltung ihrer Fahrt wesentlich mehr Freiheiten haben. Fahrgastschiffe beispielsweise können ihren Fahrplan den Gegebenheiten anpassen, was auch in einem Interview der Gutachter von Planco mit Betroffenen bestätigt wurde. Dasselbe gilt für Kleinfahrzeuge.

Durch die verschiedenen Varianten der Tidesteuerung sind Teile des Flutstromastes gesperrt. In der „2-Stunden-Variante“ sind mit Sperrzeiten, Öffnungs- und Schließzeiten insgesamt 3 Stunden und 50 Minuten des Flutstromes gesperrt. Dies entspricht ca. zwei Dritteln der Flutzeit. Bei der „4-Stunden-Variante“ beträgt die gesperrte Zeit schon 5 Stunden und 50 Minuten, was in etwa der gesamten Flutzeit entspricht. Bei der „zeitweisen Komplettschließung“ dauert die Sperre ca. 3 Stunden und 40 Minuten über das Niedrigwasser.

4.7.6.2. Wartezeiten der Seeschiffe

Im Folgenden wurden die Wartezeiten der Seeschiffe betrachtet, wie sie unter den o.g. Annahmen vermutlich aussehen würden. Wichtig für die Passierbarkeit der Unterems sind dabei für Seeschiffe neben den Sperrzeiten am Sperrwerk vor allem Tiefgangsbeschränkungen. Voll abgeladen können große Seeschiffe (5.000-9.999 tdw) die Unterems nur bei hohen Wasserständen passieren. Sie fahren daher mit dem Scheitel der Tidewelle zu den Seehäfen Leer oder Papenburg.

Die Seeschiffe können im Falle der „4-Stunden-Variante“ erst zu Tidehochwasser das Sperrwerk passieren und müssen dann gegen den Ebbstrom weiter zu Berg fahren. Hierbei sinkt der Wasserstand kontinuierlich, was bei tiefgehenden Schiffen zum Abbruch der Fahrt bzw. zu Wartezeiten führt. Ob ein Schiff warten muss, hängt dabei nicht nur vom Tiefgang, sondern auch vom Zielhafen ab. Der Hafen Leer ist ca. 15 km vom Sperrwerk entfernt, der

Hafen Papenburg rd. 30 km. Bei der im Modell verwendeten Geschwindigkeit von 6 Knoten über Grund (ca. 10 km/h) benötigt das Seeschiff somit ca. anderthalb Stunden bis Leer bzw. drei Stunden bis Papenburg. Nach drei Stunden ist der Wasserstand bereits etwa auf Tide-mittelwasser abgesunken. Viele Seeschiffe wären daher nicht in der Lage, den Hafen Pa-penburg innerhalb einer Tide zu erreichen. Sie müssten nach Passage des Emssperrwerkes ca. 10 Stunden warten, bis die Flut wieder ausreichend hoch aufgelaufen ist. Für den Hafen Leer sieht die Situation aufgrund der geringeren Fahrstrecke etwas günstiger aus. Dennoch ist zu befürchten, dass tiefgehende Schiffe Leer nicht mehr erreichen können. Dies führt in der Prognosetabelle (Tab. 4.7) unter den erwähnten ungünstigen Bedingungen zu 20 Stun-den Wartezeit (zwei Schiffe warten je 10 Stunden).

Reduziert werden kann die Wartezeit durch eine Schleuse im Emssperrwerk. Es wird hier angenommen, dass Seeschiffe pauschal anderthalb Stunden Wartezeit haben, wenn sie geschleust werden. Diese Annahme ist mit den Daten aus Tab. 7-16 des Verkehrsgutach-tens zu rechtfertigen. Im Falle der „4-Stunden-Variante“ sind daher mit Schleuse drei Stun-den Wartezeit vorhanden (zwei Schiffe benötigen jeweils 1,5 Stunden).

Bei der „2-Stunden-Variante“ sind bessere Ergebnisse zu erwarten. Hier steht den Seeschif-fen nach Passage des Emssperrwerkes noch ca. ein Drittel des Flutstromastes zur Verfü-gung (Bild 4.26). Dies entspricht einer Zeit von etwas über anderthalb Stunden. Ein Seeschiff könnte Leer somit zu Tidehochwasser erreichen, Papenburg immerhin noch bis anderthalb Stunden nach Tidehochwasser (drei Stunden Fahrzeit ab Emssperrwerk). Dies dürfte ge-genüber dem Ist-Zustand ohne Tidesteuerung kaum eine Verschlechterung darstellen, da die Seeschiffe auch derzeit bereits den Flutstrom benötigen, um die Untiefen im Fahrwasser zu passieren. Im ungünstigsten Fall könnte ein tiefgehendes Seeschiff allerdings nicht genug Zeit haben, um Papenburg zu erreichen. Dieser Fall wird allerdings sehr selten eintreten.

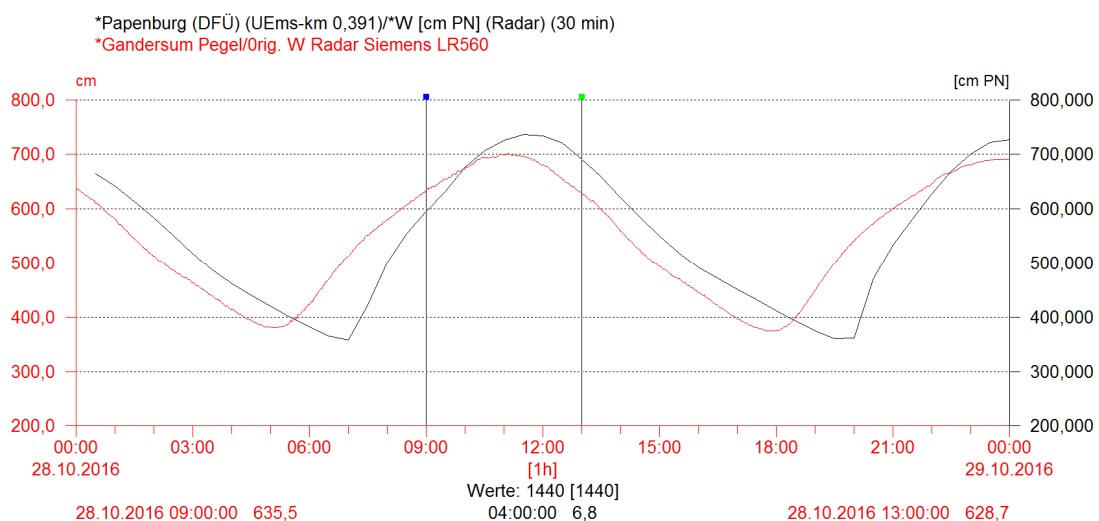


Bild 4.24.: Tideverlauf an den Pegeln Gandersum (rot) und Papenburg (schwarz).
 Ende der Sperrzeit in der 2-Stunden-Variante in blau,
 Wasserstand in Papenburg 4 Stunden nach der Sperrzeit in grün.
 Es ergibt sich das Fahrtzeitfenster für tiefgehende Seeschiffe nach Papenburg.

Dennoch wird in der Prognose-Tabelle (Tab. 4.7) eine Wartezeit von 10 Stunden (1 Schiff wartet 10 Stunden, das andere erreicht sein Ziel) angenommen. In der Variante mit Schleuse sinkt die Wartezeit auf 1,5 Stunden (ein Schiff benötigt 1,5 Stunden).

Bleibt die Betrachtung der „zeitweisen Komplettschließung“. Hier beträgt die Sperrzeit ca. 3 Stunden und 40 Minuten. Dabei wird das ablaufende Wasser ab einem Wasserstand von -1 m NN zurückgehalten und bei Wassergleichstand im Flutast das Sperrwerk wieder geöffnet. Für Seeschiffe bedeutet dies, dass das Sperrwerk über Tideniedrigwasser nicht passiert werden kann. Aufgrund der bereits erwähnten Tiefgangsbeschränkungen ist die Passage aber sowieso kaum möglich, weshalb sich die Einschränkung hier in Grenzen halten dürfte. In der Prognosetabelle sind daher keine Wartezeiten vermerkt. Anzumerken ist, dass gemäß den Ergebnissen des Verkehrsgutachtens nur 42 % der Seeschiffe mit der Tidewelle zu Berg fahren. Hierbei dürfte es sich vor allem um die sehr tiefgehenden Schiffe handeln. Die Mehrheit von 58 % (die weniger tiefgehenden Seeschiffe) fährt demnach gegen das ablaufende Wasser. Es hier weiterhin angenommen, dass diese Schiffe sich überwiegend in der ersten Hälfte des Ebbstromes befinden und daher von der Sperrung des Emssperrwerkes in der Variante „zeitweise Komplettsperrung“ nicht betroffen sind.

Tabelle. 4.7.: Gesamtwartezeiten Seeschiffe im Beispiel mit und ohne Schleuse

Gesamtwartezeit in Stunden	2-Std ohne	2-Std mit	4-Std ohne	4-Std mit	Zeitw. ohne	Kpls.	Zeitw. mit	Kpls.
Seeschiffe (2 Stück zu Berg)	10 1 Schiff, 10 h	1,5 1 Schiff, 1,5 h	20 2 Schiffe, 10 h	3 2 Schiffe, 1,5 h	0		0	

4.7.6.3 Sensitivitätsbetrachtung für Seeschiffe

Aufgrund der erwähnten Beschränkungen durch den Tiefgang gibt es für die Seeschiffe kaum Möglichkeiten, durch angepasste Fahrweise die Wartezeiten zu minimieren. Eine Sperrung des Flutastes mit der 4-Stunden-Variante wird immer dazu führen, dass Fahrten von besonders tiefgehenden Seeschiffen nicht mehr in der derzeit praktizierten Weise stattfinden können. Für die 2-Stunden-Variante gilt dies nur im ungünstigsten Fall. Lediglich diejenigen Seeschiffe, die gegen das ablaufende Wasser zu Berg fahren, könnten durch Vorverlegung der Sperrwerkspassage einer Wartezeit entgehen. Auch die Möglichkeit einer Tiefgangsbeschränkung für Seeschiffe wäre zu prüfen. Der Einbau einer Schleuse würde dagegen in allen Varianten Wartezeiten deutlich reduzieren.

