



5. Schleusenkammer der NOK-Schleusenanlage Brunsbüttel

Wasserbauliche Systemanalysen zur neuen Vorhafengestaltung
hinsichtlich der Unterhaltungsbaggermengen, der Seegangbelastung
und des Hochwasserschutzes

www.baw.de



1.) Nautische Anforderungen an den Schleusenvorhafen

- Bereitstellung von hoch aufgelösten Strömungsfeldern für die nautischen Simulationen
- **Ermittlung des nautischen Flächenbedarfs**
(Hochschule Bremen, Dipl.Naut. Kapitän Hermann von Morgenstern)
- 4 Varianten -

2.) Vorhafengestaltung und Unterhaltungsaufwand

- Analyse der Sedimentationsprozesse
- Analyse der Optimierungsmöglichkeiten
- **Abschätzung der zukünftigen Baggermengen**
- 2 Varianten -

3.) Seegangsbelastung und Hochwasserschutz

- Randbedingungen bei Sturmflut
- **Simulationen im Seegangsmodell** (RWTH Aachen, IWW)
- Bemessungsparameter für die Bauwerke
- Prüfung der Hochwassersicherheit
- 1 Vorzugsvariante -

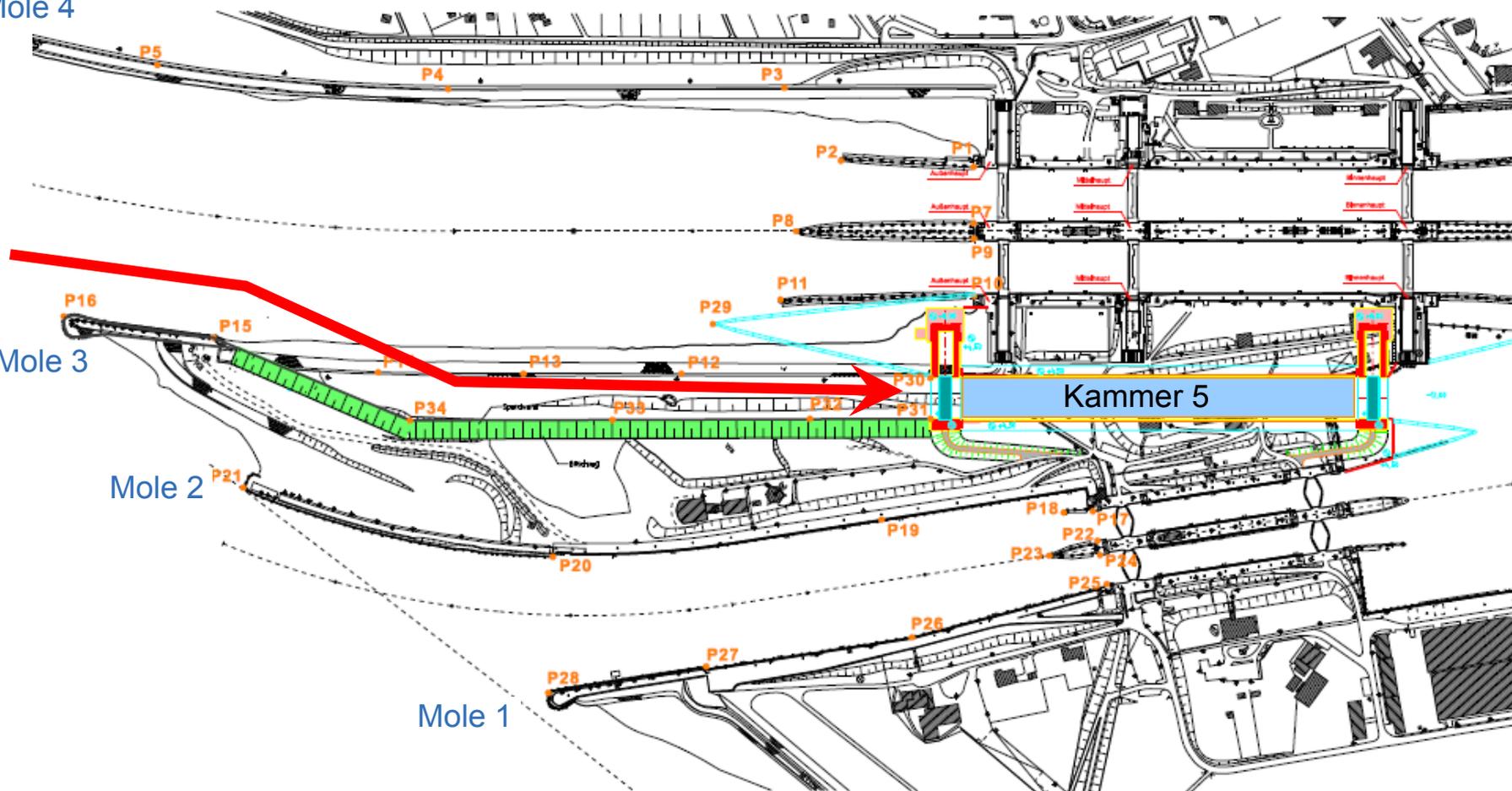
Überblick: Varianten

Mole 4

Mole 3

Mole 2

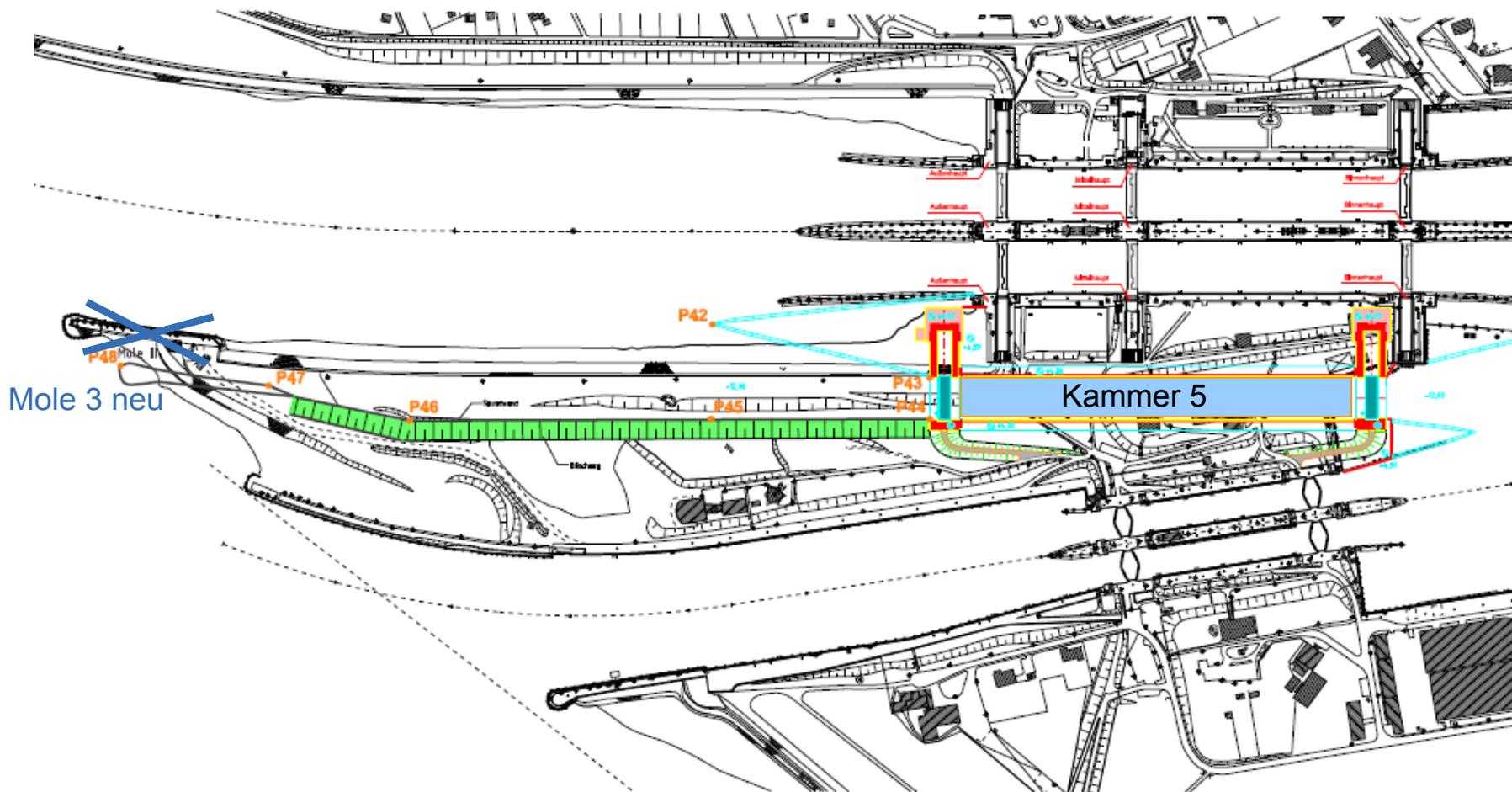
