

**Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe
an die Containerschifffahrt**

**Gutachten
zu
Planänderung III**

**Topographievergleich 2003 - 2006
Umlagerung von Ausbaubaggergut**

1	VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG	1
2	TOPOGRAPHISCHE UND HYDROLOGISCHE RANDBEDINGUNGEN.....	2
3	ERGEBNISSE DES TOPOGRAPHIEVERGLEICHS.....	6
3.1	AUSBAUBEDINGTE ÄNDERUNGEN DES WASSERSTANDS	7
3.2	AUSBAUBEDINGTE ÄNDERUNG DER STRÖMUNG.....	13
3.3	AUSBAUBEDINGTE ÄNDERUNGEN DES SALZGEHALTS	21
3.4	AUSBAUBEDINGTE ÄNDERUNGEN DES SEDIMENTTRANSPORTES	24
3.5	ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DES TOPOGRAPHIEVERGLEICHS.....	27
4	UMLAGERUNG VON AUSBAUBAGGERGUT AM NEUEN LUECHTERGRUND.....	28
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	43

Abbildung 1: Topographie des Ausbauzustands (AZ_10)	4
Abbildung 2: Differenztopographie: AZ_10 – PIZ_02	4
Abbildung 3: Ausbaubedingte Änderung Thw AZ385S – PIZ und AZ_09 – PIZ_02	8
Abbildung 4: Ausbaubedingte Änderung Thw AZ385S – PIZ und AZ_10 – PIZ_02	8
Abbildung 5: Ausbaubedingte Änderung Tnw AZ385S – PIZ und AZ_09 – PIZ_02	10
Abbildung 6: Ausbaubedingte Änderung Tnw AZ385S – PIZ und AZ_10 – PIZ_02	10
Abbildung 7: Ausbaubedingte Änderung Thb AZ385S – PIZ und AZ_09 – PIZ_02	12
Abbildung 8: Ausbaubedingte Änderung Thb AZ385S – PIZ und AZ_10 – PIZ_02	12
Abbildung 9: Ausbaubedingte Änderung mit. v_Flut AZ385S – PIZ , AZ_09 – PIZ_02	14
Abbildung 10: Ausbaubedingte Änderung mit. v_Flut AZ385S – PIZ , AZ_10 – PIZ_02	14
Abbildung 11: Ausbaubedingte Änderung mit. v_Ebbe AZ385S – PIZ, AZ_09 – PIZ_02	16
Abbildung 12: Ausbaubedingte Änderung mit. v_Ebbe AZ385S – PIZ, AZ_10 – PIZ_02	16
Abbildung 13: Ausbaubedingte Änderung max. v_Flut AZ385S – PIZ, AZ_09 – PIZ_02	18
Abbildung 14: Ausbaubedingte Änderung max. v_Flut AZ385S – PIZ, AZ_10 – PIZ_02	18
Abbildung 15: Ausbaubedingte Änderung max. v_Ebbe AZ385S – PIZ, AZ_09 – PIZ_02	20
Abbildung 16: Ausbaubedingte Änderung max. v_Ebbe AZ385S – PIZ, AZ_10 – PIZ_02	20
Abbildung 17: Maximaler Salzgehalt für PIZ und PIZ_02, „worst-case“ Randwerte	22
Abbildung 18: Ausbaubedingte Änderung max. S AZ385S – PIZ, AZ_09 – PIZ_02	23
Abbildung 19: Ausbaubedingte Änderung max. S AZ385S – PIZ, AZ_10 – PIZ_02	23
Abbildung 20: Advektive Schwebstofftransporte des PIZ in % vom PIZ_02	25
Abbildung 21: Ausbaubedingte Änderung mit. Restschwebstofftransport AZ_09 – PIZ_02	26
Abbildung 22: Ausbaubedingte Änderung mit. Restschwebstofftransport AZ_10 – PIZ_02	26
Abbildung 23: Ausbaubedingte Änderung mit. Restschwebstofftransport AZ385S – PIZ	27
Abbildung 24: Bathymetrie Neuer Luechtergrund	30
Abbildung 25: Mächtigkeit des eingebrachten Spülkörpers [m]	31
Abbildung 26: UnTRIM-Modell (Modellverfahren 2004)	32
Abbildung 27: DELFT3D-Modell	32
Abbildung 28: UnTRIM 2004 - Verteilung Feinsand Ende Simulationszeitspanne in %	35
Abbildung 29: UnTRIM 2004 - Verteilung Grobschluff Ende Simulationszeitspanne in %	36
Abbildung 30: DELFT3D - Tiefenerosion [m] nach 28 Tagen	37
Abbildung 31: DELFT3D - Tiefenerosion [m] nach einem Jahr	37
Abbildung 32: DELFT3D - Mittlerer SPM-Transport [m ² /s] nach 28 Tagen für Feinschluff	38
Abbildung 33: UnTRIM 2007 - Tiefenerosion [m] nach 4 Wochen Simulation	39
Abbildung 34: UnTRIM 2007 - Ausbreitung Feinsand nach 2 Wochen Simulation	40
Abbildung 35: UnTRIM 2007 - Ausbreitung Feinsand nach 4 Wochen Simulation	40
Abbildung 36: UnTRIM 2007 - Ausbreitung Grobschluff nach 2 Wochen Simulation	41
Abbildung 37: UnTRIM 2007 - Ausbreitung Grobschluff nach 4 Wochen Simulation	41
Abbildung 38: UnTRIM 2007 - Ausbreitung Feinschluff nach 2 Wochen Simulation	42
Abbildung 39: UnTRIM 2007 - Ausbreitung Feinschluff nach 4 Wochen Simulation	42

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Planänderung 3 zur Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe veranlasste das *Projektbüro Fahrrinnenanpassung* bei der Bundesanstalt für Wasserbau weiter gehende Untersuchungen zur Tide- und Sedimentdynamik durchführen zu lassen. Es sind Untersuchungsergebnisse zu den folgenden Fragen vorzulegen:

1. Haben die im Mündungstrichter der Tideelbe beobachteten morphologischen Veränderungen einen Einfluss auf die bisher im Planfeststellungsverfahren vorgelegten Untersuchungsergebnisse?
2. Wie ist die Umlagerung von mehr Ausbaubaggeregut am Neuen Luechter Grund im Hinblick auf Sedimentverdriftung und morphologische Folgereaktionen zu bewerten?

Die Untersuchungen zu 1. wurden von Einwendern gefordert. In den von April bis Juni 2009 stattgefundenen Erörterungsterminen wurde wegen der ausgeprägten Morphodynamik im Elbemündungsgebiet nachdrücklich Wert auf ergänzende Untersuchungen mit neueren topographischen Daten gelegt. Es wurde hinterfragt, ob die auf Grundlage der Modelltopografie für das Jahr 2003 erzielten Untersuchungsergebnisse noch Gültigkeit besitzen, wenn neue verfügbare topographische Daten verwendet werden. Mit der von der BAW zwischenzeitlich hergestellten Modelltopographie für das Jahr 2006 (PIZ_2006) wurden deshalb Untersuchungen sowohl für die Planänderung 1 (Unterwasserablagerungsflächen im Altenbrucher Bogen) als auch für die Planänderung 2 (Neues Ufersicherungskonzept mit Buhnen und einer verkleinerten Unterwasserablagerungsfläche) durchgeführt. Aufgrund des Wechsels in der Modelltopographie (von 2003 auf 2006) für den planerischen Ist-Zustand PIZ_02 war es zur Absicherung der gutachterlichen Einschätzungen für die Planänderung 2 erforderlich, zuerst allein den Einfluss der topographischen Entwicklungen (die sich insbesondere sehr intensiv im Mündungstrichter der Elbe, namentlich in der Medemrinne und dem Klotzenloch zeigten) auf die bisher in den ausgelegten Gutachten und in der Stellungnahme zur Planänderung 1 der BAW dargestellten ausbaubedingten Veränderungen zu untersuchen. Die Untersuchungsergebnisse sind für beide bisher durchgeführten Planänderungen im Kapitel 3 dieses Gutachtens enthalten. Es behandelt die wichtigsten Kennwerte im Längsprofil über den Fahrrinnenverlauf der Tideelbe.

Da nach Planänderung 3 am Neuen Luechtergrund nun eine erheblich größere Menge von 12,5 Mio. m³ sandigen Ausbaubaggereguts untergebracht werden soll, wurden die Untersuchungen mit zwei verschiedenen Modellverfahren von mehreren Mitarbeitern der BAW durchgeführt. Die Ergebnisse enthält Kapitel 4.

2 Topographische und hydrologische Randbedingungen

Im Gutachten der BAW zur Planänderung 2 vom 24. November 2009 werden die lokalen Auswirkungen für ein neues Ufersicherungskonzept für den Altenbrucher Bogen als integraler Bestandteil der Gesamtplanung zur Fahrrinnenanpassung bewertet. Alle wasserbaulichen Elemente dieses Ufersicherungskonzepts werden im Rahmen weiterer Untersuchungen für die Planänderung 3 berücksichtigt.

Für die Untersuchung der in diesem Gutachten behandelten Fragestellung werden Zustände mit den folgenden Bezeichnungen verwendet:

PIZ_02 Planerischer Ist-Zustand mit Topographie aus dem Jahre 2006. Mit Bezug zum planerischen Ist-Zustand PIZ der im Frühjahr 2007 ausgelegten Gutachten sind im PIZ_02 die folgenden zusätzlichen Maßnahmen berücksichtigt worden:

- Zufahrt Vorhafen / Restverfüllung Kohlenschiffhafen
- Norderweiterung Nordwestkai Stade/Bützfleth
- 8. Liegeplatz Cuxhaven „Offshore-Basis-Hafen“ 1. Bauabschnitt
- Liegeplätze Waltershofer Hafen
- Verlängerung Europakai CTT LP 5
- Rückbau Roßhöft

AZ_10 Planänderung 2 durch Berücksichtigung der Sollgeometrie des Ausbauzustandes im PIZ_02 einschließlich der neuen Planungselemente für den Altenbrucher Bogen: Bühnen westlich vom Glameyer Stack und Bühnen in Kombination mit einer UWA östlich vom Glameyer Stack gemäß Planänderung 2. Um ungünstige ausbaubedingte Strömungszunahmen zu vermeiden, wird nördlich der Fahrrinne am Medemgrund die tiefe Rinne in der Ausbautopographie durch eine Initialbaggerung (1,5 Mio. m³) aufgeweitet.

Hinzu kommt in der Planänderung 3 der Verzicht auf die Unterbringung von Ausbaubaggergut auf Pagensand und auf Schwarztonnensand sowie der Verzicht auf die Uferverspülung Wisch, so dass nun am Neuen Luechtergrund eine Menge von 12,5 Mio. m³ Ausbaubaggergut (Kornzusammensetzung entsprechend Umlagerungsgutachten 2006 der BAW) umgelagert werden soll. Die daraus resultierenden Ablagerungen wurden in der Ausbauvariante AZ_10 anteilig berücksichtigt.

Die im Modell realisierte Ausbauvariante AZ_10 basiert weiterhin auf der aktualisierten Vorhabensbeschreibung (Technische Planung) für die Planände-

zung 1 (AZ_09) des Projektbüros Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe.

AZ_09 Planänderung 1 durch Berücksichtigung folgender Veränderungen gegenüber der ursprünglichen Vorhabensbeschreibung (Unterlage B.2), die mit dem Ausbauzustand AZ385S Grundlage der im Frühjahr 2007 ausgelegten Gutachten war:

- Modifizierte UWA östlich sowie neue UWA westlich vom Glameyer Stack, die an bereits im Zuge der Unterhaltung realisierte Ufervorspülungen (Okt. 2007) angeschlossen werden sollen. Beide UWA wurden in den im Frühjahr 2007 ausgelegten Gutachten nicht berücksichtigt. Das Gutachten zu den ausbaubedingten Änderungen der morphodynamischen Prozesse gab die Empfehlung für die Errichtung der UWA östlich von Glameyer Stack.
- Geringfügige Modifikation der Begegnungsstrecke
- Bisher auf der nördlichen Elbseite geplante Ufervorspülungen werden nicht mehr realisiert.

Für die Untersuchungen der Varianten AZ_10 und AZ_09 wurden zusätzlich (im Vergleich zur Variante AZ385S, die Grundlage der im Frühjahr 2007 ausgelegten Gutachten war) die folgenden Nebenflüsse der Tideelbe in die 3D-Simulationsrechnungen einbezogen:

- Freiburger Hafentriel
- Wischhafener Süderelbe
- Gauensieker Schleusenfleth, Gauensieker Süderelbe, Ruthenstrom
- Schwinge, Lühe, Este
- Ilmenau
- Krückau
- Pinnau
- Wedeler Au

Abbildung 1 zeigt die Topographie des Ausbauzustandes AZ_10 im Gebiet der Elbmündung und die Abbildung 2 verdeutlicht die topographischen Veränderungen zum planerischen Ist-Zustand PIZ_02 zwischen Cuxhaven und Brunsbüttel.

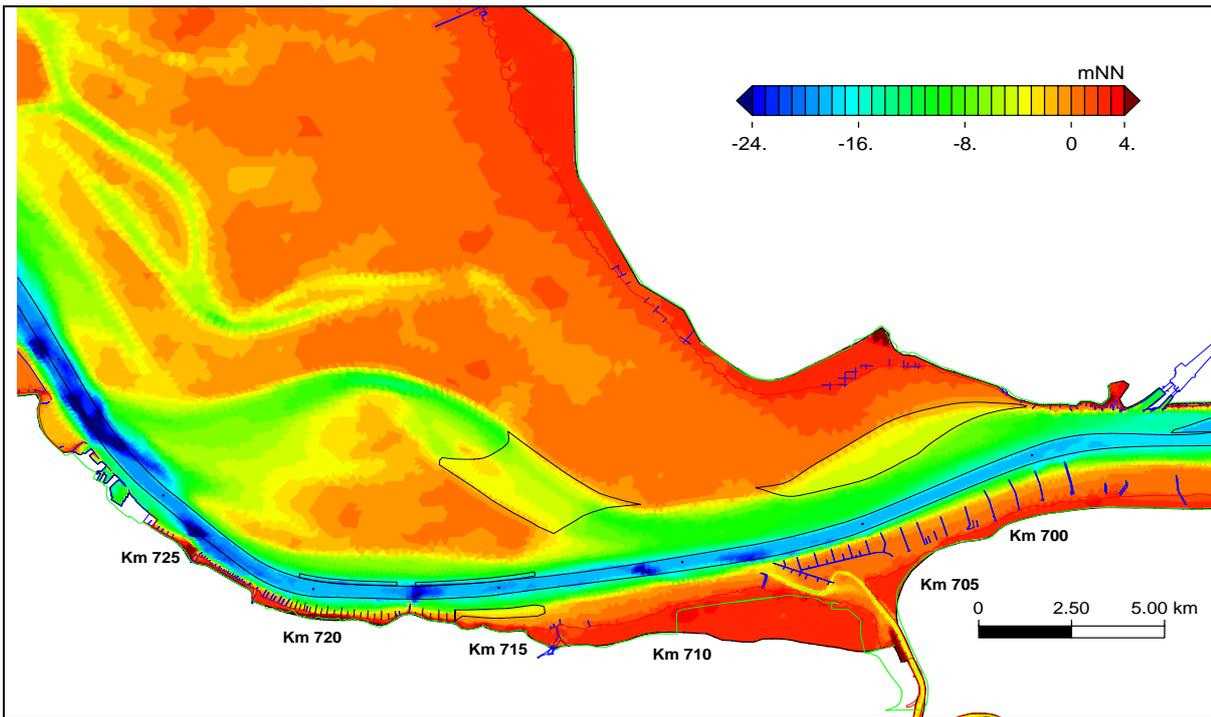


Abbildung 1: Topographie des Ausbauzustands (AZ_10)

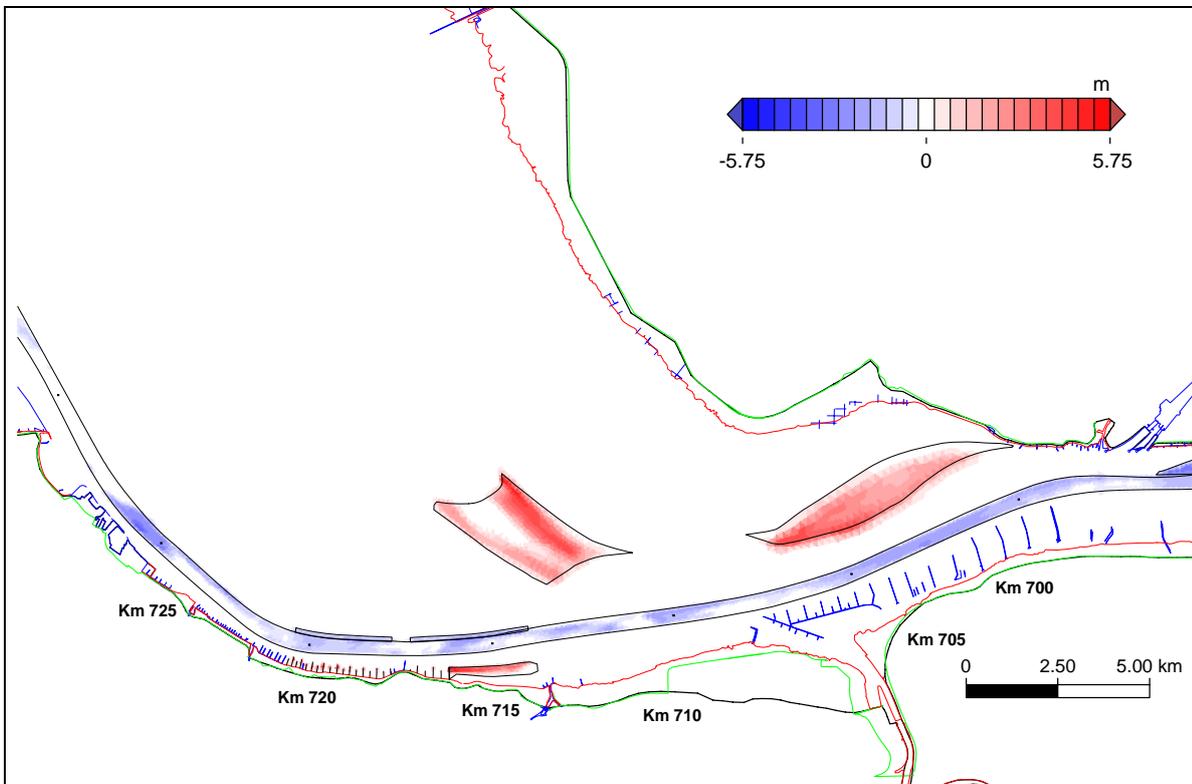


Abbildung 2: Differenztopographie: Ausbauzustand (AZ_10) – planerischer Ist-Zustand (PIZ_02)



Zu den im Frühjahr 2007 ausgelegten Gutachten gingen mehrere Einwendungen zur modellierten Ausbreitung der Brackwasserzone ein. Es wurde zum Ausdruck gebracht, dass es aufgrund bestehender Unsicherheiten sinnvoll ist, eine „worst-case“ Analyse durchzuführen, weil der Salzgehalt der Brackwasserzone bei lang anhaltenden, sehr geringen Oberwassermengen am weitesten stromauf transportiert wird. Die BAW hat diese Forderungen aufgenommen und für die oben beschriebenen Varianten PIZ_02 und AZ_10, AZ_09 Modelluntersuchungen mit folgenden „worst-case“ Randwerten durchgeführt:

- Oberwassermenge konstant 180 m³/s
- Seeseitiger Salzgehalt konstant 32 PSU

Diese „worst-case“ Randwerte wirken sich auch auf den Transport der Sedimente aus. Je kleiner die Oberwassermenge ist, desto geringer ist ihre Spülwirkung auf die stromauf transportierten Sedimente.