4.7.6.4 Wartezeiten der Binnenschiffe

Für die Binnenschiffe sind andere Restriktionen zu beachten. Aufgrund des geringeren Tiefgangs können sie auch bei Niedrigwasser fahren und insofern flexibler auf die Sperrung des Sperrwerkes reagieren. Allerdings fahren die allermeisten Binnenschiffe bis zur Schleuse

Herbrum und verlassen dort die Tideems. Hier ist zu beachten, dass im Unterwasser der Schleuse Hebrum aufgrund der starken Sedimentation nur eine geringe Fahrwassertiefe zur Verfügung steht, so dass die Binnenschiffe dort nur bei höheren Tidewasserständen verkehren können. Beladenen Binnenschiffen ist auch das Liegen im Vorhafen Herbrum nicht über Niedrigwasser möglich. Sie müssen demnach noch bei ausreichendem Wasserstand geschleust werden. Aus diesem Grund fahren Binnenschiffe derzeit quasi im Konvoi mit dem auflaufenden Wasser nach Herbrum. Sie werden dort laufend geschleust, bevor der Wasserstand wieder auf das kritische Maß abgesunken ist.

Hier ist der Erläuterung halber zu erwähnen, dass im Verkehrsgutachten von Planco auf Wunsch des Auftraggebers für die gesamte Ems die Solltiefen verwendet wurden, da diese für die meisten Abschnitte realistisch sind. Im Vorhafen Herbrum werden diese Solltiefen allerdings nicht erreicht. Hier besteht ein weiterer Unterschied in den Annahmen des Verkehrsgutachtens und dieser Veranschaulichung.

Im Falle der 4h-Variante müssten die Binnenschiffe bis etwa zum Tidehochwasser warten, bis sie das Emssperrwerk passieren können. Mit den drei Stunden Fahrzeit, die bis Herbrum mindestens notwendig sind (bei Fahrt gegen das ablaufende Wasser vermutlich mehr), erreichen die Binnenschiffe die Schleuse bereits bei einem kritisch niedrigen Wasserstand. Für die Schleusung einer größeren Gruppe Schiffe bliebe dann nicht genügend Zeit. Aufgrund der getätigten Annahmen (20 Binnenschiffe, alle fahren bis Herbrum, drei Stunden Reisezeit ab dem Emssperrwerk) kann in der 4-Stunden-Variante davon ausgegangen werden, dass 75% der Schiffe nach Öffnung des Sperrwerkes nicht mehr rechtzeitig nach Herbrum gelangen und unterwegs warten müssen. Sie würden erst mit der nächsten Tide ankommen und somit ca. zehn Stunden Zeit verlieren. Dies führt zu 150 Stunden Gesamtwarezeit (15 Schiffe warten je zehn Stunden, Tab 4.8). Eine Schleuse reduziert die Wartezeit auf 22,5 Stunden (15 Schiffe verlieren durch Schleusung je 1,5 Stunden).

Für die 2-Stunden-Variante ist anzunehmen, dass hier die ersten Binnenschiffe deutlich früher die Schleuse Herbrum erreichen und somit die zur Verfügung stehende Schleusenzeit wächst. Allerdings ist der Konvoi im Vergleich zur Situation ohne Tidesteuerung nach wie vor verspätet unterwegs. Derzeit treffen die ersten Schiffe ca. eine Stunde nach Niedrigwasser in Herbrum ein. Bei der 2-Stunden-Variante starten die ersten Binnenschiffe am Emssperrwerk knapp zwei Stunden vor Tidehochwasser und fahren dann drei Stunden bis nach Herbrum (Ankunft ca. eine Stunde nach Hochwasser). Im Gegensatz zur 4-Stunden-Variante können daher mehr Schiffe vor Niedrigwasser geschleust werden, aber nicht alle. Anzunehmen ist, dass ca. die Hälfte des Konvois (zehn Binnenschiffe) warten muss. Es ergibt sich eine Wartezeit von 100 Stunden (zehn Schiffe warten je 10 Stunden). Eine Schleuse reduziert die Wartezeit auf 15 Stunden (zehn Schiffe benötigen je 1,5 Stunden für die Schleusung, Tab. 4.8).

Für die „zeitweise Komplettschließung“ kann angenommen werden, dass zum Zeitpunkt der Öffnung knapp die Hälfte der auflaufenden Tide verstrichen ist. Bis Tidehochwasser würden ca. 3,5 Stunden verbleiben. Dies ist ausreichend Zeit, um bis Tidehochwasser die Schleuse Herbrum zu erreichen. Allerdings reicht die Zeit bis zum folgenden Niedrigwasser nicht, um alle Schiffe zu schleusen. Daher wird angenommen, dass fünf Schiffe (25 % des Konvois) auf die folgende Tide warten müssen, um nach Herbrum zu fahren. Dadurch entstehen 50 Stunden zusätzliche Fahrzeit (Wartezeit). Eine Schleuse kann die Wartezeit auch hier auf 7,5 Stunden verringern (fünf Schiffe benötigen je 1,5 Stunde für die Schleusung).

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Betroffenheit der Binnenschiffe vor allem darin liegt, dass die derzeitige Konvoi-Fahrt zur Schleuse Herbrum nicht mehr möglich ist. Die zur Verfügung stehende Zeit an der Schleuse Herbrum genügt nicht, um alle Schiffe zu schleusen. Die Binnenschiffe müssten unterwegs liegen bleiben und auf die folgende Tide warten, um nicht im Unterwasser der Schleuse auf Grund zu geraten. Im Falle einer verbesserten Schlicksituation im unteren Vorhafen Herbrum könnte dies allerdings zu einer deutlichen Verbesserung der Befahrbarkeit führen.

Tabelle 4.8.: Gesamtwartezeiten Binnenschiffe im Beispiel mit und ohne Schleuse

Gesamtwartezeit in Stunden	2-Std ohne	2-Std mit	4-Std ohne	4-Std mit	Zeitw. Kpls. ohne	Zeitw. Kpls. mit
Binnenschiffe (20 Stück zu Berg)	100 (10 Schiffe, 10 h)	15 (10 Schiffe, 1,5 h)	150 (15 Schiffe, 10 h)	22,5 (15 Schiffe, 1,5 h)	50 (5 Schiffe, 10 h)	7,5 (5 Schiffe, 1,5 h)

4.7.6.5 Sensitivitätsbetrachtung für Binnenschiffe

Die geschilderten Probleme der Binnenschifffahrt können durch Anpassung der Fahrzeiten umgangen werden. Hierzu müsste jeweils ein Teil des Konvois das Emssperrwerk vor der Schließung, also im Ebbstrom kurz vor Niedrigwasser, passieren. Anschließend würde das Sperrwerk geschlossen und die Schiffe könnten mit dem beginnenden Flutstrom Richtung Herbrum fahren. Je nach gewähltem Szenario unterscheidet sich die Anzahl der Schiffe, die das Fahrverhalten anpassen muss. Im 4-Stunden-Szenario muss der größte Teil des Konvois vor der Schließung passieren, bei der 2-Stunden-Variante wären es weniger Schiffe. Beim Szenario „zeitweise Komplettschließung“ wäre vermutlich der geringste Anteil der Schiffe betroffen.

Die vorverlegte Abfahrt der Schiffe hat für die Betroffenen den Nachteil, dass ein Teil der Fahrt gegen das ablaufende Wasser stattfinden muss. Dies verringert die Geschwindigkeit und kostet mehr Treibstoff. Vor allem bei der „zeitweisen Komplettschließung“ sind hier Zusatzkosten zu erwarten, da die Schließung bereits ca. anderthalb Stunden vor Tideniedrig-

wasser stattfindet. Bis zum Beginn des Flutstromes dauert es hier deutlich länger als bei den anderen Varianten.

4.7.6.6. Fazit des Beispiels

Das gewählte Beispiel einer durchschnittlichen Anzahl an Schiffsbewegungen von See- und Binnenschiffen im Prognosejahr 2030 geht von ungünstigen Voraussetzungen aus. Dennoch zeigt sich exemplarisch, wie die Wartezeiten einzelner Schiffe aussehen könnten und welche Anpassungsmöglichkeiten bestehen. Für (vor allem tiefgehende) Seeschiffe sind die Möglichkeiten, sich anzupassen, sehr begrenzt. Hier wäre zu prüfen, wie die Sperrzeiten an die Anforderungen der Seeschiffe angepasst werden können. Die Binnenschiffe dagegen können durch Vorverlegen der Sperrwerkspassage ihre Wartezeiten reduzieren. Eine Schleuse würde zwar im Vergleich zum Ist-Zustand Wartezeiten hervorrufen, dennoch würden diese für beide Schiffsgattungen deutlich geringer ausfallen als ohne Schleuse.

Weiterhin geht das Beispiel von einer dauerhaften Einschränkung aus, die jede Tide betrifft. Es besteht allerdings die Möglichkeit einer dynamischen Steuerung, bei der verschiedene Varianten der Sperrung kombiniert werden. Auch ein Aussetzen der Tidesteuerung, beispielsweise bei großen Oberwasserzuflüssen, ist möglich. Zudem könnte die Tidesteuerung auf für die Schifffahrt wenig interessante Tiden (z.B. nachts) beschränkt werden. Hierdurch ließe sich die Beeinträchtigung der Schifffahrt weiter reduzieren.