Mole 1



Variante 1: Erhalt der Mole 3

► aus nautischen Gründen ausgeschlossen

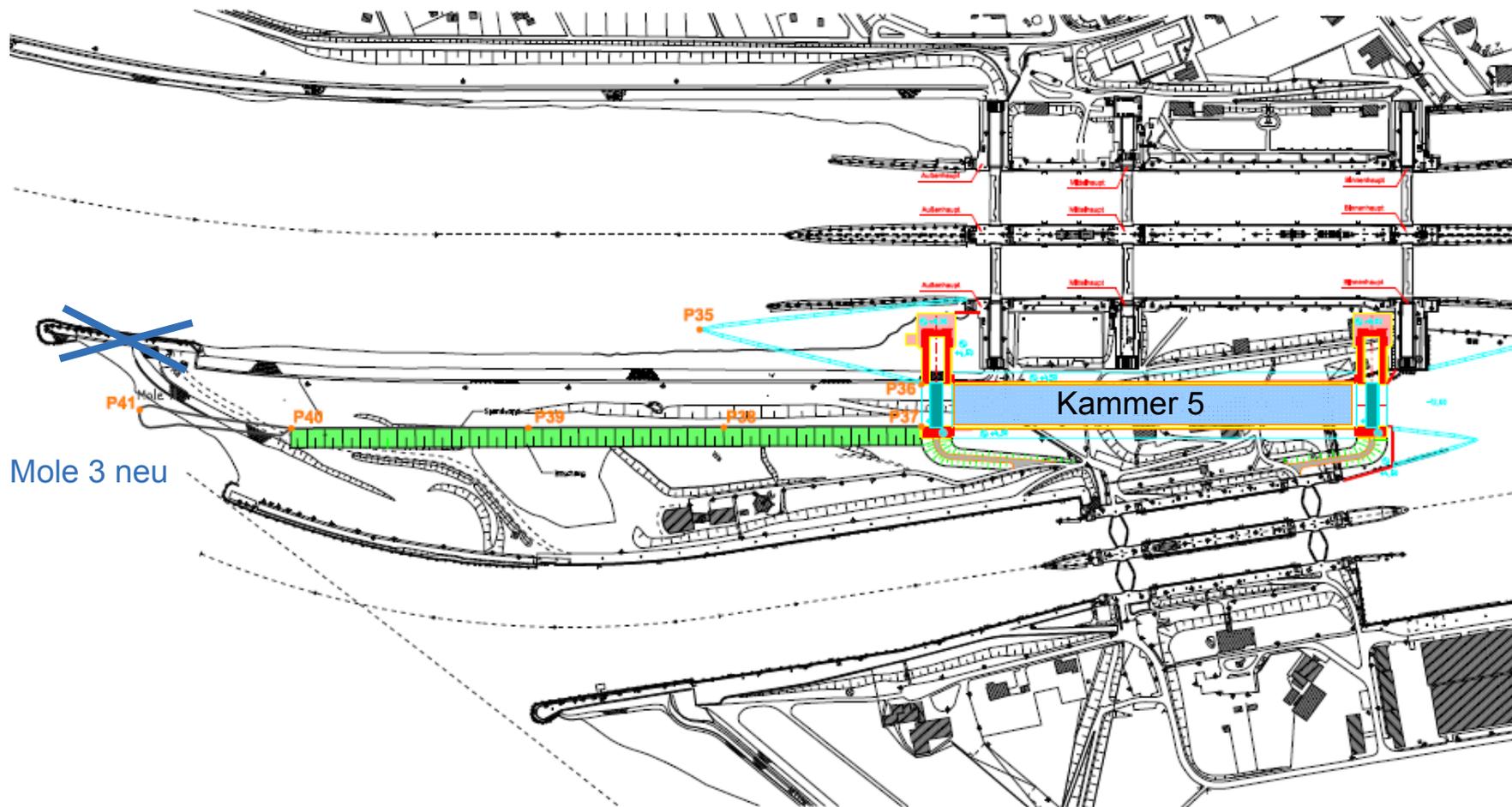
Überblick: Varianten



Variante 2: Kleiner Versatz der Mole 3

▶ aus nautischen Gründen ausgeschlossen

Überblick: Varianten

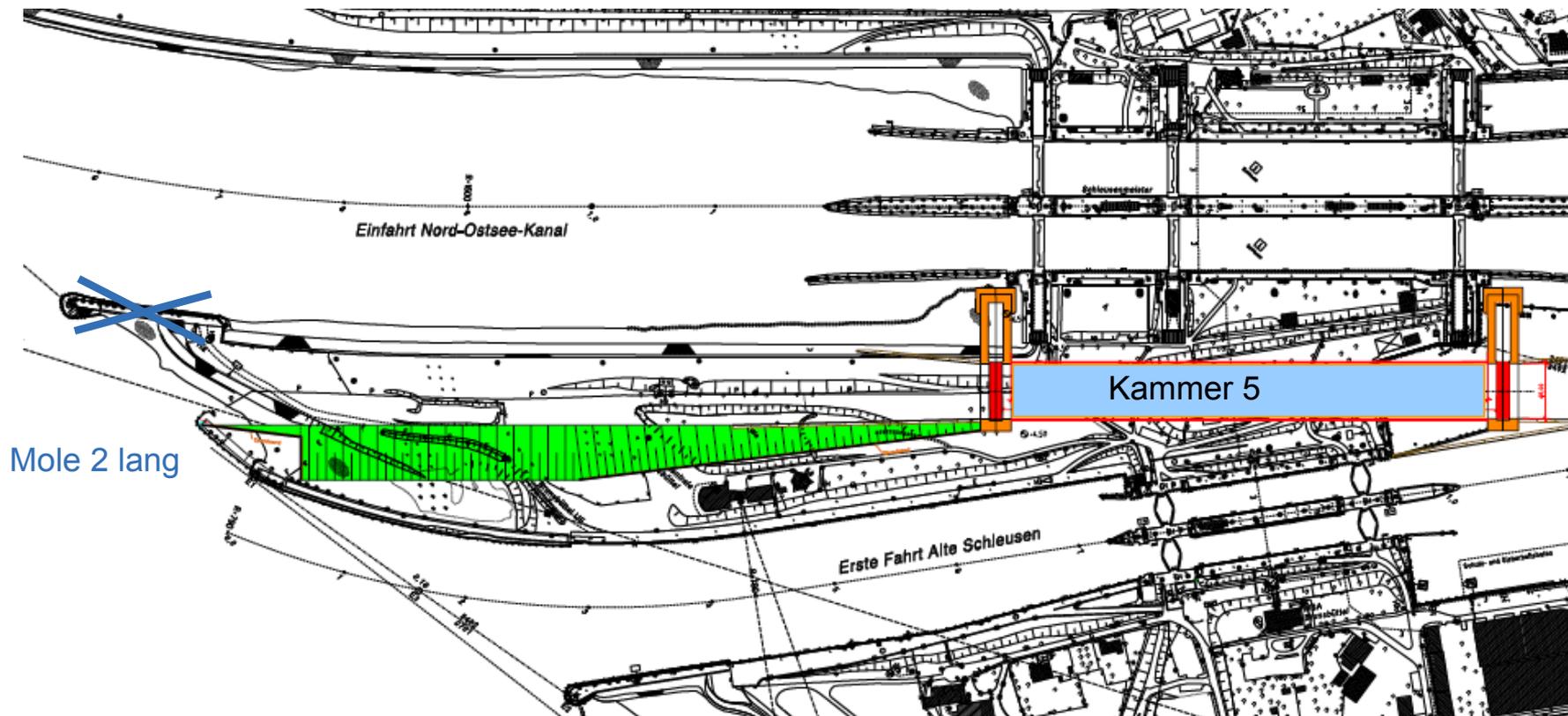


Variante 3: Großer Versatz der Mole 3

► wasserbaulich zu untersuchen



Überblick: Varianten



Variante 4: Lange Mole 2

► wasserbaulich zu untersuchen

Vorhafengestaltung und Unterhaltungsaufwand

Grundlagen:

