



Machbarkeitsstudie

zur weiteren

Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe

- Arbeitsfassung -



Quelle: Hapag-Lloyd

Projektgruppe Voruntersuchung
Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe



Impressum

Machbarkeitsstudie - Arbeitsfassung -

Projektgruppe

Voruntersuchung weitere Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe

Hamburg 2004

Bei der Erstellung der Machbarkeitsstudie haben mitgewirkt:

Herr Osterwald	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord
Herr Boll	Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg
Herr Fräßdorf	Wasser- und Schifffahrtsamt Cuxhaven
Herr Kähler	Wasser- und Schifffahrtsamt Lübeck
Herr Neumann	Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg
Herr Rickert-Niebuhr	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord
Herr Grimm	Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg
Herr Rühr	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord
Frau Vogt	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord
Herr Oellerich	Strom- und Hafenbau Hamburg
Herr Ferk	Strom- und Hafenbau Hamburg



Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
Literaturverzeichnis	5
1 VERANLASSUNG	6
2 HEUTIGE FAHRRINNENVERHÄLTNISSE	9
2.1 Fahrrinnentiefen	9
2.2 Fahrrinnenbreiten und Trassierung	10
2.3 Derzeitige Verkehrsverhältnisse	12
3 WIRTSCHAFTLICHER BEDARF DER GEPLANTEN WEITEREN FAHRRINNENANPASSUNG VON UNTER- UND AUßENELBE	14
3.1 Wirtschaftliche Entwicklung des Hamburger Hafens	14
3.2 Aktuelle Zufahrtsbedingungen zum Hamburger Hafen für die Seeschifffahrt	16
3.3 Größenentwicklung der weltweit verkehrenden Großcontainerschiffe	16
3.4 Künftig erforderliche Maximaltiefgänge auf der Unter- und Außenelbe	19
4 GRUNDLAGEN DER FAHRRINNENBEMESSUNG	20
4.1 Bemessungsschiff	20
4.2 Ermittlung der Ausbautiefen	20
4.3 Ermittlung der Ausbaubreiten	26
5 DARSTELLUNG UND BEWERTUNG VON AUSBAUVARIANTEN	28
5.1 Übersicht über die untersuchten Ausbauvarianten	28
5.2 Bewertung der Ausbauvarianten	35
5.2.1 Hydrologische Folgen	35
5.2.2 Ökologische Folgen	37
5.2.3 Nautische und technische Rahmenbedingungen	38
5.2.4 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung	42
5.3 Gesamtbewertung	44
5.4 Weiterführende planerische Überlegungen zur Zielvariante	45
6 BESCHREIBUNG DER ZIELVARIANTE	48
6.1 Ausbautiefen	48
6.2 Ausbaubreiten und Trassierung	49



6.3	Schifffahrtszeichen	50
7	MAßNAHMENBESCHREIBUNG	51
7.1	Ausbaubaggerung	51
7.1.1	Sohlstruktur und Bodenarten im Längsschnitt	51
7.1.2	Baggermengen	51
7.1.3	Baggertechniken	52
7.2	Verbringungskonzept	53
7.2.1	Ziele des Verbringungskonzeptes	53
7.2.2	Unterwasserablagerungsflächen	55
7.2.3	Übertiefenverfüllung	57
7.2.4	Ufervorspülungen	58
7.2.5	Klappstellen	59
7.2.6	Sonstige Verwendung	60
7.3	Strombau	60
7.4	Bauablaufplanung	61
7.5	Kostenermittlung	63
8	UNTERHALTUNG DER FAHRRINNE	65
8.1	Fahrrinnenunterhaltung Ist-Zustand	65
8.2	Fahrrinnenunterhaltung nach erfolgter Fahrrinnenanpassung	68
9	ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE DER MACHBARKEITSUNTERSUCHUNG	74
9.1	Hydrologische Untersuchungen	74
9.2	Umweltrisikoeinschätzung (URE)	78
9.3	Wirtschaftlichkeitsuntersuchung	80
9.3.1	Untersuchung von unterschiedlichen Szenarien	81
9.4	Gesamtbewertung der Zielvariante	82
10	ZUSAMMENFASSUNG	83

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1:	Die Unter- und Außenelbe im Überblick	8
Abb. 2.1-1:	Heutige planfestgestellte Solltiefen	10
Abb. 2.2-1:	Schematische Darstellung der Fahrrinnenbreite bei 6° Vorhaltewinkel	11
Abb. 2.2-2:	Prinzipdarstellung der Trassierung einer lang gezogenen Kurve	11
Abb. 2.2-3:	Regelbreiten der Unter- und Außenelbe (schematisch)	12
Abb. 3.1-1:	Güterumschlag des Hamburger Hafens ab 1965 / Gesamtumschlag in Mio. t	15
Abb. 3.1-2:	Güterumschlag des Hamburger Hafens ab 1965 / Stückgut in Mio. t	15
Abb. 3.3-1:	Größenentwicklung von Containerschiffen	17
Abb. 3.3-2:	In Fahrt befindliche Containerschiffsflotte nach Tiefgangsklassen	18



Abb. 4.2-1:	Bei der Ermittlung der Ausbautiefen zu berücksichtigende Parameter	21
Abb. 4.2-2:	Geschwindigkeiten für das Bemessungsschiff	24
Abb. 4.2-3:	Bahnkurven tideunabhängiger Fahrt	25
Abb. 4.3-1:	Breitenbemessung	26
Abb. 5.1-1:	Ausbauvariante 1 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)	31
Abb. 5.1-2:	Ausbauvariante 2 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)	31
Abb. 5.1-3:	Ausbauvariante 2.1 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)	32
Abb. 5.1-4:	Ausbauvariante 3 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)	32
Abb. 5.1-5:	Ausbauvariante 4 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)	33
Abb. 5.1-6:	Ausbauvariante 5 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)	33
Abb. 5.1-7:	Ausbauvariante 5.1 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)	34
Abb. 5.1-8:	Ausbauvariante 6 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)	34
Abb. 5.2.1-1:	Differenz des Tidehubes zum Ist-Zustand für 8 Varianten entlang der Fahrwassertrasse (Quelle: BAW-DH 2003a)	36
Abb. 5.2.3-1:	Zeitliche Lage der Tidefenster der Ausbauvarianten und der Vorflutrestriktion Köhlbrand / mittlerer Freihafen. (Die schwarzen Pfeile in der Abbildung symbolisieren den ungefähren Zeitraum (etwa 45 Minuten), den ein tideabhängig ausgehendes Containerschiff vom Ablegen an den Terminals Altenwerder bzw. mittlerer Freihafen für die Fahrt bis Seemannshöft, ca. km 629, benötigt.)	40
Abb. 6.1-1:	Solltiefen der Zielvariante (Variante 4)	48
Abb. 7.2.1-1:	Unterbringungsorte des Ausbaubaggergutes	54
Abb. 8.1-1:	Unterhaltungsbaggermengen in den Bereichen der WSÄ Hamburg und Cuxhaven sowie in der Hamburger Delegationsstrecke (nur Stromstrecke) seit 1974	66
Abb. 8.1-2:	Unterhaltungsbaggermengen im Bereich der WSV einschl. Bodenentnahmen Dritter ohne Hamburger Delegationsstrecke seit 1980	66
Abb. 8.1-3:	Korrelation Unterhaltungsbaggermengen/Oberwasser seit 1974	67
Abb. 8.1-4:	Unterhaltungsbaggermengen der WSÄ Hamburg und Cuxhaven mit Hauptbaggerstellen Rhinplatte und Osteriff seit 1987	67
Abb. 8.2-1:	Unterhaltungsbaggermengen in der Hamburger Delegationsstrecke (nur Stromstrecke) und im Amtsbereich der WSÄ Hamburg und Cuxhaven seit 1974 mit Polynom 6. Grades	68
Abb. 8.2-2:	MTnw- und MThw-Differenzen zwischen den Pegeln HH-St. Pauli und Cuxhaven seit 1950	69
Abb. 8.2-3:	Vergleich der Unterhaltungsbaggermengen-Mittelwerte der Jahre 1995-1997 und 2000-2002 an den Baggerstellen der WSÄ Hamburg und Cuxhaven	70
Abb. 8.2-4:	Einflussfaktoren und Unterhaltungsbaggermengen ab 1987 für die WSÄ Hamburg und Cuxhaven	70
Abb. 8.2-5:	Unterhaltungsbaggermengen 1997 und 2001 an den Baggerstellen Freiburg bis Hamburg	71
Abb. 9.1-1:	Ausbaubedingte Änderungen von Variante 4.4 (inkl. strombaulichem Verbringungskonzept) für Tidehochwasser (Thw), Tideniedrigwasser (Tnw), Tidemittelwasser (Tmw) und Tidehub (Thb) von km 748 bis zum Wehr Geesthacht (Quelle: BAW-DH 2003c)	75
Abb. 9.1-2:	Ausbaubedingte Änderungen von Variante 4.4 (inkl. strombaulichem Verbringungskonzept) für die mittleren und maximalen Flut- und Ebbestromgeschwindigkeiten von km 748 bis zum Wehr Geesthacht (Quelle: BAW-DH 2003c)	76
Abb. 9.1-3:	Änderungen des Sturmflutscitewasserstandes für die Bemessungsturmflut 2085 A (rote Linie) von km 748 bis zum Wehr Geesthacht. Zusätzlich sind die Ergebnisse der Untersuchungsvarianten mit extremen Oberwasserszenarien dargestellt (Quelle: BAW-DH 2003d)	78
Abb. 9.2-1:	Ergebnis der Umweltrisikoeinschätzung für die einzelnen Schutzgüter (Quelle: BfG 2003)	80

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1-1:	Heutige Solltiefen	9
Tab. 2.2-1:	Heutige Regelbreiten	12
Tab. 3.2-1:	Heutige Maximaltiefgänge auf der Unter- und Außenelbe bei mittleren Tideverhältnissen (in Salzwasser)	16



Tab. 4.2-1:	Parameteransätze im Rahmen der Machbarkeitsuntersuchung.....	21
Tab. 4.2-2:	Übersicht über die Parameteransätze für das Bemessungsschiff	22
Tab. 4.2-3:	Beispielrechnung für das tideunabhängige Bemessungsschiff für die Passage Brunsbüttel bei Tnw.....	23
Tab. 5.1-1:	Übersicht über die Ausbauvarianten der Voruntersuchung	30
Tab. 5.2.2-1	„Baggerflächen“ der Varianten der Voruntersuchung in Mio. m ² (Quelle: BAW-DH 2003a)	38
Tab. 5.2.4-1:	Nutzen und Kosten der Varianten der Fahrrinnenanpassung in Mio. € zum Preisstand 1998 - Barwerte auf 2000 diskontiert.....	44
Tab. 5.3-1:	Gesamtbewertung der Ausbauvarianten (0 = ungenügender, 1 = ausreichender und 2 = günstiger Zielerfüllungsgrad, - = in der NKU nicht berücksichtigt)	44
Tab. 6.3-1:	Regelbreiten der Zielvariante 4.4	50
Tab. 7.2.1-1:	Unterbringung des Ausbaubaggergutes	54
Tab. 7.5-1:	Kosten der Varianten 1 bis 6 für die NKU	64
Tab. 9.3.1-1:	Nutzen und Kosten der Zielvariante 4.4 bei Berücksichtigung unterschiedlicher Szenarien (Angaben in Mio. € zum Preisstand 1998 - Barwerte auf 2000 diskontiert.....	82

Literaturverzeichnis

Bundesanstalt für Gewässerkunde (2004): Umweltrisikoeinschätzung und FFH-Verträglichkeitseinschätzung für Projekte an Bundeswasserstraßen. Weitere Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt mit einem Salzwassertiefgang von rd. 14,50 m. BfG-Bericht 1380. Koblenz, März 2004.

Bundesanstalt für Wasserbau (1999): Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe. Gutachten für die Nassbaggerarbeiten ('Bodengutachten'). Hamburg, Februar 1999.

Bundesanstalt für Wasserbau (2003a): Gutachten 'Machbarkeit einer weiteren Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe'. Hamburg, Juli 2003.

Bundesanstalt für Wasserbau (2003b): Gutachten 'Systemanalysen zur hydraulischen Kompensation nachteiliger Entwicklungen der kennzeichnenden Tidewasserstände'. Hamburg, Juli 2003.

Bundesanstalt für Wasserbau (2003c): Gutachten 'Machbarkeit einer weiteren Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe. Ergänzung Variante 4.4 unter Berücksichtigung des Verbringungskonzeptes'. Hamburg, Oktober 2003.

Bundesanstalt für Wasserbau (2003d): Testat zur Hochwasserneutralität der erwogenen Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe. Hamburg, November 2003.

PLANCO (2003): Nutzen-Kosten-Untersuchung zum Fahrrinnenausbau der Unter- und Außenelbe. Schlussbericht. Essen, Dezember 2003.

Projektgruppe Voruntersuchung Fahrrinnenanpassung (2003): Weitere Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe. Beschreibung des Vorhabens für die Umweltrisikoeinschätzung (URE). Hamburg, September 2003.

1 **Veranlassung**

Die Freie und Hansestadt Hamburg hat, nach einem entsprechenden Beschluss des Senates, am 27. Februar 2002 beim Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen eine weitere Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Erfordernisse der Containerschifffahrt beantragt.

Nach dem letzten Fahrrinnenausbau (der größtenteils im Jahre 1999 realisiert wurde) konnte der Hafen insbesondere im Containerverkehr überdurchschnittlich hohe Zuwachsraten erzielen. Diese bis heute anhaltende positive Entwicklung wird wesentlich durch die günstige wirtschaftsgeographische Lage des Hafens zum skandinavischen sowie zum ost- und südosteuropäischen Raum unterstützt. Die sich aus dieser günstigen Ausgangsposition ergebenden Potenziale können Erfolg versprechend nur dann ausgeschöpft werden, wenn die großen weltweit verkehrenden Containerschiffe auch künftig möglichst ungehindert den Hamburger Hafen anlaufen können.

Aufgrund der Entwicklungen in der Containerschifffahrt ist die Anzahl der großen Containerschiffe, die Hamburg anlaufen, wesentlich gestiegen. Die Entwicklungstendenzen beim Containerschiffbau zeigen, dass in erheblichem Umfang große Containerschiffe geordert werden. Ein großer Anteil der vor allem zwischen Europa und Asien verkehrenden Schiffe wird schon in unmittelbarer Zukunft zwischen 6.500 und über 8.000 TEU tragen können. Diese Schiffe sind nicht nur breiter, sondern weisen bei Vollabladung Tiefgänge von bis zu 14,50 m (in Salzwasser) auf.

Containerschiffe der genannten Größenordnung müssen bei den bestehenden Tiefgangsverhältnissen der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe erhebliche Restriktionen hinnehmen. Diese gehen so weit, dass sie bei voller Tiefgangsausnutzung auch unter Ausnutzung der Tide den Hamburger Hafen nicht mehr verlassen können. Diese Situation birgt das große Risiko, dass die großen Container-Reedereien aufgrund der zunehmenden Tiefgangsrestriktionen verstärkt Ladung auf andere Häfen umrouten werden. Umschlagseinbußen und eine deutliche Minderung der Wettbewerbsfähigkeit des Hafens mit allen negativen Konsequenzen für die Wertschöpfung, Arbeitsplätze und die Umwelt wären die Folge.

Zur Stärkung der Wettbewerbsposition des Hamburger Hafens und im Hinblick auf zunehmende Schiffsgrößen und realisierte Abladetiefgänge strebt die Freie und Hansestadt Hamburg daher eine weitere Verbesserung der tideunabhängigen und tideabhängigen Zu- und Abfahrtsverhältnisse für den Hafen an.

Auf Grundlage des Ausbauantrages der Freien und Hansestadt Hamburg wurde im Dezember 2002 von der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord sowie vom Amt Strom- und Hafenbau der Hamburger Behörde für Wirtschaft und Arbeit eine Projektgruppe damit beauftragt, eine nach den Grundsätzen und Kriterien der Bundesverkehrswegeplanung erforderliche Voruntersuchung für die beantragte weitere Fahrrinnenanpassung durchzuführen.

Aus diesem Projektauftrag leiteten sich u. a. folgende Aufgabenbereiche ab:



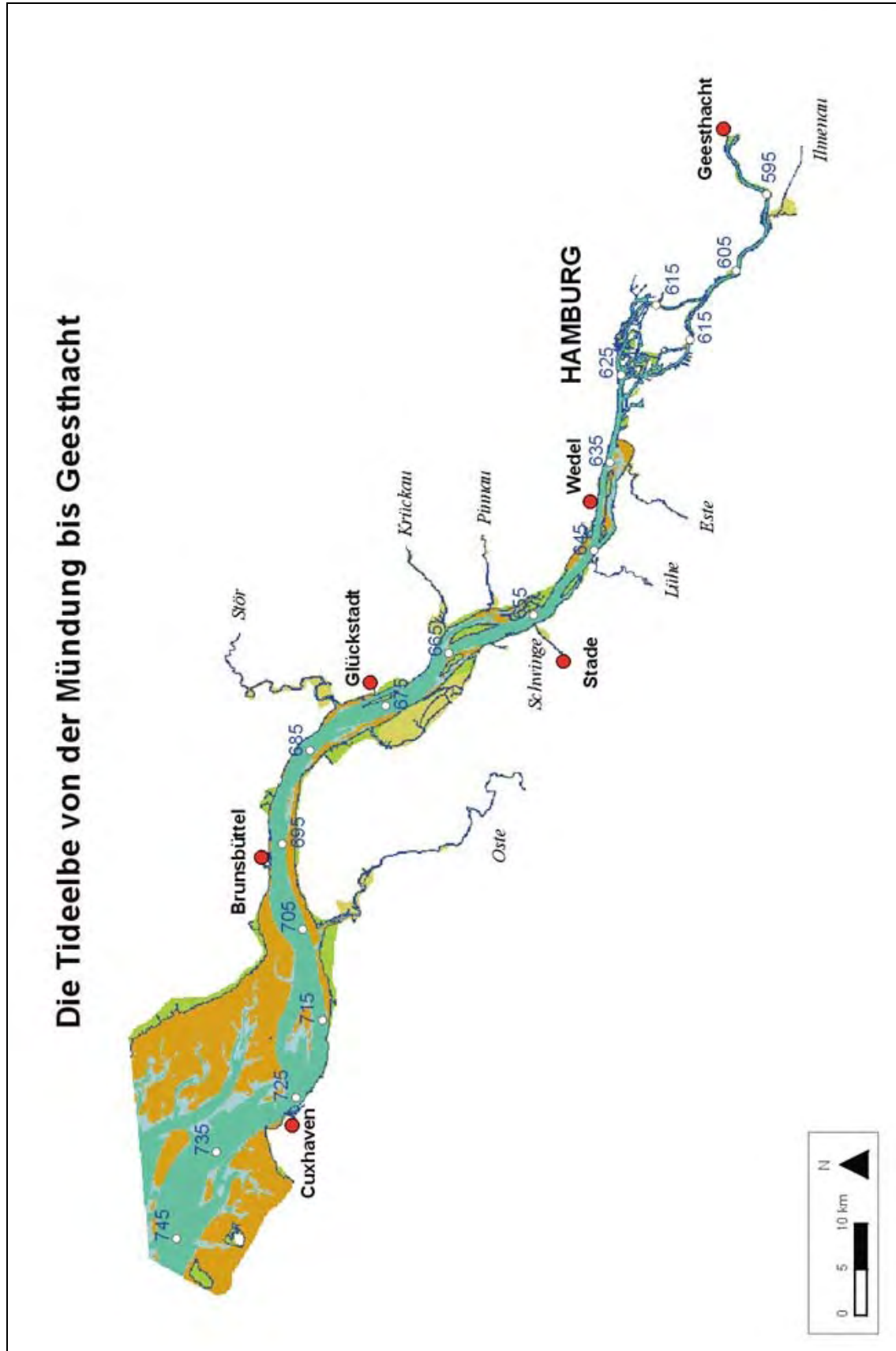
- Entwicklung von bedarfsgerechten Ausführungsvarianten (Grobplanung)
- Auswertung der von der Bundesanstalt für Wasserbau durchgeführten hydrologischen Systemstudien
- Vorbereitung und Begleitung einer Umweltrisikoeinschätzung (URE)
- Vorbereitung und Begleitung einer Nutzen-Kosten-Untersuchung (NKU)
- Vorbereitung eines spezifizierten Ausbauantrages

Die eingerichtete „Projektgruppe Voruntersuchung Fahrrinnenanpassung“ setzt sich zusammen aus Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord (Projektleitung), der Wasser- und Schifffahrtsämter Hamburg, Cuxhaven und Lüneburg sowie des Amtes Strom- und Hafenbau der Hamburger Behörde für Wirtschaft und Arbeit. In ihrer Arbeit wurden sie maßgeblich durch die gutachterlichen und beratenden Tätigkeiten der Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg (BAW-DH), der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (BfG), sowie der Fa. PLANCO, Essen, unterstützt.

Als zusammenfassendes Ergebnis der Voruntersuchung zur weiteren Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe wird hiermit die Arbeitsfassung der Machbarkeitsstudie vorgelegt. Die Studie basiert auf den Ergebnissen der einzelnen Untersuchungen der BAW-DH (hydrologische Machbarkeitsuntersuchung und Hochwassertestat), der BfG (Umweltrisikoeinschätzung, URE) und der Fa. PLANCO (Nutzen-Kosten-Untersuchung).

Zur besseren Orientierung zeigt Abb. 1-1 eine Übersicht des Gebietes der Unter- und Außenelbe.

Abb. 1-1: Die Unter- und Außenelbe im Überblick



2 Heutige Fahrrinnenverhältnisse

2.1 Fahrrinntiefen

Am 14.12.1999 konnten die Vertiefungsarbeiten im Zuge der „Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt“ weitgehend abgeschlossen und die Fahrrinne für die neuen Höchsttiefgänge freigegeben werden. Anschließend fanden noch Vertiefungsarbeiten in einzelnen Randbereichen sowie stromauf des Bundesautobahn-Elbtunnels auf der Hamburger Delegationsstrecke¹ statt.

Die planerische Grundlage für die Bemessung der heutigen Breiten und Tiefen der Fahrrinne wurde bei der jüngsten Fahrrinnenanpassung durch ein Bemessungs-Containerschiff mit folgenden Abmessungen gelegt:

Länge: bis 300 m
 Breite: 32,30 m
 Tiefgang: 13,50 m (in Salzwasser²)

Die heutigen Solltiefen gliedern sich in einen rd. 65 km langen mittleren Sockelbereich zwischen km 648 (Lühesand) und km 713,2 (Otterndorf), dessen Fahrrinntiefe von 14,40 m unter Kartennull (KN) durch den tideunabhängigen Verkehr bestimmt wird, und zwei Rampenbereiche, stromauf des Sockels bis in den Köhlbrand (km 621,8) bzw. die Norderelbe (km 624,3) und stromab des Sockels bis Scharhörn (km 748), die durch den tideabhängigen Verkehr bestimmt werden. Im Bereich von Hamburg beträgt die Tiefe KN -15,30 m bis km 632 und steigt dann kontinuierlich bis zum Beginn des Sockels auf KN -14,40 m an. Die stromab liegende Rampenstrecke fällt gleichmäßig von KN -14,40 m Sockeltiefe auf KN -15,20 m bei Scharhörn ab (Abb. 2.1-1).

Die heutigen Solltiefen sind in der Tab. 2.1-1 zusammengefasst.