4.7.7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Schifffahrt wird je nach betrachtetem Steuerungsszenarium und Nutzer (See-, Binnen-, Freizeitschifffahrt) unterschiedlich stark beeinträchtigt. Eine Verlagerung von Verkehren findet voraussichtlich nicht statt. Es sind Maßnahmen zur Verkehrssicherung erforderlich. Im Umfeld des Sperrwerkes müssen Liegestellen für See- und Binnenschiffe errichtet werden. Das Vorhaben ist flexibel und kann in begrenztem Umfang an die Erfordernisse der Schifffahrt angepasst oder, falls erforderlich, zeitweise ausgesetzt werden. Weitere Möglichkeiten zur Verminderung von Verkehrsbeeinträchtigungen sind gegeben:

- Erweiterung der Betriebszeiten an der Schleuse Hebrum
- Anpassungen der Schifffahrt durch verändertes Fahrverhalten (Abfahrtszeit, Geschwindigkeit)
- Anpassungen im Betriebsplan des Sperrwerkes, Aussetzen des Tidesteuerungsbetriebes zu bestimmten Zeiten
- Bau einer Schleuse

Weniger Schlickfall begünstigt evtl. die Fahrwasserverhältnisse (Vorhafen Schleuse Hebrum).

Es sind noch Untersuchungen zur nautischen Befahrbarkeit des Sperrwerkes bei veränderter Strömung sowie zur Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs bei Nutzung der geplanten Liegestellen (An- und Ablegen) erforderlich. Über das Ob und Wie von „Ausgleichmaßnahmen“, die zum Teil zwingend sein werden, müssen weitere Untersuchungen Aufschluss liefern (im Rahmen der weiteren Maßnahmenplanung).

4.8. Verträglichkeit mit anderen Maßnahmen des „Masterplans Ems 2050“

Für eine konkrete Untersuchung, ob und inwieweit die untersuchten Varianten zur flexiblen Sohlschwelle mit anderen Maßnahmen aus der Anlage zu Artikel 13 des Masterplans Ems verträglich sind, ist es erforderlich, die „anderen Maßnahmen“ hinreichend konkret beschreiben zu können.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegt hierzu bislang nur ein eher geringer Konkretisierungsgrad von den Maßnahmen vor, die sich relevant auf das Gesamtsystem auswirken können. Daher hat die BAW in ihren Untersuchungen Maßnahmentypen betrachtet, die einen nennenswerten Einfluss entwickeln können. Diesen Einfluss können vor allem Tidepolder entwickeln, so dass zur Abschätzung die Anlage eines Tidepolders im Bereich Vellage untersucht wurde.

Die durchgeführten Untersuchungen (BAW 2016) zum Beispielpolder Vellage zeigen, dass die positive Wirkung der Varianten 4 und 5 sowie der Komplettschließung auf den Schwebstofftransport auch in Kombination mit dem Beispielpolder Vellage erhalten bleibt. Bei der Komplettschließung ist sogar eine deutliche Verbesserung des residuellen Transports im Vergleich zu dieser Maßnahme ohne den Polder erkennbar. Zu beachten bleibt jedoch, dass diese Ergebnisse nur erste Hinweise auf die Verträglichkeit der drei Varianten in Kombination mit einem Polder liefern können. Untersuchungen der BAW aus 2005 von strombaulichen Maßnahmen an der Ems haben gezeigt, dass neben der Größe und der Lage eines Retentionsraumes auch die Wassertiefe, die Form sowie der Anschluss des Retentionsraumes an die Ems, bzw. die Leda, die Tidedynamik beeinflussen können. Das Zusammenwirken der beiden Varianten mit einem Polder muss dementsprechend bei Vorliegen einer detaillierten Planung für jeden Polder individuell überprüft werden.

Die weiteren Maßnahmentypen:

- Rückbau von Uferbefestigungen
- Revitalisierung von Mäandern und Nebenrinnen
- Öffnen bzw. Rückbau von Sommerdeichen oder Verwallungen
- Schaffung von Wiesenvögellebensräumen im Binnenland
- Verbesserung der Durchgängigkeit
- Maßnahmen zur Sicherung und Entwicklung von Röhrichzonen
- Maßnahmen zur Entwicklung und Sicherung von Salzwiesengesellschaften

haben allenfalls geringfügige Effekte auf das Systemverhalten der Ems. Ebenso wird der Einfluss der untersuchten Varianten mit den genannten hydraulischen und hydromorphologischen Wirkungen eher positiv hinsichtlich der Zielerreichung zu bewerten sein.

Dies ist im Rahmen von Detailuntersuchungen zu konkretisieren.

Damit ist festzuhalten, dass zum gegenwärtigen Untersuchungszeitpunkt die Verträglichkeit der untersuchten Varianten mit relevanten Maßnahmentypen ausdrücklich gegeben ist.

4.9. Widerstandsfähigkeit der Maßnahme gegen Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs

Die unter Kapitel 3 genannten Varianten zeichnen sich dadurch aus, dass sie mit dem Ziel größtmöglicher Flexibilität und Reversibilität entwickelt wurden.

Auf Veränderungen der äußeren Umstände, wie einen steigenden Meeresspiegel, kann mithilfe der Flexibilität der Varianten reagiert werden. So ist es möglich, bei der Teilöffnung die Torstellung und so den Durchfluss anzupassen. Bei der Komplettschließung kann eine Anpassung über eine Veränderung des Wasserstands, ab dem das Sperrwerk geschlossen wird, erfolgen.

Die Flexibilität bedeutet auch, dass die Steuerung in Fällen des Sturmflutschutzes nicht eingeschaltet wird. So ist gewährleistet, dass die flexible Sohlschwelle und die Komplettschließung die derzeitigen Funktionen des Emssperrwerks nicht negativ beeinträchtigen. Damit ist festzuhalten, dass die Maßnahme gegen Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs widerstandsfähig ist.

4.10. Anpassungsfähigkeit / Nachsteuerungsmöglichkeit der Maßnahme

Die unter Kapitel 3 genannten Varianten zeichnen sich dadurch aus, dass sie mit dem Ziel größtmöglicher Flexibilität und Reversibilität entwickelt wurden. Die bisherigen Modelluntersuchungen geben nur ein Teil des Spektrums an möglichen Steuerungsvarianten wider. Es sind hier in jeder Hinsicht Potenziale vorhanden, die Steuerung entsprechend der Ergebnisse aus Monitoring- und / oder weiteren Modelluntersuchungen und vorbehaltlich der Vereinbarkeit mit den rechtlichen Anforderungen anzupassen. Dieses betrifft einerseits die Möglichkeiten im Sinne einer verbesserten Wirksamkeit aus hydromorphologischer Sicht, andererseits aber auch die Reaktionsfähigkeit auf besondere Beeinträchtigungen, die durch die Steuerung hervorgerufen werden. Für die weitere Optimierung der Steuerungsvarianten sind die Anforderungen aus der Schifffahrt, von der Ökologie, der Wasserwirtschaft und gegebenenfalls weitere Nutzungsinteressen zu berücksichtigen.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die Anpassungsfähigkeit auch insoweit gegeben ist, dass Kombinationen von Steuerungsvarianten möglich sind und damit „scheinbar weniger effektive“ Varianten im Vorfeld nicht schon grundsätzlich auszuschließen sind.

Konkret bedeutet dies, dass an folgenden Stellschrauben Optimierungen möglich sind:

- Höhenlagen der Torstellung
- Grad des Querschnittsverbaus
- Zeitfenster der Steuerungsfunktion innerhalb der Tide
- Zeitfenster der Steuerungsfunktion tagsüber / nachts
- Zeitfenster der Steuerungsfunktion saisonal, bzw. abhängig vom Oberwasserabfluss
- Kombinationsmöglichkeiten der Steuerungsvarianten (sowie weiter optimierter Steuerungsvarianten) in Abhängigkeit von Nutzungsanforderungen

Da es in allen Fällen zu Einschränkungen kommt, ist zur besseren Planbarkeit frühzeitig ein Betriebsplan zu erstellen, der transparent diesen Belangen Rechnung trägt.

Ausnahme Schleuse: Im Falle der Notwendigkeit des Einbaus einer Schleuse wird ein massives Bauwerk in einen Teil des Querschnittes des Ems einzubauen sein. Dieses Bauwerk ist fest und daher nicht reversibel. Allerdings könnte das Bauwerk möglicherweise so ausgebildet sein, dass es nur im Falle der Sperrwerkssteuerung in Funktion tritt und in den übrigen Zeiten der Durchfluss durch eine komplett offene Schleuse weniger eingeschränkt ist. Damit könnte der Querschnittsverbau nur zeitweise notwendig sein und die Auswirkungen minimiert werden.

Es ist festzuhalten, dass die Maßnahme allen Anforderungen an die Anpassungsfähigkeit und Nachsteuerbarkeit gerecht wird.

4.11. Planungs- / Genehmigungsverfahren und –dauer, Umsetzungsdauer

Unter Berücksichtigung der Lage der geplanten Maßnahme in einem FFH-Gebiet (Unterems und Außenems 2507-331), einem geplanten Naturschutzgebiet (Unterems) und teilweise in einem Vogelschutz-Gebiet (V10 Emsmarsch von Leer bis Emden DE 2609-401) und der verschiedensten Wirkungen des Vorhabens insbesondere auf die Schutzgüter Wasser, Tiere, Pflanzen, Biologische Vielfalt und Boden erscheint die Zulässigkeit eines vereinfachten und zeitlich weniger aufwändigen Plangenehmigungsverfahrens nicht gegeben.