1.) Vorliegende Untersuchungsergebnisse

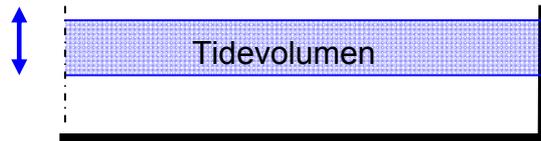
- Auswertung vorhandener Literatur und Unterlagen
 - **Anwendung auf die aktuelle Fragestellung**
- 
- Untersuchungen von MAGENS zur Verschlickung der Schleusenvorhöfen Brunsbüttel und der Ursachen (u. a. in Mitt. BAW, 1958)
 - Modelluntersuchungen der BAW für die Vorhöfen Brunsbüttel, 1976

2.) Ergänzende Simulationen

- hochaufgelöstes 3D-Modell

Vorhafengestaltung und Unterhaltungsaufwand: **Physikalische Prozesse**

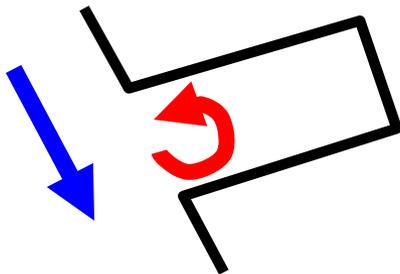
Tideeffekt (Fülleffekt)



rot: Anteil an der Sedimentation nach MAGENS
blau: ausbaubedingter Anstieg der maßgeb. Parameter

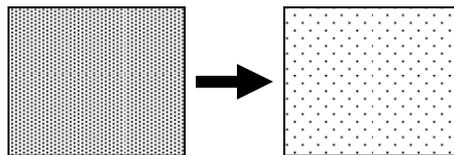
- abhängig allein vom Tidevolumen des Vorhafens
 - Varianten: +75% bis +90%
- durch Molengestaltung nicht beeinflussbar
- nach MAGENS: 15% der Gesamtwirkung

Strömungseffekt (Walzeneffekt)



- abhängig von der Intensität der Walzenbildung
- beeinflussbar durch Molengestaltung
- nach MAGENS: „sehr geringer Anteil“

Dichteeffekt



- abhängig von der Einfahrtsbreite und dem Gesamtvolumen des Vorhafens
 - Varianten: +30% bis +40%
- durch Molengestaltung nicht beeinflussbar
- nach MAGENS: 70% der Gesamtwirkung

Vorhafengestaltung und Unterhaltungsaufwand: Baggermengenabschätzung

Beispiel	relative Bedeutung		Änderung des Effekts		Änderung gewichtet			
	-- A --	-- B --	-- A --	-- B --	-- AA --	-- AB --	-- BA --	-- BB --
Effekte:								
TIDE	15	30	75	90	11	14	23	27
STRÖMUNG	5	20	10	50	1	3	2	10
DICHTE	70	50	40	40	28	28	20	20
Änderung gesamt					40	44	45	57
davon beeinflussbar (ein Teil von ...)					1	3	2	10

rote Zahlen: Angaben von MAGENS, 1958
 schwarze Zahlen: Beispiel für Sensitivitätsrechnung

Zunahme der Baggermengen

- Variante „Gr. Versetzung Mole 3“: insgesamt 40 - 50%, davon 5 - 10% durch Strömungseffekt
- Variante „Lange Mole 2“: **insgesamt 50 - 60%**, davon 5 - 10% durch Strömungseffekt

Vorhafengestaltung und Unterhaltungsaufwand: Optimierungsmöglichkeiten

Zunahme der Baggermengen

- Variante „Gr. Versetzung Mole 3“: insgesamt 40 - 50%, davon 5 - 10% durch Strömungseffekt
- **Variante „Lange Mole 2“: insgesamt 50 - 60%, davon 5 - 10% durch Strömungseffekt**

Der überwiegende Teil ist ausschließlich durch die Vorhafengröße beeinflussbar:

