

**Potentialuntersuchung zur
Unter- und Außenelbe
1. Teilbericht
Prinzipielle Vorabschätzungen
zu möglichen Auswirkungen
einer weiteren Fahrrinnenvertiefung**

BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU

Karlsruhe • Hamburg • Ilmenau

(B A W)

Potentialuntersuchung zur Unter- und Außenelbe

1. Teilbericht

Prinzipielle Vorabschätzungen zu möglichen Auswirkungen einer weiteren Fahrrinnenvertiefung

Auftraggeber: Freie und Hansestadt Hamburg
Strom- und Hafengebäude Hamburg, Dalmannstr. 1, 20457 Hamburg

Auftrag vom: 1. Juni 2001 , Az.: 241, Wass-Elbe

Auftrags-Nr.: BAW-Nr. 5 03 10015

Aufgestellt von: Abteilung: Wasserbau im Küstenbereich
Referat: Ästuarsysteme II (K3)
Bearbeiter: Dr.-Ing. Flügge
Dr.-Ing. Heyer
Dipl.-Ozeanogr. Boehlich
Dr. rer. nat. Rudolph

Hamburg, 11. Juli 2001

Das Gutachten darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BAW.

Zusammenfassung

Durch die rasante Entwicklung der Schiffsgrößen in der weltweiten Containerschifffahrt werden die Tiefgänge der Postpanmax-Schiffe auf 14,5 m bis 15,5 m zunehmen. Die BAW erhielt den Auftrag, auf der Grundlage der verfügbaren Informationen (Peilungen) eine prinzipielle Vorabschätzung über die zu erwartenden Wirkungen einer weiteren Vertiefung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe um rd. 1 m vorzunehmen.

Durch Systemanalysen wurde ermittelt, dass durch eine Fahrrinnenvertiefung um 1 m das Tidehochwasser um rd. 3 cm ansteigen und das Tideniedrigwasser um rd. 5 cm absinken wird.

Wie die Erfahrungen bei der vorangegangenen Fahrrinnenanpassung zeigen, wird es schwer sein, für derartige Ausbauänderungen die Akzeptanz zu erhalten. Es ist deshalb vorgesehen, im Rahmen einer Potenzialanalyse für die Unter- und Außenelbe die Entwicklungsmöglichkeiten umfassend zu untersuchen, um durch Systemoptimierungen (hydraulische Kompensationsmaßnahmen) die nachteiligen Auswirkungen nachhaltig zu reduzieren.

Grundsätzlich wird durch eine Fahrrinnenvertiefung der Flutast aufgestellt und damit der Stromauf-Transport der Sedimente (Sedimenttransport und suspendierter Transport) verstärkt. Die Folge kann ein drastischer Anstieg der Unterhaltungsbaggermengen in der Fahrrinne aber auch im Hamburger Hafen (Senke) sein. Im Rahmen der Potenzialanalyse besteht deshalb die fachwissenschaftliche Notwendigkeit, mit dem Stand der Wissenschaft entsprechenden Methoden die Strömungs- und Transportprozesse einschließlich einer Bilanzierung von Sedimentation und Erosion umfassend zu untersuchen und durch geeignete wasserbauliche Systemoptimierungen so zu gestalten, dass die zu befürchtende Zunahme der Unterhaltungsbaggermengen vermieden wird.

Im Rahmen dieser Vorabschätzung wurde als Beispiel für eine hydraulische Kompensation die Abdämmung der Medemrinne untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass durch eine derartige Maßnahme sehr wirkungsvoll die Änderung der Wasserstände infolge einer 1-m-Vertiefung der Fahrrinne kompensiert werden kann. Die Ergebnisse dieser Vorabschätzung weisen deshalb drauf hin, dass eine weitere Vertiefung der Fahrrinne um 1 m in Verbindung mit einer Systemoptimierung (Potenzialuntersuchung) realisierbar erscheint.