Die Verpflichtung zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung ist bei allen Varianten erforderlich und somit auch die Durchführung einer Planfeststellung.

Vorplanung

Bis zur eigentlichen Antragstellung sind folgende Schritte zu durchlaufen:

1. Vorplanung
2. Festlegung des Untersuchungsrahmens
3. Durchführen der
 - naturschutzfachlichen Untersuchungen (UVU, WRRL, FFH-VP etc.)
 - nautischen Untersuchungen
 - hydro-morphologischen Untersuchungen
 - ggf. weitere Untersuchungen
4. Erstellung der Antragsunterlagen

Im Zuge der Vorplanung des Vorhabens sind alle Unterlagen zusammenzustellen, die für die Ermittlung des inhaltlichen, zeitlichen und räumlichen Untersuchungsumfanges der UVU von Bedeutung sind. Dies gilt nicht nur für eine favorisierte Zielvariante sondern auch für eventuelle Vorhabensalternativen, die möglicherweise geringere nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt haben, technisch durchführbar und nicht mit unverhältnismäßig hohem Aufwand verbunden sind. Die rechtliche Verpflichtung hierzu ergibt sich aus dem UVPG, dem BNatschG sowie dem WHG.

Nach Abstimmung des Rahmens kann mit der Durchführung der erforderlichen Untersuchungen begonnen werden. Der zeitliche Aufwand wird durch die erforderlichen Erfassungen bestimmt, die im Regelfall über ein Jahr durchgeführt werden, wobei davon ausgegangen wird, dass auf umfangreiche Datenbestände zurückgegriffen werden kann. Somit ist davon auszugehen, dass bis zur Fertigstellung der Antragsunterlagen 2 Jahre vergehen.

Eine Schleusenlösung mit einer erforderlichen Anpassung an das bestehende Fahrwasser hätte für die Erstellung der Antragsunterlagen einen Zeitbedarf von weiteren 18 Monaten zur Folge, da die technischen Planungen bereits in diesem Verfahrensschritt deutlich aufwändiger wären.

Genehmigungsverfahren, -dauer:

Bei allen möglichen Alternativen handelt es sich primär um einen Gewässerausbau im Sinne des § 67 WHG mit einem erforderlichen Genehmigungsverfahren nach § 68 WHG. Die zuständige Genehmigungsbehörde ist in diesem Fall der NLWKN.

Die zu durchlaufenden Verfahrensschritte und zeitlichen Vorgaben werden durch die entsprechenden Vorgaben des Verwaltungsverfahrensgesetzes bestimmt.

Von der Einreichung des Planes bei der zuständigen Behörde, über das Anhörungsverfahren, die Erörterung bis zur Fassung des Beschlusses vergeht daher mindestens 1 Jahr. Ein Zeitrahmen von 2-3 Jahren erscheint jedoch realistisch, wobei dieser Ansatz keine Verzögerungen (Klage) berücksichtigt.

Ausführungsplanungen:

Aus dem Beschluss ergeben sich Hinweise und Auflagen, die in den weiteren Planungen bzw. Ausführungen zu berücksichtigen sind.

Eine dezidierte abschließende Ausführungsplanung kann somit erst mit einem rechtskräftigen Beschluss erfolgen und würde bei der Schleusenlösung unter Berücksichtigung der erforderlichen umfassenden technischen Planungen bis zu 2 Jahre in Anspruch nehmen. Sollte die Ausführungsvariante keine baulichen Anpassungen bzw. nur eine Ergänzung der Infrastruktur vorsehen (Bau von Wartepätzen), ist von einer entsprechenden Verkürzung des Zeitansatzes auszugehen.

Umsetzungsdauer:

Die Umsetzung der Maßnahme ist ebenfalls stufenweise aufgebaut, wobei variantenabhängig insbesondere hinsichtlich der Planung der Durchführung (Werkstattplanung) sowie der baulichen Realisierung von unterschiedlich langen zeitlichen Ansätzen auszugehen ist.

Die Ausschreibung zur Vergabe der baulichen Maßnahmen kann zeitlich als konstante Größe mit 6 Monaten angenommen werden.

- Zeitweise Komplettschließung (Variante 3):
 - Bau von Wartepätzen oberhalb und unterhalb des Sperrwerks
 - keine weiteren Anpassungsmaßnahmen erforderlich
 - Planung und Durchführung 0,5 Jahre

- Varianten ohne bauliche Anpassungsmaßnahmen am Sperrwerk:
(Variante 4, ggf. Varianten 1, 2, 5)
 - Sohlsicherung sowie Bau von Wartepätzen oberhalb und unterhalb Sperrwerk
 - Planung und Durchführung 1 Jahr

- Sohlschwellenlösung einschl. baulicher Anpassungsmaßnahmen am Sperrwerk
(ggf. Varianten 1, 2, 5)
 - Sohlsicherung sowie Bau von Wartepätzen oberhalb und unterhalb Sperrwerk
 - Ersatz / Ergänzung / Ertüchtigung von Toren, Dichtungen
 - Ausführungsplanung 1 Jahr
 - Ausführung 1 Jahr

- Schleuse:
 - Bau der Schleuse, einschließlich Sohlsicherung, Vorhafen, Zufahrt,
 - Ausführungsplanung 2 Jahre
 - Ausführung 5 Jahre

Zusammenfassend ist festzustellen, dass alle betrachteten Varianten einer Planfeststellung bedürfen, da eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen ist. Unter Berücksichtigung der Erfahrungen an Weser und Elbe hinsichtlich der laufenden Genehmigungsverfahren, können die in diesem Zusammenhang getroffenen Annahmen nur grobe Anhaltswerte darstellen.

4.12. Überschlägiger Kostenrahmen

4.12.1 Vorbemerkung

Im Rahmen dieser Machbarkeitsuntersuchung werden verschiedene Möglichkeiten (5 Varianten) des Sohlschwellenansatzes zur Lösung des Schlickproblems in der Ems behandelt. Diese Varianten sind in ihrer reinen Steuerungsstrategie zunächst einmal festgelegt und lassen sich voneinander abgrenzen.

Zur Realisierung einer Gesamtmaßnahme sind jedoch weitere Module erforderlich, die mit den einzelnen Steuerungsvarianten auf unterschiedliche Weise kombiniert werden können. Auch können die zunächst festgelegten Steuerszenarien selbst zukünftig noch im Rahmen von Optimierungsmaßnahmen kombiniert bzw. miteinander verschnitten werden.

Es ist daher derzeit noch nicht möglich, die einzelnen Varianten mit jeweiligen Gesamtkosten zu versehen. Es werden daher im Folgenden die verschiedenen Kostenblöcke, soweit möglich, abgeschätzt, woraus sich dann je nach Kombination der Module zumindest ein Kostenrahmen bilden lässt.

Die genauere und vollständige Angabe der Kosten sowie die Einbeziehung des Nutzens der Maßnahme bleiben einer späteren Nutzen-Kosten-Betrachtung vorbehalten.

4.12.2. Investitionskosten

In die Investitionskosten gehen alle Maßnahmen ein, die im Falle der Umsetzung einer Maßnahme zur Funktionsfähigkeit derselben erforderlich sind. Dies sind Bau- und Ertüchtigungsmaßnahmen am Baukörper des Emssperrwerks selbst, Maßnahmen zur Sohlsicherung des Gewässers im Umfeld des Sperrwerks und Maßnahmen, die den Schiffsverkehr aufrecht erhalten.

Je nach eingesetzter Sohlschwellenvariante und Anforderungen an den Hochwasserschutz (z. B. doppelte Verschlussicherheit) unterscheiden sich die am Baukörper des Emssperrwerks vorzunehmenden Maßnahmen.

Für die Varianten 1 und 2 (Flexible Sohlschwelle 2 / 4 h) ist ggf. eine Ertüchtigung des Kreis-drehsegment-Verschlusses erforderlich, was mit maximal 2,5 Mio. € zu veranschlagen ist (IMS, 2015). Sollte aus Sicht des Sturmflutschutzes, um den vorhandenen Verschluss zu diesem Zweck vorzuhalten, ein zusätzliches Schwellenelement in der HSÖ erforderlich sein, werden die Kosten dafür zu ca. 17 Mio. € abgeschätzt. Dieselbe Überlegung wäre auch für die Variante 5 (Teilöffnung mit Sohlschwelle) anzustellen.

Für die weiteren Sperrwerksverschlüsse in der Variante 4 „Teilöffnung“ sind zunächst keine Kosten verursachende Ertüchtigungsmaßnahmen vorgesehen, ebenso wenig für die zeitweise Komplettschließung (Variante 3).

Auch das Erfordernis einer Sohlsicherung ist abhängig von der zum Einsatz kommenden Variante. So ist für die zeitweise Komplettschließung (Variante 3) bestenfalls eine geringe Ertüchtigung stromab des Sperrwerks erforderlich, die kostenmäßig hier nicht erfasst wird. Für die Varianten 4 und 5 (Teilöffnung) wird der gleiche Ansatz zur Sohlsicherung wie bei der NLWKN-Variante gewählt. Die Kosten dafür belaufen sich auf ca. 23 Mio. € (s. ebenda). Bezüglich der erforderlichen Sohlsicherung muss die Flexible Sohlschwelle (2h / 4h) als ausgesprochen ungünstig bewertet werden. Sie hätte, grob geschätzt, den dreifachen Umfang der für die Varianten 4 und 5 angesetzten Maßnahme, was Kosten in Höhe von knapp 60 Mio. € entspricht.