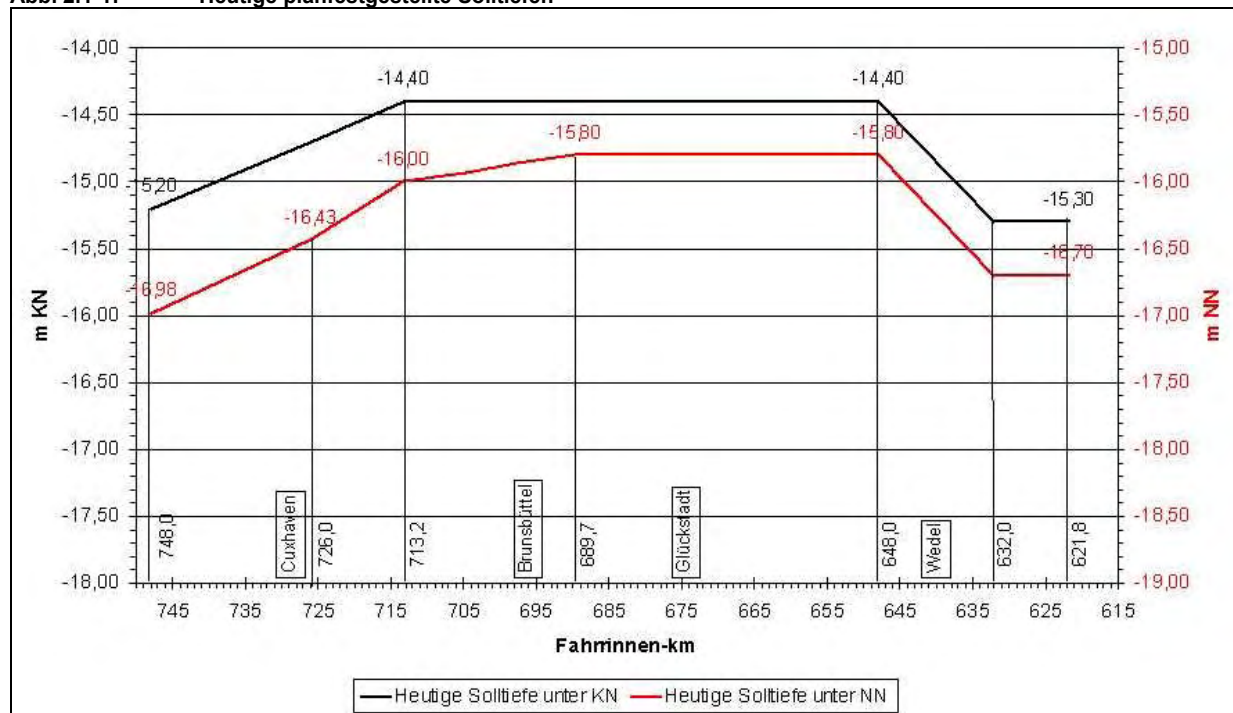
Tab. 2.1-1: Heutige Solltiefen

Teilstrecke	Hinweise	Solltiefe	
		KN*	NN
Hamburger Delegationsstrecke bis Nienstedten (km 632)		-15,3 m	-16,7 m
Nienstedten bis Lühesand (km 632 - 648)	Anstieg der Sohle zum Sockel	-15,3 m bis -14,4 m	-16,7 m bis -15,8 m
Lühesand bis Otterndorf (km 648 - 713,2)	Sockel	-14,4 m	-15,8 m bis -16,0 m
Otterndorf bis Außenelbe (km 713,2 - 748)	Abfall der Sohle unterhalb von Otterndorf	-14,4 m bis -15,2 m	-16,0 m bis -16,98 m
*) Das derzeit gültige KN mit Festlegung von 1988 entspricht etwa dem örtlichen mittleren Tideniedrigwasser (MTnw) und liegt im Bereich von Hamburg bis St. Margarethen bei NN -1,40 m. Ab St. Margarethen fällt das KN bis auf NN -1,78 m bei Scharhörn ab.			

¹ Die Grenze zwischen den Zuständigkeitsbereichen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes und der Freien und Hansestadt Hamburg (Delegationsstrecke) liegt bei km 638,9 (Tinsdal).

² Grundsätzlich beziehen sich alle in diesem Bericht genannten Tiefgänge auf Salzwasser; unter Frischwasserbedingungen sind die Tiefgänge aufgrund der geringeren Dichte ca. 0,30 m größer.

Abb. 2.1-1: Heutige planfestgestellte Solltiefen



2.2 Fahrrinnenbreiten und Trassierung

Die Fahrrinne der Unter- und Außenelbe ist unter Berücksichtigung der Häufigkeit von breiten Massengutschiffen für die Begegnung von 32,3 m/45,0 m Schiffsbreite (Panmax-Containerschiff/Massengutschiff) als Regelfall für die zweischiffige Fahrrinne bemessen worden. Unter Berücksichtigung einer Schiffslänge von 300 m und einem Vorhaltewinkel von 6° ergibt sich eine Regelbreite von rd. 300 m, wie Abb. 2.2-1 schematisch zeigt.

Die Trassierung der Kurven ist auf die Fahrweise der großen Schiffe abgestimmt. Die Schiffsführung orientiert sich an den Knickpunkten der Richtfeuer- und Radarlinien und steuert dort jeweils Kurswechsel mit kleineren Kurswechselwinkeln, da eine Kurvenfahrt mit konstanter Drehbewegung über einen größeren Kursänderungswinkel mit großen Seeschiffen unter dem Einfluss von Wind und Strömung nicht möglich ist. Deshalb wurden die lang gestreckten Kurven beim letzten Ausbau jeweils in Unterkurven mit Zwischengeraden aufgelöst (Abb. 2.2-2). Ausgehend von einer Kurswechselfahrt auf einem Radius von etwa 3.000 m sind die Kurvenaufweitungen den Schiffslängen und -breiten der Panmax-Containerschiffe und Massengutschiffe angepasst worden. Die Übergänge zu den Geraden erhielten auslaufende Verbreiterungen (sog. Recovery Areas), da die Schiffe nach der Kurvenfahrt erst wieder auf geraden Kurs stabilisiert werden müssen.

Die Regelbreite der Fahrrinne beträgt von See bis zur Störkurve 400 m und im anschließenden Abschnitt bis Wedel 300 m. Oberhalb von Wedel nehmen die Breiten im Bereich der Hamburger Delegationsstrecke bis auf 180 m im Köhlbrand ab. In Tab. 2.2-1 sind die heutigen Regelbreiten der Fahrrinne zusammengestellt, Abb. 2.2-3 zeigt diese noch einmal schematisch für den Bereich der Unter- und Außenelbe.

Abb. 2.2-1: Schematische Darstellung der Fahrrinnenbreite bei 6° Vorhaltewinkel

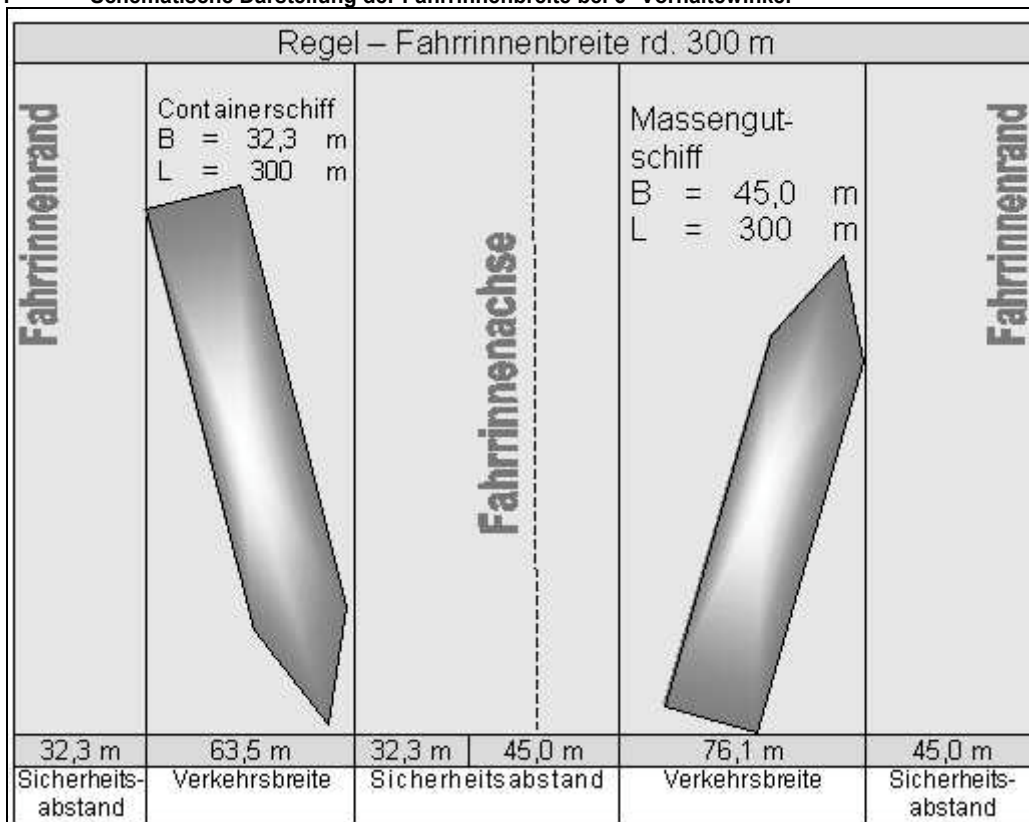


Abb. 2.2-2: Prinzipdarstellung der Trassierung einer lang gezogenen Kurve

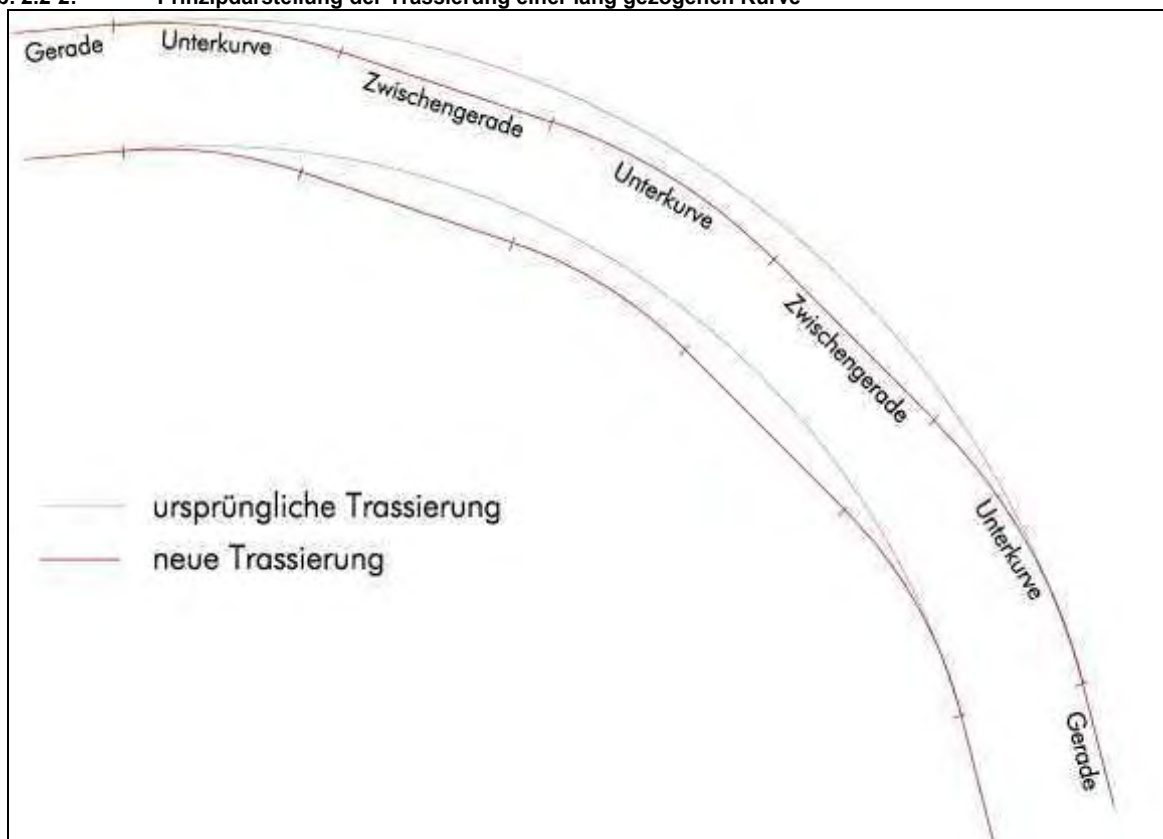
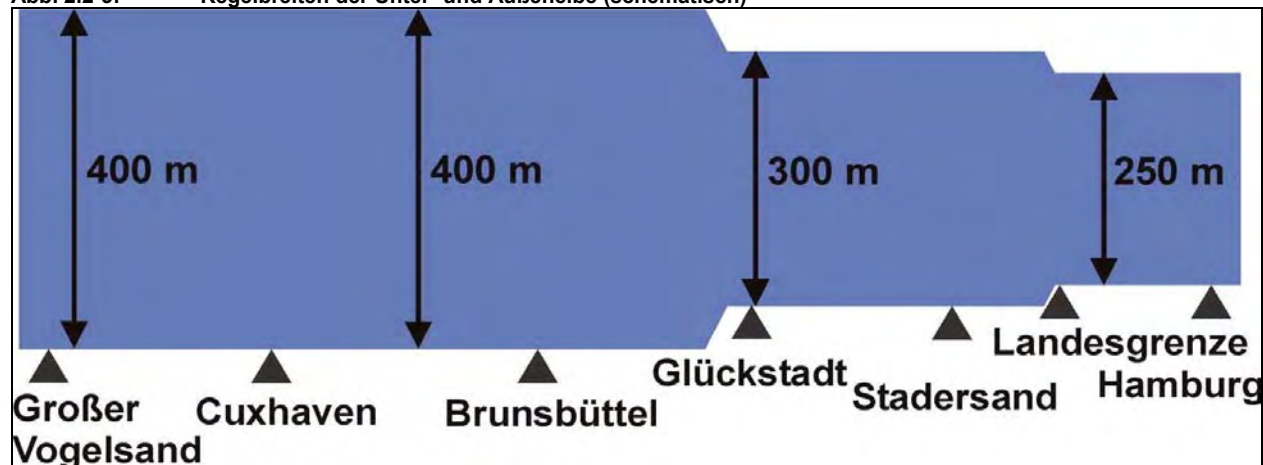


Abb. 2.2-3: Regelbreiten der Unter- und Außenelbe (schematisch)



Tab. 2.2-1: Heutige Regelbreiten

Teilstrecke	Fahrrinnen-km	Regelbreite
Bundesstrecke		
See bis Störkurve	km 748 bis 680	400 m
Störkurve bis Wedel	km 680 bis 643	300 m
Wedel bis Tinsdal (Landesgrenze)	km 643 bis 638,9	Abnehmend auf 250 m
Delegationsstrecke		
Tinsdal (Landesgrenze) bis Nienstedten	km 638,9 bis 632	250 m
Nienstedten bis Övelgönne	km 632 bis 628	230 m
Övelgönne bis Köhlbrand	km 628 bis 626	230 m bis 260 m
Norderelbe		
Mündung Köhlbrand bis Wendekreis Vorhafen	km 626 bis 624,4	Abnehmend auf 210 m
Köhlbrand		
Mündung Köhlbrand bis Reth-Wendekreis	km 624,5 bis 621,8	200 m, abnehmend auf 180 m
Reth-Wendekreis bis südlicher Wendekreis CTA	km 621,8 bis 619,5	200 m

2.3 Derzeitige Verkehrsverhältnisse

Seit Freigabe der neuen Fahrrinntiefen am 14.12.1999 können Containerschiffe bis zu einer Breite von 32,3 m und Massengutschiffe bis zu einer Breite von 45,0 m tideunabhängig, d. h. bei mittleren Tideverhältnissen zu jeder Zeit mit einem Salzwassertiefgang von 12,50 m von und nach Hamburg verkehren. Containerschiffe mit einer Breite über 32,3 m, sog. Post-Panmax-Containerschiffe, die aufgrund ihrer Breite nicht mehr den Panama-Kanal passieren können, können bei mittleren Tideverhältnissen mit einem Salzwassertiefgang von 12,40 m tideunabhängig verkehren.

Schiffe mit größeren Tiefgängen können Hamburg bei mittleren Tideverhältnissen nur tideabhängig erreichen und verlassen. In Abhängigkeit von den Tidewasserständen steht ihnen pro Tide ein bestimmtes Startfenster um Tideniedrigwasser zur Verfügung. Tideabhängig auslaufende Schiffe können mit einem Salzwassertiefgang von maximal 13,50 m verkehren. Je nach Schiffstyp betragen die Startfenster dann zwischen 30 und 80 Minuten. Tideabhängig einkommend sind unter Ausnutzung der einlaufenden Tide auch größere Tiefgänge bis maximal 14,80 m möglich.



Für außergewöhnlich große Schiffe mit einer Länge über 330 m oder einer Breite über 45,0 m gelten in Abhängigkeit der jeweiligen Größe besondere, entsprechend reduzierte Höchsttiefgänge.

Im Streckenabschnitt zwischen der Störkurve und der Landesgrenze Hamburgs bei Tinsdal mit einer Regelbreite der Fahrrinne von 300 m besteht seit Anfang 2000 ein Begegnungs- und Überholverbot für Fahrzeuge mit addierten Schiffsbreiten von 90 m und mehr, sofern beide Fahrzeuge auf Grund ihres Tiefgangs auf die tiefe Rinne angewiesen sind. Das bedeutet, dass entgegen der als Regelfall für die Bemessung angesetzten Begegnung von Panmax-Containerschiff ($B = 32,3$ m) und Massengutschiff mit einer Breite von 45,0 m heute auf Grund der Erfahrungen mit den zunehmend größeren Schiffen in der Unterelbe eine Begegnung mit deutlich größeren Schiffsbreiten zugelassen wird.

Die Regelung mit den addierten Schiffsbreiten von 90 m in dem Streckenabschnitt mit einer Regelbreite der Fahrrinne von 300 m hat sich bewährt. Der Schiffsverkehr auf der Unter- und Außenelbe in den heutigen Fahrrinnenbreiten ist als sicher zu beurteilen. Unfälle, die alleine auf die Fahrrinnenbreiten der Elbe zurückzuführen sind, waren nicht zu verzeichnen. Die Unfallrate der Berufsschifffahrt bewegte sich in den Jahren 2000 bis 2002 zwischen 0,06 und 0,09 %.

3 Wirtschaftlicher Bedarf der geplanten weiteren Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe

3.1 Wirtschaftliche Entwicklung des Hamburger Hafens

Der Hamburger Hafen ist als größter deutscher Seehafen nach wie vor ein zentraler Wirtschaftsmotor für Hamburg und die gesamte norddeutsche Region. Grundlage dieser weit über die Hamburger Stadtgrenzen hinausreichenden Bedeutung ist dessen stetiger bis heute anhaltender wirtschaftlicher Erfolg. Diese günstige wirtschaftliche Ausgangsposition ist kein Zufall, sondern Ergebnis vielfältiger privater und öffentlicher Investitionsmaßnahmen in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten.

Insbesondere im Bereich des Containerumschlags haben öffentliche Hand und Hafenwirtschaft alles daran gesetzt, diesen für Hamburg besonders wichtigen Umschlagsbereich auszubauen. Der Hamburger Hafen verfügt daher über moderne Containerumschlagsanlagen, die in der Lage sind, den seit Jahren zunehmenden Containerverkehr effizient zu bewältigen. Mit der Hafenerweiterung in Hamburg-Altenwerder, deren erster Bauabschnitt im Herbst 2002 in Dienst gestellt worden ist, ist der Hamburger Hafen auch für künftige Wachstumsschübe im Containerumschlag gewappnet. Ergänzt durch die Umstrukturierung und Modernisierung bestehender Umschlaganlagen könnte der heutige jährliche Containerumschlag (6,1 Mio. TEU³ in 2003) mittel- und langfristig verdreifacht werden.

Zusätzliche Möglichkeiten einer Kapazitätserweiterung ergeben sich durch die Nutzung bisher nicht in Anspruch genommener Flächen im Hafenerweiterungsgebiet Moorburg.

Darüber hinaus verfügt der Hamburger Hafen über hervorragende Hinterlandanbindungen für den Weitertransport der Güter per Bahn, Binnenschiff und LKW: Der Hamburger Hafen kann als ausgesprochener Eisenbahnhafen bezeichnet werden, da 75 % der mehr als 200 km weit in das Binnenland transportierten Container mit diesem umweltfreundlichen Verkehrsmittel bewegt werden.

Hinzu kommt, dass es sich bei der Metropolregion Hamburg um einen Verbraucherschwerpunkt mit einem hohen eigenen Ladungsaufkommen handelt. Dabei kommt dem Hafen seine Lage weit im Binnenland zugute, da auf diese Weise der Warentransport mit dem kostengünstigen und umweltverträglichen Seeschiff erfolgt.

Hamburg bietet als Metropole mit einem reich gegliederten Branchenmix der hier angesiedelten Unternehmen alle erforderlichen Dienstleistungen rund um das Transportgeschehen. Hieraus erwächst nicht nur ein weiterer Wettbewerbsvorteil des Hamburger Hafens, sondern vor allem auch seine große arbeitsmarktpolitischen Bedeutung: Etwa 150.000 Arbeitsplätze, die zu einem großen Teil von Arbeitnehmern in Niedersachsen und Schleswig-Holstein wahrgenommen werden, sind direkt und indirekt an das Hafengeschehen gebunden.

Diese gute Wettbewerbsposition des Hamburger Hafens wird zusätzlich durch dessen günstige wirtschaftsgeographische Lage zu den Märkten Ost- und Südosteuropas sowie Skandinaviens gestärkt. Gerade die politische und wirtschaftliche Liberalisierung Osteuropas hat in diesem Zusammenhang einen wichtigen Beitrag zur sehr positiven Entwicklung des Hafens in den vergangenen Jahren geleistet.

³ TEU = twenty feet equivalent unit = 20 Fuß-Container

Ihren Niederschlag hat diese außerordentlich günstige wirtschaftliche Ausgangsposition in einer seit Jahren andauernden Zunahme des Güterumschlages gefunden (vgl. Abb. 3.1-1 und 3.1-2). So hat der Gesamtumschlag des Hamburger Hafens von 61,4 Mio. t in 1990 um 59 % auf 97,6 Mio. t in 2002 zugenommen.

Abb. 3.1-1: Güterumschlag des Hamburger Hafens ab 1965 / Gesamtumschlag in Mio. t

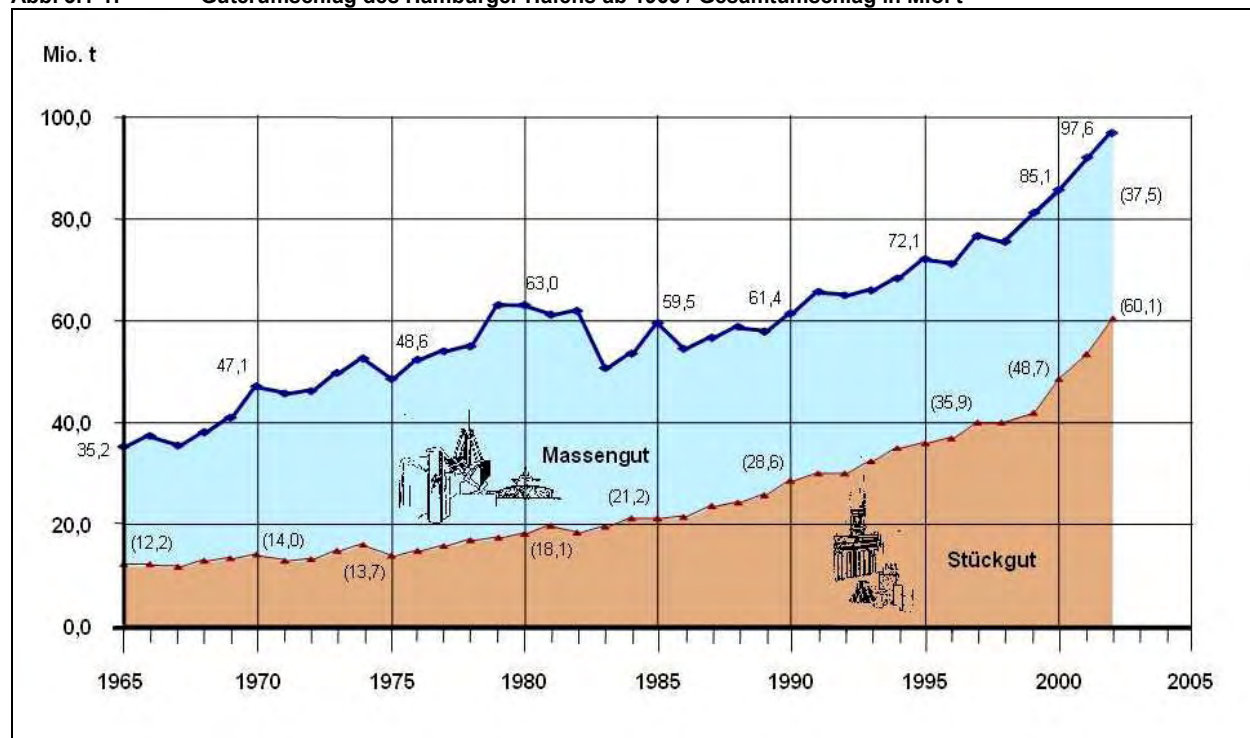
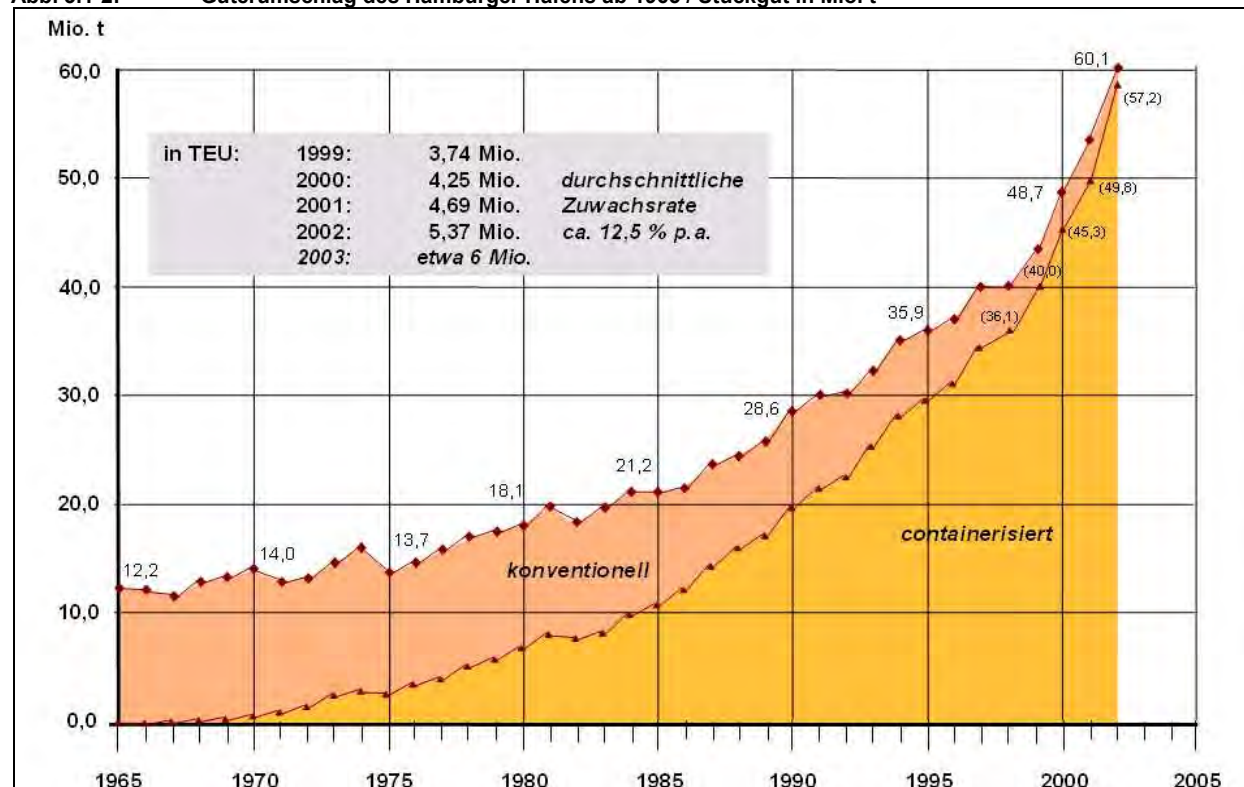


Abb. 3.1-2: Güterumschlag des Hamburger Hafens ab 1965 / Stückgut in Mio. t



Die sich aus dieser günstigen Ausgangssituation ergebenden wirtschaftlichen Potenziale können allerdings nur dann wirklich ausgeschöpft werden, wenn große Containerschiffe den Hamburger Hafen weitgehend ohne Behinderungen erreichen und vor allem wieder verlassen können.