(1) Titel		Potenzialuntersuchung zur Unter- und Außenelbe – 1. Teilbericht Prinzipielle Vorabschätzungen zu möglichen Auswirkungen einer weiteren Fahrrinnenvertiefung	
(2) Unterzeichner		Dr.-Ing. Flügge	
(3) Bearbeiter		Dr.-Ing. Heyer, Dipl.-Ozeanogr. Boehlich, Dr. rer. nat. Rudolph	
(4) Mitarbeiter			
(5) Auftraggeber		Freie und Hansestadt Hamburg Strom- und Hafenbau, Dalmannstr. 1,20457 Hamburg	(6) Auftrags-Nr. 5 03 10015
(7) erteilt am	1. Juni 2001	(8) begonnen am	6. Jul.01
		(9) aufgestellt am	9. Jul. 2001
(10) Ort	Unter- und Außenelbe	(11) Wasserstr.-Nr.	(12) Kilometer
		0700	von 585 bis 760
(13) Seitenzahl	11	(14) Anlagen	(15) Sonderhinweise
(16) Literaturangaben		(17) Zusätzl. Angaben	
(18) Kurzfassung			
<p>Durch die rasante Entwicklung der Schiffsgrößen in der weltweiten Containerschifffahrt werden die Tiefgänge der Postpanmax-Schiffe auf 14,5 m bis 15,5 m zunehmen. Die BAW erhielt den Auftrag, auf der Grundlage der verfügbaren Informationen (Peilungen) eine prinzipielle Vorabschätzung über die zu erwartenden Wirkungen einer weiteren Vertiefung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe um rd. 1 m vorzunehmen.</p> <p>Durch Systemanalysen wurde ermittelt, dass durch eine Fahrrinnenvertiefung um 1 m das Tidehochwasser um rd. 3 cm ansteigen und das Tideniedrigwasser um rd. 5 cm absinken wird.</p> <p>Wie die Erfahrungen bei der vorangegangenen Fahrrinnenanpassung zeigen, wird es schwer sein, für derartige Ausbauänderungen die Akzeptanz zu erhalten. Es ist deshalb vorgesehen, im Rahmen einer Potenzialanalyse für die Unter- und Außenelbe die Entwicklungsmöglichkeiten umfassend zu untersuchen, um durch Systemoptimierungen (hydraulische Kompensationsmaßnahmen) die nachteiligen Auswirkungen nachhaltig zu reduzieren.</p> <p>Grundsätzlich wird durch eine Fahrrinnenvertiefung der Flutast aufgesteilt und damit der Stromauf-Transport der Sedimente (Sedimenttransport und suspendierter Transport) verstärkt. Die Folge kann ein drastischer Anstieg der Unterhaltungsbaggermengen in der Fahrrinne aber auch im Hamburger Hafen (Senke) sein. Im Rahmen der Potenzialanalyse besteht deshalb die fachwissenschaftliche Notwendigkeit, mit dem Stand der Wissenschaft entsprechenden Methoden die Strömungs- und Transportprozesse einschließlich einer Bilanzierung von Sedimentation und Erosion umfassend zu untersuchen und durch geeignete wasserbauliche Systemoptimierungen so zu gestalten, dass die zu befürchtende Zunahme der Unterhaltungsbaggermengen vermieden wird.</p> <p>Im Rahmen dieser Vorabschätzung wurde als Beispiel für eine hydraulische Kompensation die Abdämmung der Medemrinne untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass durch eine derartige Maßnahme sehr wirkungsvoll die Änderung der Wasserstände infolge einer 1-m-Vertiefung der Fahrrinne kompensiert werden kann. Die Ergebnisse dieser Vorabschätzung weisen deshalb drauf hin, dass eine weitere Vertiefung der Fahrrinne um 1 m in Verbindung mit einer Systemoptimierung (Potenzialuntersuchung) realisierbar erscheint.</p>			
(19) Schlagwörter			
(20) Standort		(21) Archiv-Nr.	(22) Mikrofilm-Nr.

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Veranlassung	1
2	Untersuchungskonzeption	1
3	Ergebnisse	5
3.1	Auswirkungen auf die Tidedynamik	5
3.2	Abdämmung der Medemrinne als Beispiel für eine hydraulische Kompensation der Fahrrinnenvertiefung	6
3.3	Auswirkungen auf Sturmflut- Scheitwasserstände	9
4	Zusammenfassung und Empfehlung	11

Bildverzeichnis

Abb. 1:	Sohlformen in der Fahrrinne der Elbe (km 715 Osteriff)	4
Abb. 2:	Abschätzung der Ausbauwirkung bei Vertiefung der Fahrrinne um 1 m	6
Abb. 3:	Morphologische Entwicklungen im Elbmündungsbereich (1970 bis 1995)	8