Als Vergleichsgrundlage dienen die Ergebnisse der im Frühjahr 2007 ausgelegten Gutachten. Sie basieren nicht auf diesen „worst-case“ Randwerten, sondern aus den folgenden Randwerten:

- Oberwassermenge konstant 350 m³/s
- Seeseitiger Salzgehalt konstant 30 PSU

Zur Möglichkeit einer grundlegenden Einordnung und Herstellung einer Vergleichbarkeit aller Ergebnisse (Vergleich der Ergebnisse zur Planänderung 1 und zur Panänderung 2 mit den bisher ausgelegten Gutachten) wurden die Randwerte zur Steuerung für die Wasserstände am seeseitigen Rand identisch gewählt. Die einlaufende Tidewelle bildet die dominierende Anregung des Systems. Deshalb wurde der ursprünglich gewählte Spring-Nipp Zyklus aus dem Mai 2002 auch für die vorliegende Untersuchung beibehalten.

3 Ergebnisse des Topographievergleichs

Die bisher im Verfahren erörterten Ergebnisse für die Kennwerte des Wasserstands, der Strömung, des Salzgehalts und des Sedimenttransports sind in den im Frühjahr 2007 ausgelegten Gutachten BAW (2006) dargestellt:

- *Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt – Gutachten zur ausbaubedingten Änderung von Tidedynamik und Salzgehalt, Gutachten BAW-Nr. A39550310062-H.1a und*
- *Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt – Gutachten zur ausbaubedingten Änderung der morphodynamischen Prozesse, Gutachten BAW-Nr. A39550310062-H.1c.*

Diese Gutachten basieren auf der Modelltopographie für das Jahr 2003 und der Zielvariante mit dem Ausbauzustand AZ385S. Diese Variante berücksichtigt die Nebenflüsse Stör und Oste. Für die Untersuchungen der Varianten AZ_09 (Planänderung 1) und AZ_10 (Planänderung 2) wurden zusätzlich alle weiteren Nebenflüsse der Tideelbe in die 3D-Simulationsrechnungen auf Grundlage der Modelltopographie von 2006 einbezogen (siehe Kapitel 2). Kapitel 2 beschreibt alle weiteren Grundlagen und Randbedingungen für die in diesem Kapitel verglichenen Varianten.

Die Simulationsergebnisse, die sich für die genannten Planänderungen ergeben, werden nachfolgend im Vergleich zu den Ergebnissen für die bisherige Variante AZ385S (Ergebnisse der im Frühjahr 2007 ausgelegten Gutachten) dargestellt für die Kennwerte:

1. Wasserstand
2. Strömung
3. Salzgehalt
4. Sedimenttransport

Es werden alle relevanten Tidekennwerte als Liniengrafiken für den planerischen Ist-Zustand und die Differenzen zwischen dem Ausbauzustand und dem planerischen Ist-Zustand dargestellt. Die Profile verlaufen entlang der Mitte der Fahrwassertrasse.

In den Abbildungen der Differenzen der Tidekennwerte stellt die x-Achse den Ort (Stromkilometer) auf dem Profil und die y-Achse die Differenz der Tidekennwerte zwischen dem Ist- und Ausbau-Zustand in der entsprechenden physikalischen Einheit dar.

In **Schwarz** sind dabei die Differenzen zwischen dem Ausbauzustand AZ385S und dem planerischen Ist-Zustand (PIZ) aus den im Frühjahr 2007 ausgelegten BAW-Gutachten (2006) dargestellt sowie

in **Magenta** für die Differenzen zwischen dem Ausbauzustand AZ_09 und dem planerischen Ist-Zustand (PIZ_02) sowie

in **Rotbraun** für die Differenzen zwischen dem Ausbauzustand AZ_10 und dem planerischen Ist-Zustand (PIZ_02).

Ebenso stellt in den Abbildungen der Absolutwerte der Tidekennwerte die x-Achse den Ort (Stromkilometer) auf dem Profil und die y-Achse den Tidekennwert in der entsprechenden physikalischen Einheit dar. Die in diese Abbildungen aufgetragenen Linien entsprechen dabei den Mittelwerten der Tidekennwerte.

In **Schwarz** sind die Werte für den planerischen Ist-Zustand (PIZ) aus den im Frühjahr 2007 ausgelegten BAW-Gutachten (2006) dargestellt und

in **Blau** für den planerischen Ist-Zustand (PIZ_02).

Die Absolutwerte der Tidekennwerte werden nur selektiv dargestellt, um bestimmte Sachverhalte auf dieser Grundlage zu vertiefen.

3.1 Ausbaubedingte Änderungen des Wasserstands

Die wesentlichen Ergebnisse für die Kennwerte des Wasserstandes können den Graphiken zum Tideniedrigwasser, Tidehochwasser und Tidehub entnommen werden.

3.1.1 Tidehochwasser

BAW-Gutachten 2006: Die größten ausbaubedingten Änderungen des mittleren Tidehochwassers im Hauptfahrwasser der Elbe treten zwischen Elbe-Km 630 und 660 auf und reichen bis zu 0,03 m.

Die **Varianten AZ_09** und **AZ_10** bewirken ausbaubedingte Zunahmen des MThw im Hauptfahrwasser der Elbe, die geringer sind als +0,01 m. Die größten ausbaubedingten Abnahmen des MThw im Hauptfahrwasser der Elbe treten bei Elbe-Km 685 auf und erreichen einen Wert von -0,05 m.

Bewertung des Vergleichs der Ergebnisse des Gutachtens mit den Planänderungen 1 und 2

Die für die Fahrrinnenanpassung mit den Planänderungen prognostizierten weiteren Abnahmen des MThw im Altenburcher Bogen werden positiv bewertet. Da fast keine Zunahmen dieses Kennwertes im Hamburger Raum zu verzeichnen sind, werden die Planänderungen im Vergleich zu den ausgelegten Gutachten für diesen Kennwert wie folgt eingestuft:

Die ausbaubedingten Änderungen sind für diesen Kennwert geringer als die Änderungen in den Gutachten der BAW, die im Frühjahr 2007 ausgelegt wurden.

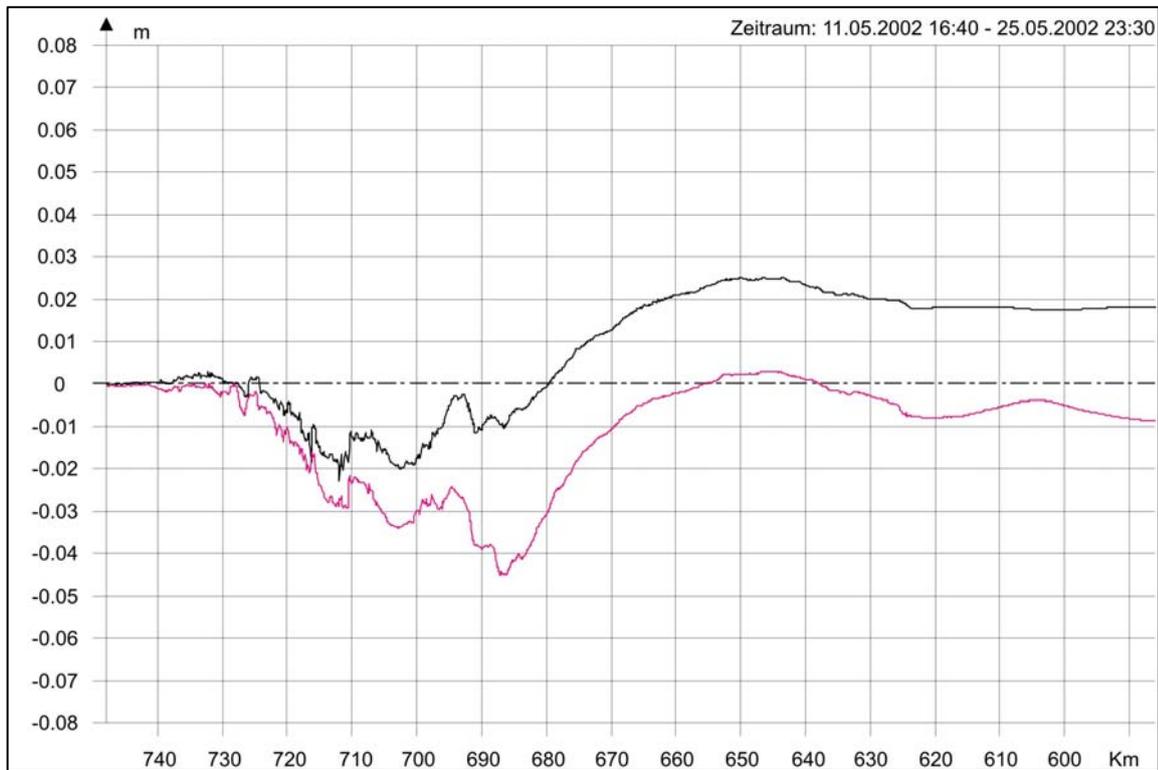


Abbildung 3: Ausbaubedingte Änderung des Tidehochwassers in Schwarz für (AZ385S – PIZ) und in Magenta für (AZ_09 – PIZ_02)

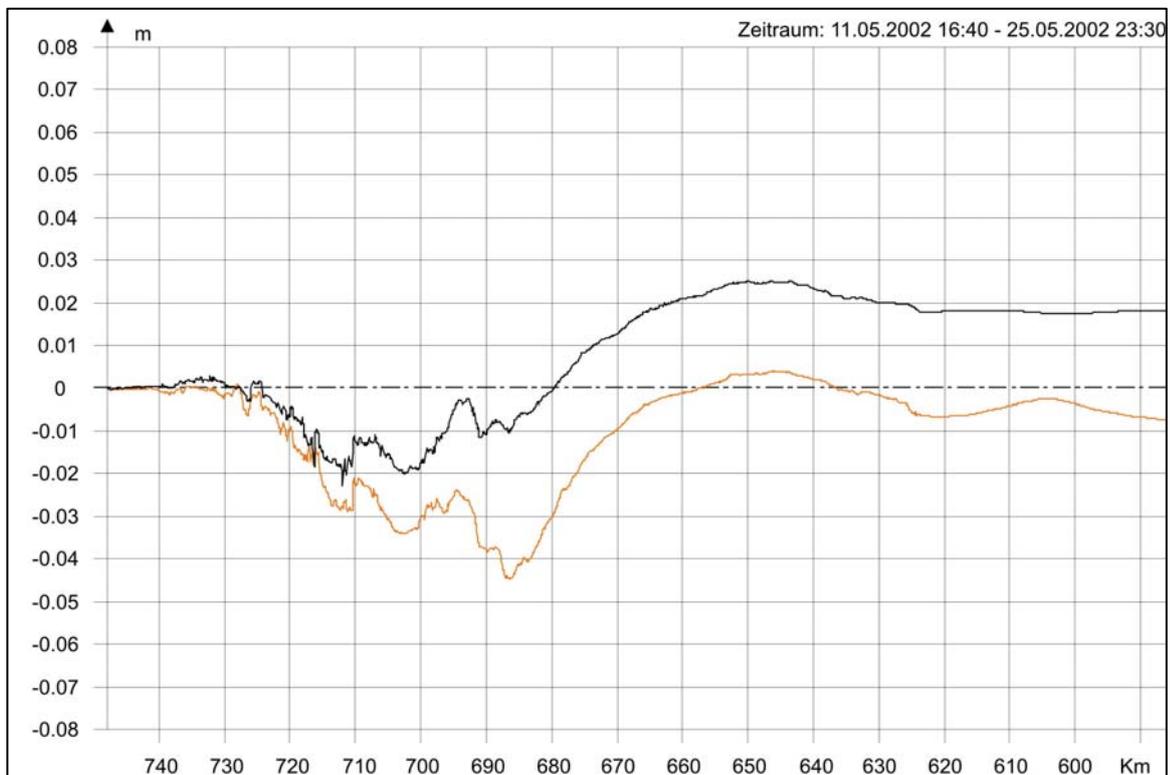


Abbildung 4: Ausbaubedingte Änderung des Tidehochwassers in Schwarz für (AZ385S – PIZ) und in Rotbraun für (AZ_10 – PIZ_02)



3.1.2 Tideniedrigwasser

BAW-Gutachten 2006: Die größten ausbaubedingten Änderungen des mittleren Tideniedrigwassers im Hauptfahrwasser der Elbe reichen bis zu -0,04 m. Im gesamten Untersuchungsgebiet sind die größten Änderungen des mittleren Tideniedrigwassers für den nordwestlichen Teil der Unterwasserablagerungsfläche in der Medemrinne ermittelt worden und erreichen Werte bis zu -0,11 m.

Varianten AZ_09 und AZ_10: Die größten ausbaubedingten Absenkungen des mittleren Tideniedrigwassers im Hauptfahrwasser der Elbe reichen bis zu -0,03 m. Im Gebiet des Altenbrucher Bogens wird das MTnw um mehr als +0,03 m angehoben. Die größten Änderungen des MTnw sind für den nordwestlichen Teil der Unterwasserablagerungsfläche in der Medemrinne ermittelt worden und erreichen Werte bis ca. -0,08 m.

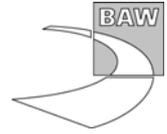
Bewertung des Vergleichs der Ergebnisse des Gutachtens mit den Planänderungen 1 und 2
Da die Absenkungen des MTnw im Hamburger Raum für die Varianten AZ_09 und AZ_10 geringfügiger ausfallen, liegt die Aussage des im Frühjahr 2007 ausgelegten Gutachtens auf der „sicheren Seite“. Gerade die Absenkung des MTnw im Hamburger Raum ist als kritischer Parameter zu betrachten. Die Planänderungen kommen einem wasserstandsneutralen Ausbau verhältnismäßig nah.



Abbildung 5: Ausbaubedingte Änderung des Tideniedrigwassers in Schwarz für (AZ385S – PIZ) und in Magenta für (AZ_09 – PIZ_02)



Abbildung 6: Ausbaubedingte Änderung des Tideniedrigwassers in Schwarz für (AZ385S – PIZ) und in Rotbraun für (AZ_10 – PIZ_02)



3.1.3 Tidehub

BAW-Gutachten 2006: Die größte Zunahme des Tidehubes ergibt sich zwischen Elbe-Km 625 und Elbe-Km 635. Es werden Zunahmen bis zu +0,06 m erreicht.

Die **Varianten AZ_09 und AZ_10** erreichen im Vergleich zum planerischen Ist-Zustand (PIZ_02) nur eine Zunahme des Tidehubes von (erheblich aufgerundet) maximal +0,03 m bei Elbe-Km 630. Eine maximale Abnahme des Tidehubes wird bei Elbe-Km 685 ermittelt und beträgt ca. -0,07 m.

Bewertung des Vergleichs der Ergebnisse des Gutachtens mit den Planänderungen 1 und 2
Aus wasserbaulicher Sicht ist eine größere Zunahme des Tidehubes kritisch einzustufen. Das Tideelbekonzept, das gemeinsam von der WSV und der HPA voran getrieben wird, zielt vor allem auf die Reduzierung des Tidehubes im Hamburger Raum. Vor diesem Hintergrund sind die Ergebnisse zur Fahrrinnenanpassung mit den Planänderungen als sehr positiv einzustufen, weil die Zunahme des Tidehubes für die Planänderungen deutlich geringer ausfällt. Die Ergebnisse der ausgelegten Gutachten liegen damit hinsichtlich der Veränderung der Tidewasserstände prognostisch auf der „sicheren Seite“.