Die letzte in 1999 (weitestgehend) abgeschlossene Vertiefung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe hat diesen Zusammenhang eindrucksvoll belegt. So hat der Containerumschlag nach Abschluss der Baggerarbeiten nochmals einen deutlichen Wachstumsimpuls erhalten und hat allein von 1999 bis zum Jahre 2002 um ca. 40 % zugenommen.

3.2 Aktuelle Zufahrtsbedingungen zum Hamburger Hafen für die Seeschifffahrt

Grundlage der damaligen Fahrrinnenanpassung war, wie in Kap. 2.1 beschrieben, ein Bemessungsschiff mit einer Tragfähigkeit von 4.500 TEU und einem Maximaltiefgang von 13,50 m in Salzwasser. Containerschiffe nutzen den ihnen zur Verfügung stehenden Maximaltiefgang nur selten vollständig aus, so dass man in den Planungen für den damaligen Fahrrinnenausbau davon ausgegangen ist, dass für das voll abgeladene Bemessungsschiff ein tideabhängiger Verkehr hinnehmbar ist. Gleichzeitig mussten auch die Bedingungen für den tideunabhängigen Verkehr verbessert werden. Hier wurde eine wirtschaftlich notwendige Auslastung zu Grunde gelegt, die zu einem Tiefgang von 12,50 m führte.

In Tab. 3.2-1 sind die derzeit auf der Unter- und Außenelbe zulässigen Höchsttiefgänge noch einmal zusammengefasst dargestellt.

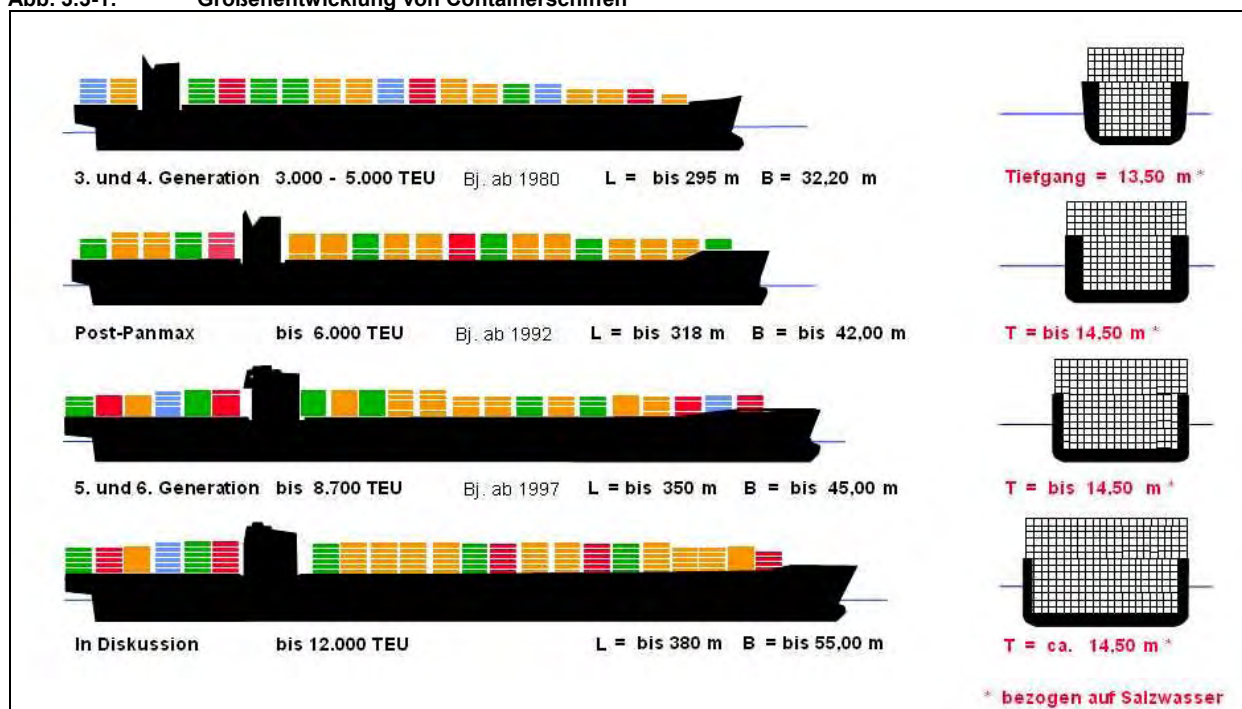
Tab. 3.2-1: Heutige Maximaltiefgänge auf der Unter- und Außenelbe bei mittleren Tideverhältnissen (in Salzwasser)

	Zul. Höchsttiefgang	Startfenster
Tideunabhängig	12,50 m (PanMax) 12,40 m (PostPanMax)	- ·
Tideabhängig ausgehend	13,50 m	1:20 h für PanMax *) 0:35 h für PostPanMax
Tideabhängig einkommend	14,80 m	(variabel)
*) Bislang nicht erreichtes Ausbauziel: 2:00 h		

3.3 Größenentwicklung der weltweit verkehrenden Großcontainerschiffe

Bereits Ende der 1990er Jahre hat allerdings eine Entwicklung zu noch größeren und damit tiefer gehenden Containerschiffen eingesetzt. So werden derzeit verstärkt Containerschiffe mit einer Tragfähigkeit von etwa 8.000 TEU und einem Maximaltiefgang von bis zu 14,50 m in Dienst gestellt (vgl. Abb. 3.3-1).

Abb. 3.3-1: Größenentwicklung von Containerschiffen



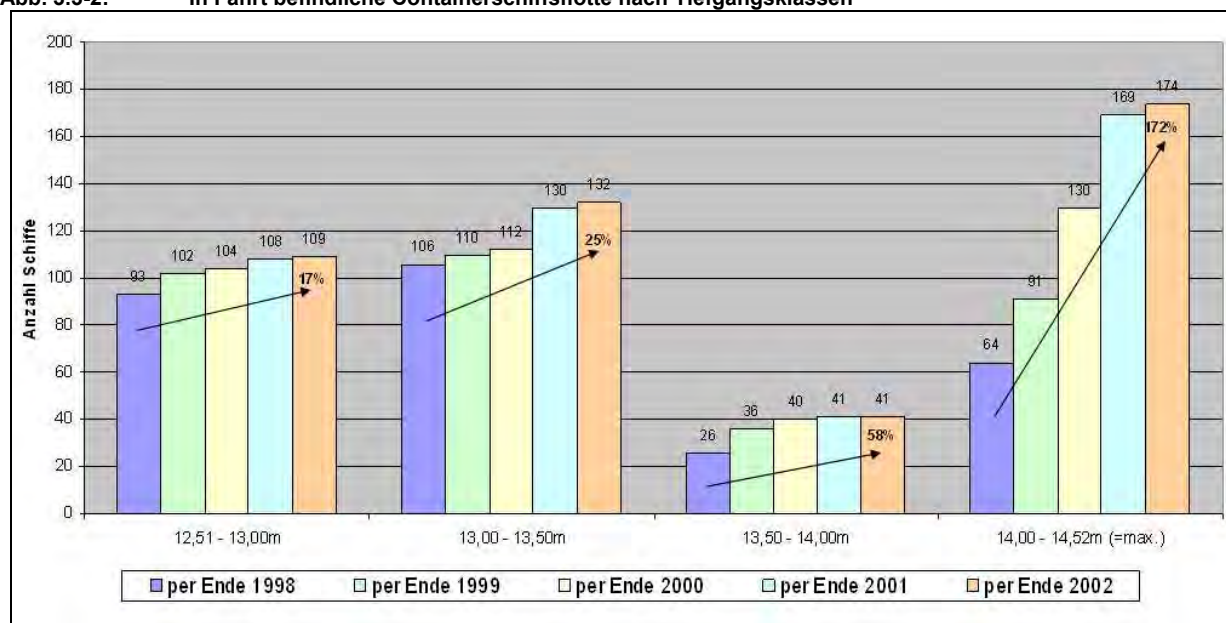
Ob es in Zukunft zu einer weiteren Umstrukturierung der Containerschiffflotte hin zu noch größeren Schiffen kommen wird, kann derzeit nicht abschließend vorhergesagt werden. Nach Analysen von PLANCO zum Tiefwasserhafen in Wilhelmshaven ist ein Größenwachstum von Containerschiffen über 12.000 TEU hinaus als unwahrscheinlich anzusehen. Das renommierte Consulting-Unternehmen Drewry hat in 2001 hierzu eine Studie veröffentlicht, nach der bis zum Jahre 2010 eventuell 24 Schiffseinheiten mit einer Tragfähigkeiten von 12.000 TEU in Fahrt gekommen sein werden. Laut Drewry werden auch diese Schiffe Tiefgänge von rd. 14,50 m haben, andere Schifffahrtsexperten erwarten hier teilweise höhere Tiefgänge. Insgesamt spricht jedoch einiges dafür, dass das weitere Größenwachstum der Containerschiffe und damit auch deren Tiefgangsentwicklung an ihre Grenzen stoßen, da

- bei zunehmendem Größenwachstum den abnehmenden „Economies of Scale“ vermehrte Hinterlandkosten gegenübertreten, da diese Schiffe nicht mehr jeden Hafen anlaufen können,
- mit steigender Größe des Schiffes auch das Auslastungsrisiko erheblich zunimmt und
- das Risiko der Reedereien, sich mit noch weiter deutlich zunehmenden Tiefgängen von wenigen Häfen der Welt abhängig zu machen, steigt.

Unabhängig von solchen Zukunftsbetrachtungen, werden in jedem Fall in den nächsten Jahren Containerschiffe mit Tiefgängen von 14,50 m und einer Ladekapazität um 8.000 TEU marktbeherrschend sein. Denn insbesondere in diesem Tiefgangssegment weist die Containerschiffflotte das stärkste Wachstum auf. So hat die Zahl der weltweit in Fahrt befindlichen Containerschiffe mit Tiefgängen zwischen 14,00 und 14,50 m um 172 % von 64 in 1998 auf 174 in 2002 zugenommen (vgl. Abb. 3.3-2). Die Ordertätigkeit der großen Reedereien zeigt, dass dieser Trend auch in Zukunft anhalten wird und die

Containerschiffe der genannten Größenordnung im kommenden Jahrzehnt als Regelschiff insbesondere in der für Hamburg sehr wichtigen Ostasienfahrt eingesetzt werden.

Abb. 3.3-2: In Fahrt befindliche Containerschiffsflotte nach Tiefgangsklassen



Bereits heute können Schiffe dieser Größenordnung den Hamburger Hafen erreichen. Voll abgeladen, d. h. unter Ausnutzung ihres Maximaltiefganges können sie den Hafen jedoch nicht mehr verlassen. Weitaus problematischer ist zu beurteilen, dass diese Schiffe auch im Bereich einer wirtschaftlichen Auslastung unterhalb ihrer Maximaltiefgänge tiefgangsbedingt kostenintensive Ladungsverluste und/oder Wartezeiten hinnehmen müssen.

An dieser Stelle mag sich die Frage aufdrängen, ob der Ladungsverlust von einigen Containern oder eine Wartezeit von wenigen Stunden bei einer immerhin mehrwöchigen Reise beispielsweise nach Ostasien wirtschaftlich real zu Buche schlägt. Hier muss man sich jedoch vor Augen führen, dass der andauernde Rationalisierungs- und Kostendruck im Transportwesen dazu geführt hat, dass große Containerschiffe nur bei einer möglichst maximalen Auslastung wirtschaftlich betrieben werden können, mithin Ladungsverluste für die Reeder schwer hinnehmbar sind. Darüber hinaus verursachen Schiffe der genannten Größenordnung erhebliche laufende Kosten - man kann allein von Tagesbetriebskosten in Höhe von rd. 40.000 US \$ ausgehen -, so dass auch geringe Wartezeiten den wirtschaftlichen Betrieb dieser Schiffe deutlich einschränken.

Dass diese Situation zu realen Einbußen für den Hamburger Hafen führen dürfte, lässt sich daran ablesen, dass im Jahr 2002 der Hamburger Hafen 458-mal von Containerschiffen mit max. Tiefgängen von über 13,50 m angelaufen wurde.

Die großen Containerreedereien haben angesichts dieser Situation auf die Notwendigkeit hingewiesen, die Fahrrinne von Unter- und Außenelbe baldmöglichst dieser neuen Tiefgangssituation anzupassen. Anderenfalls ist angesichts zunehmender Ladungsverluste und Wartezeiten für die großen Containerschiffe davon auszugehen, dass die großen Reedereien mittelfristig mit Ladungsverlagerungen zu anderen nordwesteuropäischen Häfen reagieren. Es besteht jedoch auch das schwerwiegendere und durchaus realistische Risiko, dass ganze Schifffahrtslinien von Hamburg abgezogen werden oder einzelne Reedereien den Standort Hamburg gänzlich aufgeben. Für den Hambur-

ger Hafen und damit für die Stadt und die norddeutsche Region wäre dies ein massiver wirtschaftlicher Rückschlag mit erheblichen negativen Auswirkungen nicht zuletzt auch auf den Arbeitsmarkt.

3.4 Künftig erforderliche Maximaltiefgänge auf der Unter- und Außenelbe

Eine weitere Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Erfordernisse der Containerschifffahrt ist eine Voraussetzung, die gute Wettbewerbsposition des Hamburger Hafens zu sichern. Ziel dieser Fahrrinnenanpassung muss es sein, dass künftig Containerschiffe mit max. Tiefgängen von 14,50 m den Hafen voll abgeladen bedienen können. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass die volle Auslastung der Schiffe nicht der Regelfall sein wird. Ein Anteil an Leercontainern sowie die sehr unterschiedliche Auslastung der einzelnen Container tragen dazu bei, dass die Schiffe oft nicht bis zu ihrer Auslastungsgrenze beladen sind und demzufolge ihren Maximaltiefgang eher selten erreichen.

Vor diesem Hintergrund ist es vertretbar, Containerschiffen, die ihren Maximaltiefgang von 14,50 m ausnutzen, lediglich einen tideabhängigen Verkehr zu ermöglichen. Die Länge des zur Verfügung stehenden Tidefensters muss dabei so bemessen sein, dass in dessen Verlauf von den drei großen Terminalbereichen im Hamburger Hafen (Waltershof, Altenwerder und mittlerer Freihafen) jeweils ein Containerschiff mit einem Tiefgang von 14,50 m abfahren kann. Die sich hieraus ergebende erforderliche Länge des Tidefensters beträgt ca. 2 Stunden. Eine solche Länge des Tidefensters lag schon der Bemessung der letzten Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe zugrunde. Das Erfordernis, die tideabhängig verkehrende Containerschifffahrt mit einem zweistündigen Tidefenster angemessen zu berücksichtigen, ist beim jetzigen Ausbauzustand seitdem deutlich größer geworden. So ist die Anzahl der den Hamburger Hafen tideabhängig verlassenden Containerschiffe von 8 im Jahr 2000 auf 110 in 2003 (Stand 30.11.) angewachsen. Zu berücksichtigen ist auch, dass durch die zu erwartenden Kapazitätserweiterungen im Containerumschlag im Bereich des Mittleren Freihafens und den westlichen Hafenbereichen die Anzahl der abgefertigten Großcontainerschiffe und damit auch der tideabhängig ausgehende Containerschiffsverkehr weiter zunehmen werden. Diese Entwicklung ist beim künftigen Ausbau nach angemessener Zeit wieder zu erwarten.

Auch bei einer Zunahme der tideabhängigen Verkehre wird das Schwergewicht auch künftig im tideunabhängigen Verkehr liegen, so dass mit der Fahrrinnenanpassung insbesondere auch eine Verbesserung der Tiefgangsverhältnisse für tideunabhängig fahrende Containerschiffe erzielt werden muss. Denn seitens der großen Containerreedereien besteht eine deutliche Neigung, die mit dem tideabhängigen Verkehr verbundenen Wartezeiten nach Möglichkeit zu vermeiden und mit einer wirtschaftlich sinnvollen und attraktiven Auslastung jederzeit verkehren zu können. Auf der Grundlage einer intensiven Beobachtung des operativen Geschäfts der Reedereien, ist eine solche wirtschaftlich sinnvolle Auslastung bei einem Tiefgang von 13,50 m gegeben.

Somit ergibt sich aus der Größenentwicklung der internationalen Containerschifffahrt das Erfordernis, die Fahrrinne von Unter- und Außenelbe so auszubauen, dass Containerschiffe mit Tiefgängen von 14,50 m den Hamburger Hafen tideabhängig und mit Tiefgängen bis zu 13,50 m tideunabhängig bedienen können.

4 Grundlagen der Fahrrinnenbemessung

4.1 Bemessungsschiff

Vor dem Hintergrund der in Kapitel 3.4 dargelegten Anforderungen wurde als Bemessungsschiff für die Voruntersuchung einer weiteren Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe ein Post-Panmax-Containerschiff mit folgenden Abmessungen festgelegt:

Länge:	350 m
Breite:	46 m
Salzwassertiefgang:	14,50 m

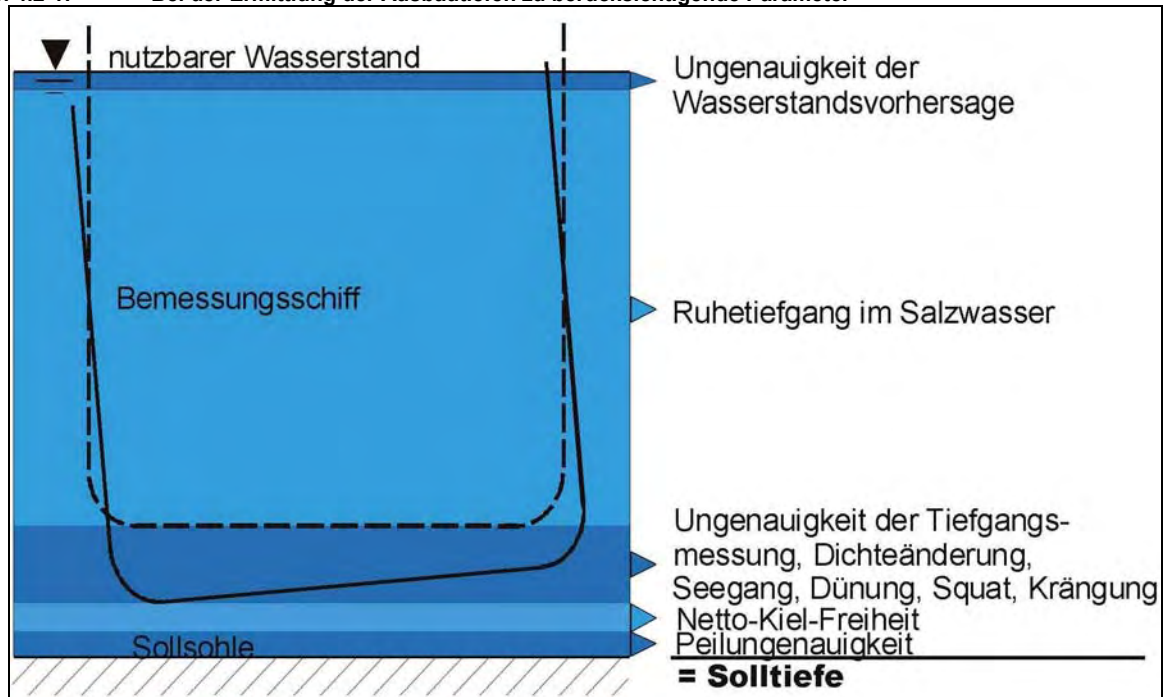
Dies entspricht in den wesentlichen Abmessungen der Sovereign-Maersk-Klasse, ist jedoch um eine Containerreihe breiter. Diese Schiffsgrößen wurden bereits von einigen Werften projektiert und sind in der nahen Zukunft in der Welthandelsflotte zu erwarten. Die zu Grunde gelegte Schiffsbreite von 46 m hat zudem den Vorteil, dass bereits im Rahmen der Voruntersuchung die geltende Begegnungsregelung zwischen der Störkurve und der Landesgrenze der Freien und Hansestadt Hamburg (FHH) mit addierten Schiffsbreiten von 90 m und mehr in die Überlegungen einbezogen wird (vgl. Kap. 2.3).

Da die Containerschiffe ihren Konstruktionstiefgang nur selten voll ausschöpfen, gehen die planerischen Überlegungen im Rahmen der Voruntersuchung davon aus, jedem der drei Terminalbereiche die tideabhängige Fahrt des voll abgeladenen Bemessungsschiffes (d. h. 14,50 m Tiefgang in Salzwasser) zu ermöglichen. Tideunabhängig, also zu jeder Zeit soll ein Verkehr mit einem Salzwassertiefgang von 13,50 m (entspricht etwa einer 93 %igen Tiefgangsauslastung des Bemessungsschiffes) ermöglicht werden, womit zugleich auch die Vergleichbarkeit zu den Ausbauüberlegungen der Außenweser gegeben ist.

4.2 Ermittlung der Ausbautiefen

Bei der Ermittlung der erforderlichen Ausbautiefen müssen eine Reihe verschiedener Parameter berücksichtigt werden, die bei der Revierfahrt des Bemessungsschiffes den Tiefgang beeinflussen. Die einzelnen Parameter sind in Abb. 4.2-1 dargestellt und werden in Tab. 4.2-1 kurz erläutert.