1 Veranlassung

Für die durchgeführte Fahrrinnen Anpassung der Unter- und Außenelbe wurde ein Panmax-Schiff mit 4.800 TEU (Breite 32,2 m, Länge 280,0 m, Tiefgang 13,5 m im Salzwasser/13,8 m im Süßwasser) zugrunde gelegt. Die Gesamtmaßnahme ist noch nicht abgeschlossen. Zwischenzeitlich ist eine rasante Weiterentwicklung der Schiffsgrößen in der weltweiten Containerschifffahrt eingetreten. Container-Schiffe mit 6.000 TEU bis 8.000 TEU sind bereits in Fahrt bzw. in größerer Anzahl im Bau. Konzepte und Planungen für Schiffsgrößen bis 12.000 TEU und mehr werden diskutiert. Obwohl die Entwicklung der Schiffsgrößen in der Containerschifffahrt zurzeit nicht abschließend beurteilt werden kann, ist aus den verschiedenen Studien und Konzeptionen ablesbar, dass die Schiffsgrößen in erster Linie in der Länge auf bis zu 360 m und in der Breite auf bis zu 56 m zunehmen werden. Für die Schiffstiefgänge ist aufgrund der Tiefgangs-Restriktion in zahlreichen Häfen in der Regel nur ein Zuwachs auf 14,5 m bis 15,5 m zu erwarten. Aufgrund dieser Entwicklung in der Containerschifffahrt wurde zwischen dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen und dem Amt Strom- und Hafenbau (Wirtschaftsbehörde, Freie und Hansestadt Hamburg) vereinbart, im Rahmen einer Potenzial-Untersuchung für die Unter- und Außenelbe die Entwicklungspotenziale für die Zufahrt zum Hamburger Hafen zu analysieren. In vorausgegangenen Fachgesprächen wurde die Erkenntnis gewonnen, dass eine weitere Vertiefung des Fahrwassers der Unterelbe nach dem bisherigen Vorgehen, das nicht die heutigen Anforderungen und Randbedingungen berücksichtigt, kaum durchsetzbar sein wird. Die Bundesanstalt für Wasserbau hat deshalb vorgeschlagen, unter Nutzung der heute weiter entwickelten fachwissenschaftlichen Methoden (hoch auflösende 3D-Modellierung der Tidedynamik einschließlich detaillierter Analyse der Strömungs- und Transportprozesse (Sedimenttransport und suspendierter Feststofftransport), die Entwicklungspotenziale des Fahrwassers unter Einbeziehung von hydraulischen Kompensationsmaßnahmen zu analysieren. Ziel der Potenzialuntersuchung ist es deshalb, die mit einer weiteren Vertiefung der Fahrrinnen verbundenen nachteiligen Änderungen nicht nur durch ökologische Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zu kompensieren, sondern die hydraulischen Wirkungen durch gezielte Systemoptimierungen zu minimieren, um so erhebliche nachteilige Eingriffe in das Ökosystem zu vermeiden. Diese Strategie ist durch die inzwischen fortgeschrittene fachwissenschaftliche Methodenentwicklung möglich geworden.

2 Untersuchungskonzeption

Eine flächenhafte Peilung der Gewässersohle der Unter- und Außenelbe erfolgte vor der Ausbaubaggerung 1997 als sog. Null-Messung. Eine erneute flächenhafte Vermessung der Gewässersohle der Unter- und Außenelbe wird bis Ende 2001 abgeschlossen sein. Für den

Hamburger Elbebereich und die Elbe zwischen Hamburg und Geesthacht wird eine systematische Vermessung bis Herbst 2001 erfolgt sein. Damit stehen geeignete Peildaten für den Aufbau einer aktuellen hoch auflösenden Modelltopografie für das Gesamtsystem ab Ende 2001 zur Verfügung. Eine flächenhafte, hoch präzise aktuelle Aufnahme der Gewässersohle einschließlich der Sohlstrukturen bildet die unabdingbare Voraussetzung für eine fachlich fundierte Systemanalyse mittels numerischer Modelle im Rahmen der Potenzialuntersuchung.

Aufgrund der zwischenzeitlich erheblich gestiegenen Anforderungen an die gutachtlichen Auswirkungsprognosen (Auswirkungen auf FFH-Gebiete im Unterelbe-Raum sowie den schleswig-holsteinischen Nationalpark im Elbmündungsgebiet hinsichtlich Sedimentation und Erosion) wird es nicht mehr möglich sein, mit dem Untersuchungskonzept für die vorangegangene Fahrrinnenvertiefung die Akzeptanz für eine weitere Vertiefung der Fahrrinne zu erreichen. Durch geeignete hydraulische Kompensationsmaßnahmen sollen weitere ausbaubedingten Änderungen der Wasserstände, Strömungs- und Transportkenngrößen unter die Erheblichkeitsschwelle gedrückt werden. D. h., es müssen sehr geringe Änderungen fachwissenschaftlich unangreifbar (gerichtsfest) mit hoher Präzision prognostiziert werden. Durch diese erforderliche sehr hohe fachwissenschaftliche Präzision ergibt sich ein erheblich gesteigerter fachwissenschaftlicher Entwicklungs- und Bearbeitungsbedarf.

Die numerischen Ästuarmodelle müssen mit systematischen Naturmessungen verifiziert werden. Ein derartiges Messprogramm wird gegenwärtig für die Durchführung im Jahre 2002 entwickelt und abgestimmt.

Eine besondere fachwissenschaftliche Herausforderung stellt die Prognose der ausbaubedingten Änderungen der Feststoff-Transportprozesse im Tideästuar dar. Durch die Vertiefung der Fahrrinne erfolgt grundsätzlich eine Aufsteilung des Flutastes und damit eine Verstärkung des flutstromdominanten Feststofftransportes (als Sedimenttransport am Boden sowie als suspendierter Transport in der Wassersäule). Eine Zunahme der Flutstromdominanz im Feststofftransport kann schwer wiegende Folgen haben. Zum einen kann eine Vervielfachung des Baggeraufwandes in der Fahrrinne und insbesondere im Hamburger Hafen (Senke) aber auch eine starke Verschlickung von wichtigen Biotop-Elementen wie den Nebelben eintreten. Durch eine Verschlickung der Nebelben würde das Flutstromvolumen verringert, damit die Ausbauwirkungen verstärkt und ein weiterer Anstieg der Unterhaltungsbaggermengen in der Fahrrinne und im Hamburger Hafen die Folge sein. Deshalb ist es erforderlich, die hydraulischen Kompensationsmaßnahmen nicht nur zur Dämpfung des Tidehubes, sondern auch zur Optimierung des Feststoff-Transportregimes bei unterschiedlichen Oberwasserzuflüssen zu entwickeln. Derart komplexe Feststofftransportanalysen (Bilanzierung von lokaler Sedimentation und Erosion) für ein Tideästuar können erst jetzt mit dem Stand der Wissenschaft entsprechenden hoch entwickelten Modellen durchgeführt werden. Die BAW wird für diese Untersuchungsaufgabe ein in internationaler Kooperation