Zur Sicherstellung der Leichtigkeit und Sicherheit des Schiffsverkehrs sind für alle Varianten Wartepplätze vorzuhalten. Die Herstellkosten belaufen sich dafür auf ca. 6,5 Mio € (bei Installation der Maßnahme ohne Schleuse). Beim Betrieb einer Schleuse kann die erforderliche Anzahl an Wartepätzen um je 2 - 4 Stück reduziert werden. Die Herstellkosten belaufen sich dann auf ca. 4,5 Mio €.

Ggf. ist zur Aufrechterhaltung des Schiffsverkehrs der Bau einer Schleuse erforderlich. In einer früheren Kostenschätzung (2009) wurden für den Bau einer wie in Kap. 4.1.4 beschriebenen Schleuse ca. 94 Mio € veranschlagt. Vor dem Hintergrund der aktuellen Preisentwicklung und unter Berücksichtigung der stark gestiegenen Baukosten für die Nesserlander Schleuse in Emden, die trocken im gut erreichbaren Baufeld hergestellt ca. 120 Mio € kosten wird (Stand 2014), erscheint dies als zu gering.

Im Moment plant die WSV z.B. einen Neubau der kleinen Schleuse in Kiel Holtenau in ähnlicher Größe wie die Nesserlander Schleuse in Emden, allerdings mit 2 Kammern und mit einem geplanten Gesamtvolumen von 240 Mio. €. Es kann demnach eher davon ausgegangen werden, dass Kosten von ca. 120 Mio € für den Bau einer Schleuse mit einer Kammer dieser Größe anfallen werden.

Eine realistische Kostenschätzung für das Projekt Schleuse im Emssperrwerk im jetzigen Planungsstand muss beim Bau einer Binnenschiffsschleuse ähnlicher Größe zunächst diese Preisentwicklung abbilden, bzw. den größeren Bauumfang beim Bau einer Seeschleuse zusätzlich berücksichtigen. Hinzu kommt, dass die zu erwartende Baustelle nur auf dem Wasserweg erreicht werden kann. Beide Faktoren zusammen führen für den Bau einer Binnenschiffsschleuse zu einer Kostenschätzung in Höhe von ca. 150 Mio €, während für den Bau einer Seeschiffsschleuse ca. 240 Mio € aufzuwenden sein werden.

Für die Passage durch die Schleuse muss für den Zu- und Ausfahrtsbereich voraussichtlich eine weitere Fahrrinne geschaffen werden (s. Bild 4.7.). Die Kosten werden zu 30 Mio. € abgeschätzt.

4.12.3. Laufende Kosten

Zu den laufenden Kosten gehören ständige bzw. in Intervallen wiederkehrende Kosten, die zusätzlich aufgrund einer Sohlschwellen-Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Schifffahrt und des Betriebs des Sperrwerks erforderlich sind.

Die zusätzlichen Aufwendungen (Wartung und Personal) am Sperrwerk selbst werden vom NLWKN als Sperrwerksbetreiber zu 2,0 Mio. €/a abgeschätzt. Diese für Variante 6 (Teilöffnung NLWKN) ermittelte Summe wird für die WSV-Varianten übernommen, da es sich um ähnliche Szenarien mit folglich ähnlich hohem Betreuungsaufwand handelt. Der Betrieb der Schleuse kann mit ca. 0,5 Mio. €/a (Erfahrungswert Neue Seeschleuse Emden) angesetzt werden.

Für die Unterhaltung der Wartebereiche werden ohne Schleuse ca. 4,0 Mio. €/a (mit Schleuse etwas weniger) veranschlagt. Der Unterhaltungsaufwand für den zusätzlichen Strang der Fahrrinne kann derzeit noch nicht abgeschätzt werden, dieser wird sich erst im laufenden Betrieb zeigen. Vor dem Hintergrund der von Zanke (Sohlsicherung und Kolkbildung am ESW, 2016), zitiert bei NLWKN (2016) ermittelten Aufwendungen im Nahbereich des Emssperrwerkes sind die zu erwartenden Aufwendungen zur Unterhaltung des gesamten Raumes vor und hinter dem Emssperrwerk (incl. der Fahrrinne mit Liegewannen bei den Varianten ohne Schleuse als auch beider Fahrrinnen mit Liegewannen bei den Varianten mit Einbau einer Schleuse) näher zu untersuchen. Da der Manövrierraum im Nahbereich des ESW sehr stark eingeschränkt ist, kann erfahrungsgemäß mit den gängigen kostengünstigen Techniken (Hopperbagger o.ä.) möglicherweise nicht gearbeitet werden.

Der zukünftige Aufwand für Verkehrssicherungsmaßnahmen und Verkehrslenkung kann derzeit noch nicht abgeschätzt werden. Dies ist erst nach weiteren detaillierten nautischen Untersuchungen und genauer Festlegung der zum Einsatz kommenden Varianten möglich.

4.12.4. Sekundärkosten

Unter Sekundär- oder Folgekosten sind Aufwendungen für Kompensations- bzw. Kohärenzmaßnahmen sowie Entschädigungen an Dritte zum Ausgleich von maßnahmeninduzierten Mehrkosten erfasst.

Für folgende Flächen werden Kohärenzmaßnahmen erforderlich:

- Fläche der zusätzlichen Sohlsicherung
- ggf. für verlorene Wattflächen durch Anhebung des Tideniedrigwassers
- Fläche des zusätzlichen Fahrrinnenstranges

Diese Flächen sind je nach Variante unterschiedlich groß und ökologisch unterschiedlich zu bewerten. Es wird hier auf das Kapitel 4.5. „Einschätzung möglicher Umweltauswirkungen (EMU)“ verwiesen. In einer ersten Abschätzung wird von Kosten in Höhe von ca. 10 Mio. € ausgegangen.

In der Variante 3, der zeitweisen Komplettschließung des Sperrwerks, ergeben sich durch die Anhebung des Tideniedrigwassers erhöhte Entwässerungskosten für die jeweiligen Verbände. Diese belaufen sich nach IMS (2013) auf einmalige Ertüchtigungskosten von ca. 150.000 € und für laufend erhöhte Energiekosten durch erhöhten Pumpaufwand von ca. 210.000 €/a.

4.12.4. Kostenzusammenstellung

In den folgenden Tabellen sind die Kosten nach Kostenarten gegliedert, zusammengestellt.

Tabelle 4.9.: Zusammenstellung der Investitionskosten

Investitionskosten			
Modul	Ausführungsform	geschätzte Baukosten in Mio. €	Bemerkungen
Maßnahmen am Baukörper Emssperrwerk	Ertüchtigung des vorh. Kreisdrehssegments	2,5	Varianten 1, 2 (Flex.Sohlschwelle), Variante 5 (Teilöffnung mit Sohlschwelle)
	zusätzl. Schwellenelement in HSÖ	17,0	
Sohlsicherung	ggf. Errichtung der vorhandenen Sohlsicherung	0,0	Variante 3 (Zeitweise Komplettschließung)
	32 ha	23,0	Varianten 4, 5 (Teilöffnungen)
	ca. 100 ha	60,0	Varianten 1, 2 (Flex.Sohlschwelle)
Maßnahmen für den Schiffsverkehr	Warteplätze (mit Schleuse)	4,5	abhängig vom Erfordernis einer Schleuse
	Warteplätze (ohne Schleuse)	6,5	
	Schleuse (Binnenschiff)	150,0	Art und Abmessungen der Schleuse noch festzulegen
	Schleuse (Seeschiff)	240,0	
	Verlegung der Fahrrinne	30,0	Nur für Schleusenbetrieb
Beispiel Minimalversion	Variante 3 (Zeitweise Komplettschließung), keine Schleuse	6,5	nur Warteplätze für Schifffahrt (ggf. geringe Ertüchtigung der Sohlsicherung)
Beispiel Maximalversion	Variante 1 / 2 (flex. Sohlschwelle), zusätzl. Schwellenelement HSÖ, Seeschiffsschleuse	351,5	

Bei den Investitionskosten (Tabelle 4.9.) sind zusätzlich für 2 Beispiele der Ausführungen die modulweisen Summierungen erfolgt und farblich hinterlegt (Minimalversion grün, Maximalversion violett). Je nach Variante und den erforderlichen Investitionen aus dem Bereich des Schiffsverkehrs ergibt sich ein derzeit noch weit gespreizter möglicher Kostenrahmen.

Bei den laufenden und Sekundärkosten (Tabellen 4.10. und 4.11.) handelt es sich größtenteils um Abschätzungen und Erfahrungswerte, die erst im laufenden Betrieb verifiziert werden können. Insbesondere den laufenden Kosten sind in einer späteren Nutzen-Kosten-Analyse die möglichen Ersparnisse eines reduzierten Baggeraufwandes gegenüberzustellen.