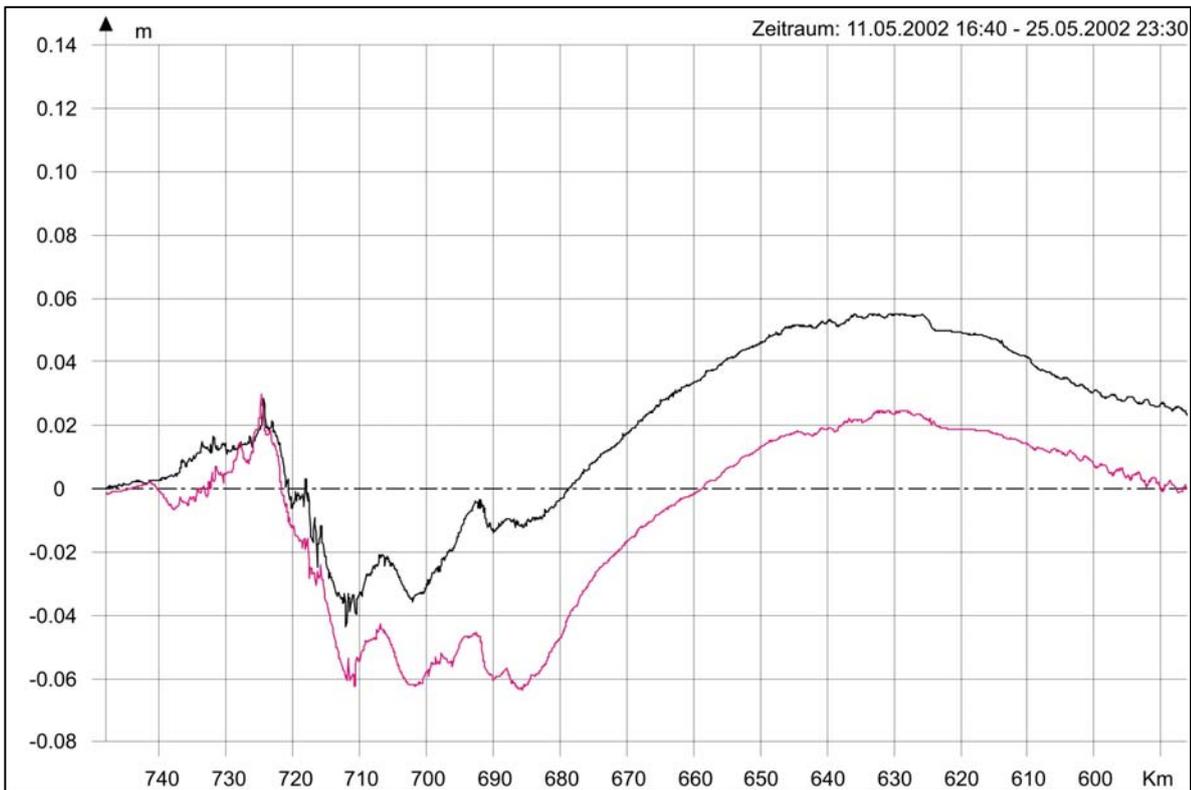


Abbildung 7: Ausbaubedingte Änderung des Tidehubes in Schwarz für (AZ385S – PIZ) und in Magenta für (AZ_09 – PIZ_02)

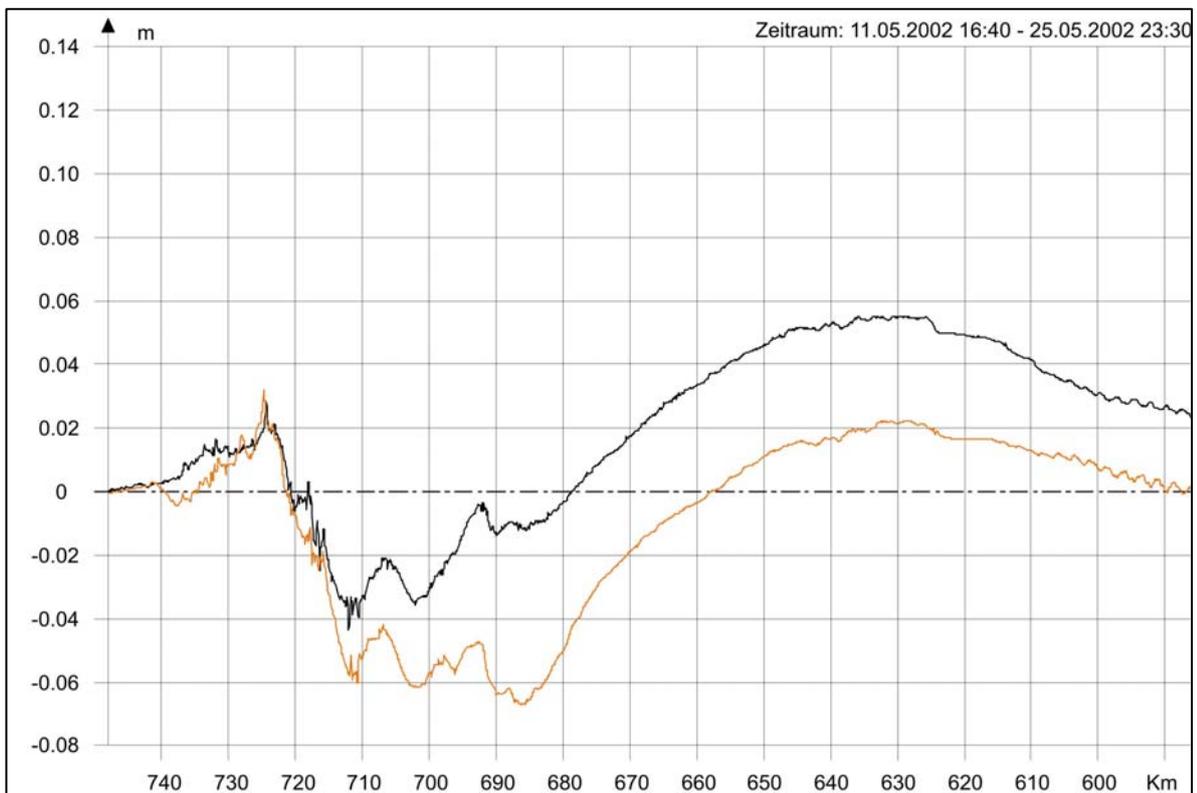


Abbildung 8: Ausbaubedingte Änderung des Tidehubes in Schwarz für (AZ385S – PIZ) und in Rotbraun für (AZ_10 – PIZ_02)

3.2 Ausbaubedingte Änderung der Strömung

Die wesentlichen Ergebnisse werden für die folgenden Kennwerte der Strömungsgeschwindigkeit zusammengefasst:

- mittleren Flut- und Ebbestromgeschwindigkeiten
- maximalen Flut- und Ebbestromgeschwindigkeiten

3.2.1 Mittlere Flutstromgeschwindigkeit

Bewertung des Vergleichs der Ergebnisse des Gutachtens mit den Planänderungen 1 und 2

Die ausbaubedingten Zu- und Abnahmen der mittleren Flutstromgeschwindigkeiten sind für die Planänderungen nahezu identisch mit den Ergebnissen im ausgelegten Gutachten.

Die in der Tendenz in der Begegnungsstrecke unterhalb des Hamburger Hafens geringfügig weiter abnehmenden Flutstromgeschwindigkeiten sind erwünscht. Im Altenbrucher Bogen ergeben sich für diesen Kennwert keine größeren Belastungen.

Die im Frühjahr 2007 ausgelegten Gutachten behalten auf dieser Grundlage ihre Gültigkeit.



Abbildung 9: Ausbaubedingte Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit in Schwarz für (AZ385S – PIZ) und in Magenta für (AZ_09 – PIZ_02)



Abbildung 10: Ausbaubedingte Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit in Schwarz für (AZ385S – PIZ) und in Rotbraun für (AZ_10 – PIZ_02)

3.2.2 Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit

Bewertung des Vergleichs der Ergebnisse des Gutachtens mit den Planänderungen 1 und 2

Die ausbaubedingten Zu- und Abnahmen der mittleren Ebbestromgeschwindigkeiten weichen von den Ergebnissen im ausgelegten Gutachten nur geringfügig ab. Die in der Tendenz zwischen Elbe-Km 640 und Elbe-Km 660 geringfügig weiter abnehmenden Ebbestromgeschwindigkeiten sind nicht erwünscht. Das Ergebnis bestärkt die bisher schon getroffene Prognose, dass die Begegnungsstrecke nach dem Ausbau eine Hauptbaggerstrecke sein wird. Die Zunahme der Ebbestromgeschwindigkeit bei Elbe-Km 705 (Osteriff) wird nicht als nachteilig eingeschätzt, weil sich hier bereits eine Hauptbaggerstelle befindet, ein verstärkter Ebbestrom somit räumend wirken kann.

Für die im Frühjahr 2007 ausgelegten Gutachten ergeben sich keine neuen Erkenntnisse. Die Prognosen behalten auf dieser Grundlage ihre Gültigkeit.



Abbildung 11: Ausbaubedingte Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit in Schwarz für (AZ385S – PIZ) und in Magenta für (AZ_09 – PIZ_02)

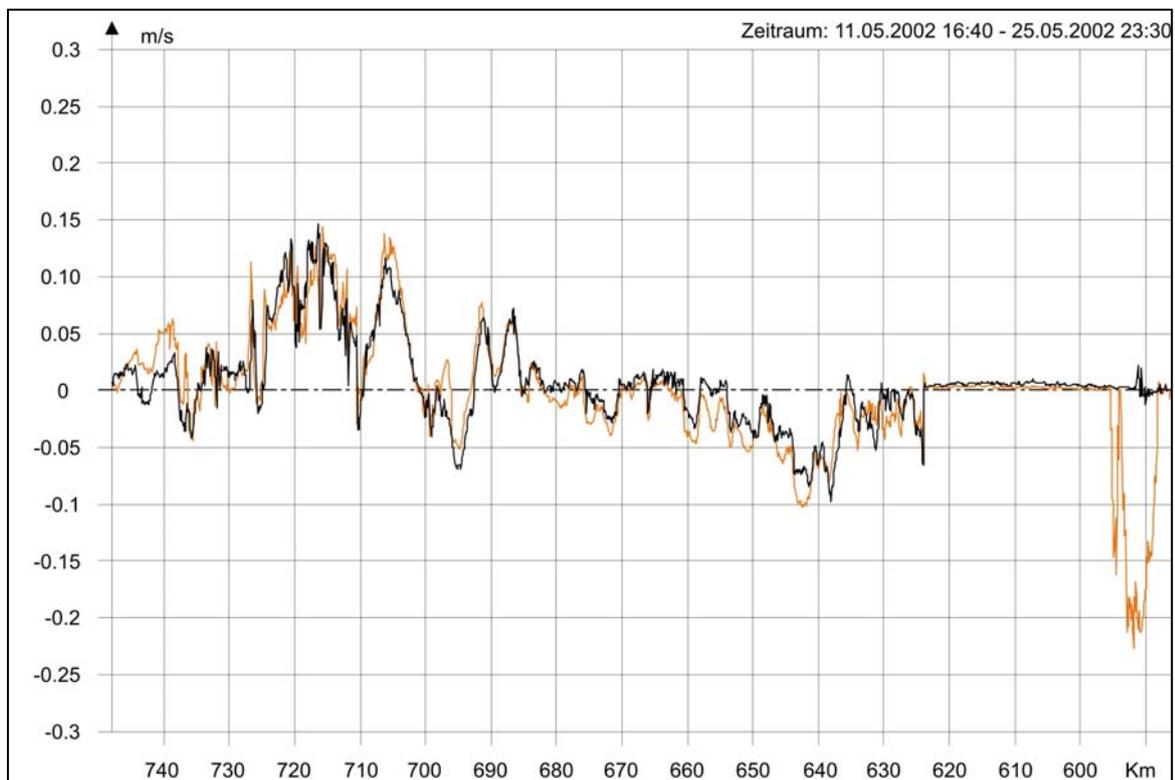


Abbildung 12: Ausbaubedingte Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit in Schwarz für (AZ385S – PIZ) und in Rotbraun für (AZ_10 – PIZ_02)

3.2.3 Maximale Flutstromgeschwindigkeit

BAW-Gutachten 2006: Im Hauptfahrwasser der Elbe treten die größten ausbaubedingten Änderungen der maximalen Flutstromgeschwindigkeit südlich des Medemgrundes mit Zunahmen um etwas über +0,15 m/s auf. Nennenswerte Abnahmen werden im Bereich der Begegnungsstrecke zwischen Elbe-Km 635 und 645 sowie im Bereich der Mündung des Köhlbrandes in die Norderelbe ermittelt. Die maximale Flutstromgeschwindigkeit nimmt dort um bis zu -0,15 m/s ab.

Für die **Varianten AZ_09 und AZ_10** sind die ausbaubedingten Abnahmen der maximalen Flutstromgeschwindigkeiten bei Elbe-Km 638 etwa -0,05 m/s größer als im ausgelegten BAW-Gutachten.

Bewertung des Vergleichs der Ergebnisse des Gutachtens mit den Planänderungen 1 und 2

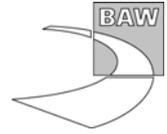
Da die Kurven für die jeweils ermittelten ausbaubedingten Änderungen nahezu kongruent verlaufen, insbesondere die Zunahmen für die Ausbauvarianten mit den Planänderungen keine zusätzlichen Spitzen aufweisen, haben die bisherigen Prognosen der BAW weiterhin Bestand. Die lokalen Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeit im Bereich Altenbrucher Bogen wurden im Gutachten zur Planänderung 2 gesondert betrachtet und begutachtet. Die zusätzliche ausbaubedingte Abnahme bei Elbe-Km 638 kann den Stromauftransport der Sedimente in den Hamburger Hafen ein wenig reduzieren.



Abbildung 13: Ausbaubedingte Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit in Schwarz für (AZ385S – PIZ) und in Magenta für (AZ_09 – PIZ_02)



Abbildung 14: Ausbaubedingte Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit in Schwarz für (AZ385S – PIZ) und in Rotbraun für (AZ_10 – PIZ_02)



3.2.4 Maximale Ebbestromgeschwindigkeit

BAW-Gutachten 2006: Im Hauptfahrwasser der Elbe treten die größten ausbaubedingten Änderungen der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit südlich des Medemgrundes auf. Der Kennwert nimmt dort lokal bis zu +0,25 m/s zu. Die maximalen Ebbestromgeschwindigkeiten nehmen im Bereich der Begegnungsstrecke lokal zwischen Elbe-Km 635 und 645 sowie im Bereich der Mündung des Köhlbrandes in die Norderelbe nicht ganz so stark ab wie die maximalen Flutstromgeschwindigkeiten. Dieser Sachverhalt wird positiv bewertet.

Für die **Variante AZ_09** ergeben sich im Altenbrucher Bogen keine neuen Spitzen in der Strömungszunahme.

Auch für die **Variante AZ_10** ergeben sich im Altenbrucher Bogen keine neuen Spitzen in der Strömungszunahme. Dies ist insbesondere auf die Initialbaggerung zurück zu führen, die eine Zunahme der ausbaubedingten Strömungsspitzen verhindert.

Bewertung des Vergleichs der Ergebnisse des Gutachtens mit den Planänderungen 1 und 2
Da die Zunahmen für die Ausbauvariante mit den Planänderungen keine zusätzlichen Spitzen aufweisen, haben die bisherigen Prognosen der BAW (ausgelegte Gutachten) weiterhin Bestand.

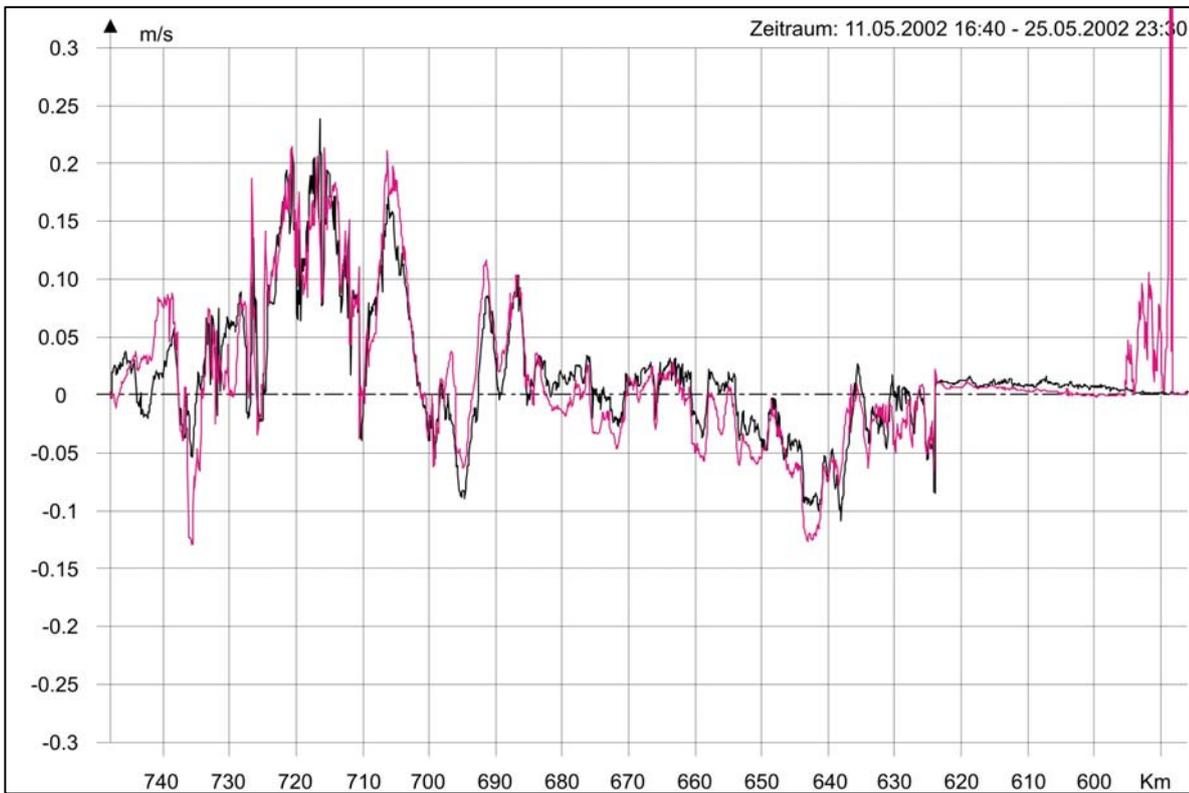


Abbildung 15: Ausbaubedingte Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit in Schwarz für (AZ385S – PIZ) und in Magenta für (AZ_09 – PIZ_02)

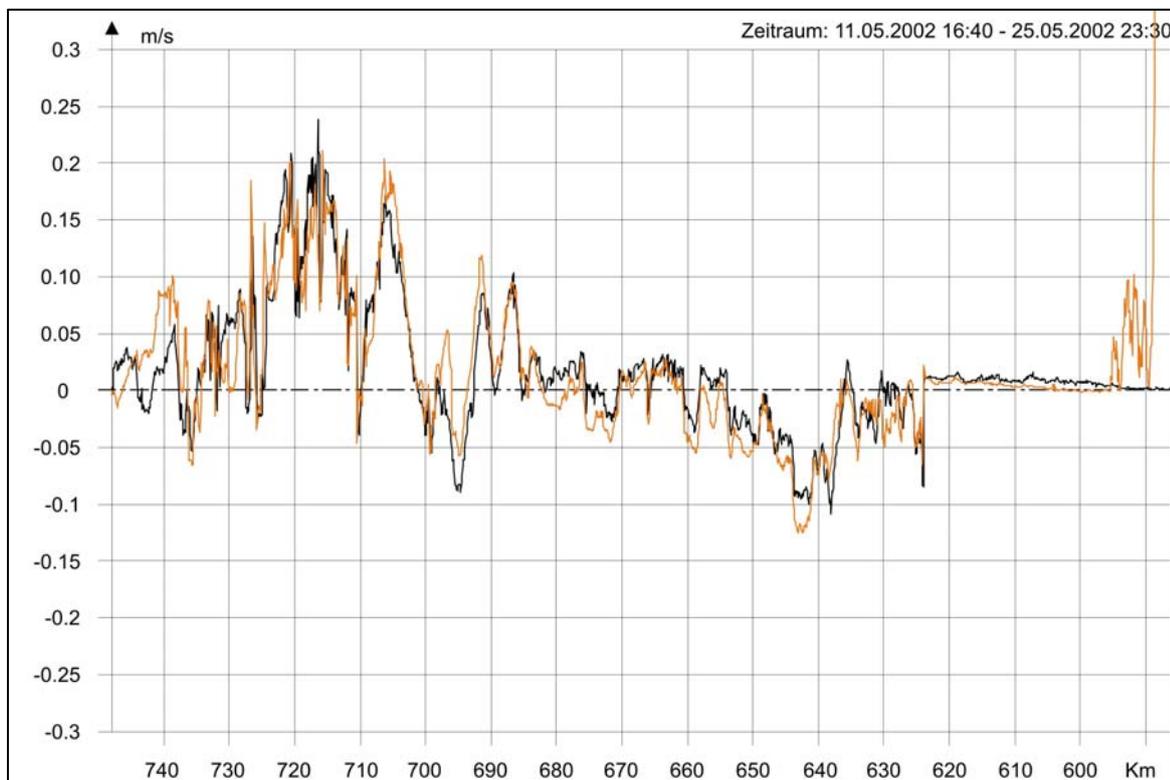


Abbildung 16: Ausbaubedingte Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit in Schwarz für (AZ385S – PIZ) und in Rotbraun für (AZ_10 – PIZ_02)

3.3 Ausbaubedingte Änderungen des Salzgehalts

An dieser Stelle muss zunächst noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die Untersuchungen für die Planänderungen 1 und 2 mit „worst-case“ Randwerten durchgeführt wurden. Die Auswirkungen dieser Randwerte kann für den maximalen Salzgehalt - bezogen auf die planerischen Ist-Zustände (PIZ, PIZ_02) - der Abbildung 17 entnommen werden. Hier wird deutlich, dass im Vergleich zu den Werten des im Frühjahr 2007 ausgelegten Gutachtens der BAW die 1 PSU Isohaline ca. 15 km, die 5 PSU Isohaline ca. 11 km und die 10 PSU Isohaline ca. 8 km weiter stromauf liegt. Diese Verschiebungen resultieren vor allem aus den gewählten „worst-case“ Randwerten, die eine besonders ungünstige hydrologische Situation beschreiben sollen. Die Verschiebungen resultieren nachrangig aber auch aus den Unterschieden zwischen PIZ und PIZ_02 und aus der Berücksichtigung der Nebenflüsse. Diese Verschiebungen sind keine Ausbauwirkungen.