mit Prof. Casulli, Universität Trient, und Prof. Cheng, US Geological Survey, entwickeltes Ästuarmodellsystem einsetzen. Dieses Modellsystem wird ab Herbst 2001 zunächst für die Hydromechanik erprobt und zusammen mit der systematisch erfassten hoch auflösenden Vermessung des Gewässerbettes ab 2002 eingesetzt. Dabei wird auch die Formrauheit der Sohle, wie sie durch große Transportkörpersysteme in den Hauptströmungsrinnen vorliegen, erstmals berücksichtigt. Abb. 1 zeigt die Sohlstruktur des Gewässerbettes der Elbe im Bereich der Ostemündung. Durch die Sohlstruktur wird die Rauheit der Gewässersohle und damit die Geschwindigkeitsverteilung auch im Verhältnis zu den glatteren Seitenbereichen geprägt. Nur unter Berücksichtigung dieser hydraulisch wirksamen Sohlstrukturen lassen sich Prognosen für ausbaubedingte Änderungen im cm-Bereich gerichtsfest untermauern.

Da kurzfristig für eine erste Meinungsbildung eine Abschätzung der möglichen Auswirkungen einer weiteren Fahrwasservertiefung benötigt wird, wurde nach Fachgesprächen zwischen Strom- und Hafenbau und der BAW vereinbart, unter den gegebenen Randbedingungen (keine aktuelle Information über die Gewässersohle) im Rahmen dieses Gutachtens durch vergleichende Systemanalysen eine **prinzipielle Vorabschätzung zu möglichen Auswirkungen** vorzunehmen (Auftrag Strom- und Hafenbau vom 1. Juni 2001).

Auf der Basis der verfügbaren Informationen über die Gewässersohle wurde das Systemverhalten der Unter- und Außenelbe durch schrittweise Vertiefungen grundsätzlich untersucht. Die Untersuchungen wurden sowohl für mittlere Tideverhältnisse als auch für Sturmflutbedingungen durchgeführt. Auf Grundlage der berechneten Systemreaktionen wurden die Ausbauwirkungen für eine angenommene 1-m-Tieferlegung der vorhandenen Fahrrinnensohle zunächst allein bezogen auf die Wasserstände abgeschätzt. Ergänzend wurde eine Systemvariation in der Weise durchgeführt, dass die Medemrinne abgedämmt und die dadurch erzielten Auswirkungen auf die Tidedynamik ermittelt wurde.