Verkleinerung des Vorhafenvolumens

- z.B. Einengung an der linken Seite

Verkleinerung der Einfahrtsbreite

- Verschiebung Molenköpfe nach innen

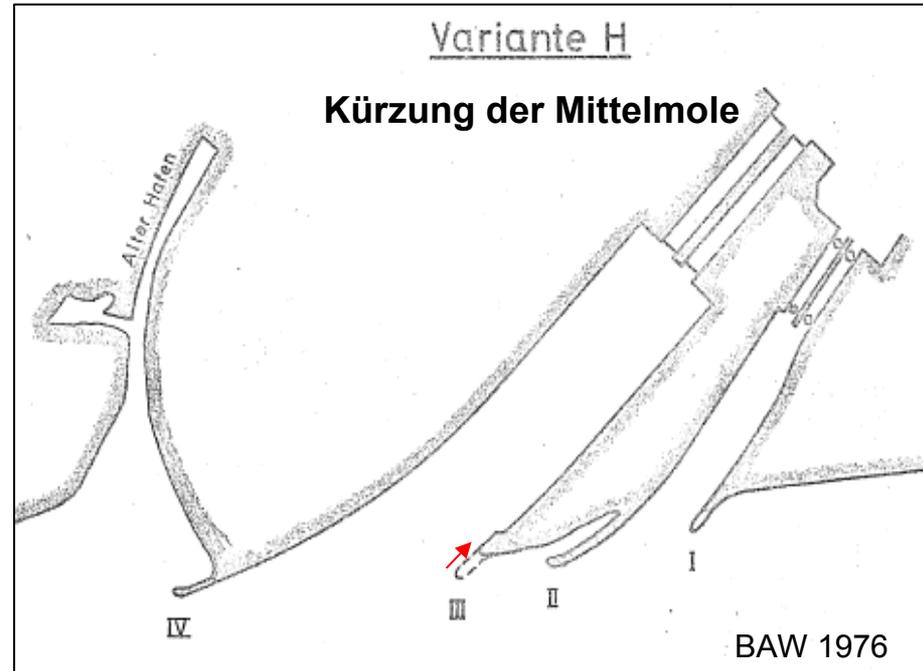
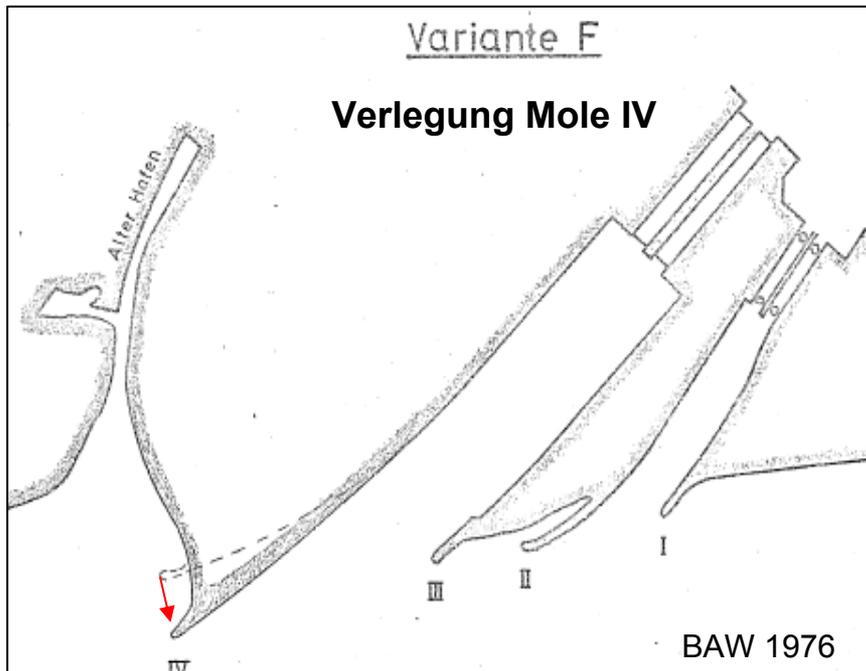
Nur der Strömungseffekt ist durch eine Optimierung der Bauwerke beeinflussbar.

► **Modellversuche BAW 1976**

Achtung: nautischer Flächenbedarf!

Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs!

Vorhafengestaltung und Unterhaltungsaufwand: Optimierungsmöglichkeiten



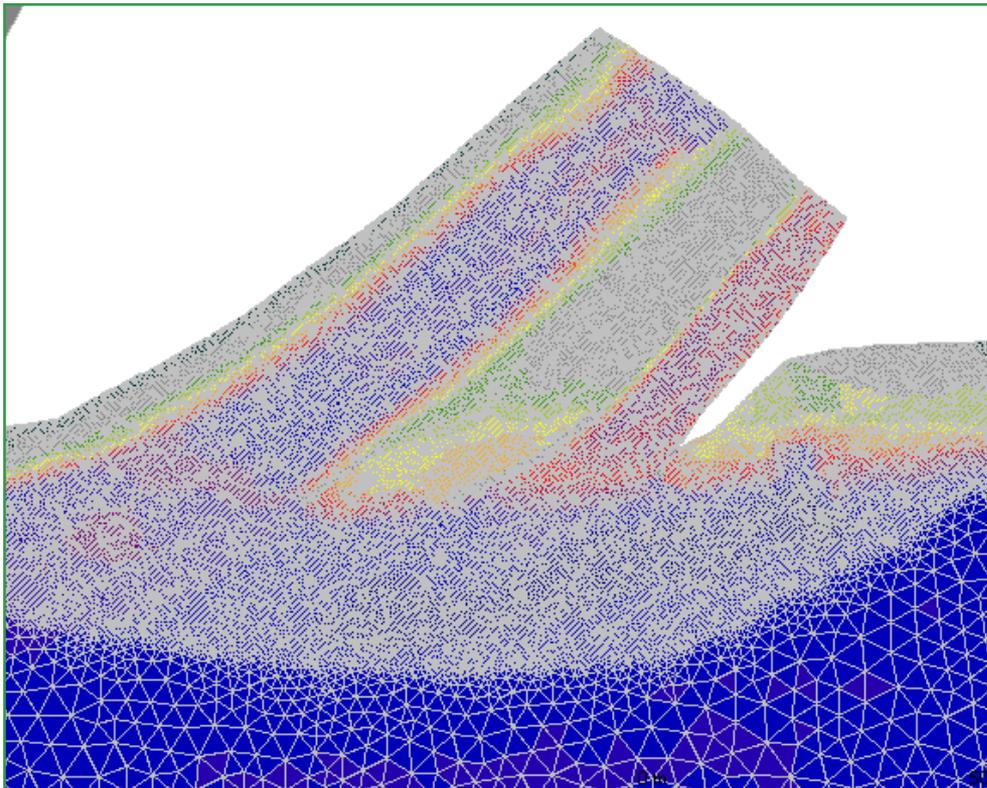
Ergebnisse BAW 1976:

- Ansatzpunkt: Strömungseffekt bei Flut
- Geringfügige Verbesserungen wurden erreicht mit Variante F und H
- „Der bestehende Zustand kommt offensichtlich einer optimalen Lösung nahe.“

Durch Modifikationen am Molensystem ist demnach wenig zu erreichen.

verbleibende Fragestellung:

- Verändert sich ggf. die Strömung durch die Vorhafenerweiterung?
- Ergeben sich daraus neue Möglichkeiten oder Notwendigkeiten für eine Optimierung?