Tabelle 4.10.: Zusammenstellung der laufenden Kosten

Laufende Kosten			
Modul	Beschreibung	jährliche Kosten in Mio. € / a	Bemerkungen
Maßnahmen am Baukörper Emssperrwerk	Mehraufwand Wartung und Personal Sperrwerk	2,0	alle Varianten (WSA u. NLWKN)
Sohlsicherung	Kontrolle und Ausbesserung		noch keine Angabe möglich, abhängig von Beanspruchung und Qualität
Maßnahmen für den Schiffsverkehr	Unterhaltung Warteplätze	4,0	Baggerarbeiten
	Schleusenbetrieb	0,5	Erfahrungswert Neue Seeschleuse Emden
	Unterhaltung ober- und unterhalb ESW (Fahrinnen, Liegewannen)		kann erst im laufenden Betrieb ermittelt werden
	Verkehrssicherung, Verkehrslenkung		detaillierte nautische Untersuchungen erforderlich

Tabelle 4.11.: Zusammenstellung der Sekundärkosten

Sekundärkosten			
Bereich	Beschreibung	Kosten in Mio. €	Bemerkungen
Ökologie	Kompensation, Kohärenz (Verlust Wattflächen, Flächenausgleich Schleuse / Sohlsicherung / Fahrinne)	10,00	Verlust von Wattflächen (nur bei Variante 3) Flächenausgleich zusätzl Sohlsicherung, zusätzl. Fahrinnenstrang (incl. Schleuse)
Entschädigung Dritter	Entwässerungsverbände	0,15	einmalig für Ertüchtigungsmaßnahmen
		0,21	jährlich für erhöhte Pumpkosten

5. Zusammenfassung

Gemäß Artikel 10 des Masterplans Ems 2050 hat der Bund es übernommen, eine Machbarkeitsuntersuchung zum Einbau einer Sohlschwelle am Emssperrwerk durchzuführen. Ziel der hiermit vorgelegten Machbarkeitsuntersuchung ist die Feststellung der grundsätzlichen Machbarkeit und die Identifizierung von Vor- und Nachteilen verschiedener Lösungsvarianten zur Reduzierung des Schlickanfalls in der Unterems.

Im Ergebnis eines iterativen Untersuchungsprozesses wurde ein Bündel unterschiedlicher Maßnahmen untersucht, die allesamt eine Nutzung des Emssperrwerkes zur Steuerung der Tide beinhalten. Dabei werden je nach Variante unterschiedliche bauliche Anpassungen des Sperrwerkes notwendig. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist in Tabelle 5.1. gegeben (s. auch Anlage 2). Für die verschiedenen Varianten flexibler Sohlschwellen sind teilweise Umbauten oder Erweiterungen der Verschlüsse in den Öffnungen des Sperrwerkes erforderlich.

In jedem Fall muss bei den Varianten der flexiblen Sohlschwelle im Flutstrom und der Teilöffnungen (Varianten 1, 2, 4, 5) eine Sohlsicherung im Nahbereich des Sperrwerkes errichtet werden um das Flussbett gegen hohe Strömungsgeschwindigkeiten zu sichern. Der genaue Umfang der Sohlsicherung richtet sich nach der jeweiligen Strömungsfahne. Diese wiederum wird durch die unterschiedlichen Torsteuerungen beeinflusst.

Die unterschiedlichen Varianten beinhalten zudem eine unterschiedlich starke Einschränkung der Passierbarkeit des Emssperrwerkes, was zu Einschränkungen der Schifffahrt führt.

Technische Machbarkeit

Die Umsetzbarkeit einzelner technischer Maßnahmen im Umfeld des Sperrwerkes wurde untersucht. Im Vordergrund standen dabei zunächst zusätzliche Verschlussorgane, die seawärts der bereits vorhandenen Sperrwerksverschlüsse installiert werden könnten. Diese erlauben einen Betrieb der jeweiligen Öffnung als Sohlschwelle, ohne die vorhandenen Verschlüsse zu nutzen. Im Ergebnis ist der Bau der neuen Verschlüsse möglich. Bei drei Varianten sind nach derzeitigen Erkenntnissen keine Umbaumaßnahmen erforderlich.

Aufgrund der starken Strömungen, die beim Betrieb einer flexiblen Sohlschwelle entstehen können, muss im Umfeld des Sperrwerkes die Sohle der Ems gesichert werden. Je nach betrachteter Variante unterscheidet sich auch die Fläche, die gesichert werden muss. Sie kann Größen von 32 bis 100 Hektar erreichen. Eine Sohlsicherung dieser Größe ist zwar grundsätzlich machbar, führt aber zu hohen Kosten.

Veränderungen der Passierbarkeit am Emssperrwerk führen zu Behinderungen für die Schifffahrt. Diese können durch Anpassungsmaßnahmen reduziert werden. Hierzu zählen die Einrichtung von Warteplätzen und unter Umständen der Bau einer Schleuse. Im Falle des Baus einer Schleuse müssen auch Warte- und Anfahrtbereiche neu geschaffen werden. Hinzu kommen der Bau und die Unterhaltung einer rund sieben Kilometer langen, zusätzlichen Fahrrinne, die die Schleuse und den Wartebereich an das vorhandene Fahrwasser anschließt.

Die technische Machbarkeit der Varianten und ggf. erforderlicher ergänzender Einrichtungen ist gegeben.

Nutzeneffekte

Zur Ermittlung der Nutzeneffekte einzelner Maßnahmen wurden die Studien der BAW (2016) ausgewertet. Bei der Analyse der Nutzeneffekte im Modell zeigte sich, dass alle Varianten in der Lage sind, eine Verbesserung herbeizuführen. Dies wurde anhand der Parameter Schwebstoffgehalt und residueller Schwebstofftransport deutlich. Während der Schwebstoffgehalt in unterschiedlicher Stärke abnimmt, verändert sich beim Schwebstofftransport vor allem die Transportrichtung. Die im Ist-Zustand zu beobachtende Flutstromdominanz, die für die derzeitige starke Verschlickung mit verantwortlich ist, wird teilweise in eine Ebbstromdominanz gekehrt. Die stärkste Veränderung ist für die flexible Sohlschwelle im Flutstrom (4-Stunden-Lösung) bei Teilöffnung aller Tore gegeben. Insgesamt zeigen die Varianten einer Sohlschwelle im Flutstrom die besten Ergebnisse.

Hinweis zum Ziel- und Bewertungskatalog:

Mit den Ergebnissen der BAW und ergänzend dazu den weiteren Einzelbetrachtungen in dieser Machbarkeitsuntersuchung können Aussagen zu den genannten Parametern, den Indikatoren und den operativen Zielen nach Artikel 1 (4) und (5) gemäß dem Entwurf eines Ziel- und Bewertungskataloges getroffen werden. Damit kann die notwendige Vergleichbarkeit für einen abgestimmten Maßnahmenvorschlag gewährleistet werden.

Die betrachteten Varianten sind geeignet, die Schlicksituation in der Unterems deutlich zu verbessern.

Flächenbedarf

Für Umbauten am Sperrwerk (z.B. neue, vorgelagerte Verschlüsse) liegt nur ein äußerst geringer Flächenbedarf vor. Dieser bewegt sich darüber hinaus im Bereich der derzeitigen

Sohlsicherung. Vergrößern würde sich der Flächenbedarf durch Einrichtung einer großflächigen Sohlsicherung im Sperrwerksumfeld.

Großer Flächenbedarf würde auch bei Einrichtung einer Schleuse bestehen. Diese benötigt eine neue Fahrrinne sowie mehrere Warteplätze. Dadurch würden bis zu 50 ha zusätzlich benötigt.

Der Flächenbedarf richtet sich nach der Umsetzungsvariante, wird allerdings nicht in einem Umfang notwendig werden, der die Umsetzung der Maßnahme in Frage stellen würde.

Raumwiderstände

Die einer Umsetzung der Maßnahme entgegenstehenden Raumwiderstände sind von der jeweils betrachteten Maßnahme abhängig. Relevant sind vor allem FFH-Gebiete und weitere Beschränkungen durch den Naturschutz. Auch die Nutzbarkeit der Ems als Bundeswasserstraße kann einen Raumwiderstand bedeuten. Abhilfe kann durch Kohärenz- und Kompensationsmaßnahmen geschaffen werden.

Raumwiderstände, die die Umsetzbarkeit der Maßnahme gefährden, sind nicht zu erkennen.

Einschätzung möglicher Umweltauswirkungen

In seiner „Einschätzung möglicher Umweltauswirkungen von Maßnahmen zur Tide-Steuerung am Emssperrwerk“ hat der NLWKN einen eigenständigen Bericht zur frühzeitigen Identifikation möglicher (schwerwiegender) Planungs- und Genehmigungshindernisse vorgelegt. Darin wurden für die sechs vorgelegten Varianten die möglichen Beeinträchtigungen in drei Hauptkomponenten (Beeinträchtigung durch Sohlverbau, Verminderung der ökologischen Durchgängigkeit und der Veränderung der hydro-morphologischen Kennwerte) zusammengefasst.

Eine erste, nicht abschließende Bewertung der Beeinträchtigungen durch den Bau einer Schleuse lässt erhebliche Beeinträchtigungen gem. § 34 BNatSchG mit den zugehörigen Kohärenz- und Kompensationsmaßnahmen erwarten.

Als Fazit werden für die Varianten 3 - 6 keine unüberwindbaren Planungs- und Genehmigungshindernisse identifiziert, während für die Varianten 1 und 2 sowie für den Bau einer Schleuse Genehmigungsvorbehalte nicht ausgeschlossen werden.

Wasserwirtschaftliche Verträglichkeit

Die Untersuchung der wasserwirtschaftlichen Verträglichkeit war Inhalt des Gutachtens von IMS (2013). Hier wurde der Einfluss der geplanten Maßnahmen auf insgesamt 110 Bauwerke der Entwässerung analysiert, die im Bereich der veränderten Parameter stehen. Untersucht wurden extreme Niederschlagsereignisse, Sturmfluten oder der Staufall.

Für die Varianten 1, 2, 4 und 5 ist von einer uneingeschränkten Verträglichkeit auszugehen, d.h. Änderungen an den Bauwerken sind nicht erforderlich. Bei der „zeitweisen Komplett-schließung“ dagegen müssen wegen des erhöhten Tideniedrigwassers einzelne Entwässerungsanlagen für die Binnenentwässerung angepasst werden. Dies ist allerdings mit verhältnismäßig geringem Kostenaufwand möglich.

Die wasserwirtschaftliche Verträglichkeit ist gegeben.