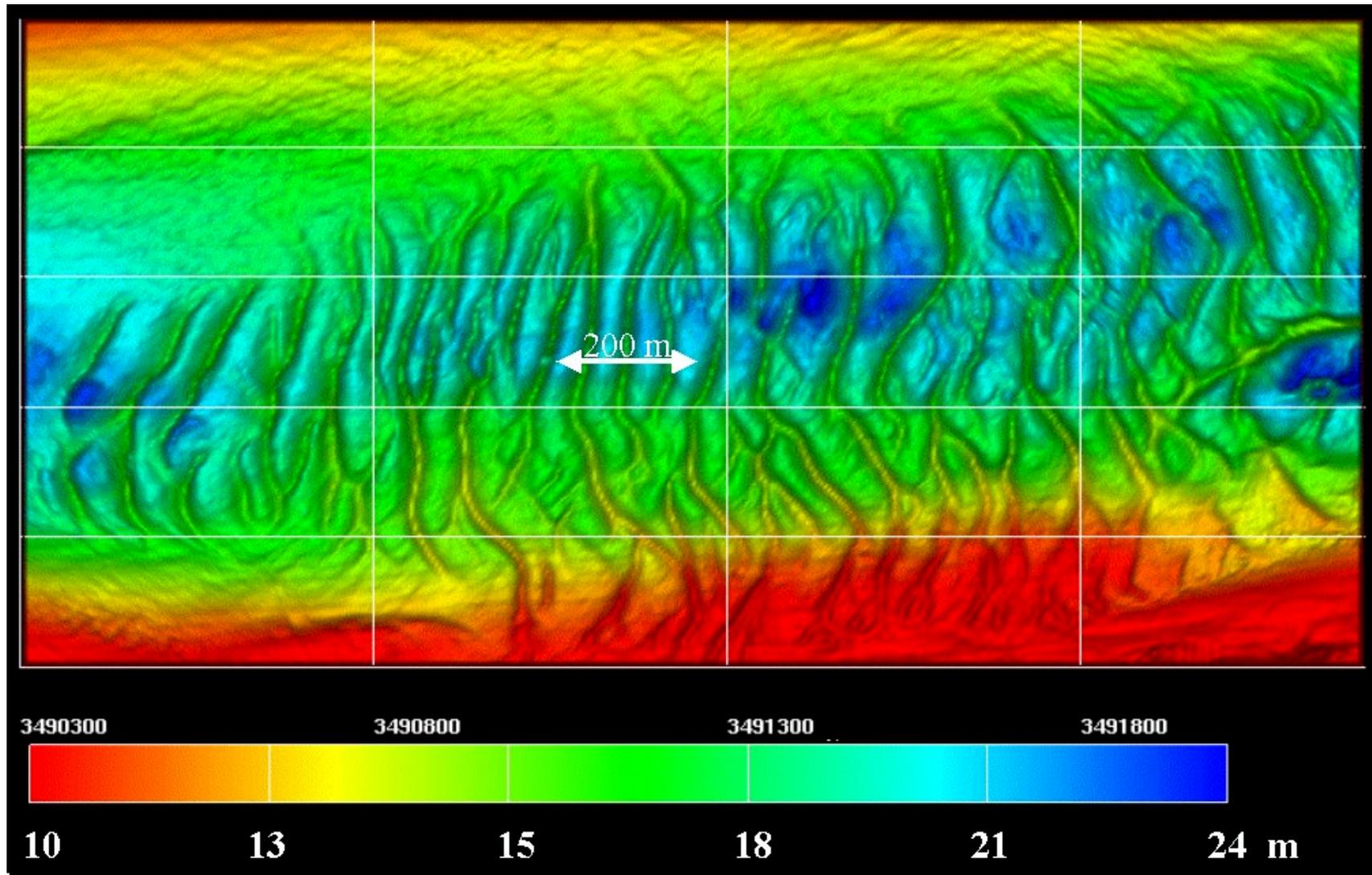


Abb. 1: Sohlformen in der Fahrrinne der Elbe (km 715 Osteriff)

3 Ergebnisse

3.1 Auswirkungen auf die Tidedynamik

In Abb. 2 ist die Charakteristik der ausbaubedingten Änderungen der Tidewasserstände und des Tidehubes für eine Fahrrinnenvertiefung um 1 m dargestellt. Durch eine weitere Vertiefung der Elbe um rd. 1 m wird die Reibungswirkung der Flusssohle vermindert, sodass die Energiedissipation der einlaufenden Tidewelle abnimmt. Hieraus resultiert eine Verstärkung der Tideamplitude, d. h. ein Anstieg des Tidehochwassers und ein Absinken des Tideniedrigwassers. Die Systemabschätzung ergibt bei einer Fahrrinnenvertiefung um 1 m einen Anstieg des Tidehochwassers beginnend ab Brunsbüttel ansteigend auf rd. 3 cm bei Stadersand bis zum Wehr Geesthacht. Das Tideniedrigwasser wird beginnend bei Cuxhaven um bis zu rd. 5 cm im Bereich St. Pauli absinken. Weiter stromauf klingt durch die abnehmenden Wassertiefen infolge der Rauheitswirkung die Niedrigwasserabsenkung bis auf 2 cm im Unterwasser des Wehres Geesthacht ab. Die ausbaubedingten Änderungen werden somit für eine zusätzliche 1-m-Vertiefung etwa in der gleichen Größenordnung liegen wie die Auswirkungen der vorangegangenen Fahrrinnenanpassungen der Unter- und Außenelbe. Aussagen zu Änderungen der Strömungsgeschwindigkeiten und des Feststofftransportes (Sedimenttransport und suspendierter Transport) sind derzeit nicht möglich, da die lokalen Strömungsgeschwindigkeiten primär von der örtlichen Wassertiefe abhängen und diese Eingangsinformationen nicht zur Verfügung stehen. Des Weiteren muss zur Prognose von Strömungen und Feststofftransporten zunächst ein dreidimensionales **verifiziertes** Modell eingesetzt werden.