Die ausbaubedingte Verlagerung der Brackwasserzone findet je nach hydrologischer Situation an verschiedenen Orten des Elbästuars statt. Sie ist für alle betrachteten Zielvarianten in der folgenden Tabelle zusammengefasst (Delta steht für die ausbaubedingte Verschiebung des Salzgehalts nach stromauf im Vergleich zur Situation im jeweils relevanten planerischen Ist-Zustand).

Salzgehalt	1 PSU	5 PSU	10 PSU
AZ385S			
Delta	1400 m	1900 m	1000 m
AZ_09			
Delta	1400 m	1200 m	1000 m
AZ_10			
Delta	1400 m	1500 m	1100 m

Von entscheidungserheblicher Relevanz ist die ausbaubedingte Verlagerung der Brackwasserzone in Gewässerabschnitten, in denen die geringen Salzgehalte (z. B. 1 PSU) auftreten können. Für die 1 PSU Isohaline ist die Strecke der Verlagerung identisch, obwohl diese Verlagerung in einem stromauf gelegenen Elbabschnitt erfolgt. Die stromaufwärtige Verlagerung der 5 PSU Isohaline ist bei Berücksichtigung der „worst-case“ Randwerte kleiner als im ausgelegten Gutachten. Die 10 PSU Isohaline verändert sich im Vergleich zum ausgelegten Gutachten räumlich nur geringfügig.

Bewertung des Vergleichs der Ergebnisse des Gutachtens mit den Planänderungen 1 und 2
Da die Verlagerungsstrecken und auch die Zunahmen des maximalen Salzgehaltes in den Planänderungszuständen auch für die gewählten „worst-case“ Bedingungen Gültigkeit behalten, gelten die Aussagen des bisher ausgelegten Gutachtens sinngemäß auch weiterhin.

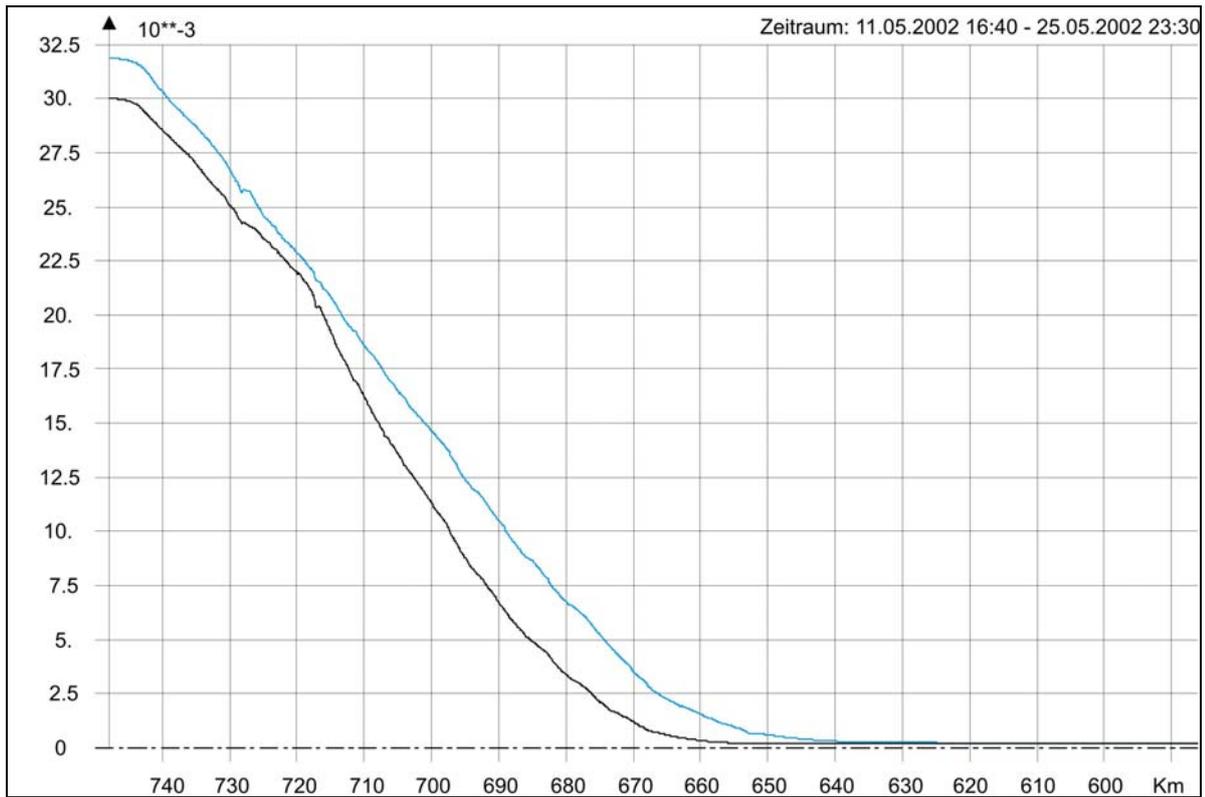


Abbildung 17: Maximaler Salzgehalt (PSU) in Schwarz für den PIZ und in Blau für den PIZ_02 aus der Simulation mit den „worst-case“ Randwerten

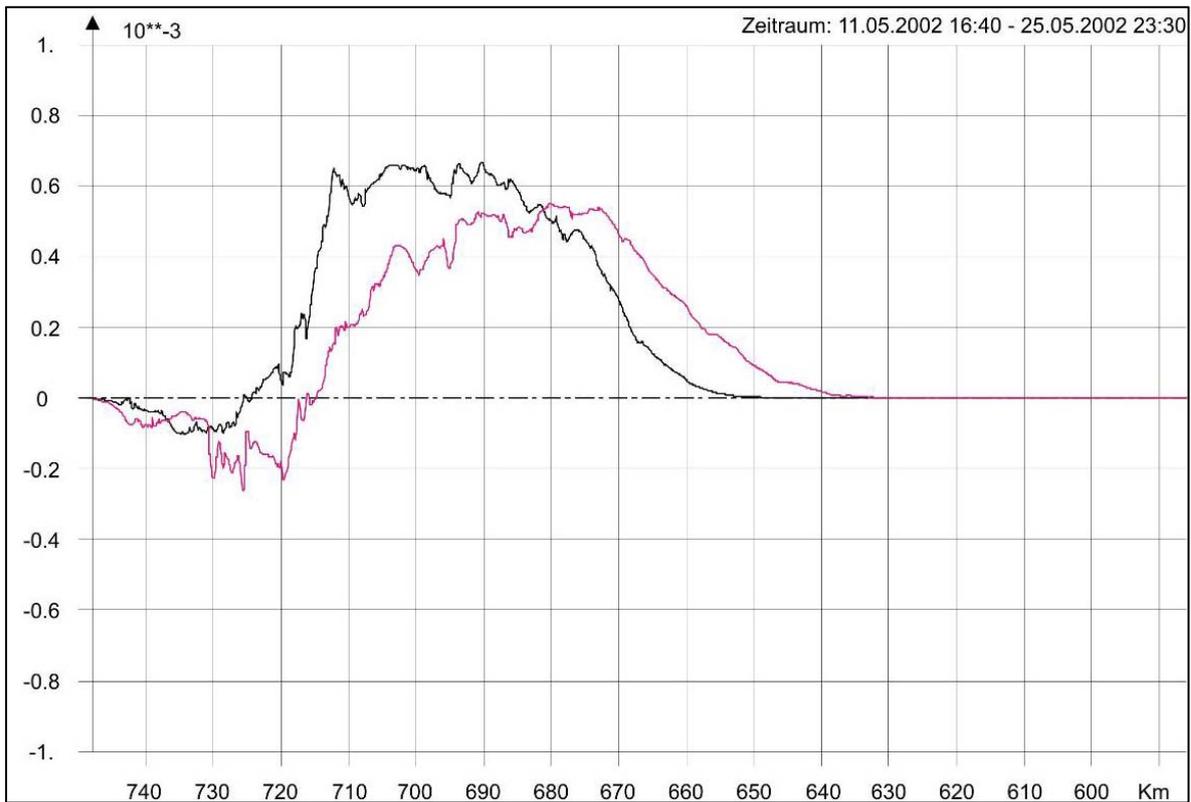


Abbildung 18: Ausbaubedingte Änderung des maximalen Salzgehaltes (PSU) in Schwarz (AZ385S – PIZ) und in Magenta (AZ_09 – PIZ_02)

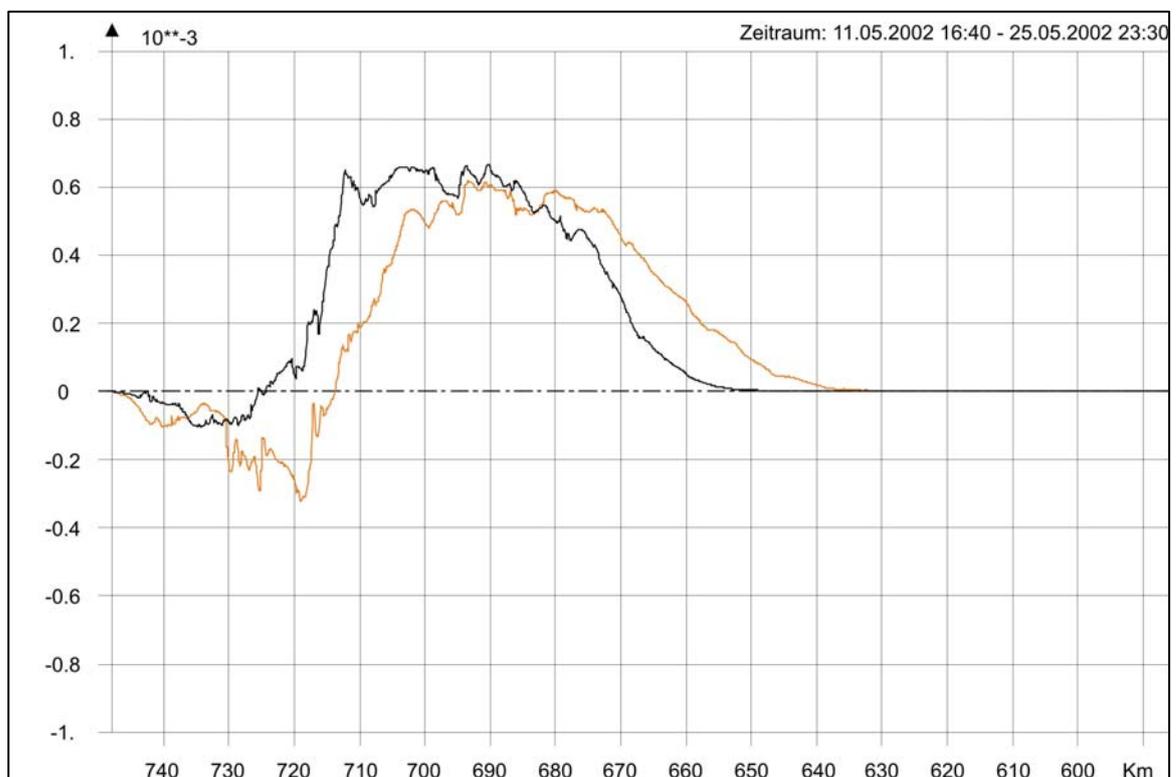


Abbildung 19: Ausbaubedingte Änderung des maximalen Salzgehaltes (PSU) in Schwarz (AZ385S – PIZ) und in Rotbraun (AZ_10 – PIZ_02)

3.4 Ausbaubedingte Änderungen des Sedimenttransportes

Die Ergebnisse für die Kennwerte des Feststofftransports sind im ausgelegten Gutachten BAW (2006): *Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe - Gutachten zu Ausbaubedingten Änderungen der morphodynamischen Prozesse*, Gutachten BAW-Nr. A39550310062-H.1c dargestellt. Abschätzungen der ausbaubedingten Veränderungen des zu erwartenden Baggergeschehens oder des Eintriebs von Sedimenten in einzelne Gewässerabschnitte können am besten auf der Grundlage des berechneten Restschwebstofftransports (auch Netto-Schwebstofftransport genannt) durchgeführt werden. Da im Elbeästuar überwiegend ein mit Flut und Ebbe alternierender (rinnengeführter) Sedimenttransport besteht, ist die Richtung (stromauf oder stromab) des Netto-Transports von entscheidungserheblicher Bedeutung. Ein Vergleich der Untersuchungen im ausgelegten Gutachten mit den Untersuchungen zur Ausbauvariante mit den Planänderungen wird hier deshalb auf Grundlage der ausbaubedingt veränderten Netto-Schwebstofftransporte durchgeführt.

Nach Auslegung der Gutachten im Frühjahr 2007 konnten die für den Sedimenttransport erzielten Modellergebnisse hinsichtlich der Größenordnung und der Verteilung der berechneten Schwebstoffkonzentrationen mit bisher noch nicht berücksichtigten Feldmessungen aus dem Jahr 2006 verglichen und in einem neuen Modell auf diese angepasst werden. Die Messungen wurden auf drei verschiedenen Querprofilen (Cuxhaven, Rhinplate, Nienstedten) jeweils über eine ganze Tide durchgeführt. Die Schwebstoffkonzentrationen wurden nach einem Kalibrierungsprozess anhand gleichzeitig genommener Proben aus dem Backscatter-Signal des ADCP-Gerätes berechnet. Mit diesen zusätzlichen Informationen konnte zwischenzeitlich die Naturähnlichkeit der Sedimenttransportergebnisse des Modells verbessert werden. Im Ergebnis führte dies mit den neuen Berechnungen im PIZ_02 zu höheren modellierten Schwebstoffkonzentrationen und damit in logischer Konsequenz auch zu größeren im Gesamtquerschnitt aufsummierten Transportraten als im PIZ. Ebenso ergeben sich größere Transportraten im AZ_09 und im AZ_10 als im AZ385S.

Zur Quantifizierung dieser Unterschiede wird auf die Abbildung 20 verwiesen. Es musste zunächst analysiert werden wie groß der Unterschied im Schwebstofftransport (getrennt nach Flut und Ebbe) zwischen den beiden Modellversionen PIZ und PIZ_02 ist. Die Abbildung 20 zeigt den Unterschied in Prozent.

Beispiel: Bei Elbe-Km 700 berechnete das Modell für den Transport des Ebbestroms im PIZ 25 % des Transports, den das neue Modell für den PIZ_02 ermittelt. Das neue Modell für den PIZ_02 liefert somit für den Ebbestrom die vierfache Transportmasse in diesem Querschnitt. Es ist deshalb zu erwarten, dass auch die ausbaubedingten Änderungen der Netto-Transportmassen höhere Werte haben werden.

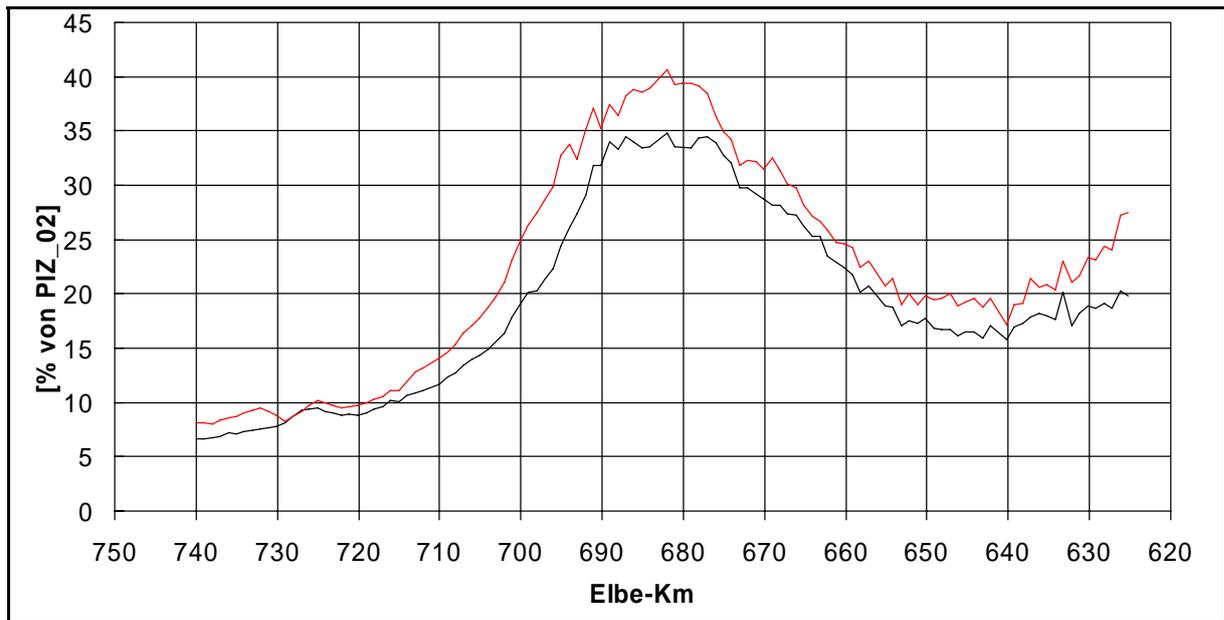


Abbildung 20: Advektive Schwebstofftransporte des PIZ in % vom PIZ_02: für den Flutstrom in Schwarz und für den Ebbestrom in Rot.