Verkehrliche Verträglichkeit

Einflüsse der Tidesteuerung auf die Schifffahrt wurden im Verkehrsgutachten der Firma Planco (2016) untersucht und unter Kapitel 4.7 beleuchtet.

Die Einschränkungen der Passierbarkeit des Emssperrwerkes, die durch alle untersuchten Varianten entstehen, führen zu einer Beeinträchtigung der Schifffahrt.

Diese kann – je nach gewähltem Steuerungsszenario und Nutzer (See-, Binnen- oder Freizeitschifffahrt) – mehr oder weniger stark ausfallen. Es ist in allen Fällen davon auszugehen, dass See- und Binnenschiffe die Unterems nicht mehr wie bisher befahren können.

Die Untersuchung zeigt jedoch, dass eine Verlagerung von Güterverkehren aller Voraussicht nach nicht stattfindet.

Zur Minimierung der Einschränkungen sind verschiedene Maßnahmen möglich.

So wird eine Begrenzung der Tidesteuerung auf bestimmte, für die Schifffahrt wenig relevante Zeiten ist zur weiteren Optimierung der Lösungsvarianten angestrebt. Auch ist es vorstellbar, dass die Schifffahrt selbst durch Anpassung des Fahrverhaltens zur Vermeidung von Wartezeiten beitragen. Eine weitere mögliche Minimierungsmaßnahme stellt die Erweiterung der Betriebszeiten an der Schleuse Herbrum dar. Des Weiteren könnte der Einbau einer Schleuse die Wartezeiten zum Teil erheblich verringern.

Weniger Schlickfall begünstigt voraussichtlich die Fahrwasserverhältnisse, was sich v.a. im unteren Vorhafen der Schleuse Herbrum vorteilhaft auswirken kann.

Für die Sicherheit des Verkehrs sind Maßnahmen zur Verkehrssicherung und der Bau von Warteplätzen und Liegestellen erforderlich.

Es sind noch Untersuchungen zur nautischen Befahrbarkeit im Nahbereich des Sperrwerkes bei veränderter Strömungssituation sowie zur Nutzung der einzurichtenden Warteplätze und Liegestellen (An- und Ablegen) erforderlich.

Die betrachteten Varianten beeinträchtigen die Schifffahrt je nach Steuerungsszenario und Nutzer in unterschiedlichem Maße.

Über das Ob und Wie von Ausgleichs- und Minderungsmaßnahmen müssen weitere Untersuchungen Aufschluss liefern.

Verträglichkeit mit anderen Maßnahmen des „Masterplan Ems“

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegt hierzu bislang nur ein eher geringer Konkretisierungsgrad der Maßnahmen vor, die sich relevant auf das Gesamtsystem auswirken können. Einen nennenswerten Einfluss können vor allem Tidepolder entwickeln, so dass im Modell der BAW zur Abschätzung die Anlage eines Tidepolders im Bereich Vellage untersucht wurde.

Im Ergebnis ist festzuhalten, dass zum gegenwärtigen Untersuchungszeitpunkt die Verträglichkeit der untersuchten Varianten mit relevanten Maßnahmentypen ausdrücklich gegeben ist, hier sogar positive Wirkungen erzielt werden können.

Widerstandsfähigkeit der Maßnahme gegen Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs

Die untersuchten Formen der flexiblen Sohlschwelle können an einen veränderten Meeresspiegel leicht angepasst werden. Dies ist z.B. durch andere Öffnungsweiten der Tore oder Auslösen der Steuerung bei anderen Wasserständen leicht möglich. Zur Flexibilität trägt zudem bei, dass eine Steuerung der Tide beliebig ein- oder ausgeschaltet werden kann.

Dies gilt allerdings nicht für die feste Sohlschwelle.

Die Widerstandsfähigkeit einer flexiblen Sohlschwelle gegen Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs ist gegeben.

Anpassungsfähigkeit / Nachsteuerungsmöglichkeit der Maßnahme

Die untersuchten Maßnahmen zeichnen sich durch eine große Anpassungsfähigkeit aus. Neben den vorliegend betrachteten Steuerungsvarianten sind eine Vielzahl weiterer Varien-

ten denkbar, die darüber hinaus miteinander kombiniert werden können. Anpassungen sind hinsichtlich der Höhenlagen der Torstellungen, dem Grad des Querschnittsverbaus, dem Zeitfenster der Steuerungsfunktion innerhalb der Tide, dem Zeitfenster der Steuerungsfunktion tagsüber / nachts, dem Zeitfenster der Steuerungsfunktion saisonal, bzw. abhängig vom Oberwasserabfluss und in Kombination möglich.

Es ist festzuhalten, dass die Maßnahme allen Anforderungen an die Anpassungsfähigkeit und Nachsteuerbarkeit gerecht wird.

Planungs- / Genehmigungsverfahren, und –dauer, Umsetzungsdauer

Bei allen Varianten ist davon auszugehen, dass aufgrund der Lage der Maßnahme in verschiedenen Schutzgebieten eine Umweltverträglichkeitsprüfung mit Planfeststellung notwendig ist. Insgesamt wird für die Vorbereitung der Antragstellung und der Genehmigung ein Zeitraum von 2-3 Jahren veranschlagt, im Falle des Erfordernisses einer Schleuse mehr. Insgesamt würden Varianten mit baulichen Maßnahmen am Sperrwerk, Sohlsicherung und Schleuse geschätzt sieben Jahre für Planung und Umsetzung benötigen. Varianten ohne bauliche Veränderungen könnten voraussichtlich innerhalb eines Jahres umgesetzt werden.

Überschlägiger Kostenrahmen

Die Investitionskosten werden maßgeblich vom Erfordernis einer Schleuse beeinflusst und liegen je nach Ausführung bei 150 Mio. € bis 240 Mio. €.



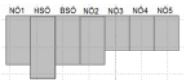
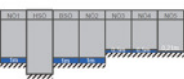
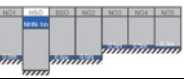
Die Kosten der Sohlsicherung belaufen sich für die Varianten 1 und 2 (flexible Sohlschwelle, 2h / 4h) auf 60 Mio. €, für die Teilöffnungs-Varianten 4 und 5 zu 23 Mio. €. Die zeitweise Komplettschließung kommt im Wesentlichen ohne zusätzliche Sohlsicherung aus.

Ertüchtigungsmaßnahmen am Sperrwerk selbst werden mit Kosten zwischen 2,5 Mio. € und 17 Mio. € veranschlagt.

Kompensations- und Kohärenzmaßnahmen werden zu 10 Mio. € abgeschätzt.

Laufende Kosten (Wartung und Betrieb) werden mindestens 6 – 7 Mio. € / a betragen. Erhöhte Unterhaltungskosten im Zufahrtsbereich zum Sperrwerk sind noch nicht enthalten.

Tabelle 5.1.: Zusammenstellung der Ergebnisse

Zusammenstellung der Ergebnisse der Machbarkeitsuntersuchung							
	Verträglichkeiten/Auswirkungen				Maßnahmen/Kosten		
	Wirkung	Technische Machbarkeit, Wasserwirtschaftliche Verträglichkeit	Verkehrliche, nautische Verträglichkeit	Umweltauswirkungen (ohne Schleuse und Wartepätze)	Maßnahmen am Baukörper erforderlich	erf. Sohlsicherung [ha]	Kostenrahmen*
Variante 1: Flexible Sohlschwelle 2 h 	hydromorphologisch sehr wirksam, hohe Strömungsbelastung	gegeben	bedingt gegeben, Einschränkungen für die Schifffahrt, Minimierung möglich	Beeinträchtigung von Schutzgütern, hält Alternativenprg. §34 BNatschG nicht stand (Sohlsicherung)	Ertüchtigung Kreisdrehschwellenelement/ ggf. zusätzl. Schwellenelement	100	Invest: 69-83,5 Mio €, Unterhaltung > 6 Mio. €/a
Variante 2: Flexible Sohlschwelle 4 h 	hydromorphologisch sehr wirksam, hohe Strömungsbelastung	gegeben	bedingt gegeben, Einschränkungen für die Schifffahrt, Minimierung möglich	Beeinträchtigung von Schutzgütern, hält Alternativenprg. §34 BNatschG nicht stand (Sohlsicherung)	Ertüchtigung Kreisdrehschwellenelement/ ggf. zusätzl. Schwellenelement	100	Invest: 69-83,5 Mio €, Unterhaltung > 6 Mio. €/a
Variante 3: Zeitweise Komplettschließung 	hydromorphologisch wirksam, keine Strömungsbelastungen	gegeben	bedingt gegeben, Einschränkungen für die Schifffahrt, Minimierung möglich	Beeinträchtigung von Schutzgütern Kohärenzmaßnahmen möglich (Durchgängigkeit und Sohlsicherung)		0	Invest: 6,5 Mio € Unterhaltung > 6 Mio. €/a
Variante 4: Teilöffnung 	hydromorphologisch sehr wirksam, geringe Strömungsbelastungen	gegeben	bedingt gegeben, Einschränkungen für die Schifffahrt, Minimierung möglich	Beeinträchtigung von Schutzgütern Kohärenzmaßnahmen möglich (Durchgängigkeit und Sohlsicherung)		32	Invest: 29,5 Mio €, Unterhaltung > 6 Mio. €/a
Variante 5: Teilöffnung mit Sohlschwelle 	hydromorphologisch sehr wirksam, geringe Strömungsbelastung	gegeben	bedingt gegeben, Einschränkungen für die Schifffahrt, Minimierung möglich	Beeinträchtigung von Schutzgütern Kohärenzmaßnahmen möglich (Durchgängigkeit und Sohlsicherung)	Ertüchtigung Kreisdrehschwellenelement/ ggf. zusätzl. Schwellenelement	32	Invest: 32 - 46,5 Mio €, Unterhaltung > 6 Mio. €/a
							* Schleuse zzgl. 180-270 Mio. €

Abschließendes Fazit:

Die untersuchten Varianten der flexiblen Tidesteuerung sind geeignet, die Schlicksituation in der Unterems deutlich zu verbessern.