Abb. 4.2-1: Bei der Ermittlung der Ausbautiefen zu berücksichtigende Parameter



Tab. 4.2-1: Parameteransätze im Rahmen der Machbarkeitsuntersuchung

Parameter	Beschreibung	Ansatz
Feste Parameter		
Δw_M Mindertide	Eine Tide, die niedriger als die mittlere Tide eintritt	rd. 0,35 m
Δt_D Tiefgangsänderung infolge Dichteänderung des Wassers	Beim Einlaufen eines Schiffes nimmt dessen Tiefgang in etwa im Verhältnis der Dichte des Seewassers zur Dichte des Frischwassers zu	$\Delta t_D = T_s (\rho_s / \rho_F - 1)$
Δt_S Squat	Tiefertauchung des Schiffes infolge der verursachten Verdrängungsströmung	BARRASS
Δt_K Krängung	Tiefertauchung des Schiffes durch Seitenlage auf Grund von Wind oder Kurvenfahrt	0,46 m 1,5° Krängung unter Berücksichtigung der Kimmausrundung
nukc Netto-Kielfreiheit	Mindestabstand, der zwischen Schiff und Gewässersohle verbleiben muss	0,30 m (PIANC für Sandboden)
Variable Parameter		
Δw_U Ungenauigkeit der Wasserstandsvorhersage	Differenz zwischen der vorhergesagten und der tatsächlich eintretenden Tide	0,10 m
Δt_M Ungenauigkeit der Tiefgangsmessung	Ungenauigkeit bei der Tiefgangsbestimmung des Schiffes	0,10 m
Δt_W Seegang	Tiefertauchung durch Schiffsbewegungen infolge Seegang	0,00 / 0,15 m; berücksichtigt ab Cuxhaven seewärts
Δt_P Peilungenauigkeit	Ungenauigkeit bei der Peilung der Fahrrinne	0,20 / 0,25 m

Die erforderliche Ausbautiefe ergibt sich aus der Summe von Schiffstiefgang in Ruhe, „festen Parametern“ (Mindertide, Dichteänderung, Squat, Krängung, Netto-Kielfreiheit) und „variablen Parametern“ (Wasserstandsvorhersage, Tiefgangsmessung, Seegang, Peilungenauigkeit). Die „variablen Parameter“ werden nicht mit ihrem Maximalwert an-

gesetzt, sondern einem Wert, der der Standardabweichung entspricht. Diese variablen, zufallsverteilten Parameter werden zur Vermeidung einer unzulässigen Superponierung von Sicherheitszuschlägen nach der mathematischen Vorschrift zur Addition von Standardabweichungen behandelt:

$$\sigma = \sqrt{\Delta W_U^2 + \Delta t_M^2 + \Delta t_W^2 + \Delta t_P^2}$$

In Tab. 4.2-2 sind die Parameteransätze für die einzelnen Revierabschnitte noch einmal zusammengestellt.

Tab. 4.2-2: Übersicht über die Parameteransätze für das Bemessungsschiff

Parameter		St. Pauli - Brunsbüttel	Brunsbüttel - Cuxhaven	Cuxhaven - Gr. Vogelsand
<i>Feste Parameter</i>				
Mindertide, Ansatz für 80 % Eintrittswahrscheinlichkeit	ΔW_M	rd. 0,35 m	rd. 0,35 m	rd. 0,35 m
Dichteänderung (bei einem Tiefgang 14,5m)	Δt_D	0,32 m	0,22 - 0,32 m	0,22 - 0,09 m
Squat	Δt_S	Barrass	Barrass	Barrass
Krängung (1,5°)	Δt_K	0,46 m	0,46 m	0,46 m
Netto-Kielfreiheit	n_{ukc}	0,30 m	0,30 m	0,30 m
Summe feste Parameter (ohne Squat)		rd. 1,43 m	rd. 1,33 – 1,43 m	rd. 1,20 - 1,33 m
<i>Variable Parameter</i>				
Wasserstandsvorhersage	ΔW_U	0,10 m	0,10 m	0,10 m
Tiefgangsmessung	Δt_M	0,10 m	0,10 m	0,10 m
Seegang	Δt_W	0,00 m	0,00 m	0,15 m
Peilungenauigkeit	Δt_P	0,20 m	0,25 m	0,25 m
Summe Standardabweichungen	σ^2	0,06 m ²	0,083 m ²	0,105 m ²
	σ	0,24 m	0,29 m	0,32 m
Gesamt (feste und variable Parameter, ohne Squat)	Σ	rd. 1,67 m	rd. 1,62 – 1,72 m	rd. 1,52 – 1,65 m

. Der für die Machbarkeitsuntersuchung zunächst noch wie bei der letzten Fahrrinnenanpassung (sog. „KN -14,5 m-Ausbau“) nach BARRASS berechnete Squat ist stark von der Schiffsgeschwindigkeit durchs Wassers und den jeweiligen Querschnittsverhältnissen abhängig und daher örtlich sehr unterschiedlich. Seine Werte bewegen sich zwischen rd. 0,40 und 1,40 m.

In Analogie zur Außenweser ist eine Mindertide mit einer vorgegebenen Eintrittswahrscheinlichkeit von 80 % aller Tnw - entsprechend rd. 35 cm - zu Grunde gelegt worden.

Generell bedürfen sämtliche hier angegebenen Parameteransätze im Rahmen einer Hauptuntersuchung noch einer Überprüfung. So werden insbesondere beim Ansatz des Squats aus neueren Erkenntnissen (z. B. Ansatz nach ICORELS mit dem Faktor 2,0) ortsabhängig teilweise noch Optimierungsmöglichkeiten gesehen.

Zum besseren Verständnis zeigt Tabelle 4.2-3 beispielhaft den Rechengang für das tideunabhängig fahrende Bemessungsschiff mit einem Salzwassertiefgang von 13,50 m für die Passage Brunsbüttel bei Tideniedrigwasser.

Tab. 4.2-3: Beispielrechnung für das tideunabhängige Bemessungsschiff für die Passage Brunsbüttel bei Tnw

Schiffstiefgang in Salzwasser	13,50 m
Dichteänderung	0,30 m
Mindertide (80 % Eintrittswahrscheinlichkeit)	rd. 0,35 m
Krängung	0,46 m
Squat (bei 12 kn durchs Wasser)	0,82 m
Summe variable Parameter (Standardabweichung σ)	0,29 m
Netto-Kielfreiheit	0,30 m
erforderliche Wassertiefe	rd. 16,00 m
Unterschied MTnw (MNW des BSH von 2000) gegen KN	-0,10 m
erforderliche Ausbautiefe	KN -15,90 m

Die Berechnung der erforderlichen Ausbautiefe erfolgt jedoch nicht nur für einen Ort (wie hier für Brunsbüttel gezeigt) sondern für das gesamte Revier. Da die Ermittlung der erforderlichen Ausbautiefen für tideunabhängigen und tideabhängigen Verkehr mit einigem Aufwand verbunden ist, wird die Passage eines Schiffes mit Hilfe eines Tidefahrplanprogramms an 17 Pegelstandorten entlang der Unter- und Außenelbe unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Strömungen und Wasserstände berechnet.

Maßgeblichen Einfluss auf die Schiffspassage haben die zu Grunde gelegten Schiffsgeschwindigkeiten. Zum einen sind sie entscheidend für die Fahrzeit des Schiffes und damit für den Zeitpunkt der örtlichen Passage, zum anderen beeinflussen sie maßgeblich den Squat und damit indirekt auch die erforderliche Ausbautiefe. Die für das Bemessungsschiff angesetzten Bemessungsgeschwindigkeiten entsprechen weitestgehend denen des 14,5 m-Ausbaus, die auch Grundlage für die Ermittlung der heute zulässigen Höchsttiefgänge sind. Lediglich im Abschnitt Seemannshöft - Schulau ist die Obergrenze der Geschwindigkeit durchs Wasser von 9 auf 10 kn angehoben und dieser Bereich bis Wedel ausgedehnt worden. Die Erhöhung um 1 kn erfolgte aufgrund aktueller Erfahrungen, nach denen unter bestimmten Randbedingungen in diesem Bereich 9 kn als minimum-steering-speed nicht ausreicht. Die Ausdehnung des Bereiches bis Wedel erfolgte wegen des Schwellenschutzes der zahlreichen in diesem Bereich liegenden Hafenanlagen, so dass der Bereich mit einer Obergrenze von 12 kn erst unterhalb dieser Anlagen beginnt. Abbildung 4.2-2 zeigt die angesetzten Bemessungsgeschwindigkeiten. Sie unterscheiden sich für den tideunabhängigen und tideabhängigen Verkehr.

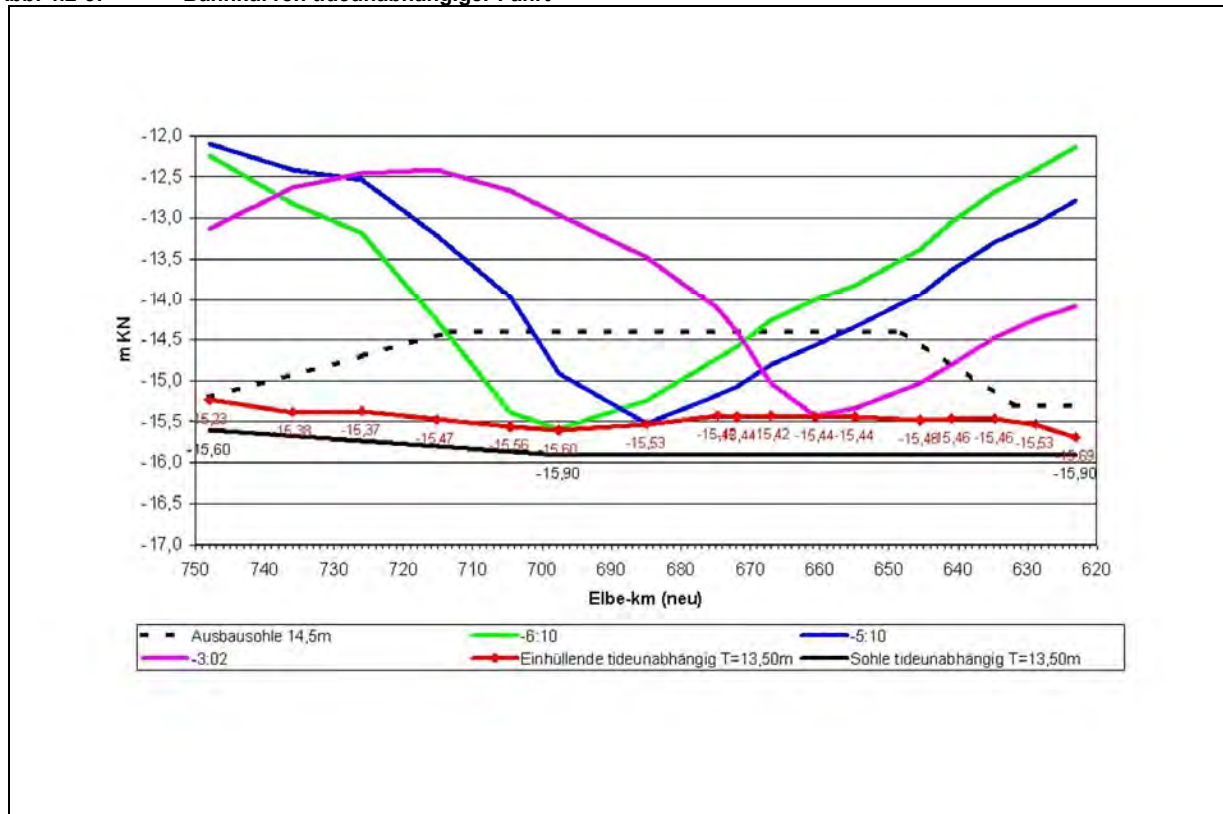
Abb. 4.2-2: Geschwindigkeiten für das Bemessungsschiff

Fahr- rinnen- km	Pegelort	Bemessungsgeschwindigkeiten Machbarkeitsuntersuchung	
		tideunabhängig Container-Schiffe	ausgehend
			tideabhängig Container-Schiffe langsam / schnell
[km]	[km]	[kn (km/h)]	[kn (km/h)]
619,0	Altenwerder	9,0 (16,67)	5,0 (9,26) / 7,0 (12,96)
628,9	Seemannshöft		8,0 (14,82) / 10,0 (18,52)
634,8	Blankenese		↓
643,1	Wedel		8,0 (14,82) / 12,0 (22,22)
645,5	Lühhort	10,0 (18,52)	
654,9	Stadersand		
660,6	Grauerort		
667,0	Kollmar		↓
671,9	Krautsand		
674,7	Glückstadt		10,0 (18,52) / 14,0 (25,93)
685,0	Brokdorf	12,0 (22,22)	↓
697,6	Brunsbüttel		11,0 (20,37) / 15,0 (27,78)
704,6	Osteriff		
715,3	Otterndorf		
726,0	Cuxhaven		
736,0	Mittelgrund		
747,9	Gr. Vogelsand	↓	↓
Alle Geschwindigkeitsangaben sind Geschwindigkeiten durchs Wasser			

Tideunabhängig fahrende Schiffe müssen auf ihrer Fahrt von Hamburg zur Nordsee einmal das ihnen entgegenkommende Niedrigwassertal passieren. Während dieser etwa 30-minütigen Phase eingeschränkter Wassertiefen müssen die Schiffe in jedem Fall steuerfähig bleiben, d. h. mit minimum-steering-speed fahren können. Vorher und nachher haben diese tideunabhängig fahrenden Schiffe ausreichend Wasser unter dem Kiel. Unter Berücksichtigung der durch die Topographie noch gegebenen Windabschattungswirkungen im oberen Bereich des Reviers werden Geschwindigkeiten durchs Wasser von 9 bis 12 kn für den Zeitraum der Passage des Niedrigwassertales angesetzt.

Tideabhängig auslaufenden Schiffen steht nur ein begrenztes Tidefenster zur Verfügung, in dem sie das Revier unter Ausnutzung der Tide befahren können. Sie müssen mit einer bestimmten Durchschnittsgeschwindigkeit fahren, um auf ihrer Revierfahrt überall ausreichende Wasserstände zu haben und nicht aus dem Tidefenster zu rutschen. Bei der Ermittlung dieser Tidefenster sind die unterschiedlichen Verkehrslagen (Gegenverkehr, Überholvorgänge etc.) sowie die unterschiedlichen Maschinenanlagen der Schiffe zu berücksichtigen. Deshalb werden die tideabhängigen Schiffspassagen jeweils mit einer schnelleren und einer langsameren Geschwindigkeit berechnet. Das Tidefenster spannt sich dann im Prinzip zwischen einem schnellen - am Beginn des Startfensters in Hamburg - und einem langsamen - am Ende des Startfensters - fahrenden Schiff auf.

Abb. 4.2-3: Bahnkurven tideunabhängiger Fahrt



Anhand der Abb. 4.2-3 soll die Ermittlung der erforderlichen Ausbautiefen mit dem Tidefahrplanprogramm erläutert werden, und zwar am Beispiel der Berechnung für tideunabhängigen Verkehr mit einem Tiefgang in Salzwasser von 13,50 m: In der Grafik ist die Ausbausohle des 14,5 m-Ausbaus bezogen auf KN gestrichelt dargestellt. Exemplarisch eingezeichnet sind drei Bahnkurven mit den Bezeichnungen -6:10, -5:10 und -3:02, welche für Abfahrtszeiten tideunabhängig auslaufender Bemessungsschiffe stehen. So hat die Bahnkurve des 6:10 h vor Tnw St. Pauli in Hamburg abfahrenden Schiffes ihren tiefsten Punkt mit KN -15,60 m in Brunsbüttel (km 697,6). Diese Bahnkurve passt damit exakt zu der in Tab. 4.2-3 dargestellten Beispielrechnung. Sie beinhaltet also alle bei der Berechnung der erforderlichen Wassertiefe zu berücksichtigenden Parameter. Abfahrtszeiten zu einem anderen Zeitpunkt wie z. B. 5:10 h oder 3:02 h vor Tnw St. Pauli haben den tiefsten Punkt ihrer Bahnkurve (und damit die größte erforderliche Wassertiefe) jeweils an einem anderen Ort, wie an den anderen beiden dargestellten Bahnkurven zu erkennen ist. Werden nun die jeweils tiefsten Punkte aller über eine gesamte Tide verteilten Abfahrten miteinander verbunden, so ergibt sich die in rot dargestellte Einhüllende. Unter Berücksichtigung des angesetzten Tnw-Absunks von rd. 30 cm ergibt sich schließlich die erforderliche Ausbautiefe, in diesem Fall für tideunabhängigen Verkehr mit einem Tiefgang von 13,50 m.

Die Berechnung für tideabhängigen Verkehr verläuft ganz ähnlich. Hier werden zu Beginn und am Ende des Startfensters Bahnkurven jeweils mit der schnelleren und langsameren Geschwindigkeit berechnet, deren tiefste Punkte dann wieder zu einer Einhüllenden verbunden werden.

4.3 Ermittlung der Ausbaubreiten

Der Bereich von See bis zur Störkurve mit einer heute schon vorhandenen Regelbreite von 400 m bleibt unverändert. Von der Störkurve bis zur Lühekurve wird die Regelbreite von 300 auf 320 m vergrößert. Durch diese Verbreiterung um 20 m soll eine Begegnung der Bemessungsschiffe untereinander mit addierten Schiffsbreiten von 92 m ermöglicht werden. Die Regelbreite der Fahrrinne von 320 m ist dabei in Analogie zu den heute bestehenden Verhältnissen entwickelt worden, wie in der Abb. 4.3-1 anhand von zwei Berechnungsformeln veranschaulicht wird.

Abb. 4.3-1: Breitenbemessung

WSD Nord Formel	Lotsenformel
$b_A = b_{v1} + b_{v2} + 2B_1 + 2B_2$ mit $b_v = L \cdot \sin \varphi + B \cdot \cos \varphi$	$b_A = B_1 + 6B_2$
Für Postpanmax Containerschiff mit L= 330m und B=43 m ==> $b_A = 327\text{m}$ minus 10 % ==> rd. 300m	Für Postpanmax Containerschiff mit L= 330m und B=43 m ==> $b_A = 301\text{m}$
Für Bemessungscontainerschiff mit L= 350m und B=46m ==> $b_A = 349\text{m}$ minus 10 % ==> 314m, rd. 320m	Für Bemessungscontainerschiff mit L= 350m und B=46m ==> $b_A = 322\text{m}$ d.h. rd. 320m

Die Formel der WSD Nord berücksichtigt neben der Schiffsbreite auch die Verkehrsbreite des fahrenden Schiffes, die sich in Abhängigkeit vom Vorhaltewinkel φ ergibt. Dieser wird zunächst wie beim 14,5 m-Ausbau mit 6° angesetzt, ist jedoch im Rahmen einer Hauptuntersuchung noch zu überprüfen. Die Begegnung zweier Post-Panmax-Containerschiffe mit einer Länge von 330 m und einer Breite von 43 m, also eine mit einer addierten Schiffsbreite von 86 m unter heutigen Verhältnissen zulässige Begegnung, würde nach dieser Formel zu einer Regelbreite der Fahrrinne von 327 m führen. Tatsächlich stehen ab nur 300 m Regelbreite zur Verfügung, also etwa 10 % weniger. Für die Begegnung zweier Bemessungsschiffe würde sich nach dieser Formel eine Regelbreite von 349 m ergeben. Da die Ergebnisse nach dieser Formel für den IST-Zustand um rd. 10 % zu groß sind, werden vom Ergebnis für die Begegnung der Bemessungsschiffe auch 10 % abgezogen. Somit ergibt sich eine rechnerische Regelbreite von 314 m, die den gewählten Ansatz von 320 m Regelbreite bestätigt.

Nach der Lotsenformel, die auf BARRASS zurückgeht, ergibt sich für die Begegnung der zwei Post-Panmax-Containerschiffe eine Regelbreite von 301 m, was fast exakt der heute vorhandenen Regelbreite von 300 m entspricht. Für die Begegnung zweier Bemessungsschiffe ergibt sich danach eine Regelbreite von 322 m, also ebenfalls fast ex-

akt die für die Machbarkeitsuntersuchung gerade für die Begegnung dieser Schiffe angesetzte Regelbreite von 320 m.

Im Bereich der Hamburger Delegationsstrecke wird die Regelbreite der Fahrrinne ebenfalls um 20 m vergrößert. Dementsprechend beträgt die Regelbreite in der heute 250 m breiten Strecke 270 m. Unverändert bleiben dagegen die Fahrrinnenbreiten im Bereich des BAB-Elbtunnels und stromauf davon in der Norderelbe und im Köhlbrand bis zu den jeweiligen Ausbaugrenzen.

Im Bereich dieser Breitenanpassung werden die Kurven und die Übergänge zu den Geraden zunächst prozentual um das gleiche Maß verbreitert. Dabei ist die auf die Fahrweise der großen Schiffe abgestimmte Trassierung der Kurven beibehalten worden. Lang gestreckte Kurven sind jeweils in Unterkurven mit Zwischengeraden aufgelöst. Die Schiffsführung kann sich so an den Knickpunkten der Richtfeuer- und Radarlinien orientieren und steuert dort jeweils Kurswechsel mit kleineren Kurswechselwinkeln. Eine Kurvenfahrt mit konstanter Drehbewegung über einen größeren Kursänderungswinkel ist mit großen Seeschiffen nicht möglich, wie nicht zuletzt Untersuchungen am Schiffsführungssimulator SUSAN im Rahmen des 14,5 m-Ausbaus gezeigt haben. Denn Kursänderungen finden in der Regel ausschließlich im Bereich der instabilen Drehkreisphase statt, während der die Drehkreischarakteristik des Schiffes von vielen Faktoren (Beladungszustand, Schiffsgeschwindigkeit, Ruderlage, Trimm etc.) abhängig ist, zu denen dann noch äußere Einflüsse wie Wind und Strömung kommen.

Eine Überprüfung der Trassierung und der Fahrrinnenbreiten soll im Rahmen einer Detailplanung an einer Schiffsführungs- und -simulationsanlage erfolgen.

5 Darstellung und Bewertung von Ausbauvarianten

5.1 Übersicht über die untersuchten Ausbauvarianten

Zielsetzung der im Zuge der Voruntersuchung durchgeführten Variantenbetrachtung war es, unter den sich grundsätzlich anbietenden Ausbauvarianten eine Zielvariante zu ermitteln, die unter Gewährleistung der notwendigen Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs

- das Ausbauziel bedarfsgerecht erreicht,
- hydrologische und ökologische Beeinträchtigungen so weit wie möglich vermeidet und
- ein volkswirtschaftliches Nutzen-Kosten-Verhältnis mit einer möglichst hohen Rentabilität aufweist.

Die beantragte Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe zielt darauf ab, Containerschiffen mit einem max. Tiefgang von 14,50 m einen tideabhängigen Verkehr auf der Unter- und Außenelbe zu ermöglichen. Gleichzeitig sollen künftig Containerschiffe mit Tiefgängen bis zu 13,50 m tideunabhängig, d. h. zu jeder Zeit verkehren können.

Um allein eine Erhöhung des zulässigen Höchsttiefgangs für den tideunabhängigen Verkehr auf 13,50 m zu erreichen, müsste die Fahrrinne, wie in Kap. 4.2 erläutert, auf eine annähernd durchgehende Solltiefe von rd. 15,90 m unter Kartennull ausgebaut werden.

Anders gelagert sind die Verhältnisse bei der angestrebten Erhöhung des zulässigen Höchsttiefganges für den tideabhängig ausgehenden Verkehr. Um dieses Ausbauziel zu erreichen, ist ein differenzierter Teilausbau der Fahrrinne erforderlich, da Vertiefungen nur in den Bereichen erforderlich sind, in denen das Bemessungsschiff auf der Revierfahrt von Hamburg zur offenen See ein Niedrigwassertal durchquert. Lage, Länge und Ausbautiefe dieser Teilvertiefungsstrecken hängen somit unmittelbar von der Lage und der Länge des für die Abfahrt des Containerschiffes gewährten Startfensters ab.

Die Unterschiede im Längsprofil der Fahrrinnensohle von Unter- und Außenelbe der im folgenden dargestellten Ausbauvarianten ergeben sich also im Wesentlichen daraus, dass jeweils Lage und Länge des Tidefensters für den tideabhängig auslaufenden Verkehr modifiziert wurden. Gleichzeitig kann mit allen Ausbauvarianten ein tideunabhängiger Verkehr mit einem Höchsttiefgang von 13,50 m gewährleistet werden.

In einem ersten Schritt wurden zunächst acht Ausbauvarianten entwickelt. Die Berechnung der Sohlängsprofile dieser Varianten erfolgt nach den in Kapitel 4.2 dargestellten Grundsätzen. Die im Kapitel 4.3 getroffenen Aussagen zu den künftigen Fahrrinnenbreiten und der Fahrrinnentrassierung wurden für alle Ausbauvarianten übernommen. In Tab. 5.1-1 sind die Ausbauvarianten zusammenfassend dargestellt. In Abbildungen 5.1-1 bis 5.1-8 werden die einzelnen Längsprofile graphisch dargestellt.

Bei diesen Abbildungen ist ergänzend auf zwei Sachverhalte hinzuweisen:

- Im Vergleich zur letzten Fahrrinnenanpassung wurde die Ausbaugrenze im Hamburger Hafen weiter stromauf verlegt. Das Ende der Ausbaustrecke liegt im Bereich Köhlbrand/Süderelbe nunmehr bei km 619,5 (vorher km 621,8); die Ausbaustrecke umfasst daher auch den gesamten Bereich des neuen Containerterminals in Altenwerder (CTA).



- Der bei allen Längsprofilen ins Auge fallende Solltiefenverlauf zwischen km 626 und 627 kennzeichnet den Bereich des Hamburger BAB-Elbtunnels. Es wird - wie in Kap. 5.2.3 noch ausführlich dargelegt wird - im Rahmen der Voruntersuchung davon ausgegangen, dass die Fahrrinntiefe über dem Elbtunnel gegenüber dem heutigen Zustand unverändert bleibt.