Der dargestellte Sachverhalt wird durch die drei nachfolgenden Abbildungen bestätigt. Zum Beispiel beträgt die ausbaubedingte Zunahme des Netto-Transports für die beiden Planänderungen AZ_09 und AZ_10 mit dem neuen Transportmodell bei Elbe-Km 670 ca. das Dreifache im Vergleich zum alten Transportmodell. Da jedoch die absoluten Transportmengen bei Elbe-Km 670 im neuen Transportmodell ebenfalls ca. dreimal so groß sind, sind die ausbaubedingten Änderungen, die mit beiden Transportmodellen ermittelt wurden, von gleicher Größenordnung.

Anmerkung: Ausbaubedingte Veränderungen z. B. der Sedimenteintrags- oder Baggermengen sollten stets nur in Prozent angegeben werden, weil die Modelle noch lange nicht in der Lage sind, die tatsächlichen Transportmengen exakt zu simulieren. Gründe für die bestehenden Modellunschärfen sind ausführlich im Gutachten BAW-Nr. A39550310062-H.1c dargestellt

Bewertung des Vergleichs der Ergebnisse des Gutachtens mit den Planänderungen 1 und 2

Das im Frühjahr 2007 ausgelegte Gutachten der BAW prognostiziert für den Elbabschnitt zwischen Elbe-Km 640 und Elbe-Km 700 durchgehend eine Zunahme stromaufwärts gerichteter Netto-Transporte. In den übrigen Elbabschnitten sind keine nennenswerten Abnahmen zu verzeichnen. Für die Ausbauvariante mit den Planänderungen ergibt sich mit dem neuen Modell eine Zunahme stromaufwärts gerichteter Netto-Transporte zwischen Elbe-Km 640 und Elbe-Km 680. Im Abschnitt zwischen Elbe-Km 680 und Elbe-Km 725 nimmt der Netto-Transport hingegen ab. Es ist deshalb herauszustellen, dass die geänderte Ausbauvariante nicht zu größeren ausbaubedingten Veränderungen (ausgedrückt in Prozent) führt, als bereits im Gutachten dargestellt.

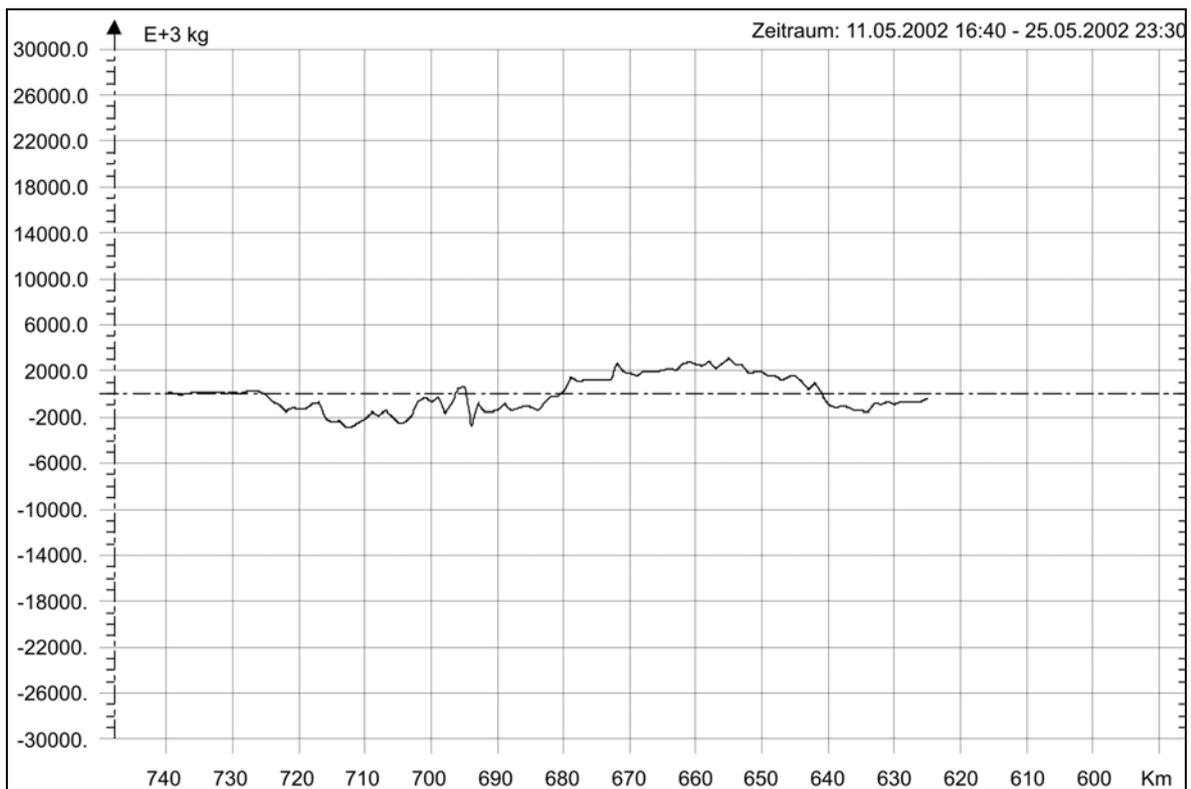


Abbildung 21: Ausbaubedingte Änderung des mittleren Restschwebstofftransportes im Längsschnitt (AZ_09 – PIZ_02)

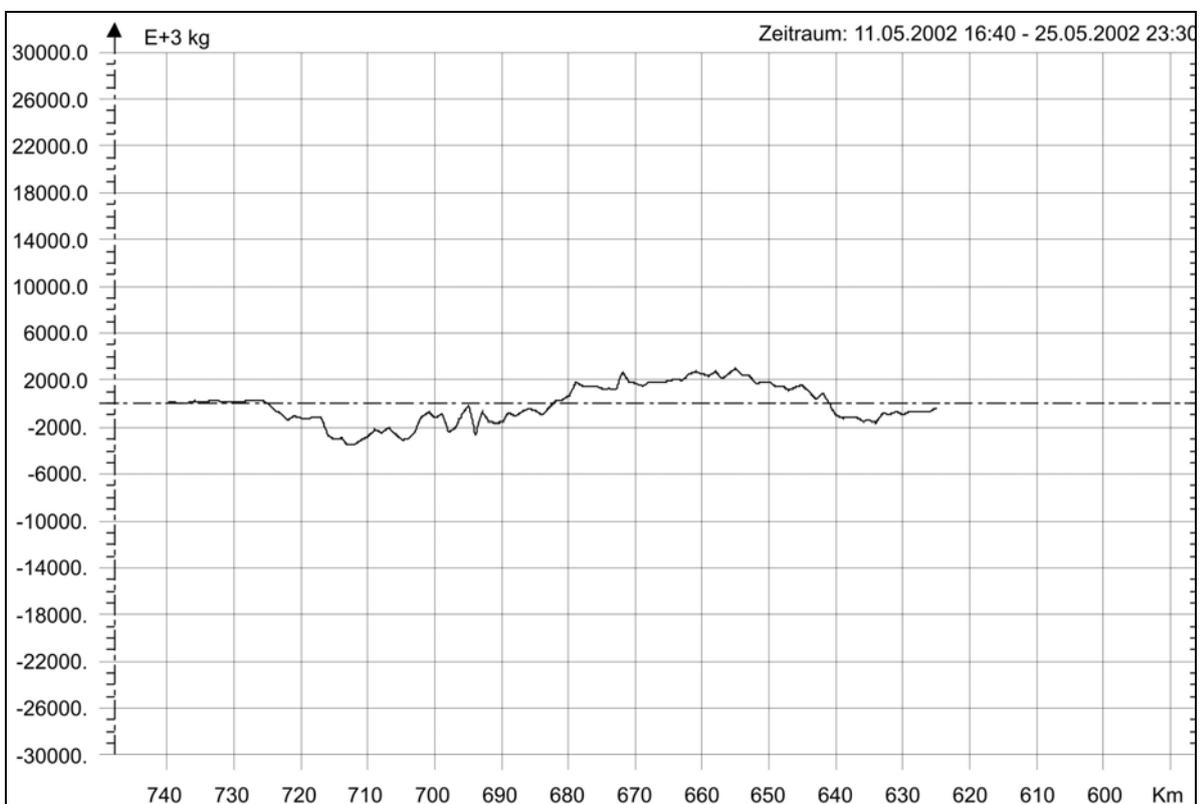


Abbildung 22: Ausbaubedingte Änderung des mittleren Restschwebstofftransportes im Längsschnitt (AZ_10 – PIZ_02)

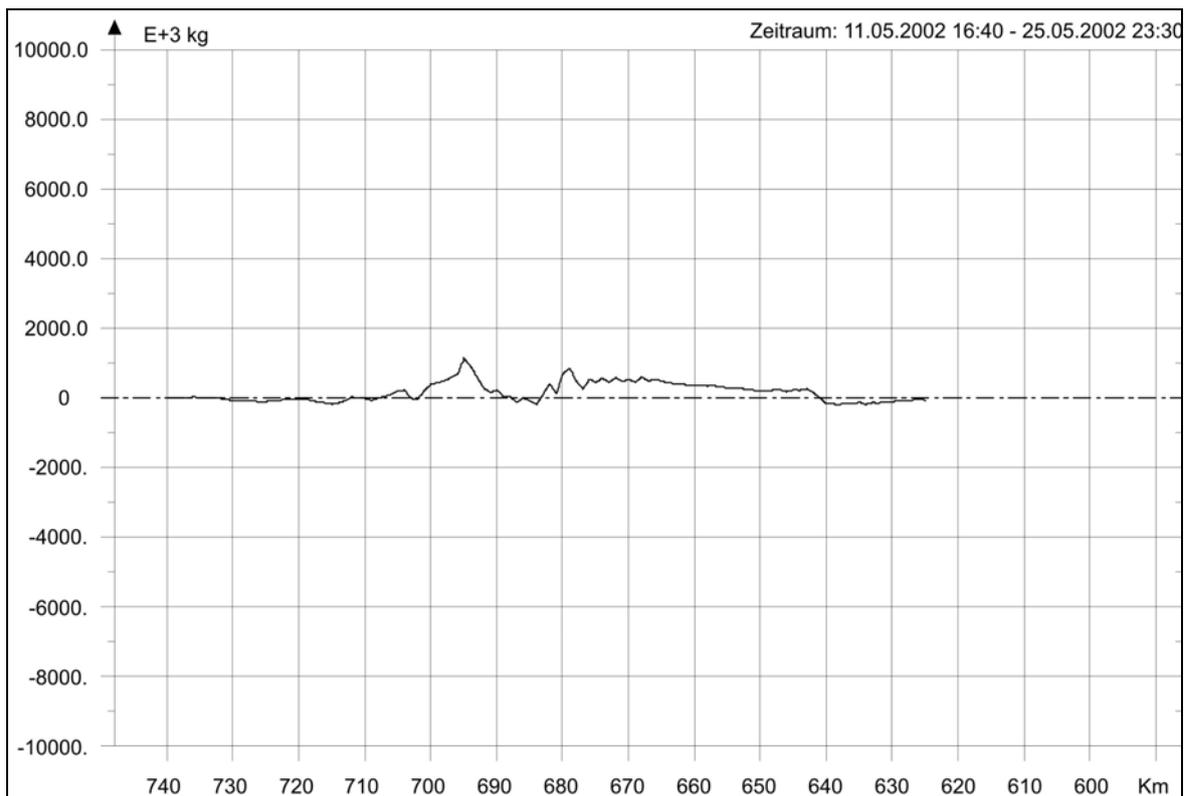


Abbildung 23: Ausbaubedingte Änderung des mittleren Restschwebstofftransportes im Längsschnitt (AZ385S – PIZ)

3.5 Zusammenfassende Bewertung des Topographievergleichs

Im Gesamtergebnis ist der folgende Sachverhalt festzustellen: Auf der Grundlage umfassender Analysen der Untersuchungsergebnisse für drei betrachtete Ausbauvarianten (ursprüngliche Variante, Planänderung 1 und Planänderung 2) für die geplanten Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe kann nachgewiesen werden, dass sich bei Verwendung einer neueren Topographie des Jahres 2006 keine neuen Erkenntnisse für die ausbaubedingten Veränderungen ergeben, die in den im Frühjahr 2007 ausgelegten Gutachten (Verwendung der Topographie 2003) enthalten sind.

Die Ergebnisse der ausgelegten Gutachten haben somit weiterhin Bestand. Diese Feststellung gilt vor allem, weil die in den ausgelegten Gutachten prognostizierten Wasserstandsänderungen auf der „sicheren Seite“ liegen. Insbesondere das Tideniedrigwasser fällt für die untersuchten Planänderungen nicht mehr so weit ab, wie im ausgelegten Gutachten.

Neben den Tidekennwerten für die Wasserstände wurden auch die Tidekennwerte für die Strömungen, Salzgehalte und suspendierten Sedimenttransporte im Detail verglichen. Auch für diese Kennwerte gilt die Beständigkeit der Aussagen der bisher ausgelegten Gutachten.

4 Umlagerung von Ausbaubaggertgut am Neuen Luechtergrund

Das im Frühjahr 2007 ausgelegte Gutachten zum Verbringungskonzept im Medembogen und im Neuen Luechtergrund (BAW-Nr. A3955 03 10062 – H.1f – Oktober 2006) ging für den Verbringungsort am Neuen Luechtergrund von einer Gesamtmenge von 2,5 Mio. m³ aus. Geplant waren vier Umlagerungen mit zwei Hopperbaggern je Hochwasserphase.

Im Rahmen der Planänderung 1 wurde für die am Neuen Luechtergrund umzulagernde Menge ein Gesamtvolumen von 7,5 Mio. m³ vorgesehen. Für die nun zu untersuchende Planänderung wird die Umlagerungsmenge noch einmal um 5 Mio. m³ vergrößert.

Grundlagen für die hier dargestellten Untersuchungsergebnisse sind somit:

- Gesamtvolumen der Umlagerung 12,5 Mio. m³
- Dauer der Umlagerung 15 Monate
Anmerkung: wie bisher wird vom Vorhabensträger eine mittlere Umlagerungsmenge von 16.000 m³ pro Tide vorgesehen. Für die Simulationen in der BAW wurde diese pro Tide umgelagerte Menge im Sinne eines worst-case Ansatzes verdoppelt, weil nur eine Zeitspanne von 28 Tiden für die Simulation realisiert wurde.
- Kornzusammensetzung des Umlagergutes wie im ausgelegten Gutachten (H.1f)
Anmerkung: Da der Anteil der schluffigen Sedimentanteile im Bezugsgutachten sehr gering war, ist bei den Umlagerungen am Neuen Luechtergrund darauf zu achten, dass beim Ausbau gebaggerte Weichsedimentschichten nicht dorthin verbracht werden. Die Antragsunterlage geht davon aus, dass hier nur Feinsande und gröberes Material umgelagert werden.
- Tidephase der Umlagerungen wie bisher um die Hochwasserzeit

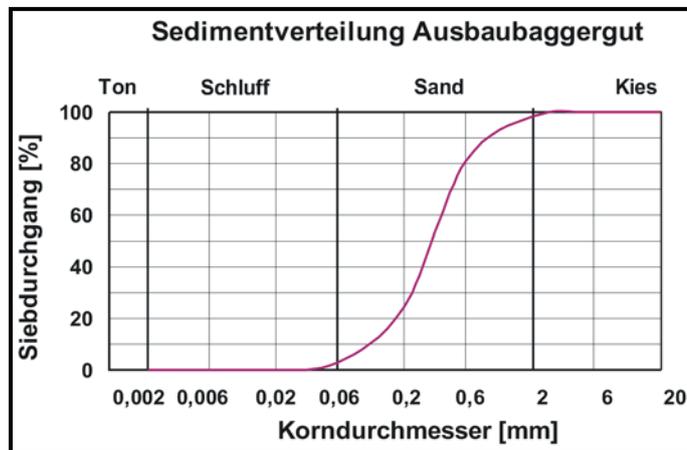
Die Fragestellung wurde von drei Gutachtern in der BAW wie folgt untersucht:

1. 3D-Modell der Elbe zwischen Helgoland und Geesthacht
Simulationsverfahren UnTRIM 2004 gemäß Bezugsgutachten (H.1f)
Bearbeiter: Dipl-Geoökologe Marko Kastens
2. 2D-Modell der Elbe zwischen Helgoland und Geesthacht
Simulationsverfahren DELFT3D erstellt mit Bezug zu Strombauuntersuchungen im Elbemündungsgebiet
Bearbeiter: Dr.-Ing. Andreas Plüß
3. Elbmodell von Bake A bis zum Wehr bei Geesthacht
Simulationsverfahren UnTRIM 2007 mit Bezug zur Weiterführung der Untersuchungen für zukünftig neue Fragestellungen
Bearbeiter: Dr.-Ing. Holger Weilbeer

Für die Simulationen wurden folgende Annahmen und Voraussetzungen getroffen:

1. Grundlage der Bathymetrie ist der Ausbauzustand AZ_10 (Planänderung 2).

2. Zur Berücksichtigung der Umlagerungsmenge von insgesamt 12,5 Mio. m³ Baggergut wird ein neuer Ausbauzustand (AZ_11) kreiert. Dieser berücksichtigt zu Beginn der Umlagerungssimulation ein abgelagertes Sedimentvolumen von 11,6 Mio. m³ entsprechend einer bereits dem Anfangszustand für die Simulation vorweggenommenen Umlagerung in ca. 14,5 Monaten. Die restlichen 0,9 Mio. m³ werden in einer Zeitspanne von 28 Tiden im Modell umgelagert.
3. Die Zeitspanne der Simulation beginnt am 01.05.2002 und endet am 01.06.2002. Nach der im Modell zuletzt durchgeführten Umlagerung, wird somit noch ein weiterer Spring-Nipp-Zyklus simuliert, um die Auswirkungen der Umlagerung zu erfassen.
4. Mit dem DELFT3D Modell wurde auch die Möglichkeit der numerischen morphologischen Zeitraffung genutzt, um die Ausbreitung der Umlagerungen nach einem Jahr zu bewerten.
5. Der Oberwasserzufluss beträgt 180 m³/s.
6. Es sind für fast alle Modellläufe nur die umgelagerten Sedimente als morphologisch aktiv eingestellt worden. Dies bedeutet, dass die natürlich vorhandene Sedimentkonzentration nicht berücksichtigt wird. Einzelne intern fortgeführte Untersuchungen bezogen die morphologische Aktivität aller Sedimente ein.
7. Gerechnet wird mit der Sedimentzusammensetzung wie bei den Untersuchungen zu Umlagerungen im Neuen Lüchtergrund (H.1 f): 98% Sand u. 0,31 % Ton u Schluff. Aus den Angaben des Vorhabensträgers konnte diese Sedimentverteilungskurve konstruiert werden:



Die beiden nachfolgenden Abbildungen zeigen die Tiefenverteilung im Bereich der Umlagerstelle vor und nach der Umlagerung sowie die räumlich variierende Mächtigkeit des eingebrachten Vorspülkörpers.