Sie sind technisch umsetzbar.

Je nach Steuerungsszenario sind Beeinträchtigungen der Binnenentwässerung und der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs in unterschiedlichem Maße gegeben. Es bestehen Möglichkeiten, diese zu minimieren.

Entscheidungserhebliche Risiken bezüglich ihrer Umsetzung sind nicht erkennbar.

6. Schlussfolgerungen

Die stetige Weiterentwicklung der Szenarien auf der Basis hinzugewonnener Erkenntnisse sowohl auf Seite der BAW als auch auf der Seite des niedersächsischen Fachgutachters zeigt auf, dass sich die Modellvarianten der Flutstromsteuerung hinsichtlich ihrer Architektur (Torsteuerungsmodell, Tidezeitpunkt) annähern. Daraus ergibt sich, dass eine gemeinsame Fortsetzung der Untersuchungen und die Bearbeitung von konkreten Lösungsvarianten sinnvoll und zielführend sind.

Erklärtes Ziel sollte es sein, gemeinsam mit dem NLWKN einen Betriebsplan zu entwickeln und darauf aufbauend einen Untersuchungsrahmen festzulegen, der die in dieser Machbarkeitsuntersuchung beschriebenen Beeinträchtigungen berücksichtigt, sämtliche Minderungspotenziale erschließt und Wirkungseffekte konkretisiert. Dafür sind unabhängig von den Ergebnissen eines Scoping Termins folgende Detailbetrachtungen vorzunehmen:

a) Weitere Optimierung der Tidesteuerung

Die fortlaufende Optimierung der Szenarien durch die BAW hat gezeigt, dass mit zunehmendem Detaillierungsgrad die Untersuchungen zu immer besseren Ergebnissen geführt haben. Dieses erarbeitete Modellpotenzial sollte genutzt werden, um im Zusammenhang mit den künftigen konkreten Lösungsvarianten und zur Vorbereitung von wasserrechtlichen Verfahren Auswirkungsanalysen zu erstellen. Insbesondere bei der Kombination von Lösungsansätzen sind die positiven Effekte und Auswirkungen sensitiv zu betrachten. Diese Untersuchungen könnten bereits parallel zur Erarbeitung eines Betriebsplanes erfolgen und nach Ausarbeitung der Zielvarianten zum Abschluss kommen. Die Optimierungsaufgabe der Tidesteuerung behandelt Aspekte wie die Steuerungsdauer, Steuerungszeitpunkt in der Tidephase, sowie jahres- und tageszeitliche Differenzierungen. Es ist bereits erkennbar, dass bedeutende Potenziale für eine Reduzierung der Beeinträchtigung der Schifffahrt in der Ausschöpfung von Zeiträumen geringer Verkehrsfrequenzen liegt.

b) Ökologie

In Abhängigkeit von den Ergebnissen der Machbarkeitsuntersuchung und der darauf aufbauenden Gesamtabwägung, ist für die sich daraus ableitende Präferenz-Variante ein Antrags- und Genehmigungsverfahren durchzuführen. Je nach Beeinträchtigungsintensität ist ein mehr oder weniger differenziertes Planfeststellungsverfahren notwendig, um alle Auswirkungen auf die Schutzgüter konzentriert zu ermitteln und zu bewerten. Die Änderung des Betriebsplanes des Sperrwerks, die Anlage von Warteplätzen, der Bau einer Sohlsicherung und die gegebenenfalls notwendigen baulichen Maßnahmen zum Einbau einer Schleuse einschließlich eines neuen Anfahrtsstrangs wird Effekte auf die Umwelt hervorrufen, die im Detail zu untersuchen sind.

Um die Annahmen der unter Kapitel 4.5 aufgezeigten Einschätzungen der Umweltauswirkungen zu verifizieren, sind je nach Beeinträchtigungsgrad unterschiedlich detaillierte Um-

weltuntersuchungen erforderlich. Diese liefern die Basisdaten für die Erstellung einer Umweltverträglichkeitsprüfung, einer FFH-Verträglichkeitsprüfung sowie einer Prüfung der Vereinbarkeit mit der WRRL.

Ob die im Genehmigungsverfahren angenommenen Beeinträchtigungen eintreten, wird durch ein Monitoring der relevanten Parameter abzusichern sein. Dazu ist im Zuge des Antragsverfahrens ein Konzept vorzulegen.

c) Nutzen-Kosten-Untersuchung

In dieser Machbarkeitsuntersuchung sind nach den Festlegungen im Masterplan unter 4.12 Aussagen zum Kostenrahmen getroffen worden. Die konkrete Wirtschaftlichkeit der noch festzulegenden Lösungsvarianten ist zu ermitteln.

d) Verkehrsablauf, Nautik

Es ist zu erwarten, dass es im Zuge von zeitweisen Sperrungen der Durchfahrt durch das Emssperwerk zu Beeinträchtigungen der Schifffahrt kommt. In jedem Fall sind für die Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs, Minderungsmaßnahmen und Maßnahmen zur Verkehrssicherung vorzunehmen. Diese können je nach ausgewählter Lösungsvariante unterschiedlich ausgeprägt sein. Um allen Anforderungen Rechnung zu tragen, ist vor Festlegung eines Betriebsplanes hierfür ein Konzept zu erarbeiten, das den gesamten Fahrtverlauf verkehrender Schiffe wiedergibt. In Abhängigkeit der prognostizierten Strömungsgeschwindigkeiten und –richtungen sowie vorgesehener baulicher Hilfsmaßnahmen (Warteplätze, Fahrinnenanpassung) sind offene Fragestellungen gegebenenfalls mit nautischen Simulationen (Nautical Impact Assessment) abzusichern.

e) Veränderungen im Bereich Herbrum

Die Unterhaltungssituation im unteren Vorhafen der Schleuse Herbrum stellt sich derzeit sehr ungünstig dar. Eine Verbesserung der Sohliefen ist aufgrund des stromabwärts gerichteten Sedimenttransportes auch für diesen Bereich zu erwarten. Die Wirkung von künftigen Unterhaltungsmaßnahmen könnte einen positiven Einfluss auf die Verkehrssituation haben. Die Potenziale, die sich hieraus für den Verkehrsablauf ergeben, sind noch näher zu untersuchen.

Durch die Beeinflussung der Tide am Emssperwerk kommt es zu Schwall- und Sunkwellen, die in der Unterems durch Reflektion an der Staustufe Herbrum den Tideverlauf je nach betrachteter Variante unterschiedlich beeinflussen. Hier ist im weiteren Planungsprozess auf der Grundlage BAW-Empfehlungen das Optimierungspotenzial auszuschöpfen.

Die Machbarkeitsuntersuchung stellt die Ergebnisse einiger Teilgutachten zusammen, die bisher nicht mit der Fachöffentlichkeit diskutiert worden sind. Dieses ist für die Erreichung eines nachhaltigen, belastbaren Ergebnisses und zur Sicherstellung der Transparenz zügig nachzuholen und etwaige bislang nicht betrachtete relevante Hintergrundinformationen angemessen im weiteren Prozess zu berücksichtigen.

Die bedeutet im Einzelnen:

- Die Inhalte der Studie zur verkehrlichen Verträglichkeit sind nach Fertigstellung der Machbarkeitsuntersuchung in geeigneter Form mit den Schifffahrtstreibenden, Logistikern und Hafенbetreibern zu erörtern und konkrete Anforderungen und Potenziale herauszustellen.
Darüber hinaus bedarf das im Zuge eines konkreten Betriebsplanes aufzustellende und unter d) herausgestellte nautische Konzept der intensiven Abstimmung mit Schifffahrtstreibenden und Lotsen.
- Die Ergebnisse der wasserwirtschaftlichen Untersuchung wurden mit den zuständigen Deich- und Sielachten erörtert. Diese bewährte Zusammenarbeit ist bei der Entwicklung von Lösungen für die konkreten Betriebsformen der Tidesteuerung fortzusetzen.
- Die statische Leistungsfähigkeit des Emssperrwerkes ist für die Lösungsvarianten gemeinsam mit dem Bauwerkseigentümer (NLWKN) im Detail zu prüfen. Die in dieser Machbarkeitsuntersuchung aufgezeigte Vorbemessung einer Sohlsicherung ist zu konkretisieren und Bauabläufe sowie technische Anforderungen bei der Umsetzung zu berücksichtigen. Besonderes Augenmerk sind auch auf die Dauerhaftigkeit des Bauwerks und mögliche Auswirkungen auf den Generalplan Küstenschutz zu legen.

Um das Ziel des Masterplanes, eine Verbesserung des ökologischen Zustands der Ems unter gleichzeitiger Erhaltung der verkehrlichen Leistungsfähigkeit der Ems zu erreichen, bedarf es eines Kompromisses zwischen den ökonomischen und ökologischen Interessenslagen.

Ein erfolgreiches Planverfahren setzt Vertrauen voraus, das nur über eine nachhaltige Lösungsstrategie und auf der Grundlage einer transparenten Vorgehensweise zu gewinnen ist. Daher sind die Betroffenen frühzeitig in die konkreten Planungen einzubeziehen.

Die hier vorgelegte Machbarkeitsuntersuchung belegt das bedeutende Potenzial, dass Lösungen für eine nachhaltige Entwicklung der Unterems unter Inkaufnahme aufgezeigter Einschränkungen möglich sind.

Anlagen

Die Anlagen 1 bis 9 befinden sich in einem gesonderten Ordner.