Tab. 5.1-1: Übersicht über die Ausbauvarianten der Voruntersuchung

Variante	Kurzbeschreibung	Länge Tidefenster	Lage Tidefenster (für 14,50 m, ausgehend)	Modellbaggermenge * (in Mio. m ³)
1	Mit dieser Ausbauvariante wird ausschließlich die Verbesserung des zulässigen Höchsttiefganges für den tideunabhängigen Verkehr auf künftig 13,50 m erreicht. Sie entspricht damit nicht dem Ausbauziel, das auch eine Verbesserung des tideabhängigen Verkehrs auf einen künftigen Tiefgang von 14,50 m erfordert. Sie wurde entwickelt, um bei der vergleichenden Bewertung der Ausbauvarianten einen Vergleichsmaßstab für eine Minimalvariante zu gewinnen.	0:00	kein Tidefenster	25,8
2	Diese Ausbauvariante entspricht im Verlauf des Längsprofils in etwa den heutigen Fahrrinnenverhältnissen. Das heißt, der Fahrrinnenverlauf entspricht - allerdings um einige Dezimeter vertieft - dem aktuellen sog. "Sockelprofil" mit einem Tidefenster um Tnw St. Pauli.	2:30	0:15 vor bis 2:15 h nach Tnw St. Pauli	34,6
2.1	Als eine Untervariante von Variante 2 sollte hier die Minderung des Eingriffs in die Fahrrinne durch eine Verkürzung des Tidefensters geprüft werden.	1:00	1:15 bis 2:15 h nach Tnw St. Pauli	31,7
3	Hier handelt es sich um eine Maximalvariante, die einen tideunabhängigen Höchsttiefgang von 14,50 m ermöglicht. Sie geht damit über das Ausbauziel hinaus. Sie wurde zur vergleichenden Bewertung der Ausbauvarianten als Vergleichsmaßstab für eine Maximalvariante entwickelt.	12:25	14,50 m tideunabhängig	60,2
4	Das Tidefenster dieser Variante ist - bezogen auf Variante 2 - nach hinten verlegt worden. Dadurch, dass die tideabhängig ausgehenden Schiffe den Hamburger Hafen nunmehr deutlich nach Niedrigwasser verlassen, muss im Hamburger Bereich weniger gebaggert werden.	2:00	1:30 bis 3:30 h nach Tnw St. Pauli	36,2
5	Bei dieser Ausbauvariante ist das Tidefenster vor Tnw St. Pauli angeordnet. Dies hat zur Folge, dass unmittelbar unterhalb Hamburgs im Bereich der derzeitigen "Sockelstrecke" das größte Vertiefungsmaß erforderlich ist.	2:00	3:00 bis 1:00 h vor Tnw St. Pauli	43,9
5.1	Hier handelt es sich um eine Untervariante zu Variante 5, bei der das Tidefenster nochmals um 30 Minuten vorverlegt wurde.	2:00	3:30 bis 1:30 h vor Tnw St. Pauli	45,3
6	Bei dieser Ausbauvariante wurde das Tidefenster in den Bereich des Tidehochwassers St. Pauli gelegt.	2:00	0:00 bis 2:00 h nach Thw St. Pauli	49,4
*) Die Modellbaggermengen sind der Machbarkeitsuntersuchung der BAW-DH (2003a) entnommen und wurden mit folgenden Randbedingungen ermittelt: 1.) Seitliche Überbaggerung um jeweils 5 m von See bis Köhlfleet; 2.) Toleranz 0,3 m; 3.) Böschungsneigung mind. 1:10; 4.) Keine Vertiefung von Übertiefen und übertiefen Riffeltälern. Diese Annahmen berücksichtigen schon erwartete Anpassungen der Böschungen auf die veränderte Tidedynamik und liegen hinsichtlich der Auswirkungen auf die Tidekennwerte auf der sicheren Seite. Für die Ermittlung der tatsächlich zu baggernden Ausbaumengen wird von einer Böschungsneigung von 1:3 und einer Baggertoleranz von 0,2 m ausgegangen.				



Abb. 5.1-1: Ausbauvariante 1 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)

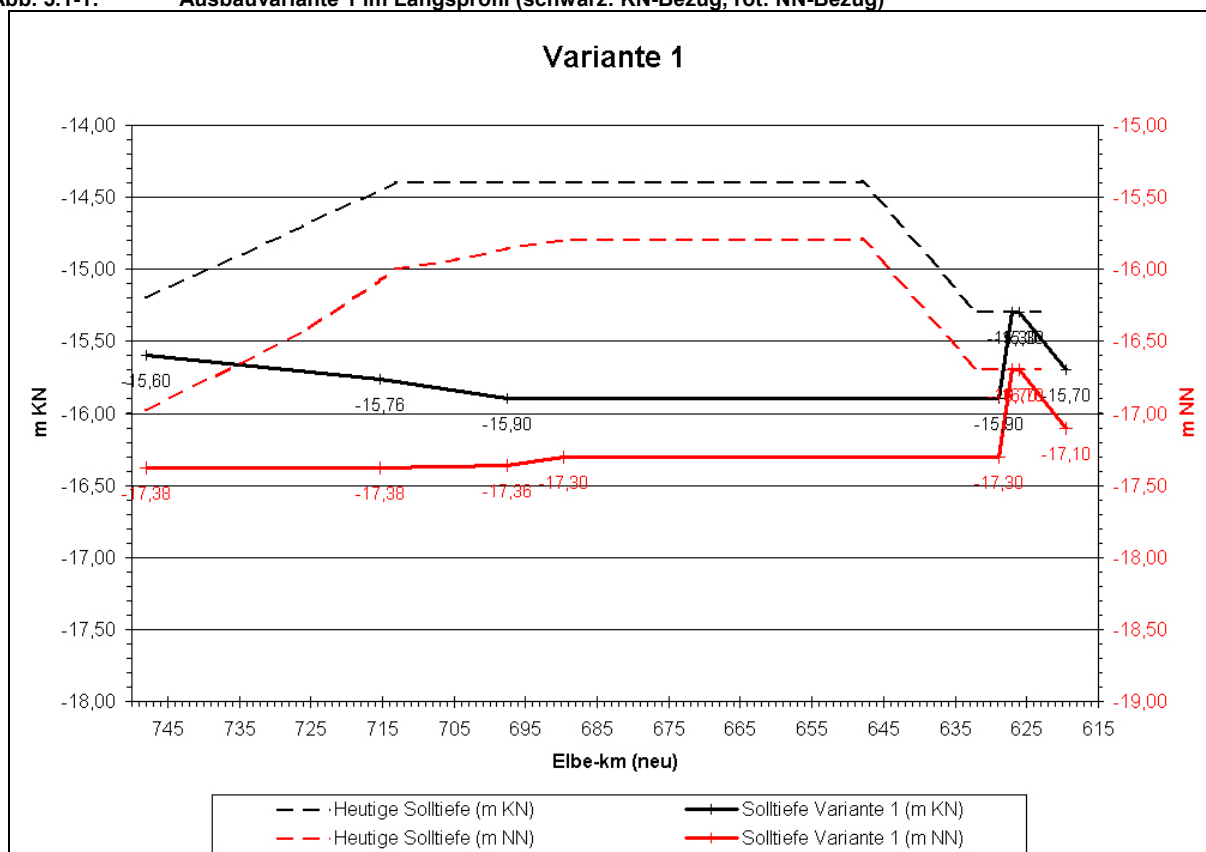


Abb. 5.1-2: Ausbauvariante 2 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)

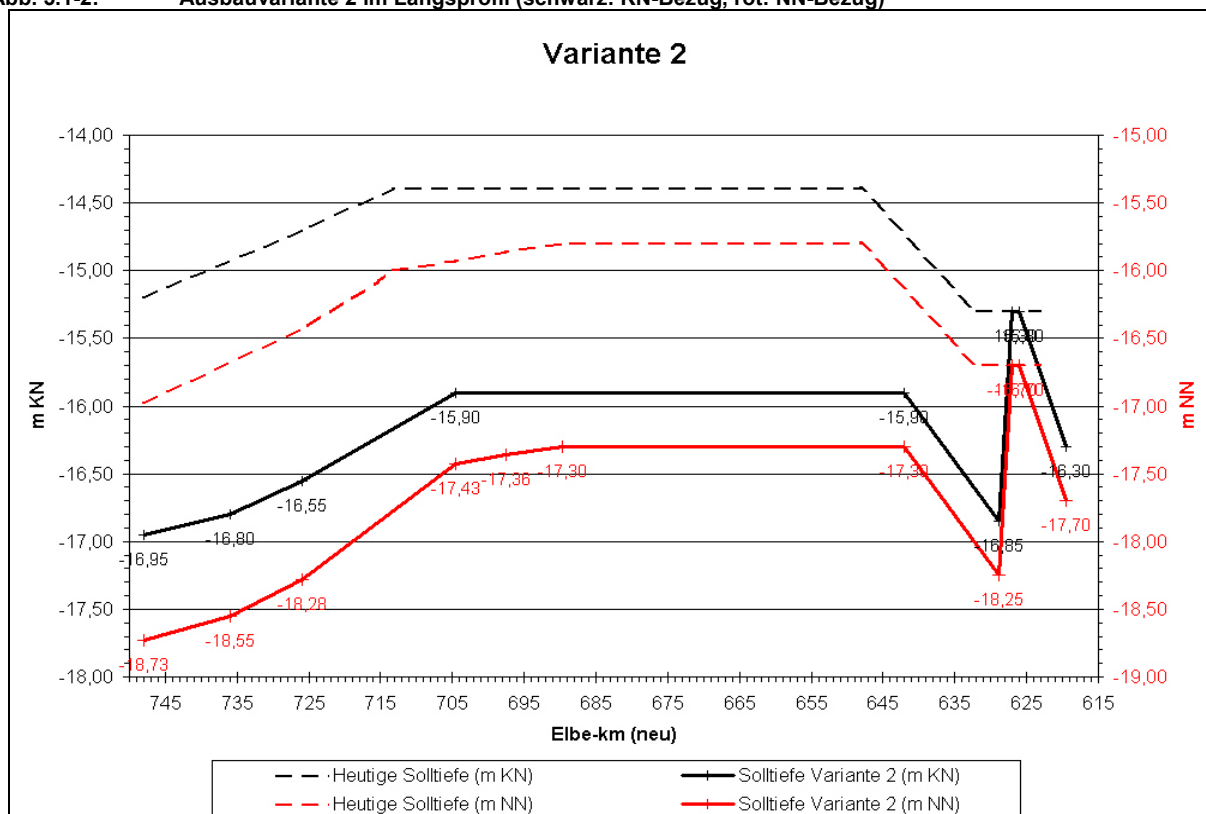




Abb. 5.1-3: Ausbauvariante 2.1 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)

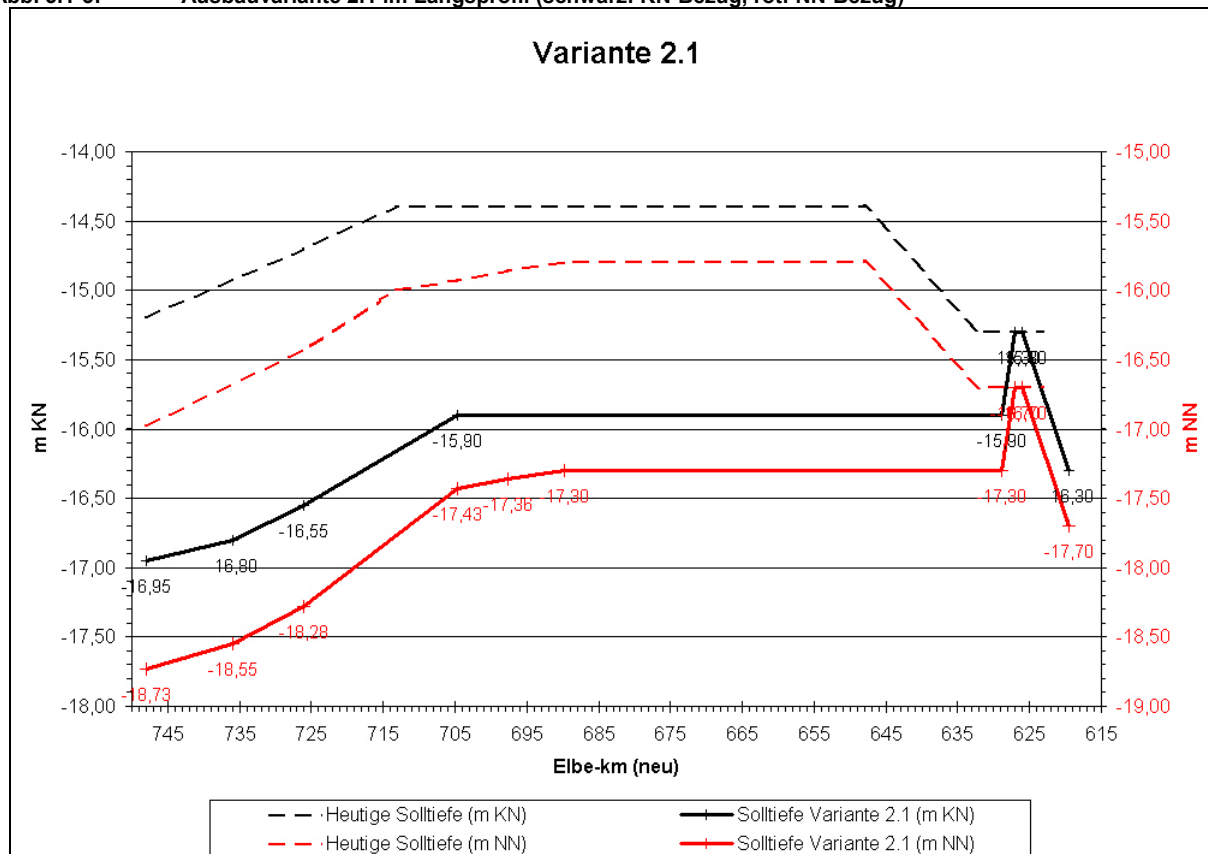


Abb. 5.1-4: Ausbauvariante 3 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)

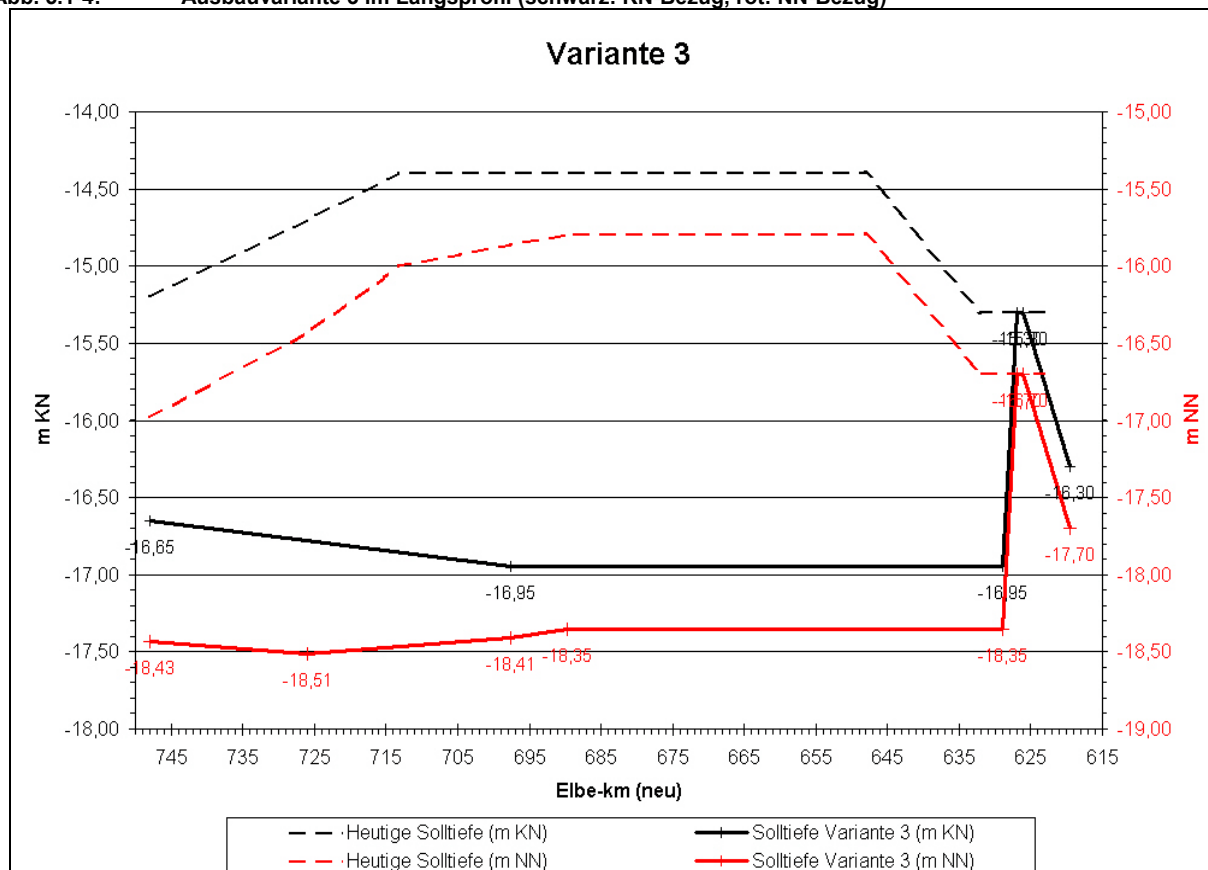




Abb. 5.1-5: Ausbauvariante 4 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)

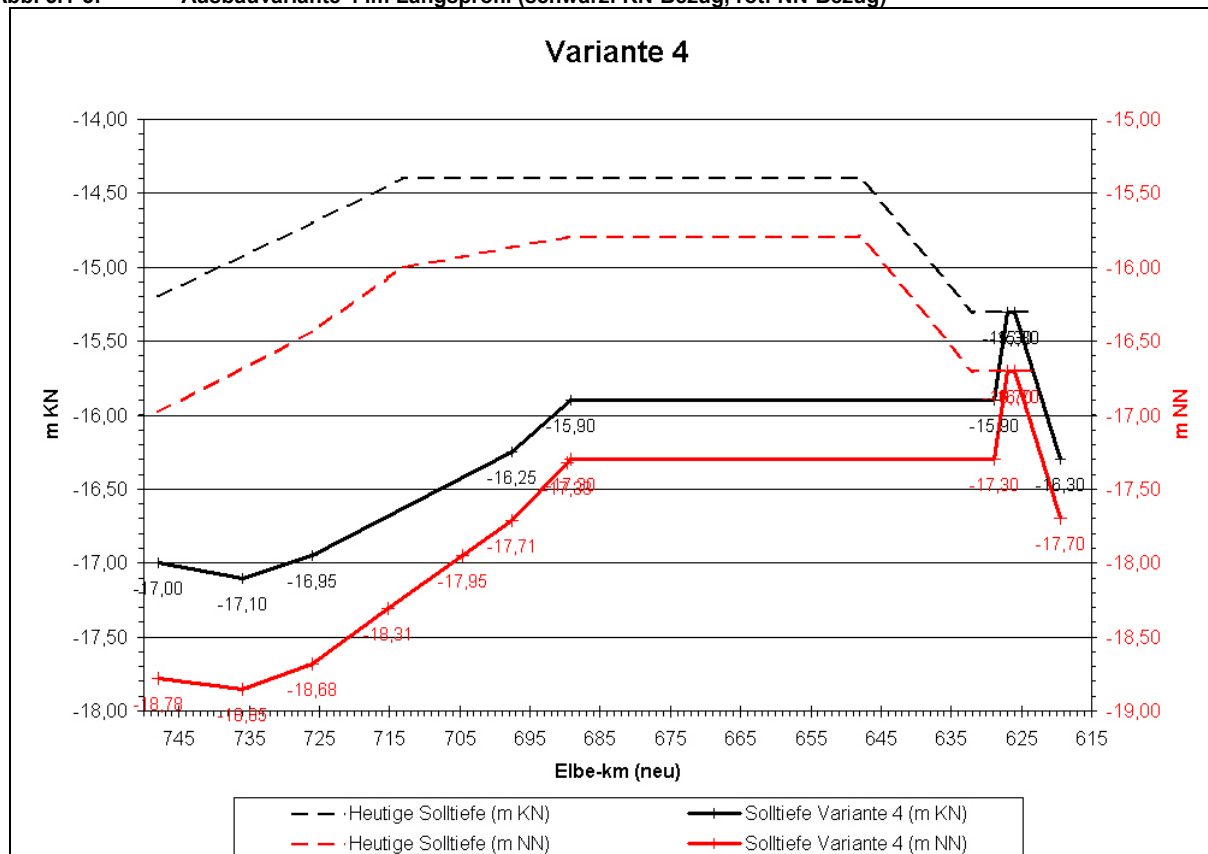


Abb. 5.1-6: Ausbauvariante 5 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)

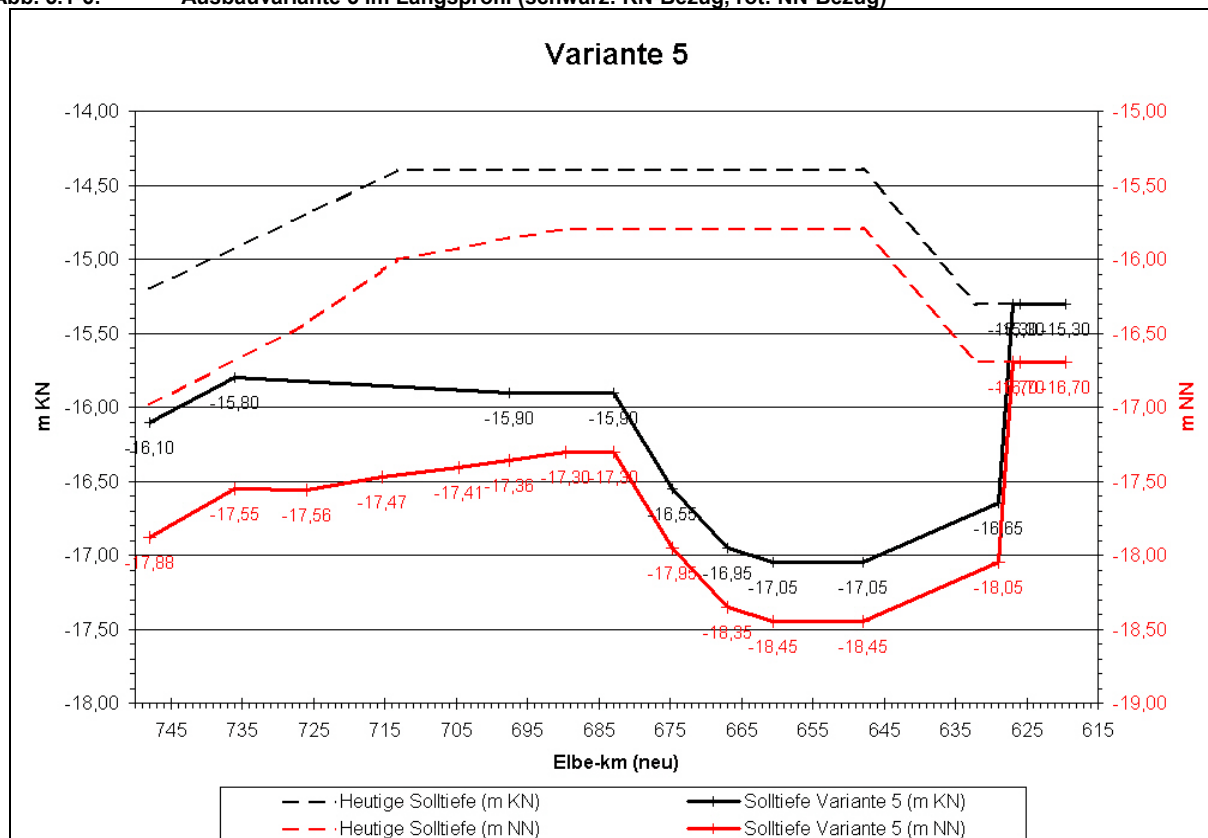




Abb. 5.1-7: Ausbauvariante 5.1 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)