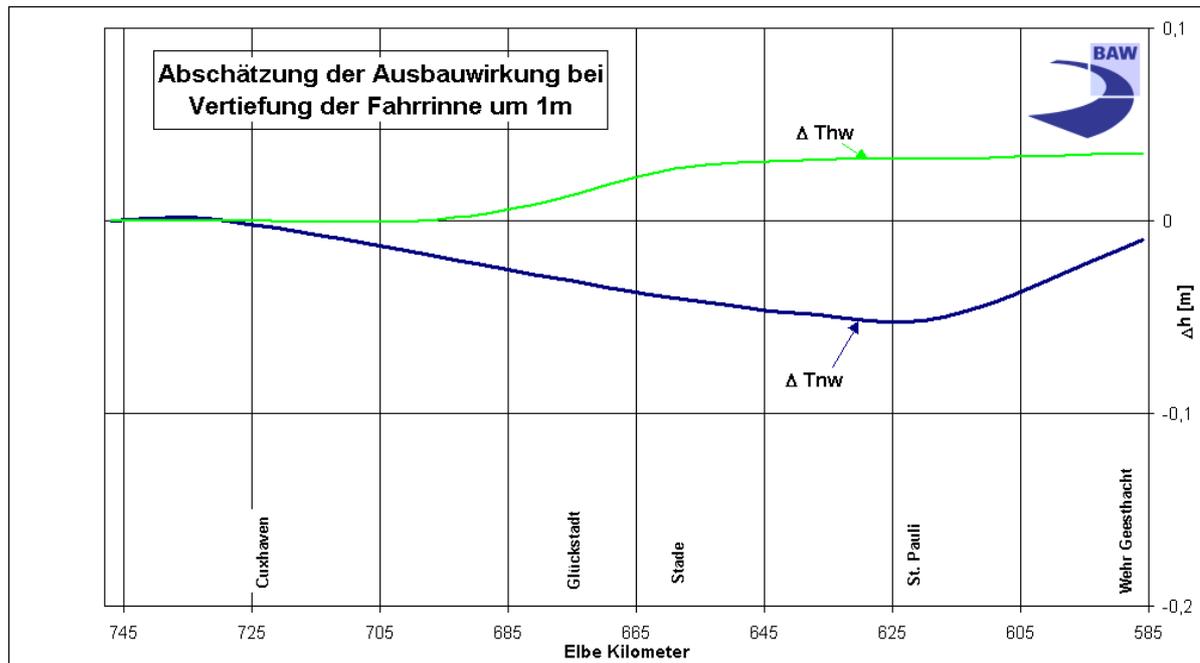


Abb. 2: Abschätzung der Ausbauwirkung bei Vertiefung der Fahrrinne um 1 m

3.2 Abdämmung der Medemrinne als Beispiel für eine hydraulische Kompensation der Fahrrinnenvertiefung

Die Medemrinne hat sich im Laufe der letzten Jahrzehnte aufgeweitet und nach Norden verlagert. Abb. 3 zeigt am Beispiel der Tiefenänderungen die Dimension dieses Prozesses. Mit der zunehmenden Leistungsfähigkeit der Medemrinne, die insbesondere ebbstromorientiert wirksam ist, ist auch eine Absenkung der Tideniedrigwasserstände in der Tideelbe eingetreten. Die morphodynamische Entwicklung der Medemrinne ist nicht durch die Fahrrinenausbaumaßnahmen bedingt. Durch die Vertiefung der Fahrrinne der Elbe wird die hydraulische Leistungsfähigkeit des Hauptquerschnittes gestärkt mit der Folge, dass der Durchfluss der Medemrinne schrumpft. Die morphodynamische Entwicklung der Medemrinne verdeutlicht, dass die natürlichen Gestaltungsvorgänge (Gezeiten, Seegang und Sturmfluten) im Elbmündungsgebiet dominant sind und die Wirkungen der Fahrrinnenvertiefungen überdeckt werden.

Da die bisherige morphodynamische Entwicklung der Medemrinne Niedrigwasserabsenkungen mit verursacht hat, war es naheliegend, im Rahmen der Potenzialuntersuchung zu prüfen, ob durch eine Abdämmung der Medemrinne eine Dämpfung des Tidehubes und damit auch eine Verminderung der Tideniedrigwasserabsenkungen infolge einer weiteren Fahrrinnenvertiefung als hydraulische Kompensation Erfolg versprechend ist. Hierzu wurde ein Systemversuch mit einem mathematischen Ästuarmodell (keine präzise aktuelle Topogra-

fie!) durchgeführt. Als Ergebnis zeigt sich, dass durch eine Abdämmung der Medemrinne bis auf eine Höhe von NN – also etwa Tidehalbwasser – das Tidehochwasser oberhalb der Medemrinne um bis zu rd. 5 cm abgesenkt und das Tideniedrigwasser um 7 cm bis 10 cm angehoben werden kann. Damit wird eine Dämpfung des Tidehubes um rd. 12 cm lokal (unmittelbar oberhalb der Medemrinne sogar bis auf über 15 cm) erreicht. Dieser Systemversuch zeigt somit, dass es möglich ist, die Auswirkungen einer weiteren Fahrrinnenvertiefung von rd. 1 m hydraulisch durch eine Drosselung der Medemrinne zu kompensieren und damit nachteilige Auswirkungen auf die Ufer, Nebenflüsse, Nebenelben, Wattgebiete (FFH-Gebiete) usw. vermieden werden können. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass durch die Ausweitung des schleswig-holsteinischen Nationalparks Wattenmeer in den Elbmündungsbereich hinein, die Zulässigkeit einer Drosselung bzw. eines Verbaues der Medemrinne mit den schleswig-holsteinischen Fachbehörden abgestimmt werden muss.