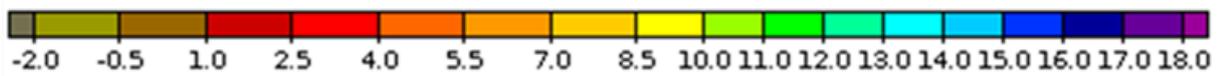
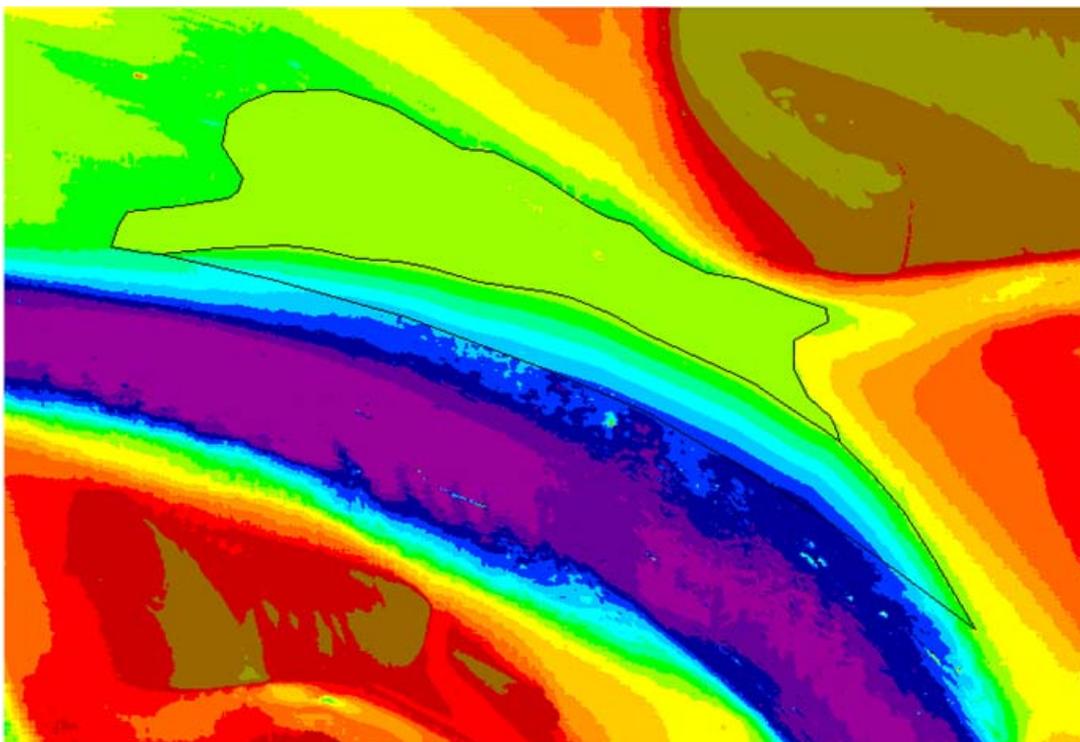
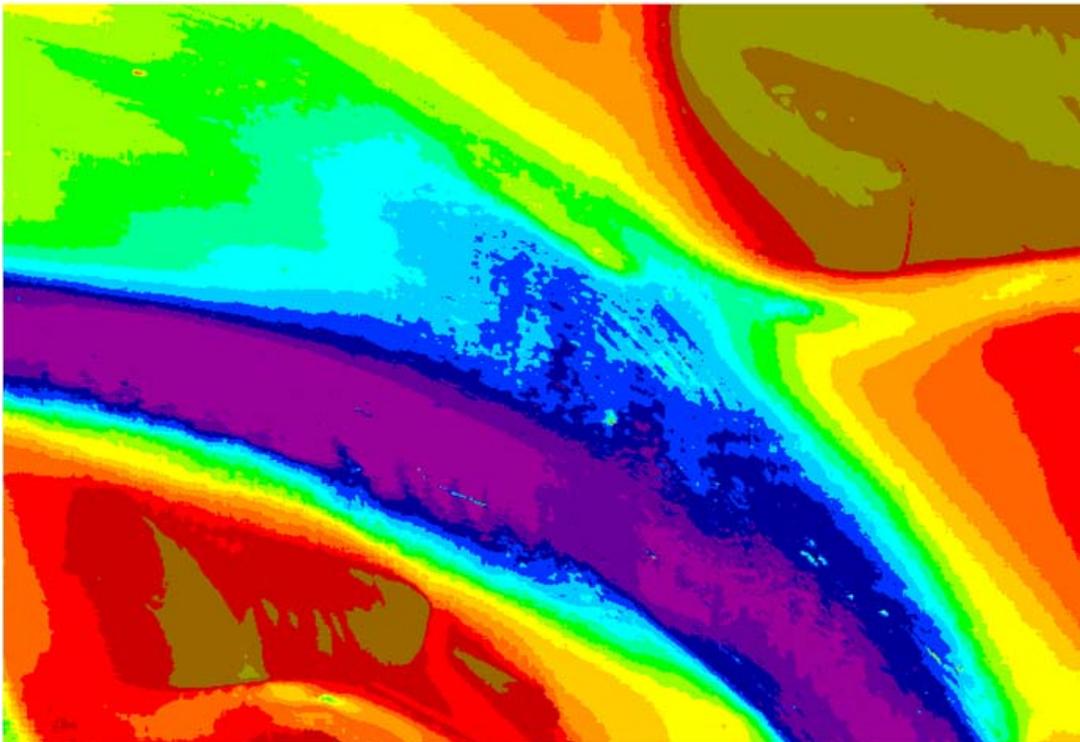


Abbildung 24: Bathymetrie Neuer Luechtergrund – Zustand 2006 oben – mit Ablagerung unten [m]

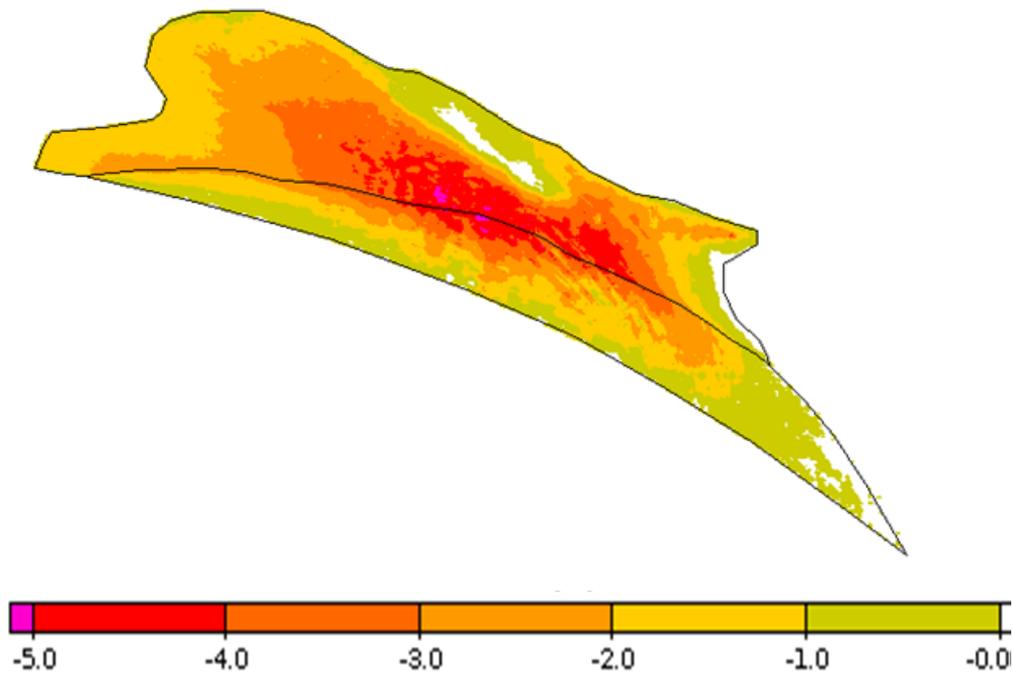


Abbildung 25: Mächtigkeit des eingebrachten Spülkörpers [m]

Die nachfolgenden beiden Abbildungen zeigen das Modellgebiet zwischen Helgoland und Cuxhaven. Die Explosionsdarstellung für das DELFT3D Modell soll verdeutlichen, dass hier eine Parallelisierung der Rechenoperationen auf Grundlage einer Gebietsaufteilung erreicht wird, während im UnTRIM Modellverfahren eine vollkommen andere Parallelisierung realisiert ist.

Die auf den nachfolgenden Seiten graphisch dargestellten Simulationsergebnisse, die mit verschiedenen Modellläufen und mit unterschiedlichen Modellverfahren gewonnen wurden, können im Hinblick auf die wesentlichen Fragestellungen zusammengefasst interpretiert und vergleichend im Sinne eines Multimodellansatzes gewürdigt werden.

Zuerst ist die Frage zu beantworten, wie sich der dargestellte Spülkörper nach dem Einbringen mittel- bis langfristig verformt und wohin durch Strömungsangriff ausgetragene Massen transportiert werden. Hierzu wird auf die Abbildungen zur Tiefenerosion verwiesen. Diese zeigen, dass die Form des Spülkörpers in den ersten Wochen nach Einbringung bei mittleren Tide- und Wetterverhältnissen nahezu stabil ist (siehe Ergebnis zur DELFT3D Simulation nach dem Strömungsangriff von 28 Tagen). Nur eine sehr fein aufgelöste Tiefenänderungsskala (bis 0,1 mm) zeigt die allmählich beginnende Verformung des Spülkörpers (siehe Ergebnis der Tiefenerosion mit dem UnTRIM 2007 Simulationsverfahren). Diese Verformung weist im Wesentlichen auf einen resultierenden Transport in Richtung WNW. Die mit dem DELFT3D Simulationsverfahren für ein ganzes Jahr ermittelte Tiefenerosion zeigt, dass die ausgetragenen Massen nahezu vollständig nach WNW verlagert werden und sich nur teilweise am Großen Vogelsand und im nördlichen Böschungsbereich des Luechterlochs ablagern.

Da mehr als ein Viertel des Spülkörpers aus Feinsand besteht und dieser am schnellsten von der Strömung erodiert werden kann, wird nun der Frage nachgegangen, wohin die verschiedenen Simulationsmodelle den Feinsand transportieren. Hier zeigt der Vergleich zwischen dem UnTRIM3D_2004 Simulationsverfahren und dem UnTRIM3D_2007 Simulationsverfahren (betrieben als 2D Simulation) graduelle Unterschiede, die im Detail lediglich aus wissenschaftlicher Sicht von Interesse sind. Allgemein ist festzustellen, dass die 2D-Modelle (auch die 2D Simulation mit dem DELFT3D Modell) größere Ausbreitungswege für den Feinsand beschreiben als die 3D Simulation. Es ist anzunehmen, dass die in der tiefen Rinne nicht zu vernachlässigende (nur im 3D Modell simulierte) barokline Zirkulation (die in Sohlhöhe eine Flutstromdominanz erzeugt) die Ausbreitungswege der Feinsedimente nach WNW im 3D Modell (im Vergleich zu den 2D Modellen) partiell vermindert. Zusammenfassend ist zur Verdriftung der sandigen Sedimente festzuhalten, dass die resultierenden Transportrichtungen aus strombaulicher Sicht überwiegend positiv einzuschätzen sind, weil das in den vergangenen Jahrzehnten im Bereich des Luechterlochs verloren gegangene Material mit den Ausbaubaggermengen partiell nachgefüttert werden kann.

Obwohl die schluffigen Feinsedimente im Baggergut nur zu einem sehr geringen Massenanteil enthalten sind, wurde im Rahmen der Verdriftungsuntersuchungen besonders auf diese geachtet, insbesondere auch, weil eine Reihe von Einwendungen zum Vorhaben diese thematisierten. Aus diesem Grund werden die Ausbreitungsgebiete getrennt für Grobschluff und Feinschluff betrachtet:

- In der 3D Simulation (UnTRIM 2004) wird der ausgetragene Grobschluff auch noch nach vier Wochen Simulationsdauer überwiegend in der tiefen Rinne mit der alternie-

renden Tideströmung transportiert. Geringere Massen gelangen diffus verteilt in die unmittelbar angrenzenden Bereiche. In der 2D Simulation (UnTRIM 2007) konzentriert sich der Grobschluff bereits teilweise durch Anlagerung an bestimmte topographische Elemente. Dabei handelt es sich um Gebiete westlich vom Gelbsand und Bereiche auf dem Medemsand. Der Rest verteilt sich mehr diffus im Gebiet zwischen dem Medemgrund und der Norderelbe (nördlich Großer Vogelsand).

- Die Ausbreitung des Feinschluffs wird hinsichtlich der Anlagerungsbereiche mit der 2D Simulation (UnTRIM 2007) noch deutlicher. Ausgeprägt treten hier lokal begrenzte Gebiete am Gelbsand, auf dem Medemsand und auf dem Medemgrund hervor. Da der Feinschluff mit noch geringeren Sinkgeschwindigkeiten (im Vergleich zu den zuvor betrachteten Fraktionen) sehr lange im Wasserkörper verbleiben kann, zeigt das mit DELFT3D berechnete Ergebnis die räumliche Verteilung dieser Fraktion vornehmlich in den strömungsintensiven Gebieten zwischen dem Glameyer Stack und der in der Deutschen Bucht auslaufenden Fahrrinne. Diese mit der Umlagerung eingebrachte Fraktion wird sich vornehmlich im Bereich des Außenelbefahrwassers und der Norderelbe analog der „natürlichen“ Schwebstoffverteilung verhalten.

Es ist zu beachten, dass sich das hier dargestellte Verhalten nur in ruhigen Wetterlagen einstellen wird. Seegangsintensive Perioden werden insbesondere die Anlagerungen der Schlufffraktionen auf den Sänden wieder rückgängig machen und erneut zu diffus verteilten Eintragsmengen führen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das umgelagerte Ausbaubaggergut zu keinen feststellbaren Einträgen in das Niedersächsische Wattenmeer führen wird, soweit dies mit den zur Verfügung stehenden Modellen naturähnlich prognostiziert werden kann.

Das Schleswig–Holsteinische Wattenmeer wird tendenziell durch sehr geringe Massen (vornehmlich Feinschluff) aus der Umlagerung beaufschlagt. Dieser Sachverhalt kann ausschließlich mit sehr fein (bezüglich der graphischen Darstellungen im Sub-Prozent Bereich) differenzierenden Modellen herausgearbeitet werden. In der Praxis ist diese Aussage nicht verifizierbar und keinesfalls signifikant.

Durch den Multimodellansatz haben sich keine Widersprüche ergeben. Es sind vielmehr die jeweils größten Auswirkungen in die Interpretation einbezogen worden.

Ergebnisse der UnTRIM2004 / SediMorph Simulation

Umlagert wurden vier Fraktionen in Klarwasser (keine Hintergrundkonzentration)

- Feinschluff: mU [0.21% / 12 μ m],
- Grobschluff: gU [0.1% / 42 μ m],
- Feinsand: fS [26.55% / 132 μ m],
- Mittelsand: mS [53.88% / 420 μ m]

Die Fraktionen Grobsand und Kies bewegen sich kaum und wurden deshalb vernachlässigt. Die Umlagerung erfolgte an 5 Positionen mit je 3200 m³ = 16.000 m³ Wasser-Sediment-Gemisch 1.5h vor und nach Thw. 3200 m³ Wasser-Sediment-Gemisch entsprechen 1.190 t Feststoff bei einer Dichte von 2.45 g/cm³.

Die vier Fraktionen wurden im Modell als Suspension transportiert.