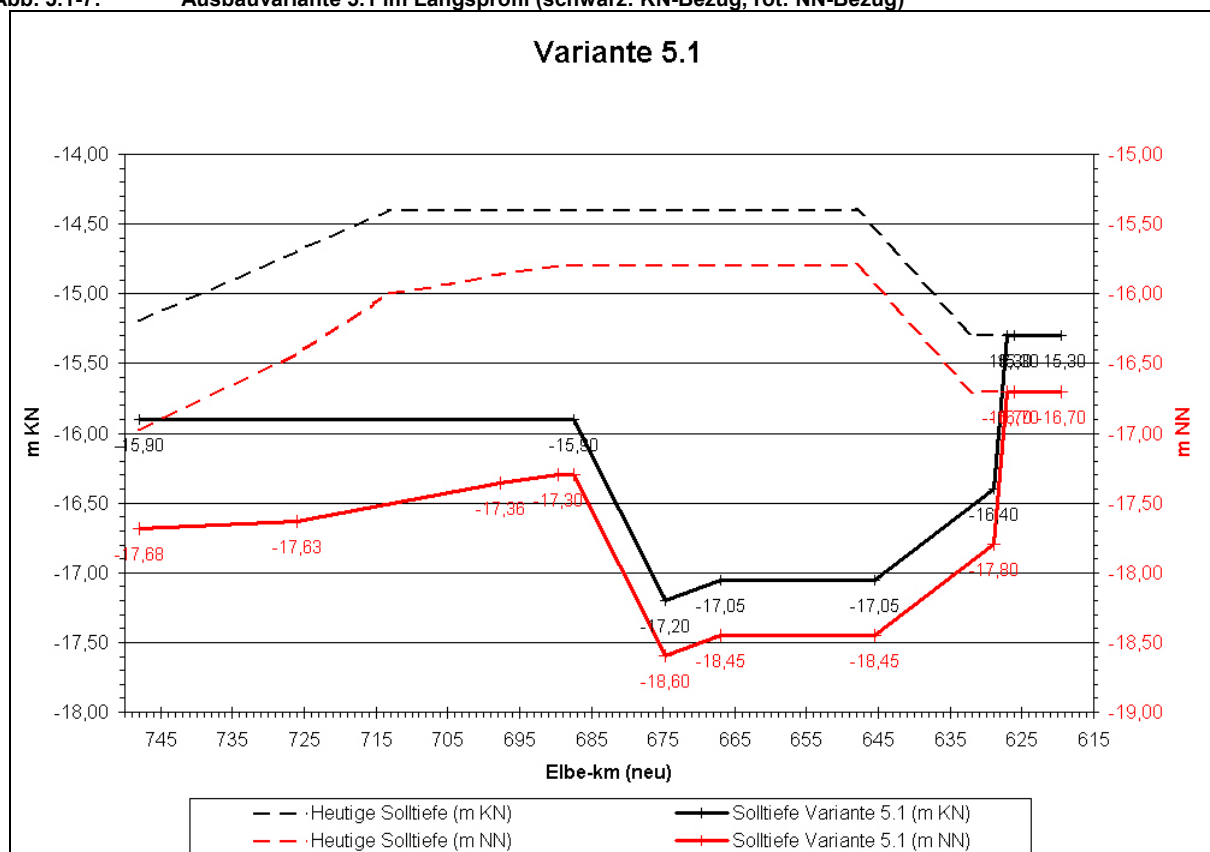
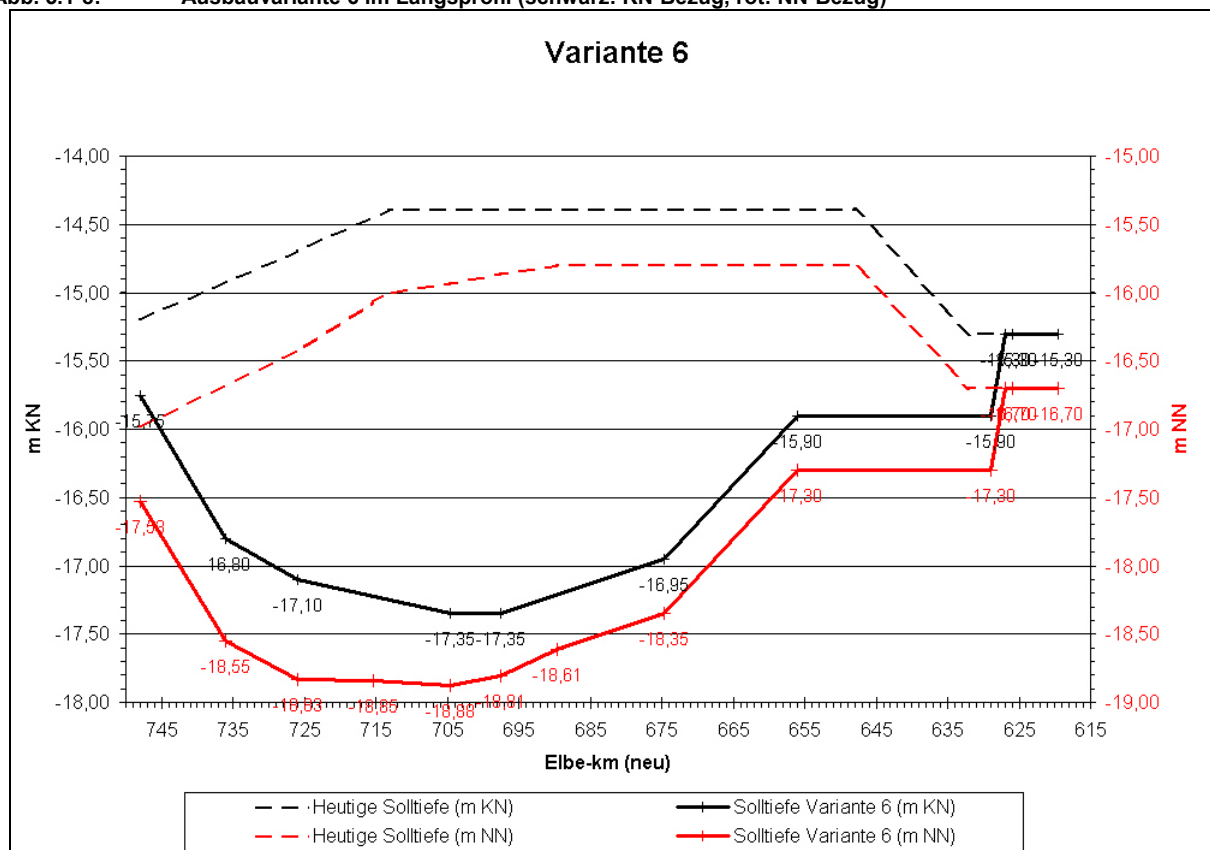


Abb. 5.1-8: Ausbauvariante 6 im Längsprofil (schwarz: KN-Bezug, rot: NN-Bezug)



5.2 Bewertung der Ausbauvarianten

Zur Ermittlung einer Zielvariante wurden die dargestellten Ausbauvarianten einer vergleichenden Bewertung unterzogen. Im Mittelpunkt dieser Bewertung standen - bezogen auf die einzelnen Ausbauvarianten - die folgenden Fragestellungen:

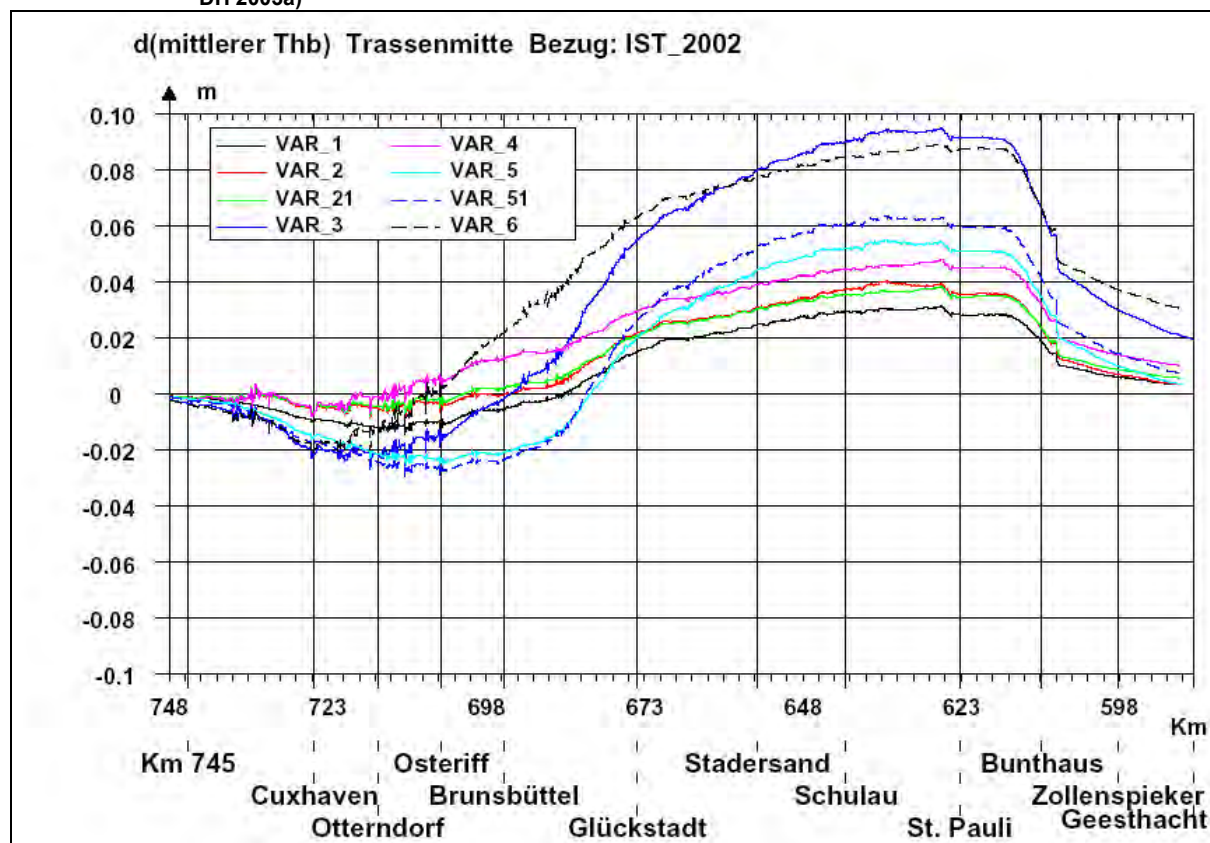
1. Welche hydrologischen und ökologischen Folgen der Fahrrinnenanpassung sind ausbaubedingt zu erwarten und sind diese vertretbar?
2. Wird mit der Ausbauvariante die Zielsetzung der Fahrrinnenanpassung bedarfsgerecht erreicht?
3. Welcher volkswirtschaftliche Nutzen wird mit der Fahrrinnenanpassung erzielt?

5.2.1 Hydrologische Folgen

Die hydrologischen Auswirkungen der betrachteten Ausbauvarianten wurden von der Bundesanstalt für Wasserbau - Dienststelle Hamburg - (BAW-DH) in einer hydrologischen Machbarkeitsuntersuchung ermittelt (BAW-DH 2003a). Untersucht wurden dabei im Wesentlichen die ausbaubedingten Auswirkungen auf die maßgebenden Tidekennwerte wie Tideniedrigwasser (Tnw), Tidehochwasser (Thw), Tidehub (Thb) sowie auf die Strömungsgeschwindigkeiten des Flut- und Ebbestromes. Die Auswirkungen wurden mit einem hoch auflösenden zweidimensionalen hydronumerischen Modell ermittelt. Die dabei gewonnenen Untersuchungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die deutlichsten ausbaubedingten Änderungen der Tidewasserstände wurden bei allen Varianten im Bereich Hamburgs ermittelt. Das Ausmaß der Wasserstandsänderungen wird dabei entscheidend von der Menge des Ausbaubaggers gesteuert. Konsequenterweise ruft Variante 3 als Maximalvariante mit einer max. Tidehubänderung von 10 cm die deutlichsten Änderungen hervor. Diese Änderungen würden in ihrer Größenordnung den Auswirkungen des 14,5 m-Ausbaus entsprechen. Variante 1 als Minimalvariante führt demgegenüber lediglich zu einer Änderung des Tidehubs von max. 3 cm (vgl. Abb. 5.2.1-1).

Abb. 5.2.1-1 Differenz des Tidehubes zum Ist-Zustand für 8 Varianten entlang der Fahrwassertrasse (Quelle: BAW-DH 2003a)



Ein etwas differenzierteres Bild ergibt sich bezüglich der ausbaubedingten Auswirkungen auf die Strömungsverhältnisse. Die mittlere Flutstromgeschwindigkeit nimmt für alle Varianten stromab von Glückstadt zu, wobei die maximalen Zunahmen lokal bei 5 cm/s liegen. Von Stadersand bis nach St. Pauli entstehen größere Abnahmen. Bei den mittleren Ebbestromgeschwindigkeiten ergeben sich stromab von Glückstadt Zunahmen lokal bis zu 6 cm/s und zwischen Stadersand und St. Pauli Abnahmen von 4 bis zu 8 cm/s.

Als ungünstig bewertet wurden solche Varianten, die zu vergleichsweise großen Veränderungen der Strömungskennwerte führen. Auch Varianten, die zu ausgeprägten Gradienten in den auf dem Längsprofil hervorgerufenen Änderungen führen, wurden von der BAW-DH als unvorteilhaft eingestuft. Varianten, die diesen Kriterien unterliegen, sind 3, 6, 5.1 und 2.

Von der weiteren Betrachtung in der hydrologischen Machbarkeitsstudie sind vor diesem Hintergrund folgende Varianten ausgeschlossen worden:

- Var. 5.1, Var. 6, Var. 3 (wegen größerer Änderungen der Tidewasserstände),
- zusätzlich Var. 2 (wegen ungünstiger Änderungen der Tidenströmungen)
- sowie Var. 1 (weil die Variante das Ausbauziel für den tideabhängigen Verkehr nicht bedarfsgerecht erfüllt).

Die verbleibenden Varianten 2.1, 4 und 5 sind einer differenzierteren Bewertung im Hinblick auf die ausbaubedingten hydrologischen Auswirkungen unterzogen worden.

In diese Bewertung wurden zum einen die Wasserstandsänderungen in der Hauptelbe verfeinert auf insgesamt fünf Profilen, zum anderen auch die ausbaubedingten Veränderungen der Tidekennwerte in den Nebelnelben einbezogen.

Die Ergebnisse dieser verfeinerten Auswertungen zeigen, dass die Variante 5 insbesondere im Hinblick auf die Strömungsänderungen deutlich nachteiliger als die anderen Varianten zu beurteilen ist. Zum einen führt diese Ausbauvariante zu relativ deutlichen Abnahmen der Ebbstromgeschwindigkeiten in den Nebelnelben und damit zu einer Verstärkung der flutstromorientierten Transportbilanz von Feststoffen in den Nebengewässern. Zum anderen nehmen durch diese Ausbauvariante die Flutstromgeschwindigkeiten in der Fahrrinne zwischen Stadersand und St. Pauli stärker als bei den anderen betrachteten Varianten ab. Die Ebbstromgeschwindigkeiten nimmt um vergleichbare Beträge ab. Als Folge dieser Strömungsänderungen verstärkt sich bei Variante 5 das Sedimentationspotenzial unterhalb der Delegationsstrecke vergleichsweise deutlich, so dass schließlich auch diese Variante von den weiteren Betrachtungen ausgeschlossen wurde.

Demgegenüber verändern die Varianten 2.1 und 4 die abiotischen, das Ästuarsystem kennzeichnenden Zustandsgrößen in einem relativ geringen Umfang, so dass diese aus hydrologischer Sicht als machbar beurteilt wurden.

5.2.2 Ökologische Folgen

Im Zusammenhang mit den ökologischen Auswirkungen müssen im Wesentlichen zwei zentrale Wirkungspfade berücksichtigt werden:

Zum einen wirkt eine Ausbaumaßnahme direkt durch den unmittelbaren Eingriff auf die Gewässersohle, der durch das Baggern bzw. die Unterbringung des Ausbaubaggerguts hervorgerufen wird.

Zum anderen werden indirekte Auswirkungen hervorgerufen, indem die durch den Ausbau bewirkten hydrologischen Folgen (Änderung der Tidewasserstände, Strömungen, Salzgehalte) ihrerseits zu Änderungen der Lebensraumstruktur der Elbe führen.

Für eine Grobabschätzung der ökologischen Folgen einer Vertiefungsmaßnahme ergibt sich aus den genannten Wirkungszusammenhängen, dass das Ausmaß der ausbaubedingten Beeinträchtigungen von Natur und Umwelt im Wesentlichen vom Umfang der durch die Maßnahme beanspruchten Flächen der Gewässersohle sowie der Größe der hydrologischen Änderungen gesteuert wird.

Sowohl die Flächeninanspruchnahme als auch die hydrologischen Änderungen korrelieren dabei unmittelbar mit der Menge des Ausbaubaggerguts. Tab. 5.2.2-1 gibt einen Überblick über die von der BAW-DH ermittelten Eingriffsflächen der Ausbauvarianten. Variante 1 weist dabei die deutlich geringsten, Variante 3 die größten Baggereingriffsflächen auf; auch die Flächen der übrigen Ausbauvarianten korrespondieren vollständig mit den im BAW-Modell ermittelten Baggermengen sowie den ausbaubedingten Wasserstandsänderungen.

Tab. 5.2.2-1 „Baggerflächen“ der Varianten der Voruntersuchung in Mio. m² (Quelle: BAW-DH 2003a)

	Var. 1	Var. 2	Var. 2.1	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 5.1	Var. 6
Fläche Trasse	17,1	23,0	21,5	30,9	23,5	23,7	24,1	26,3
Fläche Böschung	2,7	3,2	2,9	5,2	3,1	4,4	4,5	3,1
Gesamt	19,8	26,2	24,4	36,1	26,6	28,1	28,6	29,4

Legt man einer vergleichenden ökologischen Bewertung der Varianten diesen Beurteilungsmaßstab zugrunde, ergibt sich konsequenterweise ein der in Kap. 5.2.1-1 dargestellten hydrologischen Bewertung im Grundsatz entsprechendes Ergebnis: Je größer die Baggermengen/Baggereingriffsflächen, desto größer die hydrologischen und auch die ökologischen Auswirkungen einer Ausbauvariante.

Insoweit sind bei der weiteren Variantenbewertung die ausbaubedingten hydrologischen und ökologischen Auswirkungen in einem gemeinsamen Wirkungskomplex berücksichtigt worden.

Dabei wurden für die Variante 3 hydrologische und damit ökologische Ausbaufolgen ermittelt, die in ihrer Größenordnung denen für die letzte Fahrrinnenanpassung prognostizierten entsprechen.

Vor diesem Hintergrund und auf Grund der in der letzten Fahrrinnenanpassung umgesetzten Überlegungen für einen auswirkungsarmen umweltschonenden Ausbau kann mit einem Erfahrungsschatz von nunmehr drei Jahren festgestellt werden, dass seinerzeit eine ökologisch verträgliche Ausbaustrategie gewählt wurde. Auf der Grundlage dieser Erkenntnis ist eine weitere Fahrrinnenanpassung hinsichtlich ihrer ökologischen Folgewirkungen so umsetzbar, dass die Folgewirkungen noch geringer als die der letzten sein werden.

5.2.3 Nautische und technische Rahmenbedingungen

Ein wesentliches Kriterium zur Bestimmung einer Zielvariante ist die Frage, ob und inwieweit die jeweilige Variante aus nautischer Sicht das Ausbauziel bedarfsgerecht erreichen kann. Im Folgenden sollen die Ausbauvarianten vor dem Hintergrund verschiedener nautischer und technischer Rahmenbedingungen, die insbesondere Auswirkungen für den tideabhängigen Verkehr haben, beurteilt werden. In den Vergleichsvarianten 1 und 3 ist für die Containerschiffahrt kein tideabhängig ausgehender Verkehr vorgesehen. Vor diesem Hintergrund sind sie von dieser Bewertung ausgenommen worden.

Vorflutrestriktion (Flutstromrestriktion) im Hamburger Hafen

Aufgrund der lokalen Strömungsverhältnisse wird eine Einfahrt bzw. Ausfahrt in den Köhlbrand vom bzw. zum CT Altenwerder sowie den mittleren Freihafen in der ersten Flutphase von 0 bis 1,5 h nach Tnw St. Pauli für Schiffe L > 290 m (Köhlbrand) bzw. L > 250 m (mittlerer Freihafen) derzeit nicht zugelassen. Das Oberhafenamt Hamburg prüft zurzeit, ob und inwieweit diese Flutstromrestriktion zukünftig zurückgenommen oder modifiziert werden kann. Mittelfristig könnten sich die Verhältnisse zumindest be-

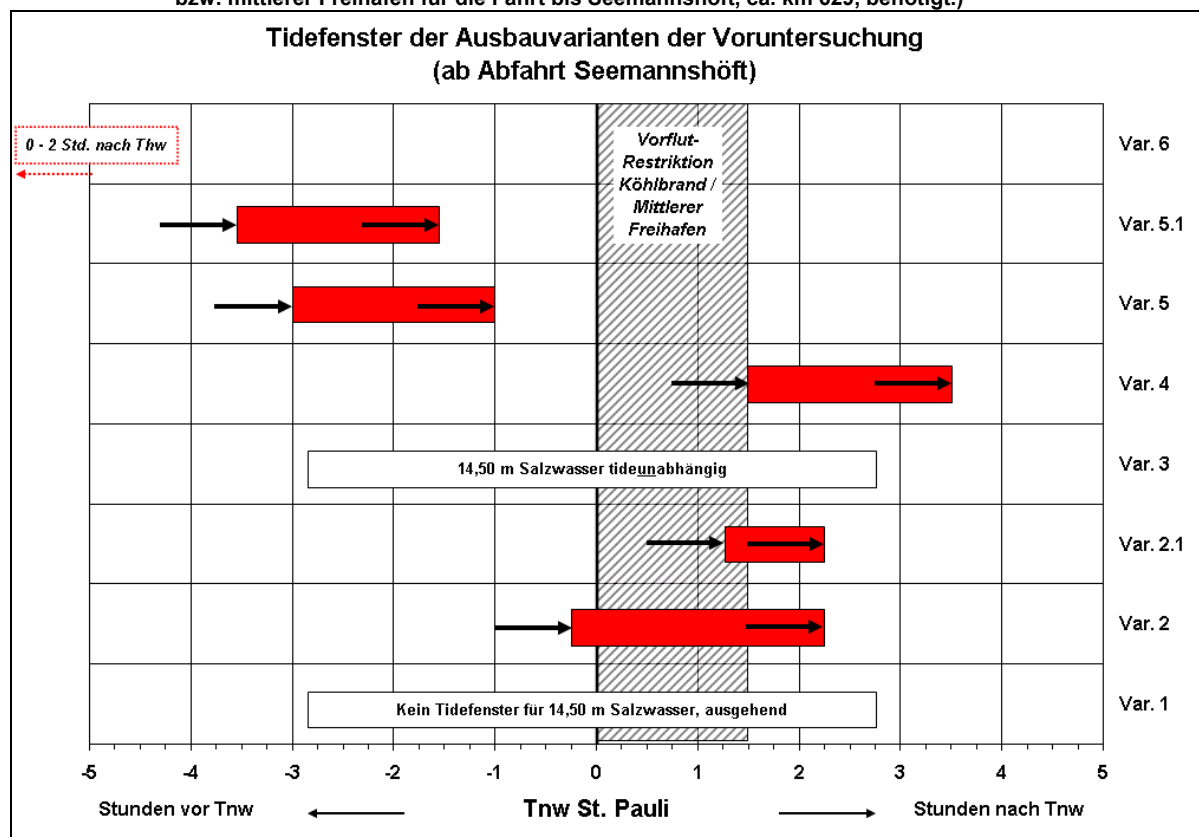
züglich des mittleren Freihafens aufgrund des geplanten Umbaus des dortigen Einfahrtsbereichs verbessern. Im Rahmen der Machbarkeitsuntersuchung wird allerdings von einem Fortbestehen der Flutstromrestriktion ausgegangen.

Bezogen auf den tideunabhängigen Verkehr des Bemessungsschiffes ergeben sich aus der Flutstromrestriktion keine unterschiedlichen Bewertungen der Ausbauvarianten.

Anders gelagert ist dies für den tideabhängig ausgehenden Verkehr des voll abgeladenen Bemessungsschiffes, da sich die Flutstromrestriktion auf Lage und Länge der Startfenster der einzelnen Varianten unterschiedlich auswirkt. In Abbildung 5.2.3-1 ist dieser Zusammenhang graphisch aufbereitet worden. Demnach berühren die Varianten 2 und 2.1 und 4 mit ihren Startfenstern den zeitlichen Bereich der Vorflutrestriktion. Dies hat zur Folge, dass dem voll abgeladenen Bemessungsschiff in den genannten Terminalbereichen das Startfenster nicht in seiner vollen Länge zur Verfügung steht. Bei Variante 4 steht ein rd. 1¼-stündiges und damit noch auskömmliches Startfenster zur Verfügung. Bei den Varianten 2 und 2.1 würde sich das Startfenster so verkürzen, dass lediglich eine zeitliche Punktabfahrt ermöglicht wird.⁴ Die bereits in Kapitel 3.4 erläuterte notwendige Länge des Tidefensters von 2 Stunden würde damit für die Terminalbereiche Mittlerer Freihafen und Altenwerder mehr als deutlich unterschritten. Dies würde bedeuten, dass lediglich der Terminalbereich Waltershofer Häfen in einem ausreichend langen Tidefenster von tideabhängig verkehrenden Containerschiffen verlassen werden könnte. Eine erhebliche Einschränkung der Leichtigkeit des Containerschiffsverkehrs und damit der Wettbewerbsfähigkeit des Hafens insgesamt wären die Folge. Angesichts dieser Einschränkungen sind beide Varianten als nicht bedarfsgerecht zu beurteilen.