Simulationen mit sehr hoch aufgelöstem Ausschnittmodell, eingebunden in Ästuarmodell

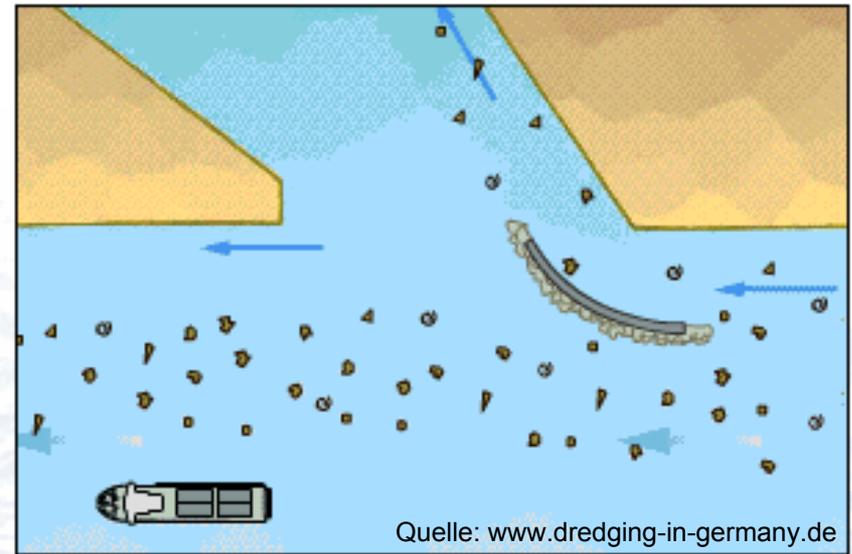
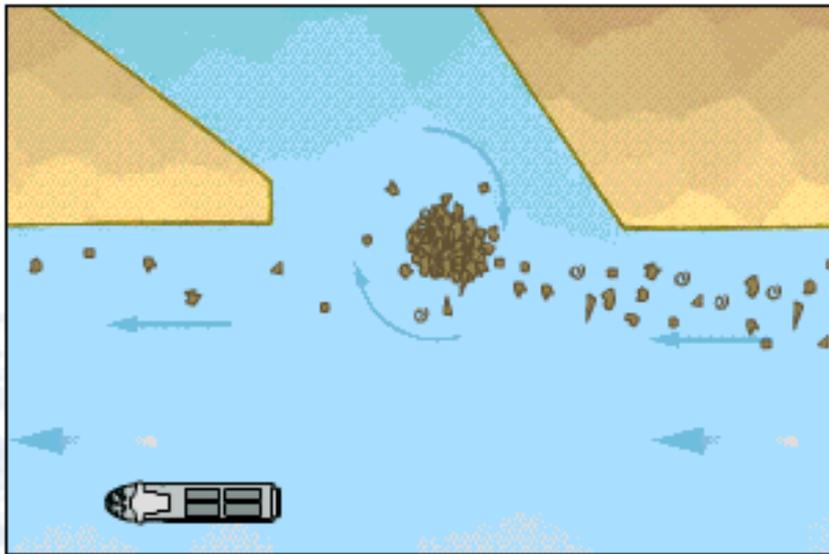
Bereich Brunsbüttel: Kantenlängen 2 bis 15 m

vertikale Auflösung: 0,5 m bis NHN-3,00 m, darunter 1,00 m

Ergebnis:

Die Strömungsbedingungen im Schleusenvorhafen werden sich nicht grundsätzlich ändern.

Vorhafengestaltung und Unterhaltungsaufwand: Optimierungsmöglichkeiten



Strömungsleitwand: sinnvoll oder nicht?

- Eine Strömungsleitwand kann nur in einer Tiderichtung wirken.
- In Brunsbüttel hat der Strömungseffekt nur sehr geringen Anteil an der Sedimentation.
- Es gibt keine ausgeprägte und dauerhafte Walzenbildung in der Einfahrt und
- keine linsenförmige Ablagerung >> nicht der typische „Teetasseneffekt“
- Die Leitwand würde die Schifffahrt behindern.
- Zusätzliche bauliche Maßnahmen sind nach aktuellem Kenntnisstand nicht sinnvoll.

Ergebnisse:

- Es ist mit einem Anstieg der Baggermengen um **50 – 60%** zu rechnen.
(gewählte Variante)
- Es gibt keine grundsätzliche Veränderung der Strömungsbedingungen im Vorhafen.
- Die Baggermengen sind hauptsächlich vom Tide- und Dichteeffekt abhängig
- ... damit hauptsächlich vom nautischen Flächenbedarf!
- Durch Änderungen der Molen sind nur geringfügige Verbesserungen erreichbar
 - weil der Zustand schon nahezu optimal ist,
 - weil nur etwa **5 – 10 %** der Sedimentationen durch Strömungsoptimierung beeinflussbar sind.

Vorgehensweise:

1.) Festlegung der Randbedingungen

- Wasserstand
- Windgeschwindigkeit

2.) Simulationen im Seegangmodell (RWTH Aachen)

- Berücksichtigung der Seegangsausbreitung
- mit Parametervariation

3.) Festlegung der Bemessungsparameter

- Wasserstand / Seegang

4.) Überprüfung der Hochwassersicherheit

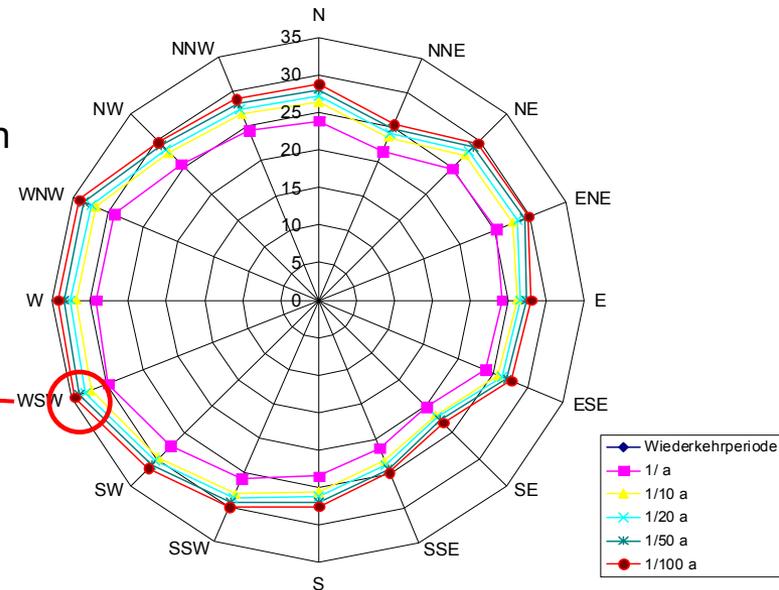
- Kronenhöhe / Überlaufmenge

Randbedingungen:

✓ **Wasserstand** → Bemessungswasserstand ist bekannt

■ **Windgeschwindigkeit und -richtung ?**

- nächste Windmessstation mit ungestörten Daten: Scharhörn
- maßg. Richtung: WSW (höchster Seegang vor dem Vorhafen)
- Überschreitungswahrscheinlichkeit: 100 Jahre
→ **34,6 m/s**
- Abminderung für die Dauer (10-Min-Mittel → 6-Std-Mittel): 16 %
(Erfahrungswert DWD)
→ **29 m/s**
- Abminderung für die Landwirkung: 3-4 m/s (nach A. Schmidt, Extremwindverhältnisse im norddeutschen Küstenbereich, 1984)
→ **25 m/s**

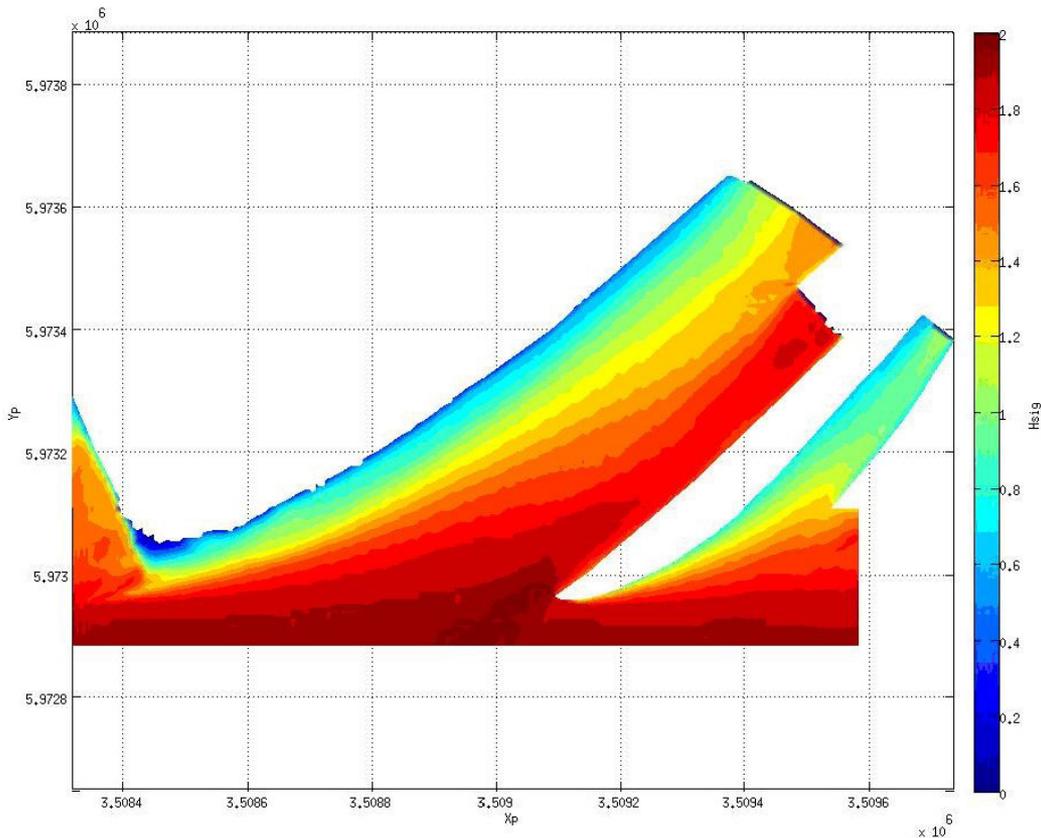


Windmessstelle Scharhörn

Überschreitungswahrscheinlichkeiten, windrichtungsabhängig (Quelle: DWD)

z. Vgl.: Bemessungsturmflut Elbe:
Westwind 20 - 24 m/s im Abschnitt
Cuxhaven - Brunsbüttel

Seegangbelastung und Hochwasserschutz: Simulationen



Beispiel:

Simulationsergebnis für Bemessungswasserstand und Wind WSW 25 m/s (Ausschnittmodell, RWTH Aachen)