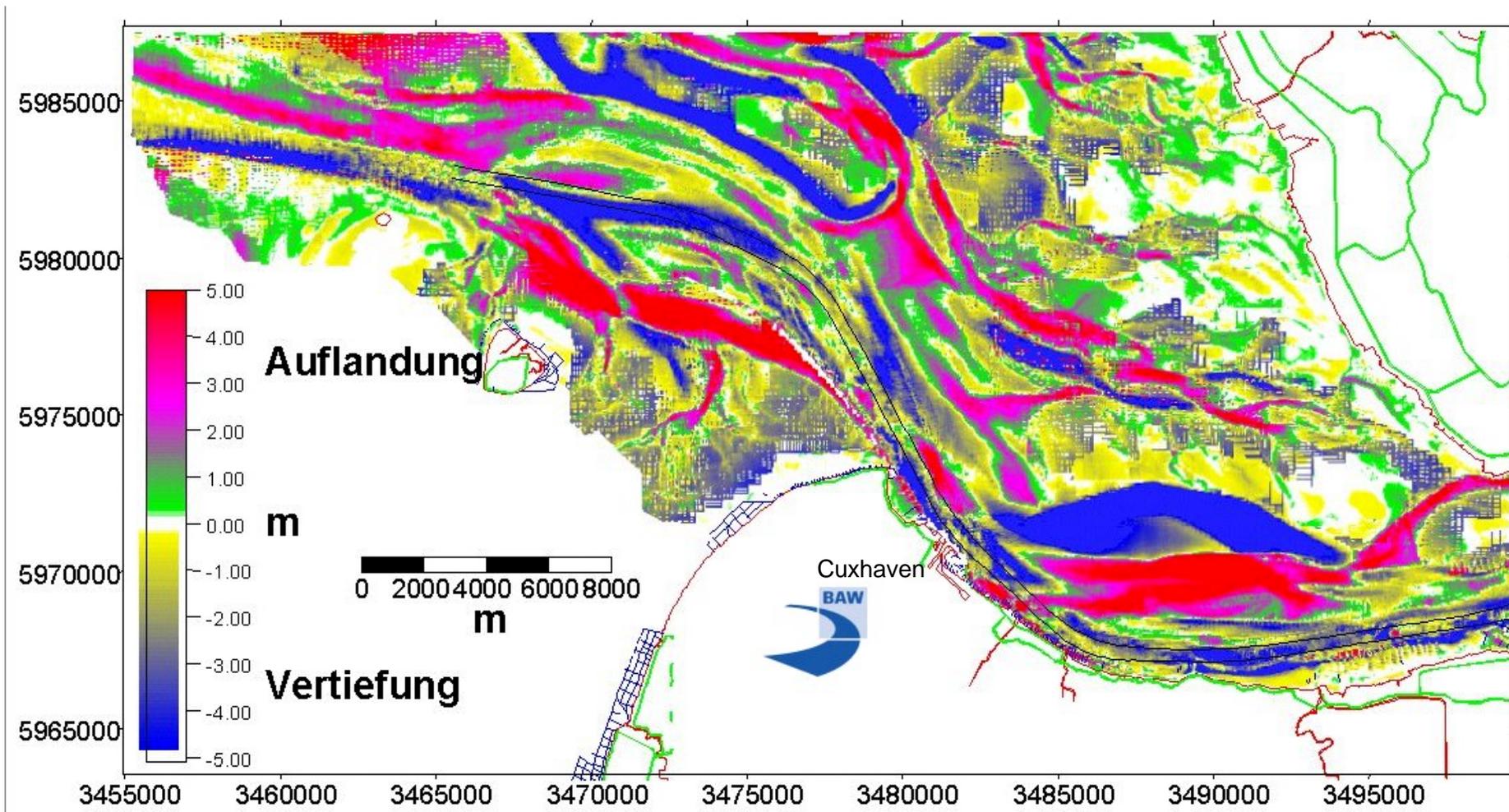


Abb. 3: Morphologische Entwicklungen im Elbmündungsbereich (1970 bis 1995)

3.3 Auswirkungen auf Sturmflut- Scheitelwasserstände

Fragen des Sturmflut-Schutzes und der Deichsicherheit haben für die Akzeptanz einer weiteren Elbvertiefung eine herausragende Bedeutung. Durch fachwissenschaftlich unzutreffende Äußerungen zu dieser Thematik (s. Diskussion um die DA-Erweiterung) werden immer wieder Ängste geschürt, indem fachwissenschaftlich fundierte Modellergebnisse oberflächlich als unglaubwürdig abqualifiziert werden. Tatsächlich sind die Auswirkungen einer weiteren Fahrrinnenvertiefung auf die Sturmflut-Scheitelwasserstände aus physikalischen Gründen geringer als bei mittleren Tideverhältnissen. Ein Sturmflut-Ereignis in der Tideelbe wird geprägt einerseits durch das Zusammenwirken mehrerer Komponenten in der Nordsee/Deutsche Bucht wie

- Windstau in der Elbmündung,
- zeitliches Zusammentreffen des maximalen Windstauens mit dem Tidehochwasser
- Überlagerung mit einer Fernwelle, die z. B. aus dem Nordatlantik stammen kann,

und andererseits im Bereich der Elbe durch

- den regionalen Windstau (Wirkung des Impulseintrages aus dem Sturm in die obere Wasserschicht der Elbe)
- die Höhe des Oberwasserzuflusses