⁴ Bei Variante 2 ergibt sich die Punktabfahrt nur in Verbindung mit der Tiefenrestriktion BAB-Elbtunnel

Abb. 5.2.3-1: Zeitliche Lage der Tidefenster der Ausbauvarianten und der Vorflutrestriktion Köhlbrand / mittlerer Freihafen. (Die schwarzen Pfeile in der Abbildung symbolisieren den ungefähren Zeitraum (etwa 45 Minuten), den ein tideabhängig ausgehendes Containerschiff vom Ablegen an den Terminals Altenwerder bzw. mittlerer Freihafen für die Fahrt bis Seemannshöft, ca. km 629, benötigt.)



Tiefenrestriktion BAB-Elbtunnel

Die derzeit über dem Schutzbauwerk des Hamburger Autobahn-Elbtunnels vorhandene Fahrrinnenbreite von 260 m (bei einer Fahrrinnentiefe von KN -15,30 m) ist für große Schiffe nach/von Altenwerder aufgrund der Kurvenfahrt in bzw. aus dem Köhlbrand als Minimum anzusehen. Für die Schiffe zum/vom mittleren Freihafen (die keiner Kurvenfahrt unterliegen) wäre hingegen eine geringere Fahrrinnenbreite und damit eine weitere Vertiefung über dem BAB-Elbtunnel denkbar. Es wird im Rahmen der Machbarkeitsuntersuchung aber davon ausgegangen, dass eine Vertiefung oder Verbreiterung der Fahrrinne im Bereich des BAB-Elbtunnels nicht durchgeführt wird.

Auch die Tiefenrestriktion ist allein für den tideabhängigen Verkehr des Bemessungsschiffes von Bedeutung. Grundsätzlich kann das voll abgeladene Bemessungsschiff den BAB-Elbtunnel in der Zeit von 3 Stunden vor bis 1,5 Stunde nach Niedrigwasser St. Pauli nicht überqueren. Bezogen auf die Ausbauvarianten bedeutet dies, dass die Varianten 2, 2.1, 4, 5 und 5.1 aufgrund der Lage ihrer Startfenster durch diese Restriktion betroffen sind.

Konkrete Folge ist, dass die Länge des Startfensters dieser Varianten für die östlich des BAB-Elbtunnels gelegenen Terminalbereiche (CTA und mittlerer Freihafen) verkürzt wird. Bei den Varianten 2 und 2.1 wirkt sich diese Verkürzung so aus, dass lediglich eine zeitliche Punktabfahrt des Bemessungsschiffs möglich sein wird. Beide Varianten müssen daher auch hinsichtlich der zu beachtenden Höhenlage des BAB-Elbtunnels als nicht bedarfsgerecht beurteilt werden. Bei Variante 5 wird das ursprünglich zweistündi-

ge Startfenster auf eine Länge von etwa 45 Minuten beschränkt, so dass diese Variante allenfalls als eingeschränkt bedarfsgerecht zu bewerten ist. Bei Variante 5.1 wird das Startfenster durch die Höhenlage des BAB-Elbtunnels auf eine noch hinnehmbare Länge von etwa 1¼ Stunden reduziert. Bei Variante 4 fällt die geringe Beeinträchtigung von etwa ¼ Stunde mit der Einschränkung durch die Flutstromrestriktion zusammen, so dass ein 1 ¼stündiges Startfenster verbleibt.

Begegnungsproblematik

Bereits in Kap. 2.3 wurde beschrieben, dass im Streckenabschnitt zwischen der Störkurve und der Landesgrenze Hamburgs bei Tinsdal mit einer heutigen Regelbreite der Fahrrinne von 300 m ein Begegnungs- und Überholverbot für Fahrzeuge mit addierten Schiffsbreiten von 90 m und mehr besteht. Für das Bemessungsschiff mit einer Breite von 46 m würde dies auf Grund der addierten Breiten von 92 m ein Begegnungsverbot untereinander bedeuten. Ein uneingeschränkter tideunabhängiger Verkehr des Bemessungsschiffes wäre nicht gegeben. Bei einer Länge dieses für das Bemessungsschiff einschiffigen 300 m breiten Streckenabschnittes von rd. 60 km können daraus Wartezeiten bis zu drei Stunden entstehen.

Ebenfalls zu berücksichtigen ist insbesondere die mit großen Tiefgängen tideabhängig einlaufende Massengutschifffahrt, da die Schiffsbreiten bei diesen Massengutschiffen i. d. R. noch deutlich über der Breite des Bemessungsschiffes liegen. Beim 14,5 m-Ausbau ist deshalb auch die Begegnung des Panmax-Containerschiffes mit dem einlaufenden Massenguttschiff der Regelfall der Begegnung gewesen.

Diese mit dem Hochwasser einlaufenden Massengutschiffe könnten sich aufgrund des bestehenden Begegnungsverbotes mit addierten Schiffsbreiten von 90 m und mehr erst recht nicht mit auslaufenden Großcontainerschiffen im Streckenabschnitt zwischen der Störkurve und der Landesgrenze Hamburgs begegnen. Die Begegnung dieser eine Stunde vor Hochwasser Hamburg erreichenden Massengutschiffe mit tideabhängig auslaufenden Schiffen würde je nach Lage des Startfensters in unterschiedlichen Bereichen der Unterelbe stattfinden.

Bei den Varianten 2 und 2.1 würden sich tideabhängig einlaufende Massengutschiffe mit tideabhängig auslaufenden Containerschiffen zwischen Strom-km 670 (Bielenberg) und km 643 (Hamburger Yachthafen, Wedel) bzw. zwischen Strom-km 656 (Stadersand) und km 643 (Hamburger Yachthafen) begegnen. Die Begegnung würde damit oberhalb der Störkurve stattfinden und damit in einem Bereich, in dem die Fahrrinne nach den in Kap. 4.3 erläuterten Ansätzen eine Regelbreite von 320 m haben wird. Begegnungen des Bemessungsschiffes mit Massengutschiffen werden in diesem Streckenabschnitt jedoch nicht zulässig sein. Ähnlich kritisch stellt sich diese Problematik bei Variante 4 dar, da bei dieser Variante die Begegnung ebenfalls oberhalb der Störkurve, allerdings noch weiter stromauf zwischen km 650 (Lühesand-Nord) und km 633 (Mühlenberg) stattfände.

Die Varianten 5, 5.1 und 6 bieten bezüglich der Begegnungsproblematik deutlich bessere Konditionen. Bei den Varianten 5 und 5.1 findet die tideabhängige Begegnung zwischen Container- und Massenguttschiff zwischen km 667 und km 701 bzw. km 672 und km 709 statt. Die Begegnungsbereiche beider Varianten liegen damit zumindest in großen Teilen unterhalb der Störkurve, so dass bei entsprechender Verkehrslenkung eine Begegnung im Fahrrinnenbereich mit 400 m Regelbreite ermöglicht werden könnte.

Durch das Tidefenster der Variante 6 (0 bis 2 Std. nach Thw St. Pauli) wird erreicht, dass es zu keiner tideabhängiger Begegnung zwischen Container- und Massengutschiff kommt, da das tideabhängig ausgehende Containerschiff den Hamburger Hafen erst dann verlassen kann, wenn das tideabhängig einkommende Massengutschiff den Hamburger Hafen zuvor (ca. 0,5 Std. vor Thw St. Pauli) bereits erreicht hat

Für die Auswahl einer Zielvariante wurde der geschilderten Begegnungsproblematik zunächst eine untergeordnete Bedeutung beigemessen, da unterstellt wurde, dass

- es sich bei Begegnungen eines tideabhängig ausgehenden Containerschiffes mit einem tideabhängig einkommenden Massengutschiff um begrenzte Einzelfälle handelt und
- kritische Begegnungssituationen - wie bereits im derzeitigen Ausbauzustand - durch eine entsprechende Verkehrslenkung vermieden werden können.

Zusammenfassend ergibt sich für die Berücksichtigung der nautischen Rahmenbedingungen bei der Beurteilung der Ausbauvarianten folgendes Bild:

Im Hinblick auf die Vorflutrestriktion und die Tiefenrestriktion durch den BAB-Elbtunnel müssen die Varianten 2, 2.1 und 5 als nicht bedarfsgerecht beurteilt werden, da sie für den tideabhängig ausgehenden Containerschiffverkehr von den Terminalbereichen Altenwerder und mittlerer Freihafen nur sehr kurze und damit unzureichende Tidefenster bieten. Bei den Varianten 4, 5.1 und 6 wirken die genannten Restriktionen nicht (Variante 6) oder nur eingeschränkt, so dass diese Varianten diesbezüglich die Zielsetzung der Fahrrinnenanpassung erfüllen.

Hinsichtlich der Begegnungsproblematik tideabhängig ausgehender Containerschiffe und tideabhängig einkommender Massengutschiffe sind die Varianten 2, 2.1 und 4 eher kritisch zu beurteilen, da sie derartige Begegnungen in vergleichsweise schmalen Fahrrinnenbereichen nicht zulassen und es daher in diesen Fällen zu deutlichen Erhöhungen der Wartezeit für den tideabhängig ausgehenden Verkehr kommen kann.

5.2.4 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

Die Nutzen-Kosten-Untersuchung (NKU) hat ergeben, dass alle untersuchten Ausbauvarianten volkswirtschaftlich rentabel sind (vgl. Kapitel 9.3). Zum Zeitpunkt der Untersuchungen waren die Varianten 2.1 und 5 bereits aus nautischen Gründen von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen worden, so dass sie in der Nutzen-Kosten-Untersuchung keine Berücksichtigung mehr fanden.

Die Tabelle 5.2.4-1 gibt eine Übersicht über die in der NKU ermittelten positiven und negativen Nutzen, die Investitionskosten sowie die sich hieraus ergebenden Nutzen-Kosten-Verhältnisse.

Den Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen liegt die Annahme zugrunde, dass ein gleichwertiger Ausbau der Außenweser erfolgt ist. Mit der Einbeziehung dieser Interdependenz wird eine mögliche Überschätzung der Nutzen vermieden.

Entsprechend der Methodik der Bundesverkehrswegeplanung werden die folgenden Nutzenkategorien berücksichtigt:

- Verbilligung des Schiffsbetriebs im Massengutverkehr durch eine verbesserte Auslastung der Schiffe;
- Verbilligung des Schiffsbetriebs im Containerverkehr (Reduzierung der Fahrtkosten durch das Vermeiden eines Doppelanlaufs von Häfen in der Nordseerange);
- Verbilligung des Schiffsbetriebs durch Reduzierung von Wartezeiten;
- Transportkosteneinsparung aus vermiedenen Verkehrsverlagerungen;
- veränderte Unterhaltungskosten (negative Nutzen, wenn die Kosten größer sind als im Vergleichsfall);
- zusätzliche Beschäftigung während der Investitionsphase;
- vermiedene Beschäftigungsverluste aus Verkehrsverlagerungen;
- Nutzen aus verminderten CO₂- und NO_x-Emissionen
- Förderung des internationalen Leistungsaustausches (Bonus dafür, dass die Fahrrinnenanpassung weitestgehend dem internationalen Handel zugute kommt).

Auffallend ist, dass bei der Nutzenkategorie „Verbilligung des Schiffsbetriebs durch Reduzierung von Wartezeiten“ bei den meisten Varianten ein negativer Nutzen ermittelt wurde. Dies liegt darin begründet, dass Containerschiffe im Ist-Zustand z. T. den Hafen Rotterdam innerhalb eines Umlaufs in der Nordseerange zweimal anlaufen und die dazwischen liegenden Häfen mit geringeren Tiefgängen ohne Wartezeitenverluste bedient werden können. Wenn man durch eine weitere Vertiefung der Fahrrinne diese sehr kostenintensiven Doppelanläufe vermieden werden können, kann dies gleichzeitig auch zu einer Zunahme der Wartezeiten führen.

Bezüglich der in Tabelle 5.2.4-1 aufgeführten Investitionskosten ist darauf hinzuweisen, dass diese gemäß der methodischen Vorgaben der Bundesverkehrswegeplanung um die Mehrwertsteuer bereinigt sind, sich auf den Preisstand 1998 beziehen, und mit dem volkswirtschaftlichen Zinssatz von 3 % auf den Bewertungszeitpunkt 2000 diskontiert wurden. Daher entsprechen die hier genannten Beträge nicht den in Kapitel 7.5 genannten Investitionskosten

Bezogen auf die Annahmen des sog. Basisszenario⁵ hat die Variante 4 das höchste Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) von 13,8 und weist damit auch die höchste volkswirtschaftliche Rentabilität auf. Das zweithöchste NKV wird mit 12,4 für Variante 2 erzielt. Das schlechteste NKV wird mit 8,4 für Variante 3 erreicht. Die Varianten 1 und 3 haben lediglich zu Vergleichszwecken als nicht bedarfsgerechte Minimal- bzw. Maximallösungen in der Variantenbetrachtung Berücksichtigung gefunden. Relativ hohe Nutzen-Kosten-Verhältnisse zeigen auch die Varianten 2 und 6, die daher hinsichtlich der volkswirtschaftlichen Rentabilität ebenfalls als günstig zu beurteilen sind.

⁵ Das Basisszenario geht im Hinblick auf die künftige Entwicklung des Güterumschlages von der sog. Basisprognose aus. Grundlage dieser Basisprognose ist die BVWP-Prognose (1999) und eine von der Freien und Hansestadt Hamburg beauftragten Umschlagsprognose von ISL aus dem Jahre 2003. Darüber hinaus wird eine reaktionsfreie Wartezeit im Containerverkehr (Summe ein- und ausgehender Verkehr) von bis zu 90 Minuten und eine Soll-Schiffsauslastung im Containerverkehr von 92 % für den See-Eingang und von 95 % für den See-Ausgang zu Grunde gelegt.

Tab. 5.2.4-1: Nutzen und Kosten der Varianten der Fahrrinnenanpassung in Mio. € zum Preisstand 1998 - Barwerte auf 2000 diskontiert

Nutzen/Kosten	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6
Nutzen durch Vermeidung von Doppelanläufen	469,7	469,7	546,8	469,7	469,7	469,7
Nutzen durch Vermeidung von Wartezeiten	-15,5	-9,0	8,6	-8,7	-9,9	-4,2
Nutzen durch Verbesserung der Auslastung im Massengutverkehr	242,0	324,1	337,4	324,9	244,9	237,3
Nutzen durch vermiedene Verkehrsumlenkung	276,0	472,1	641,3	488,6	472,1	561,2
Nutzen durch veränderte Unterhaltungskosten	-6,7	-7,8	-11,6	-7,8	-9,7	-10,0
Nutzen durch regionale Beschäftigung während der Bauphase	1,8	2,4	4,4	2,2	3,2	2,8
Nutzen durch regionale Beschäftigung während der Betriebsphase	210,6	359,7	487,8	372,2	359,7	427,1
Nutzen durch verminderte CO ₂ und NO _x Emissionen	529,6	714,3	811,0	720,3	594,5	604,6
Nutzen durch Förderung des internationalen Leistungsaustausches	97,2	125,7	153,4	127,4	117,7	126,4
Summe Nutzen	1.804,7	2.451,2	2.979,2	2.488,8	2.242,2	2.414,9
Investitionskosten (ohne Mehrwertsteuer)	147,9	198,0	354,6	180,2	262,7	225,1
Nutzen-Kosten-Verhältnis	12,2	12,4	8,4	13,8	8,5	10,7

Im Ergebnis der NKU spricht der Gutachter die Empfehlung aus, die Fahrrinnenanpassung entsprechend der Variante 4 zu realisieren.

5.3 Gesamtbewertung

Einer Gesamtbewertung der Ausbauvarianten müssen die folgenden Zielstellungen zu Grunde gelegt werden:

1. Vermeidung gravierender bzw. unvertretbarer ausbaubedingter hydrologischer/ökologischer Auswirkungen der Fahrrinnenanpassung durch die betrachtete Ausbauvariante.
2. Angemessene Berücksichtigung der nautischen Rahmenbedingungen durch die Ausbauvariante, so dass ein bedarfsgerechter Containerschiffsverkehr ermöglicht wird.
3. Eine möglichst hohe volkswirtschaftliche Rentabilität.

Um diese Bewertung einfach und nachvollziehbar durchzuführen, wurde eine grobe Bewertungsmatrix entwickelt (vgl. Tab. 5.3-1). Diese bemisst den Erfüllungsgrad der o. g. Zielstellungen in einer dreistufigen Bewertungsskala von 0 bis 2.

Tab. 5.3-1: Gesamtbewertung der Ausbauvarianten (0 = ungenügender, 1 = ausreichender und 2 = günstiger Zielerfüllungsgrad, - = in der NKU nicht berücksichtigt)

Variante	Vermeidung hydrologischer und ökologischer Wirkungen	Berücksichtigung nautischer Rahmenbedingungen	Volkswirtschaftliche Rentabilität	Summe
2	1	0	2	3
2.1	2	0	-	2
4	2	1	2	5
5	1	2	-	3
5.1	0	2	1	3
6	0	2	2	4

Die Bewertung der einzelnen Ausbauvarianten ergibt sich aus den in den Abschnitten 5.2.1 bis 5.2.4 erläuterten Einzelbewertungen. Da die Varianten 1 und 3 lediglich zu Vergleichszwecken im Rahmen der Untersuchungen betrachtet wurden, sind sie in der Gesamtbewertung nicht berücksichtigt worden.

Grundsätzlich werden in der Voruntersuchung nur solche Ausbauvarianten weiter verfolgt, die in allen Bewertungskategorien mindestens einen ausreichenden Zielerfüllungsgrad erbringen. Diese Voraussetzung erfüllt allein die Ausbauvariante 4.

Im Hinblick auf den hydrologischen/ökologischen Wirkungskomplex und die volkswirtschaftliche Rentabilität weist diese Variante sogar einen günstigen Zielerfüllungsgrad auf und übertrifft diesbezüglich alle anderen Ausbauvarianten. Lediglich bezüglich der zu berücksichtigenden nautischen Rahmenbedingungen zeigt diese Variante aufgrund der oben erläuterten Begegnungsproblematik nur einen ausreichenden Zielerfüllungsgrad.

Aus der vergleichenden Bewertung der Ausbauvarianten ergibt sich somit, dass allein die Variante 4 planerisch weiter verfolgt werden sollte.

5.4 Weiterführende planerische Überlegungen zur Zielvariante

Die abschließende Entwicklung einer Zielvariante basiert daher auf Ausbauvariante 4. Im Zuge dieser weiterführenden planerischen Überlegungen hat sich jedoch insbesondere hinsichtlich der Berücksichtigung der bereits in Kapitel 5.2.3 erläuterten Begegnungsproblematik weiterer Optimierungsbedarf ergeben.

Diese beruht zum einen darauf, dass sich bei Variante 4 ein tideabhängig einkommendes Massengutschiff und ein tideabhängig ausgehendes Containerschiff zwangsläufig unmittelbar unterhalb des Hamburger Hafens begegnen würden. Da eine solche Begegnung bei der in diesem Bereich vorgesehenen Fahrrinnenbreite von maximal 320 m mit Sicherheit nicht zulässig sein wird, würde dies zur Folge haben, dass das ausgehende Containerschiff die Ankunft des Massengutschiffes vor seiner eigenen Abfahrt abwarten müsste. Dies hätte für das Containerschiff eine zusätzliche Wartezeit von max. 11 Stunden zur Folge.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass auch der tideunabhängige Verkehr durch die geschilderte Begegnungsrestriktion Behinderungen hinnehmen müsste. Zwar könnten die beteiligten Schiffe in ihrer Abfahrt so gesteuert werden, dass die Begegnungen unterhalb von km 680 (Störkurve) im Streckenabschnitt mit einer Regelbreite der Fahrrinne von 400 m und damit ohne Restriktionen stattfinden. Für das tideunabhängig ausgehende Containerschiff könnte dies gleichwohl zusätzliche Wartezeiten von bis zu 3 Stunden mit sich bringen. Diese Behinderungen für den tideunabhängigen Verkehr würden auch bei allen anderen Ausbauvarianten auftreten.

Im Zuge der Variantendiskussion hatten die geschilderten Restriktionen zunächst vor allem deswegen kein entscheidungserhebliches Gewicht, da es sich bei derartigen Begegnungen um Einzelfälle handelt. Die dadurch hervorgerufenen Behinderungen der Schifffahrt wurden daher zunächst als hinnehmbar unterstellt.

Dieser Beurteilung stehen allerdings einige zunächst nicht berücksichtigte Aspekte entgegen:

So war bereits unmittelbar nach der letzten Fahrrinnenanpassung festgestellt worden, dass die erzielten Tiefgangsverbesserungen nicht nur von der Containerschifffahrt, sondern auch von der Massengutschifffahrt genutzt wurden. Dies hatte zur Folge, dass im Anlauf auf den Hamburger Hafen vermehrt größere und damit auch breitere Massengutschiffe (Breite >45 m) eingesetzt wurden. Hatten 1998 noch 9 Massengutschiffe (einschl. Tankschiffe) den Hamburger Hafen angelaufen, betrug deren Zahl in 2002 bereits 23. Es ist davon auszugehen, dass sich dieser Trend durch einen weiteren Fahrrinnenausbau und die damit auch für die Massengutschifffahrt verbundenen Tiefgangsverbesserungen fortsetzt. Gleichzeitig hat auch die Zahl der den Hamburger Hafen anlaufenden Containerschiffe mit großen Schiffsbreiten drastisch zugenommen. So hat sich die Zahl der Containerschiffe mit Breiten von mehr als 40 m von 75 in 1998 auf 282 in 2003 (bis 20.11.) gesteigert. Auch die Ordertätigkeit der großen Reedereien zeigt, dass sich der Trend zu Schiffen mit großen Breiten fortsetzt. Darüber hinaus zeigt die Entwicklung der vergangenen Jahre, dass auch der tideabhängig ausgehende Containerschiffverkehr zugenommen hat. Betrug die Anzahl tideabhängig ausgehender Containerschiffe in 1999 noch 1 ist sie mittlerweile auf 110 in 2003 (bis 30.11.) angestiegen. Es ist zu erwarten, dass angesichts der geschilderten Entwicklungen kritische Begegnungen mit den damit verbundenen Wartezeiten häufiger auftreten werden.

In diesem Fall ist davon auszugehen, dass dies seitens der Schifffahrt als eine deutliche Einschränkung der Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auf der Unter- und Außenelbe wahrgenommen wird. Dabei ist insbesondere auch zu berücksichtigen, dass die in enge Fahrpläne eingebundenen Container-Reedereien aller Erfahrung nach auf unvorhergesehene bzw. plötzlich auftretende Restriktionen sehr empfindlich reagieren. Hier reichen schon relativ wenige Ereignisse aus, um dem Ruf des Hamburger Hafens als verlässliches Glied der internationalen Transportkette ernsthaften Schaden zuzufügen.

In der Summe wird dies zu einer deutlichen Einschränkung der Verlässlichkeit und damit der Wettbewerbsfähigkeit des Hamburger Hafens führen. Dies wird sich mit Sicherheit auch in Ladungsverluste und damit Umschlagsverlusten niederschlagen, da davon auszugehen ist, dass die Containerreedereien noch mehr als zuvor die Nutzung der tideabhängigen Abfahrtsmöglichkeiten vermeiden werden.

Vor diesem Hintergrund ist die Variante 4 über mehrere Entwicklungsstufen zur Variante 4.4 weiter entwickelt worden. Zentrales Merkmal dieser Variante 4.4 ist die Schaffung einer sog. Begegnungsstrecke unmittelbar unterhalb des Hamburger Hafens zwischen km 644 (Ausgang Lühekurve) und km 636 (Blankenese). Nähere technische und nautische Erläuterungen hierzu können Kap. 6.2 entnommen werden. Im Bereich der Begegnungsstrecke ist eine Fahrrinnenbreite von rd. 385 m vorgesehen. Durch diese Fahrrinnenbreite und durch die Lage der Begegnungsstrecke im Längsprofil der Fahrrinne können sich tideabhängig einkommende Massengutschiffe und tideabhängig ausgehende Containerschiffe begegnen. Damit ist gewährleistet, dass die für diesen Begegnungsfall ohne die Begegnungsstrecke zu erwartenden erheblichen zusätzlichen Wartezeiten für das Containerschiff nicht auftreten. Aber auch tideunabhängig verkehrende Großcontainerschiffe profitieren von der Begegnungsstrecke, da ihnen für Begegnungen mit Massengutschiffen neben dem Streckenabschnitt unterhalb der Störkurve nun ein weiterer Begegnungsbereich zur Verfügung steht und zusätzliche Wartezeiten vermieden werden.