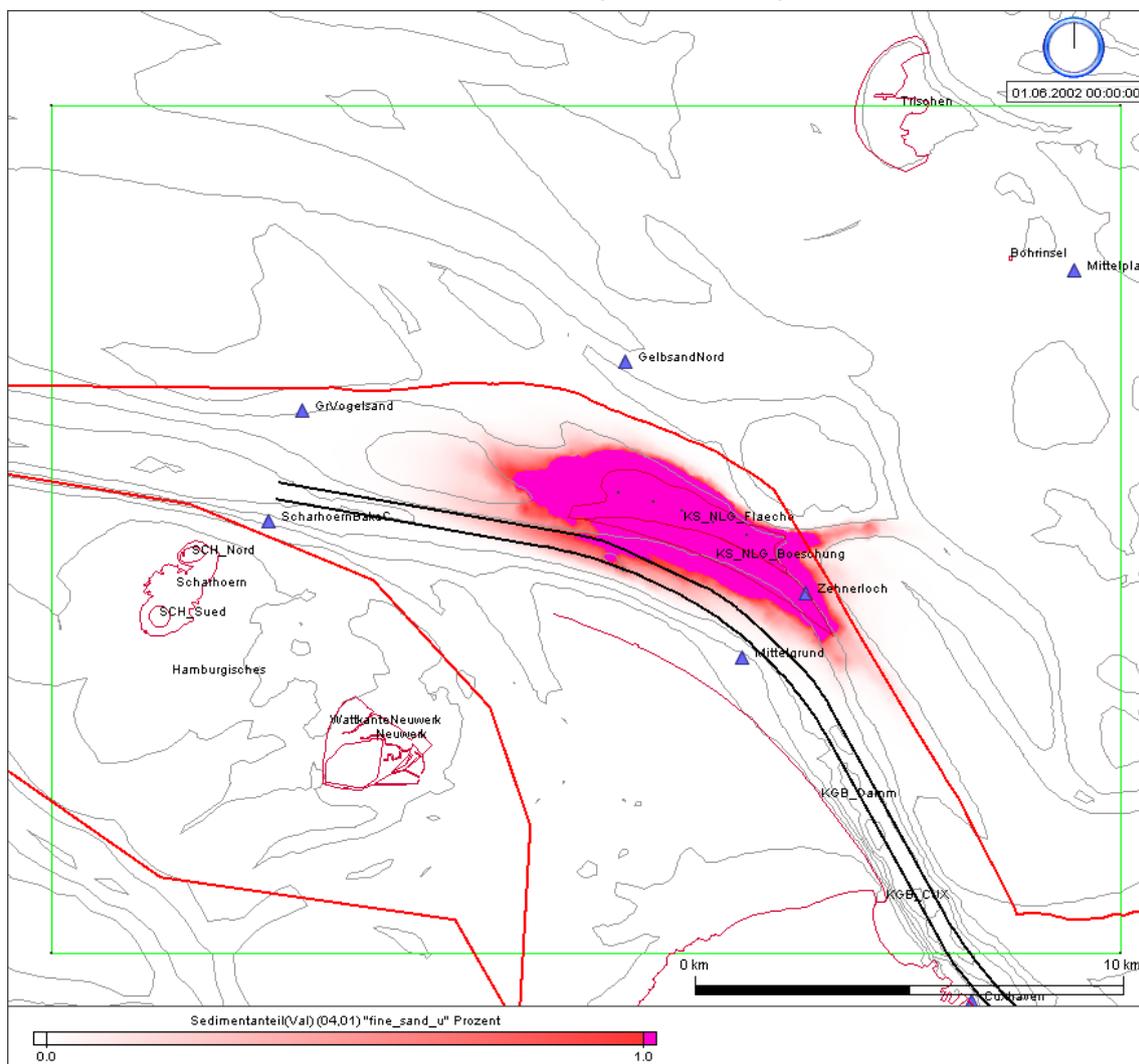


Abbildung 28: UnTRIM 2004 - Verteilung des Feinsandes am Ende der Simulationszeit-spanne in %

Die Veränderung der Wassertiefen im Simulationszeitraum ist lokal sehr begrenzt, weil der Feinsand nur geringe Ausbreitungswege geht und die ausgespülten Schluffe aufgrund der

sehr geringen Volumenanteile nicht merkbar zur Änderung der Sohllage beitragen. Auf die Darstellung wird hier verzichtet.

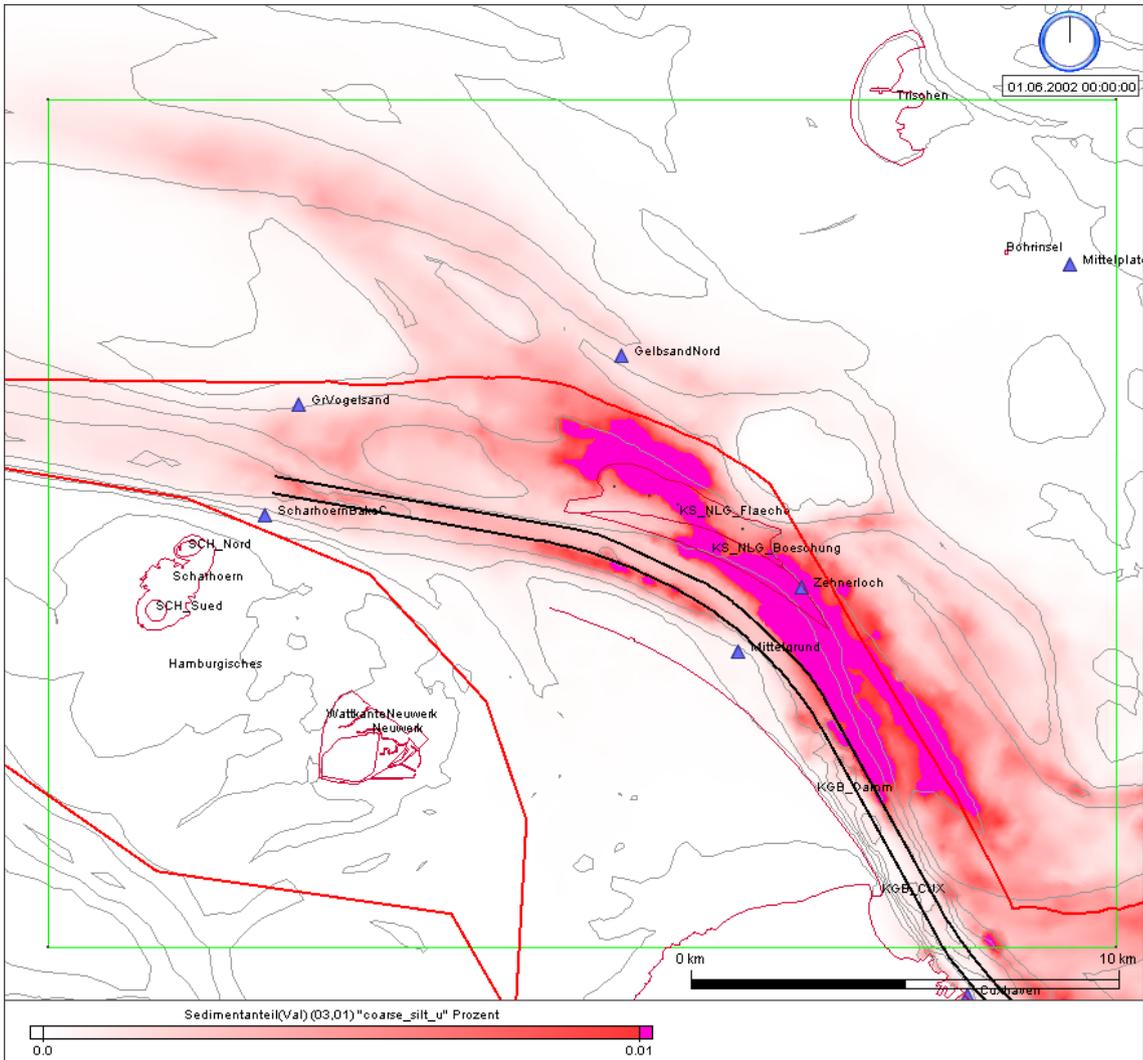


Abbildung 29: UnTRIM 2004 - Verteilung des Grobschluffs am Ende der Simulationszeitspanne in %

Ergebnisse der DELFT3D Simulation

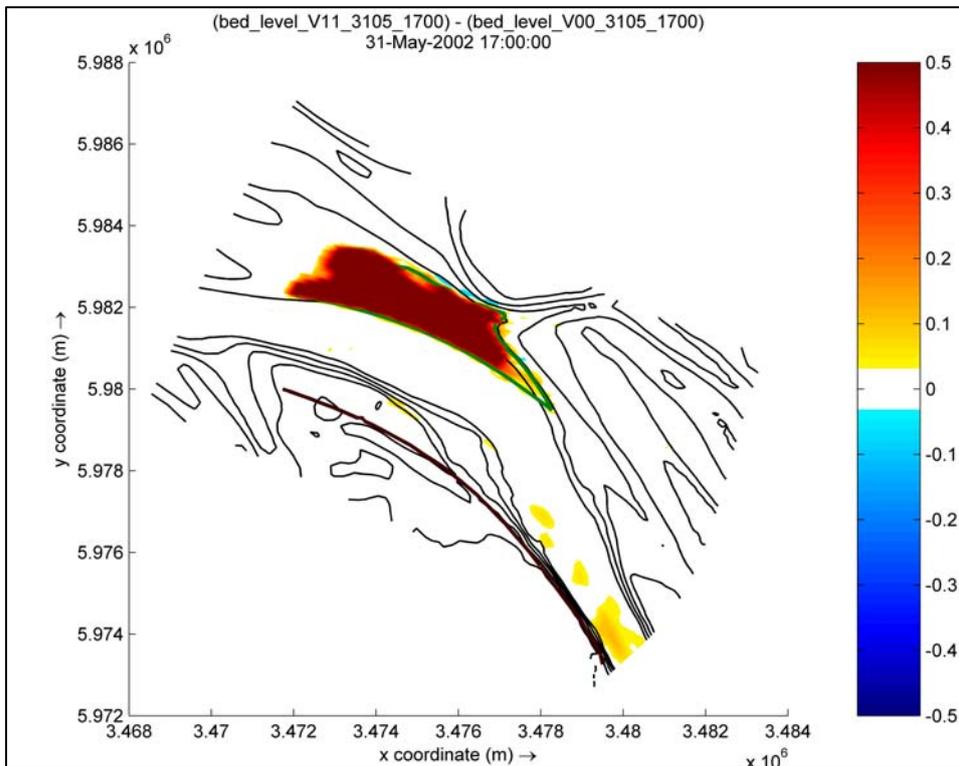


Abbildung 30: DELFT3D - Tiefenerosion [m] nach 28 Tagen

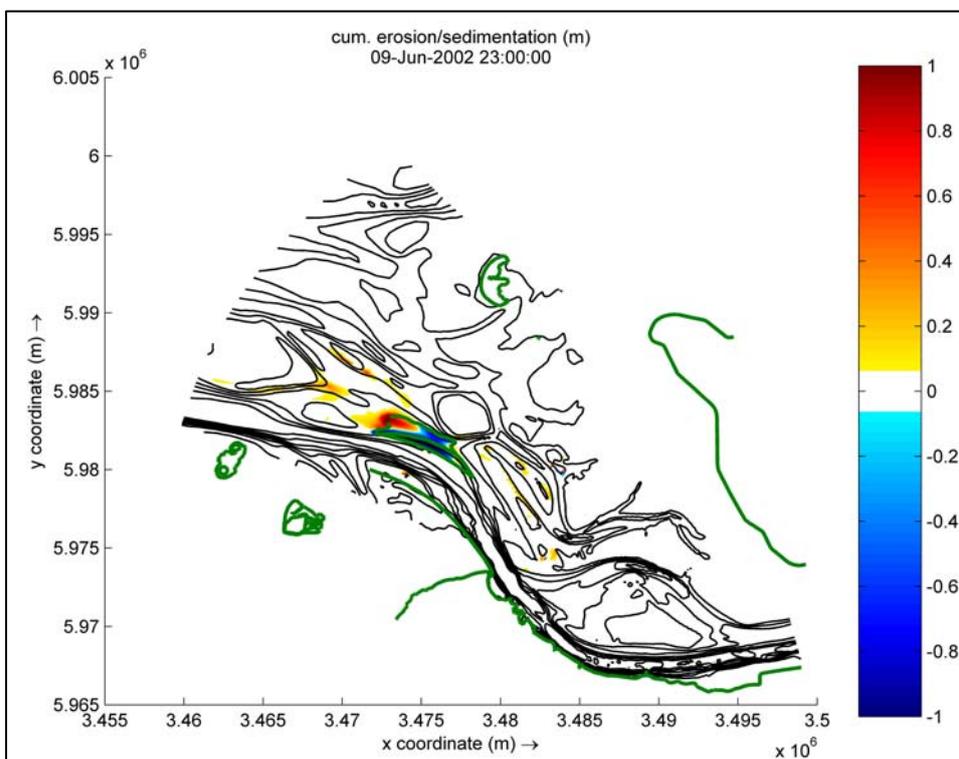


Abbildung 31: DELFT3D - Tiefenerosion [m] nach einem Jahr

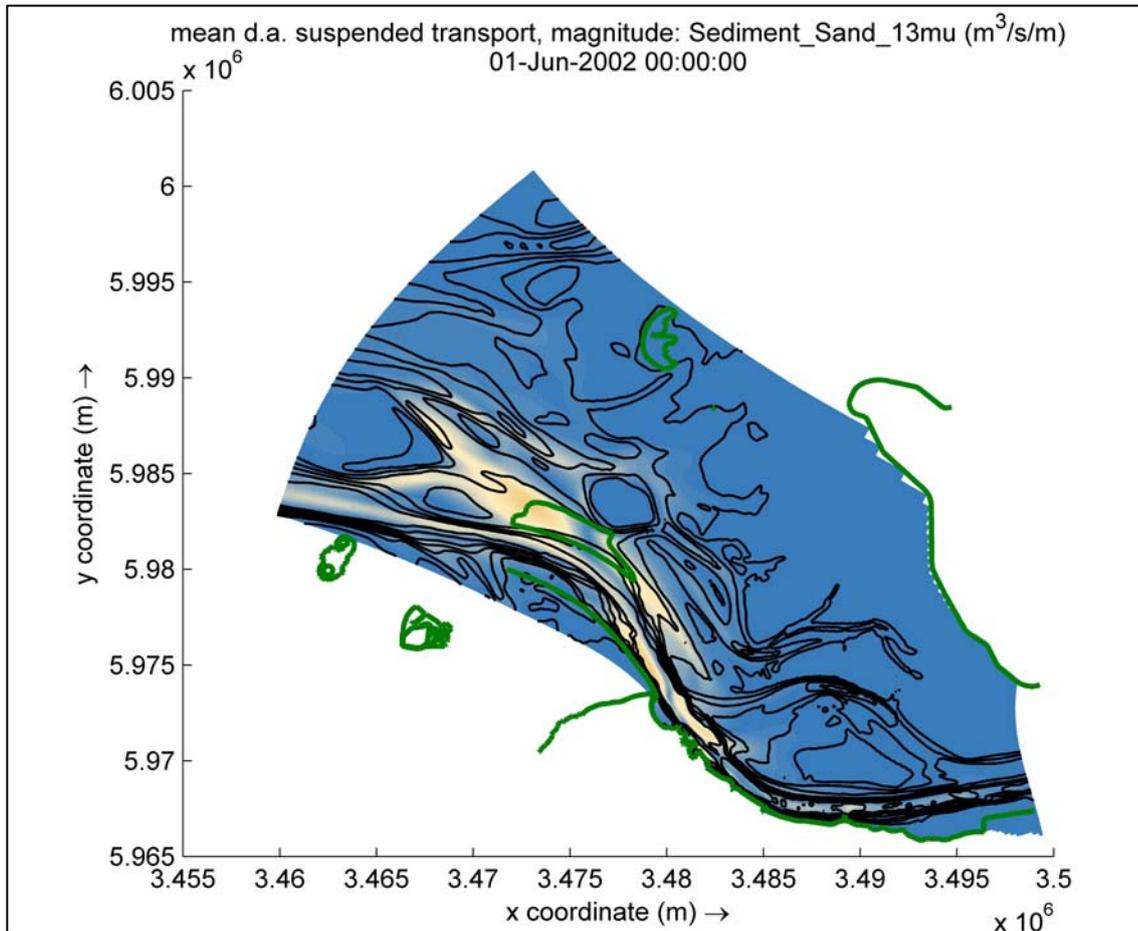


Abbildung 32: DELFT3D - Mittlerer SPM-Transport [m^3/s] nach 28 Tagen für Feinschluff

In der DELFT3D Simulation wurde der gesamte Schluffanteil des umzulagernden Baggerguts als Feinschluff ($12 \mu\text{m}$) angesetzt. Die von der Umlagerstelle in die Umgebung verdriftenden Feinschluffe verbleiben im Bereich der tiefen Rinnen.

Die nach 28 Tagen eintretende Tiefenerosion zeigt den Eintrieb geringer Sedimentmengen in die Fahrrinne. Die Simulation über ein Jahr zeigt in der Fahrrinne jedoch keine weiter gehende Akkumulation.

Ergebnisse UnTRIM2007 / SediMorph Simulation

- Untersuchungsgebiet: Bake A und Z in der Außenelbe bis nach Geesthacht (gemäß UVU)
- Berechnungsnetz mit allen Nebenflüssen
- Beschränkung auf 3 Schwebstofffraktionen (Feinsand, Grobschluff und Feinschluff) weil die übrigen Sand- und Kiesfraktionen die geringsten Ausbreitungswege nehmen
- 2D-Simulation
- Sedimenteintrag als Einleitung über den Wasserkörper