Bei einer Vertiefung der Fahrrinne wird im Rinnenbereich die Wirkung der Bodenreibung auf den Gesamt-Wasserkörper etwas vermindert mit der Folge, dass mehr Sturmflut-Energie stromauf vordringen kann und insbesondere die Laufzeiten der Tidehochwasserscheitel zwischen Cuxhaven und Hamburg abnehmen. Da jedoch bei einer Sturmflut die Wasserstände deutlich höher als bei mittleren Verhältnissen sind, bewirkt eine Vertiefung der Fahrrinne um rd. 1 m eine geringere Verminderung der Energiedissipation als bei mittleren Tideverhältnissen. Bezogen auf die von der Nordsee einschwingenden Wirkungen aus Tide, Windstau und evtl. Fernwelle ergibt sich bei einer Fahrrinnenvertiefung in der Tendenz eine Erhöhung der Sturmflut-Scheitelwasserstände. Für den Impulseintrag über dem Elbeästuar selbst – also den Eintrag aus dem Sturm in die Wasserfläche – erfolgt keine Änderung durch eine Vertiefung. Durch vorangegangene Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass der regionale Wind von der Elbmündung bis nach Hamburg bei extremen Bedingungen einen Anteil am Sturmflut-Scheitelwasserstand von 75 cm erreichen kann. Durch eine Fahrrinnenvertiefung wird die den regionalen Windstau erzeugende Wirkung des regionalen Sturmfeldes über der Elbe abgemindert, da bei größerer Wassertiefe der Druckausgleich begünstigt wird.

Die höchsten Sturmflut-Scheitelwasserstände treten in Verbindung mit sehr hohen Oberwasserzuflüssen auf. Da durch Fahrrinnenvertiefungen eine Querschnittsaufweitung – also eine Steigerung der hydraulischen Durchflussleistung – eintritt, wird durch eine Fahrrinnenvertiefung die Sturmflut erhöhende Wirkung sehr hoher Oberwasserzuflüsse verringert. Diese z. T. gegenläufigen Wirkungsmechanismen führen dazu, dass bei einer weiteren Fahrrinnenvertiefung von rd. 1 m die Sturmflut-Scheitelwasserstände nur in der Größenordnung von rd. 1 cm ansteigen werden. Dieses physikalisch eindeutige Ergebnis ist jedoch nur sehr schwer zu vermitteln. Eine besondere Herausforderung besteht darin, diese hohe Genauigkeit von 1 cm gerichtsfest nachzuweisen. Dieses erfordert eine sehr hohe Genauigkeit in den Ausgangsdaten und ebenfalls eine hohe Genauigkeit in dem mathematischen Modellverfahren einschl. der Berechnung der Sturmfelder mit mathematischen Modellen.

4 Zusammenfassung und Empfehlung

Die durchgeführten systematischen Untersuchungen ermöglichen eine prinzipielle Vorabschätzung der möglichen Auswirkungen einer weiteren Fahrrinnenvertiefung der Unter- und Außenelbe um rd. 1 m. Die Ergebnisse zeigen, dass die Änderungen des Tidehochwassers, des Tideniedrigwassers und des Tidehubes etwa in gleicher Größenordnung zu erwarten sind wie bei der vorausgegangenen Fahrrinnenanpassung. Dennoch dürfte es schwer sein, diese Maßnahme mit den bisherigen Methoden durchzusetzen. Der Vorwurf der „Salamitaktik“ ist zu erwarten. Ziel muss es deshalb sein, im Rahmen einer systematischen Potenzialuntersuchung die Möglichkeiten einer hydraulischen Kompensation der Auswirkungen zu erforschen und zu nutzen. Dabei sind die Ausbau-Auswirkungen hinsichtlich des Eingriffes in das Ökosystem (möglichst unter die Erheblichkeitsschwelle) und hinsichtlich des Unterhaltungsaufwandes (Baggermengenreduzierung für die Fahrrinne und den Hafen) gering zu halten. Nur so ist eine Akzeptanz (Einvernehmen der Länder hinsichtlich Wasserhaushalt und Naturschutz (FFH-Gebiete)) zu erreichen. Dabei müssen selbst geringe Änderungen im cm-Bereich sowohl für die Tidedynamik als auch für Sturmfluten unangreifbar (gerichtsfest) nachgewiesen werden.

Durch die fachwissenschaftliche Weiterentwicklung der mathematischen Ästuarmodelle in Verbindung mit der Verfügbarkeit großer Rechnerleistungen können diese Herausforderungen bewältigt werden. Dieses wird Aufgabe der umfassenden Potenzialuntersuchung zur Unter- und Außenelbe sein. Unverzichtbare Voraussetzung hierfür ist jedoch eine möglichst exakte vollständige Vermessung der Gewässersohle (nicht nur der Fahrrinne!) und die Verfügbarkeit geeigneter präziser Naturmessdaten für die Strömungen und Feststofftransporte, mit denen die Qualität der Modellergebnisse und damit der Prognosen nachgewiesen werden kann.

Hamburg, 11. Juli 2001

Unterzeichner

Bearbeiter

LBDir Dr.-Ing. G. Flügge

RDir Dr.-Ing. H. Heyer