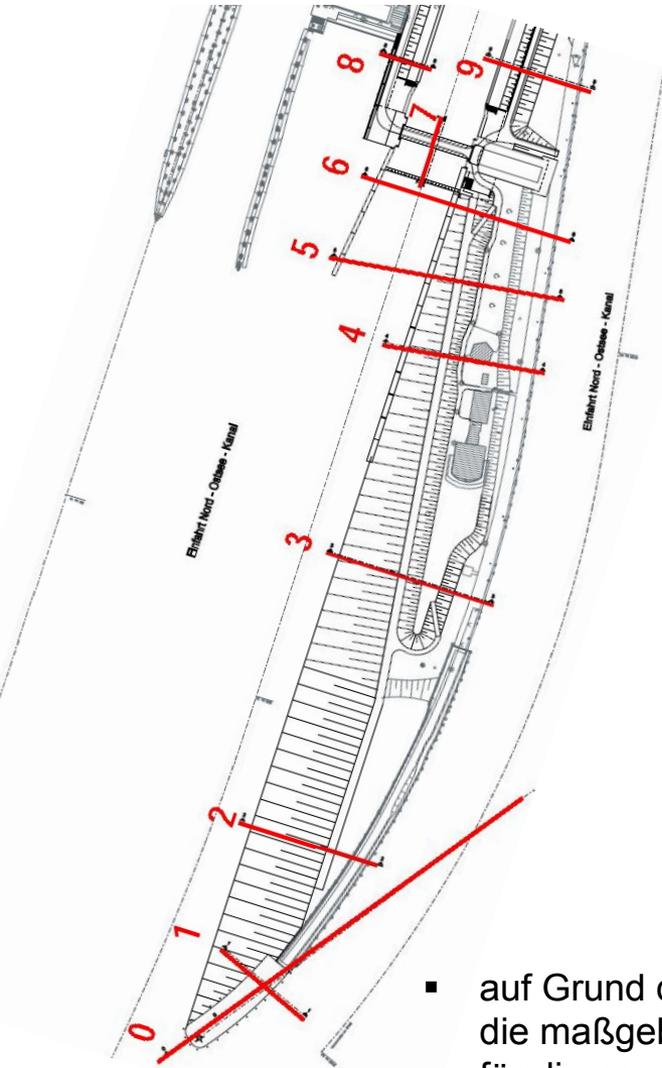
Methodik:

- spektrales Seegangmodell SWAN
 - Berücksichtigung reflektierender Wände
- Gesamtmodell Bake A bis Brokdorf
 - Auflösung 100 m
- Detailmodell
 - Auflösung 10 m
- Sensitivitätsstudie:
 - 3 Wasserstände 4,0 bis 6,1 mNHN
 - Wind 20, 25, 30 m/s
 - Windrichtung WSW, SW, SSW
 - mit und ohne Strömung
 - mit und ohne Nordseeseegang

Ergebnisse (Beispiel):

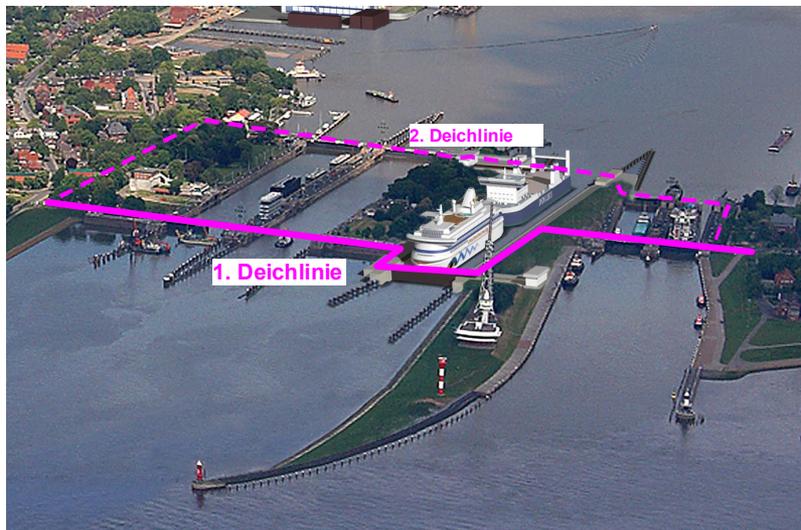
- größte Wellenhöhen für WSW-Wind
- sign. Wellenhöhen
 - vor der Einfahrt rd. 1,80 m
 - entlang der Schleuseninsel 1,70 bis 1,90 m
- mittl. Wellenperioden um 3,3 s

Seegangbelastung und Hochwasserschutz: Bemessungsparameter



- auf Grund der durchgeführten Parametervariationen konnten die maßgebenden Wasserstands- / Seegangskombinationen für die neuen Bauwerksteile angegeben werden.

Seegangbelastung und Hochwasserschutz: Hochwasserschutz



Die Schleusenanlage bildet zwischen den Anschlüssen an die Landesschutzdeiche einen Teil der Deichlinie.

Konzept:

- Der Hochwasserschutz wird durch Deiche und HWS-Wände hergestellt.
- Es wird ein Wellenüberlauf zugelassen soweit
 - die zulässigen Überlaufmengen eingehalten werden,
 - die Überlaufmengen sicher abgeführt werden können,
 - der NOK die Überlaufmengen schadlos aufnehmen kann.

Überprüfungen:

- Die Überlaufmengen wurden gemäß EAK und EUROTOP-Manual ermittelt und überprüft.
- Der Wasserstand berücksichtigt einen Klimazuschlag von 30 cm.
- Ergänzend wurde ein Konzept überprüft, mit dem ein erhöhter Klimazuschlag von 1,40 m konstruktiv berücksichtigt werden kann (massive Brüstungen, HWS-Wände).

Zusammenfassung

Zur wasserbaulichen Beratung bei der Erweiterung der Schleusenanlage wurden folgende Arbeiten durchgeführt.

- Abschätzung der zukünftigen Baggermengen nach der Erweiterung des Vorhafens
- Beurteilung der Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich der Unterhaltungsbaggermengen
- Ermittlung der Bemessungsparameter für die Seegangbelastung
- Überprüfung des Hochwasserschutzkonzepts

Dazu wurden:

- vorliegende Kenntnisse neu angewendet (insbesondere Naturuntersuchungen),
- 3D-HN-Simulationen durchgeführt,
- Vergabepotentiale genutzt,
- Seegangssimulationen und Wellenüberlaufrechnungen durchgeführt,
- Empfehlungen für die Planung der Anlage erarbeitet.

Der Planfeststellungsbeschluss wurde im Mai 2010 gefasst. Der Erste Spatenstich fand im April 2012 statt.