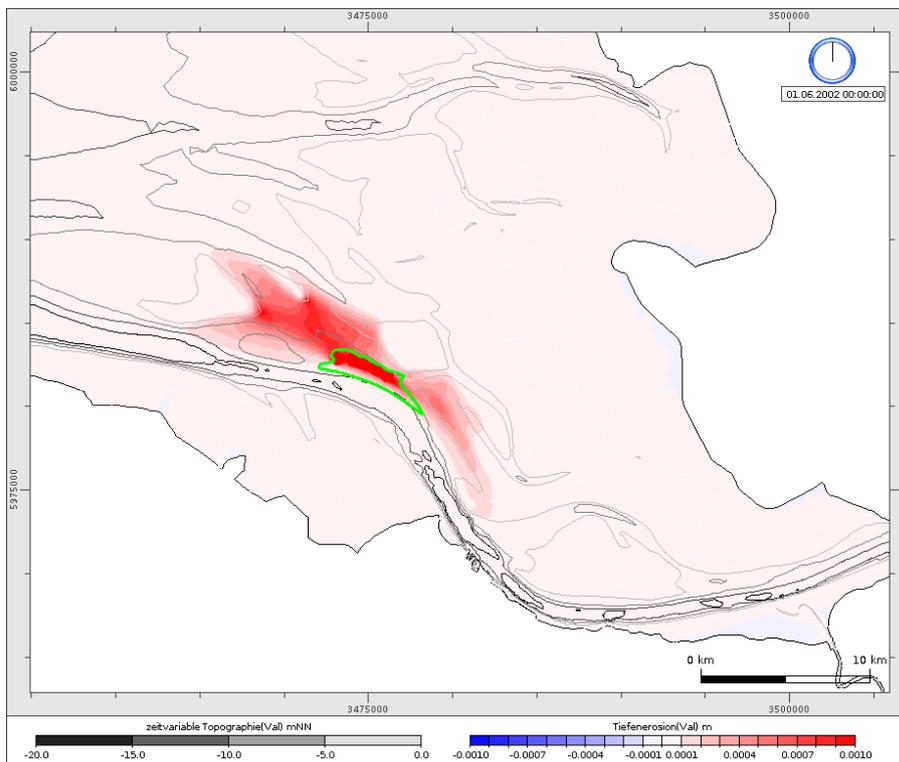


Abbildung 33: UnTRIM 2007 - Tiefenerosion [m] nach 4 Wochen Simulation

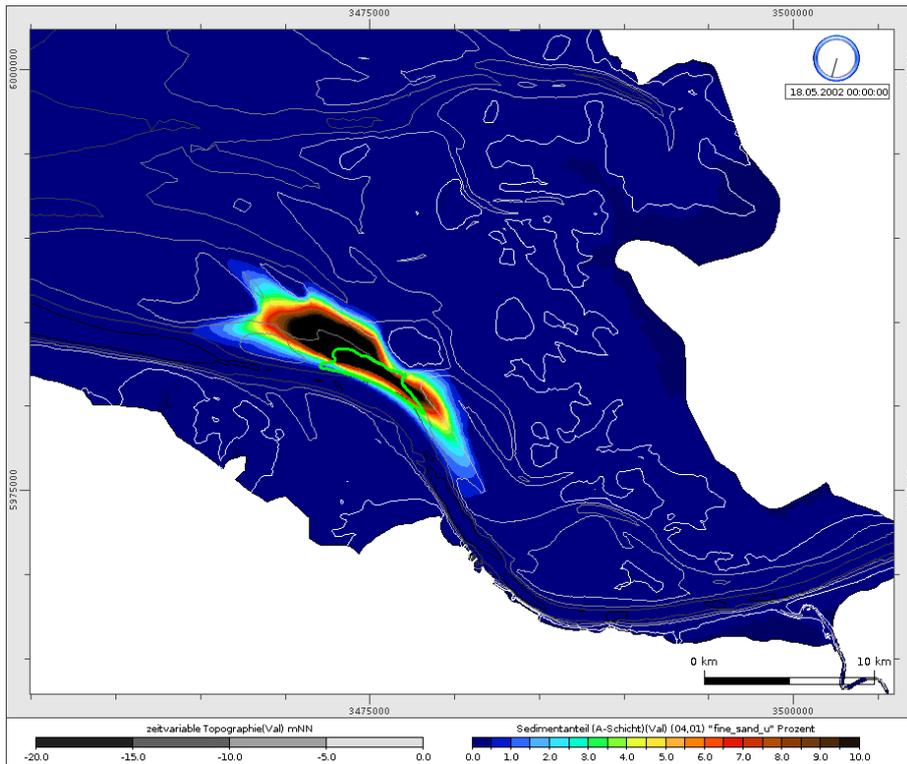


Abbildung 34: UnTRIM 2007 - Ausbreitung Feinsand nach 2 Wochen Simulation

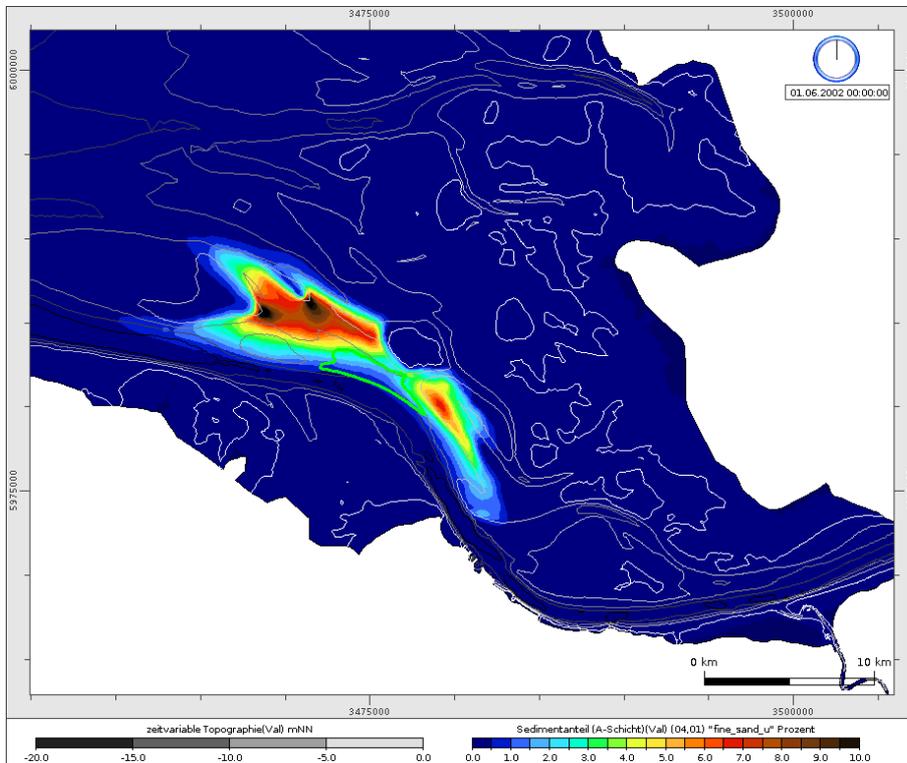


Abbildung 35: UnTRIM 2007 - Ausbreitung Feinsand nach 4 Wochen Simulation

Beide Abbildungen zeigen den prozentualen Sedimentanteil an feinem Sand (132 µm) in der Austauschschicht (dünne obere transportaktive Schicht der Gewässersohle).

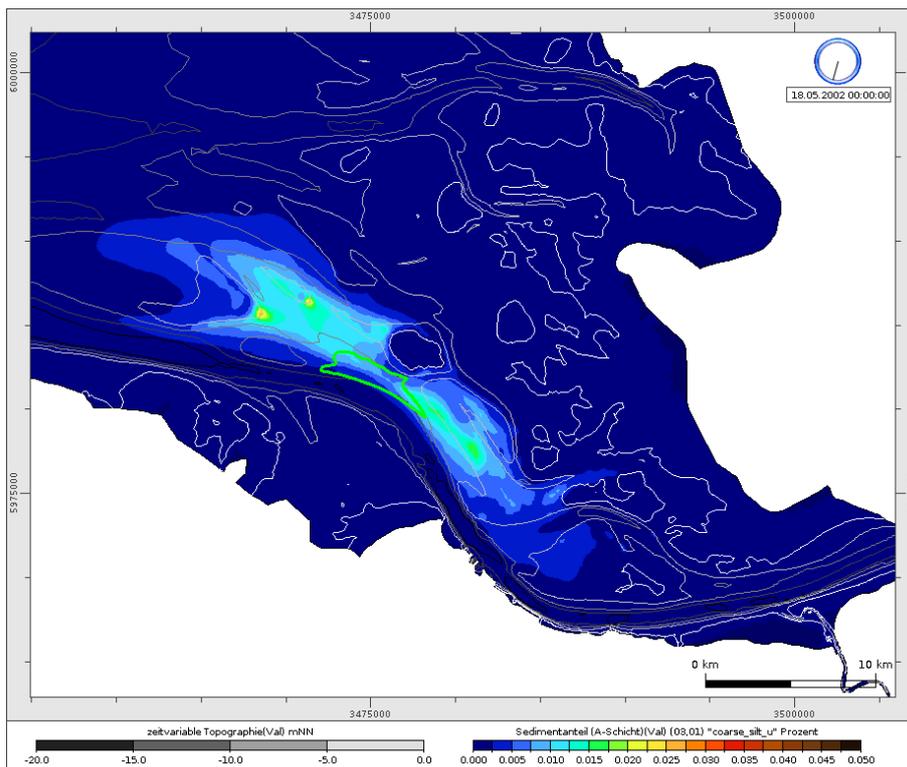


Abbildung 36: UnTRIM 2007 - Ausbreitung Grobschluff nach 2 Wochen Simulation

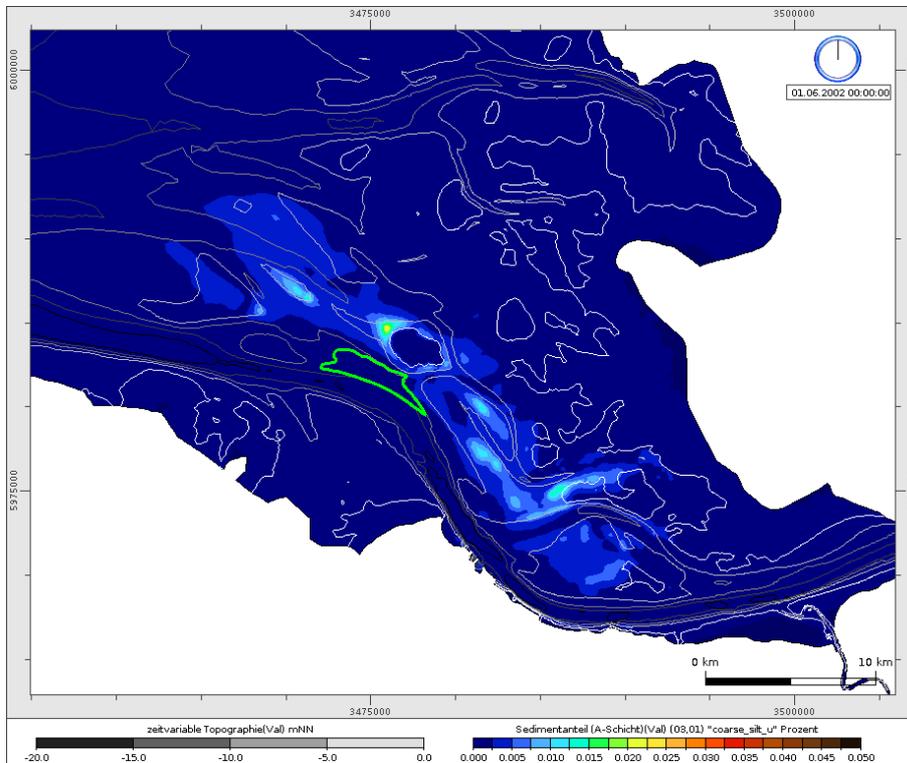


Abbildung 37: UnTRIM 2007 - Ausbreitung Grobschluff nach 4 Wochen Simulation

Beide Abbildungen zeigen den prozentualen Sedimentanteil an grobem Schluff ($42 \mu\text{m}$) in der Austauschschicht (dünne obere transportaktive Schicht der Gewässersohle).

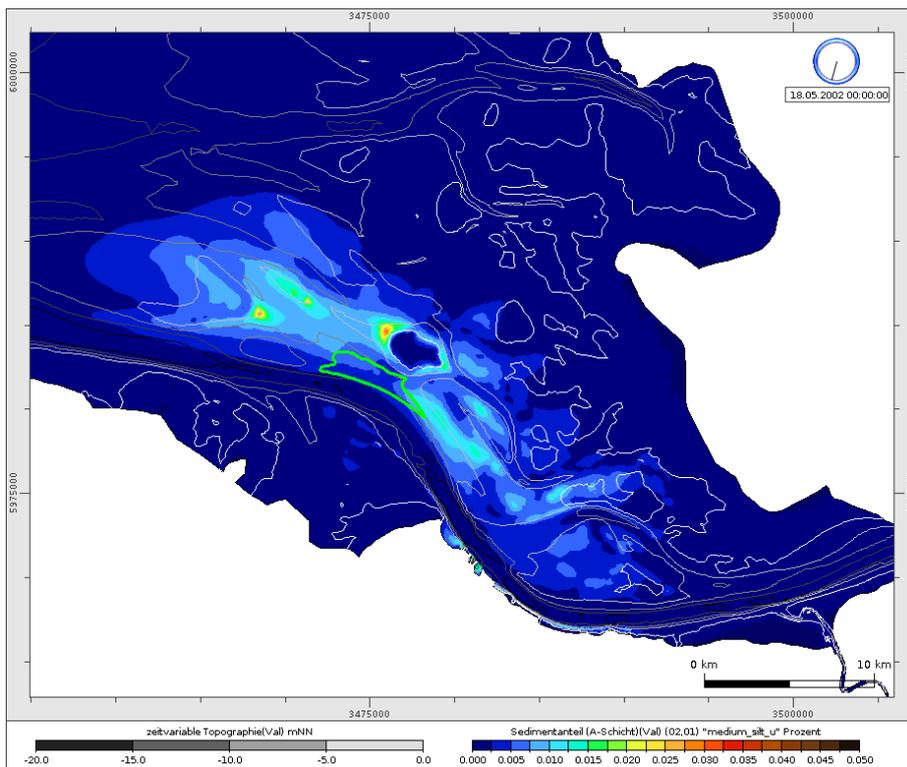


Abbildung 38: UnTRIM 2007 - Ausbreitung Feinschluff nach 2 Wochen Simulation

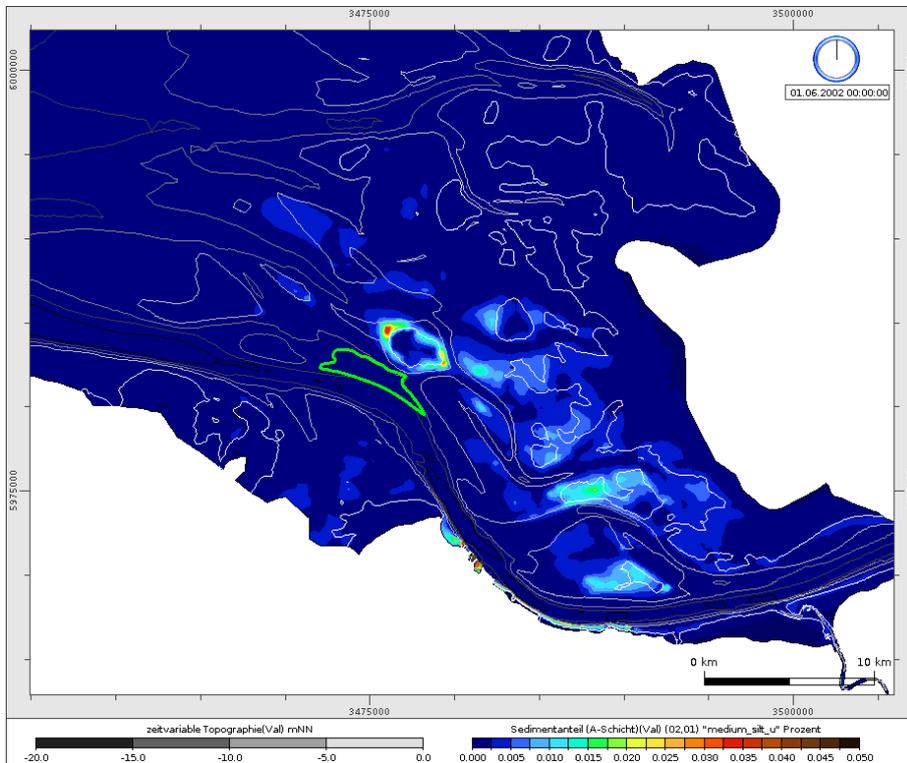


Abbildung 39: UnTRIM 2007 - Ausbreitung Feinschluff nach 4 Wochen Simulation

Beide Abbildungen zeigen den prozentualen Sedimentanteil an feinem Schluff (12 µm) in der Austauschschicht (dünne obere transportaktive Schicht der Gewässersohle).

5 Schlussfolgerungen

Zur geplanten Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe hat die BAW für die im Frühjahr 2007 ausgelegten Gutachten (ursprüngliche Ausbauvariante) als Grundlage die Topographie der gesamten Unter- und Außenelbe des Jahres 2003 verwendet. Nach der Erörterung in 2009 ist zu prüfen, ob die Prognosen der Gutachten noch richtig sind, wenn eine spätere Topographie verwendet wird, die die beträchtlichen morphologischen Veränderungen im Elbemündungsgebiet enthält. Für die neuen Untersuchungen zu den Planänderungen 1 und 2 wurde deshalb die Topographie des Jahres 2006 verwendet. Auf der Grundlage umfassender Analysen und Vergleiche für alle drei Ausbauvarianten wird in diesem Gutachten dargestellt, dass die mit den ersten Gutachten dargestellten Prognosen nicht korrigiert werden müssen. Die in den ausgelegten Gutachten prognostizierten Wasserstandsänderungen liegen nach den Untersuchungsergebnissen zu den Planänderungen 1 und 2 mit einem noch größeren Gewicht als bisher auf der „sicheren Seite“, weil insbesondere das Tideniedrigwasser für die untersuchten Planänderungen nicht mehr so weit abfällt, wie in den im Jahr 2007 ausgelegten Gutachten dargestellt. Die Beständigkeit der 2007 ausgelegten Gutachten gilt auch für die Strömungen, Salzgehalte und suspendierten Sedimenttransporte.

Hieraus kann gefolgert werden, dass morphologische Veränderungen im Ästuar zwar signifikante Veränderungen der Tidedynamik bewirken können, die Wirkung des Ausbaus jedoch nahezu gleich bleibt.

Die Planänderung 3 sieht vor, am Neuen Luechtergrund nunmehr 12,5 Mio. m³ sandiges Ausbaubaggergut umzulagern. Das im Frühjahr 2007 ausgelegte Gutachten zum Verbringungskonzept im Medembogen und im Neuen Luechtergrund (BAW-Nr. A3955 03 10062 – H.1f – Oktober 2006) ging für den Verbringungsort am Neuen Luechtergrund von einer Gesamtmenge von 2,5 Mio. m³ aus. Aufgrund der nun beträchtlich erhöhten Umlagerungsmenge hat die BAW intern entschieden, die Auswirkungen der Umlagerung mit drei verschiedenen Modellverfahren (unterschiedliche Simulationssoftware) zu untersuchen, um die Spanne möglicher Auswirkungen im Sinne eines Multimodellansatzes abschätzen zu können.

Im Ergebnis ist festzustellen, dass das umgelagerte Ausbaubaggergut zu keinen feststellbaren Einträgen in das Niedersächsische Wattenmeer führen wird und das Schleswig-Holsteinische Wattenmeer tendenziell durch sehr geringe Massen (vornehmlich Feinschluff) aus der Umlagerung beaufschlagt wird. Diese Aussage ist aufgrund der geringen Transportmassen aus der Umlagerung (im Vergleich zum heute vorhandenen Transportgeschehen) in der Natur nicht verifizierbar und keinesfalls signifikant.



Die mit dem hier verwendeten Ansatz gewonnenen Ergebnisse ergänzen die bisherigen Aussagen des 2007 ausgelegten Gutachtens. Das ausgelegte Gutachten wird hinsichtlich der vorherrschenden Transportrichtungen bestätigt.

Die mit einem sehr großen Prozentsatz am Gesamtvolumen 12,5 Mio. m³ umgelagerten Sandfraktionen entfalten in der Tendenz eine strombaulich positive Wirkung, weil in der Vergangenheit verloren gegangen Material durch die Maßnahme nachgefüttert wird.

Bundesanstalt für Wasserbau - Dienststelle Hamburg

Hamburg, 10. März 2010

Im Auftrag

[gez.]

Dr.-Ing. Harro Heyer