Eine in diesem Zusammenhang angedachte durchgehende Verbreiterung von der Störkurve bis zum Hamburger Hafen auf eine Regelbreite von 400 m scheidet wegen der damit verbundenen großen Eingriffsfolgen aus (Verbreiterungen wirken sich z. B. stärker als Vertiefungen auf die Wasserstände aus). Zumal einer solchen durchgehenden Verbreiterung auch kein adäquater Nutzen gegenübersteht. Denn die Begegnung der großen tideabhängig einkommenden Massengutschiffe mit tideabhängig auslaufenden Schiffen kann nur in dem durch das Tidefenster bestimmten Bereich stattfinden. Lediglich für die Begegnung der einlaufenden Massengutschiffe mit tideunabhängig auslaufenden Schiffen würde eine durchgehende Verbreiterung eine signifikante Verbesserung ergeben.

Ergänzende hydrologische Untersuchungen der Bundesanstalt für Wasserbau haben ergeben, dass auch die Variante 4.4 bezüglich des hydrologisch-ökologischen Wirkungskomplexes als machbar zu beurteilen ist (vgl. Kap. 9.1).

Die Frage, ob die Realisierung der Begegnungsstrecke notwendig sein wird, hängt entscheidend von den Schiffsbreiten der künftig den Hamburger Hafen anlaufenden Großcontainer- und Massengutschiffe ab. Eine Entwicklung hin zu größeren Schiffsbreiten ist zum jetzigen Zeitpunkt zwar als sehr wahrscheinlich zu beurteilen; eindeutig bestätigt werden kann eine solche Entwicklung zum jetzigen Zeitpunkt jedoch nicht. Angesichts dieses derzeit noch unsicheren Planungshintergrundes sollte die Begegnungsstrecke zunächst vorsorglich in die Zielvariante übernommen werden. Ihre wirtschaftliche bzw. nautische Notwendigkeit muss dann im Rahmen der Hauptuntersuchung detailliert geprüft werden, um auf dieser Grundlage abschließend zu entscheiden, ob eine Realisierung der Begegnungsstrecke sinnvoll ist.

Die Ausbauvariante 4.4 ist vor diesem Hintergrund als Zielvariante ausgewählt worden.

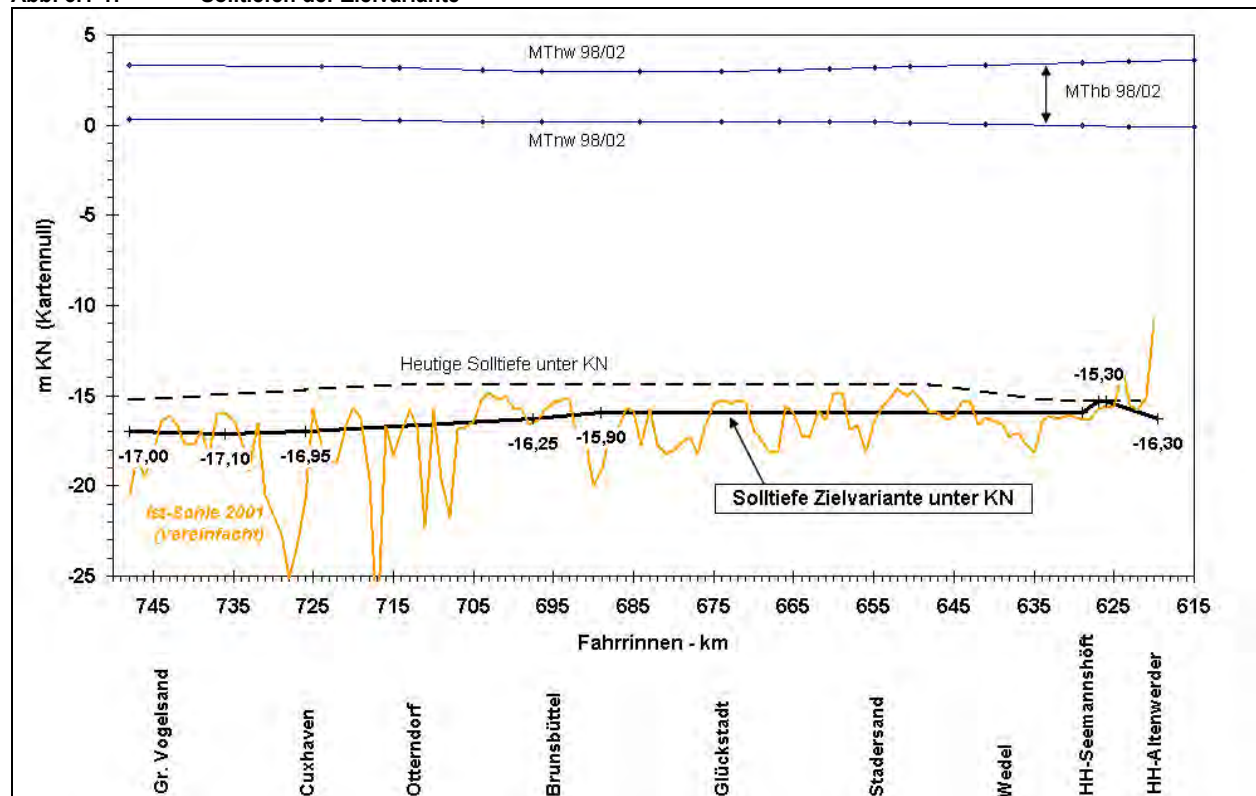
6 Beschreibung der Zielvariante

6.1 Ausbautiefen

Die Ausbautiefen der als Zielvariante gewählten Variante 4.4 entsprechen denen der bereits im Abschnitt 5.1 beschriebenen Variante 4. Sie ist so konzipiert, dass das Bemessungsschiff die Unter- und Außenelbe tideunabhängig mit 13,50 m Salzwassertiefgang passieren kann. Die tideabhängig ausgehende Fahrt des Bemessungsschiffes mit 14,50 m ist in einem zweistündigen Startfenster ab Seemannshöft von 1,5 bis 3,5 Stunden nach Tideniedrigwasser St. Pauli möglich.

Abbildung 6.1-1 zeigt die sich aus diesen Randbedingungen ergebenden Solltiefen im Längsschnitt. Der Solltiefenverlauf zwischen km 626 und 627 kennzeichnet den Bereich des Hamburger BAB-Elbtunnels. Es wird - wie beschrieben - im Rahmen der Voruntersuchung davon ausgegangen, dass die Fahrrinntiefe über dem Elbtunnel gegenüber dem heutigen Zustand unverändert bleibt.

Abb. 6.1-1: Solltiefen der Zielvariante



Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass im Vergleich zur letzten Fahrrinnenanpassung die Ausbaugrenze im Köhlbrand weiter stromauf verlegt wurde. Das Ende der Ausbaustrecke liegt nunmehr bei km 619,5 (vorher km 621,8); die Ausbaustrecke umfasst nunmehr auch den gesamten Bereich des neuen Containerterminals in Altenwerder (CTA). Vertiefungen von Hafenbecken und deren Zufahrten sowie von Schiffs Liegeplätzen sind im Rahmen der Fahrrinnenanpassung nicht vorgesehen.

Von Seemannshöft bei km 628,9 bis St. Margarethen bei km 689,1 wird die erforderliche Solltiefe von KN -15,90 m durch das tideunabhängig verkehrend Bemessungsschiff mit 13,50 m Salzwassertiefgang bestimmt. Dies bedeutet gegenüber der heutigen Soll-

tiefe im Sockelbereich von KN -14,40 m eine Vertiefung um 1,50 m, obwohl sich der Tiefgang für den tideunabhängigen Verkehr nur um einen Meter von 12,50 m auf 13,50 m vergrößert. Das liegt zum einen daran, dass das Bemessungsschiff gegenüber dem Panmax-Containerschiff deutlich an Breite zugenommen hat und damit bei gleicher Fahrt durchs Wasser auch tiefer einsinkt (Squat, Krängung). Zum anderen führt die notwendige Berücksichtigung einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 80 % aller Tnw zu einem zusätzlichen Vertiefungsmaß von rd. 35 cm, so dass sich insgesamt ein Vertiefungsmaß von 1,5 m ergibt.

Stromauf von Seemannshöft steigt die Solltiefe bis auf KN -15,30 m über dem BAB-Elbtunnel an und fällt anschließend bis Altenwerder auf KN -16,30 m ab. Unterhalb von St. Margarethen fällt die Solltiefe für die tideabhängig auslaufende Fahrt stetig bis auf KN -17,10 m bei km 736 (Mittelgrund) ab und steigt dann bis km 748 (Scharhorn) wieder leicht auf KN -17,00 m an.

Aufgrund der bestehenden Vorflutrestriktion für den Köhlbrand und den mittleren Freihafen von Tnw bis 1,5 Stunden nach Tnw kann der erste Teil des Startfensters in Seemannshöft für Schiffe aus den Hafenbereichen mittlerer Freihafen und Altenwerder nicht genutzt werden. Für Schiffe aus diesen Hafenbereichen ist das Startfenster daher um 30 bis 45 Minuten kürzer. Somit ist die erste Phase des Starfensters prädestiniert für Schiffe aus dem Bereich Waltershof, während in der zweiten Phase Schiffe aus dem mittleren Freihafen und Altenwerder unter Berücksichtigung der Vorflutrestriktion und mit ausreichend Wasser unter dem Kiel für die Passage des BAB-Elbtunnels auslaufen können.

6.2 Ausbaubreiten und Trassierung

Die Grundlagen der Ermittlung der Fahrrinnenregelbreiten sind ausführlich in Kapitel 4.3 dargestellt. Demnach bleibt der Bereich von See bis zur Störkurve mit heute schon vorhandener Regelbreite von 400 m unverändert. Von der Störkurve bis zur Lühekurve wird die Regelbreite von 300 auf 320 m vergrößert. Durch diese Verbreiterung um 20 m soll eine Begegnung der Bemessungsschiffe untereinander mit addierten Schiffsbreiten von 92 m ermöglicht werden.

Für die Begegnung tideabhängig einlaufender Massengutschiffe mit tideabhängig auslaufenden Containerschiffen wird etwa zwischen km 644 (Ausgang Lühekurve) und km 636 (Blankenese) ein im Mittel 385 m breiter Begegnungsbereich eingerichtet. Die Begegnungsstrecke liegt damit in dem Bereich zwischen km 633 und km 651, wo sich tideabhängig einlaufende Massengutschiffe und mit Maximaltiefgang auslaufende tideabhängige Containerschiffe bei der Zielvariante zwangsläufig begegnen müssen, und erfüllt gleichzeitig die nautische Forderung nach einer möglichst langen geraden Strecke. Die Einbeziehung der Lühekurve und/oder des stromab anschließenden geraden Streckenabschnitts im Bereich des Lühesandes bringt aus nautischer Sicht keine Vorteile, da eine Begegnung im Kurvenbereich wie bereits heute auszuschließen wäre und die stromab gelegene Gerade zu kurz ist. Außerdem wäre dieser Streckenabschnitt für Schiffe aus dem Köhlbrand sowie dem mittleren Freihafen wegen der Flutstromrestriktion im Hamburger Hafen nicht zu erreichen.

Im Bereich der Hamburger Delegationsstrecke wird die Regelbreite der Fahrrinne oberhalb dieser Begegnungsstrecke ebenfalls um 20 m vergrößert. Dementsprechend be-

trägt die Regelbreite in der heute 250 m breiten Strecke zwischen km 636 und Nienstedten bei der Zielvariante 270 m. Unverändert bleiben dagegen die Fahrrinnenbreiten im Bereich des BAB-Elbtunnels und stromauf davon in der Norderelbe und im Köhlbrand bis zu den jeweiligen Ausbaugrenzen.

Im Bereich dieser Breitenanpassung werden die Kurven und die Übergänge zu den Geraden zunächst prozentual um das gleiche Maß verbreitert.

Die Regelbreiten der Zielvariante 4.4 sind in Tab. 6.3-1 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 6.3-1: Regelbreiten der Zielvariante 4.4

Teilstrecke	Fahrrinnen-km	Regelbreite
Bundesstrecke		
See bis Störkurve	km 748 bis 680	400 m
Störkurve bis Lühekurve	km 680 bis 644	320 m
Lühekurve bis Tinsdal (Landesgrenze)	km 644 bis 638,9	385 m (Begegnungsstrecke)
Delegationsstrecke		
Tinsdal (Landesgrenze) bis Blankenese	km 638,9 bis 636	385 m (Begegnungsstrecke)
Blankenese bis Nienstedten	km 636 bis 632	270 m
Nienstedten bis Övelgönne	km 632 bis 628	250 m
Övelgönne bis Köhlbrand	km 628 bis 626	250 m bis 260 m
Norderelbe		
Mündung Köhlbrand bis Wendekreis Vorhafen	km 626 bis 624,3	Abnehmend auf 210 m
Köhlbrand		
Mündung Köhlbrand bis Rethe-Wendekreis	km 624,5 bis 621,8	200 m, abnehmend auf 180 m
Rethe-Wendekreis bis südl. Wendekreis CTA	km 621,8 bis 619,5	200 m

Eine Überprüfung der Trassierung und Fahrrinnenbreiten soll im Rahmen einer Detailplanung an einer Schiffsführungs- und -simulationsanlage erfolgen. Weiterhin sollen in einem hydrologischen Modell der BAW-DH Untersuchungen u. a. im Hinblick auf schiffserzeugte Belastungen in der Begegnungsstrecke durchgeführt werden.

6.3 Schifffahrtszeichen

Durch die Verbreiterung der Fahrrinne oberhalb der Störkurve wird sich auch die Tiefenlinie von KN -8,0 m, auf der im Amtsbereich des WSA Hamburg die Fahrwassertonnen liegen, etwas verschieben, so dass die Betonung entsprechend angepasst werden muss.

Darüber hinaus ist eine Anpassung von Schifffahrtszeichen (z. B. Richtfeuerlinien) im Rahmen der Machbarkeitsstudie nicht vorgesehen. Eine Überprüfung der erforderlichen Schifffahrtszeichen ist in einer Hauptuntersuchung vorzunehmen. Dabei ist dann auch zu prüfen, ob die durch die nicht in allen Bereichen gleichmäßig zu beiden Seiten vorgesehene Verbreiterung sich ergebende geringe Außermittigkeit der Achse der entsprechenden Richtfeuerlinien um 10 m hinnehmbar ist oder entsprechender Anpassungen bedarf. Außerdem ist dann die erforderliche Bezeichnung der Begegnungsstrecke vor Hanskalbsand zu klären.

7 Maßnahmenbeschreibung

7.1 Ausbaubaggerung

7.1.1 Sohlstruktur und Bodenarten im Längsschnitt

Der Aufbau der Bodenarten im Bereich der Unterelbe ist weitestgehend in den oberen Schichtungen von den nacheiszeitlichen Vorgängen in den tieferen Lagen durch den Abfluss im eiszeitlichen Urstromtal geprägt. Das vom Schmelzwasser am Eisrand zunächst ausgewaschene Urstromtal wurde etwa ab NN -22,0 m durch Geschiebetransport mit Sand aufgefüllt. Bereichsweise treten Kleischichten auf, die mit Torflinsen und Sandeinschlüssen durchsetzt sind. Dieser Regelaufbau mit kleinen Variationen wird nur durch örtlich auftretendes, steiniges Endmoränenmaterial (z. B. Geschiebemergel) im Bereich des Hochufers zwischen Altona und Wedel sowie stellenweise in der Außenelbe (Steinriff) unterbrochen.

Als nichtbindige Sedimente treten vor allem holozäne Fein- und Mittelsande, untergeordnet auch Kiese auf. Mit bindigen Zwischenlagen oder Schlufflinsen ist besonders bei den Feinsanden zu rechnen, während vor allem in den Mittelsanden auch Steine und Kieslagen vorkommen. Im Böschungsbereich sind die Sande häufig schwach humos; seltener treten auch dezimetermächtige Zwischenlagen aus Mudde oder Torf auf. Auch mit Pflanzenresten ist zu rechnen. Westlich von Elbe-km 690 tritt zunehmend Muschelbruch entweder fein verteilt im Boden oder in Form von Muschelschilllagen auf.

Hauptvertreter der bindigen Schichten ist der holozäne Klei. Dabei handelt es sich meist um einen schwach tonigen bis tonigen, feinsandigen, humosen Schluff, örtlich mit Zwischenlagen aus Mudde oder Torf. Häufig sind Pflanzenreste zu finden, dabei können auch größere Holzteile auftreten. Der Feinsandanteil im Klei ist teils gleichmäßig in der Schluffmatrix verteilt, teils liegt eine Feinsand-Bänderung vor.

Örtlich tritt an der Gewässersohle flüssiger bis breiiger Schlick auf. Der pleistozäne Geschiebemergel wurde nur im Bereich des Hochufers zwischen Altona und Wedel sowie vereinzelt am Steinriff (Außenelbe) angetroffen.

7.1.2 Baggermengen

Die Baggermengenermittlung für die Zielvariante 4.4 berücksichtigt folgende Randbedingungen:

- seitliche Überbaggerung um jeweils 5,0 m zwischen Köhlfleet (km 629) bis See
- Baggertoleranz 0,2 m
- Böschungsneigung 1:3
- keine Baggerung von Übertiefen und übertiefen Riffeltälern

Es ergibt sich eine rechnerische Baggermenge von 33,1 Mio. m³ (Profilmaß). Berücksichtigt man die Auflockerung des Bodens beim Baggervorgang, durch die das Volumen des Bodens erfahrungsgemäß um rund 15 % vergrößert wird, ist von einer unterzubringenden Baggermenge von

$$33,1 \text{ Mio. m}^3 \times 1,15 \approx 38 \text{ Mio. m}^3$$

auszugehen⁶.

Nach Angaben des Bodengutachtens (Bundesanstalt für Wasserbau 1999) wird davon ausgegangen, dass der Anteil der nichtbindigen Bodenarten ca. 60 % und der Anteil an bindigen Bodenarten ca. 40 % beträgt. Der bindige Bodenanteil lässt sich weiter differenzieren in 25 % Mergel (entspricht einem Gesamtanteil von ca. 10 %) und in 75 % Klei mit örtlichen Mudde- und Torfzwischenlagen (entspricht einem Gesamtanteil von ca. 30 %).

7.1.3 Baggertechniken

Grundsätzlich sind bei Ausbau- und Unterhaltungsbaggerarbeiten die folgenden Bagverfahren zu unterscheiden.

Für locker gelagertes Sohlmaterial finden im Wesentlichen Schleppkopfsaugbagger (sog. Hopperbagger) Anwendung, während bei fester gelagerten Bodenarten, wie gewachsenem Klei und Geschiebemergel, die in den Verbreiterungsbereichen angetroffen werden können, vornehmlich Eimerkettenbagger und Tieflöffelbagger in Verbindung mit Transportschuten zum Einsatz kommen. Die Geräte haben völlig unterschiedliche Arbeitsweisen.

Die Schleppkopfsaugbagger sind seetüchtige Schiffe, die mit nachschleppenden, seitlich an Rohrleitungen geführten Saugköpfen von der Sohle ein Boden-Wasser-Gemisch aufsaugen und ihren Laderaum befüllen. Der Wasseranteil fließt bei Sandbaggerung während des Ladevorganges weitestgehend wieder außenbords.

Eimerkettenbagger werden eingesetzt für schwer lösbare Bodenarten, wie fest gelagerten Klei an den Fahrrinnenrändern sowie für Geschiebemergel oder steiniges Material. Aufgrund ihrer stationären Arbeitsweise an Ankerdrähten schälen sie den Boden mittels einer Eimerleiter eben ab und beladen Schuten über seitliche Schüttrinnen. Diese Schuten transportieren dann den Boden zu dafür vorgesehenen Unterbringungsstellen.

Tieflöffelbagger in Verbindung mit einem Stelzenponton werden gleichermaßen für schwer lösbare Bodenarten eingesetzt. Das Verziehen des Stelzenpontons kann hydraulisch über die Stelzen oder durch Schlepperunterstützung erfolgen. Der Bagger wird aufgrund der großen Wassertiefen in der Regel auf dem verstärkten Ponton fest installiert. Das vom Löffel aufgenommene Baggergut wird in die längsseits liegenden Schuten abgegeben.

Bei leicht lösbaren Böden ist bereichsweise auch der Einsatz von Greifer-Baggern mit längsseits liegenden Schuten möglich. Das Verziehen erfolgt in der Regel über Ankerdrähte.

⁶ In der Machbarkeitsstudie der BAW-DH (2003a) wird bei der Ermittlung der Baggermengen von einer - sehr flachen - Böschungsneigung von 1:10 ausgegangen. Solche Böschungen werden im Rahmen eines Ausbaus jedoch nicht gebaggert. Deshalb wird hier die Baggermenge aus einer Böschungsneigung von 1:3 berücksichtigt. Die tatsächlichen Böschungsneigungen werden sich im Rahmen natürlicher Prozesse über einen längeren Zeitraum ggf. flacher einstellen. Basierend auf den positiven Erkenntnissen aus der letzten Fahrrinnenanpassung wird außerdem abweichend zur Machbarkeitsstudie der BAW-DH, die für die Ermittlung der hydrologischen Auswirkungen einen Tiefenzuschlag von 0,3 m (Maximalprinzip) gewählt hat, nur eine Bagbertoleranz von 0,2 m angesetzt.

Wie in Kapitel 7.1.1 beschrieben, ist das Material der Fahrrinnensohle weitestgehend locker gelagert. Sande mit Schluff- und Kiesanteilen sowie bindige Sedimente, wie feinsandiger Schluff, sind mit Hopperbaggern aufbaggerbar. Aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit sowie Beweglichkeit im Verkehrsgeschehen soll die Fahrrinnenanpassung weitestgehend mit Hopperbaggern ausgeführt werden. Sofern nach der Hopperbaggerung ein geringer Anteil schwer lösbarer Materials an den Fahrrinnenrändern verbleibt, kann dieses anschließend mit Eimerkettenbaggern und/oder Tieflöffelbaggern bzw. Greifern aufgenommen werden. Letzteres wird vor allem im Bereich der Hamburger Delegationsstrecke der Fall sein, wo von einem vergleichsweise hohen Anteil von Geschiebemergel am Gesamtbaggergut auszugehen ist.

7.2 Verbringungskonzept

7.2.1 Ziele des Verbringungskonzeptes

Das Verbringungskonzept verfolgt neben der reinen Unterbringung des Ausbaubaggergutes sowohl ökologische als auch strombauliche Funktionen. Im Einzelnen sind folgende Ziele zu nennen:

- Minimierung der ausbaubedingten Tidehubänderungen.
- Bündelung und Ausrichtung der Strömung auf die Fahrrinne im Bereich heutiger Hauptbaggerstellen, mit dem Ziel, die erforderlichen Unterhaltungsbaggermengen zu reduzieren.
- Sinnvolles Umlagern des rolligen Baggergutes im Gewässerbett, um möglichst geringe Veränderungen der Durchflussquerschnitte zu erreichen und damit einen Schutz gegen eine Tideniedrigwasser-Absenkung zu bieten.
- Begegnung ungünstiger natürlicher morphologischer Trends.
- Vermehrung von Flachwasserbereichen mit ihren wertvollen Lebensräumen sowie gutem Lichteinfall und Sauerstoffeintrag.
- Verbesserung der Ufersicherung an erosionsgefährdeten Böschungen.

Beim Verbringungskonzept zur Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe werden grundsätzlich folgende Verbringungsarten unterschieden:

- Unterwasserablagerungsflächen
- Übertiefenverfüllungen
- Ufervorspülungen
- Klappstellen
- Sonstige Verwendung des Baggergutes

Der im Rahmen der Fahrrinnenanpassung gewonnene Boden verbleibt, wie auch schon beim letzten Fahrrinenausbau, grundsätzlich im System Elbe, um die ausbaubedingten Wasserstandsänderungen zu minimieren. Die Unterbringung der insgesamt 38 Mio. m³ Ausbaubaggergut ist in Tab. 7.2.1-1 zusammengefasst. Abb. 7.2.1-1 gibt einen Überblick über die Lage der vorgesehenen Unterbringungsorte.

Abb. 7.2.1-1: Unterbringungsorte des Ausbaubaggergutes



Tab. 7.2.1-1: Unterbringung des Ausbaubaggergutes

Ort	Bodenart	Kapazität Menge in Mio. m³	Fläche in ha
Unterwasserablagerungsflächen			
Hanskalbsand	Mergel/ Nichtbindige Sedimente	1,1	50
Scheelenkuhlen	Nichtbindige Sedimente	1,3	48
St. Margarethen	Nichtbindige Sedimente	2,1	33
Neufelder Sand	Nichtbindige Sedimente	20,0	920
Medemrinne	Bindige/Nichtbindige Sedimente	7,2	306
Übertiefenverfüllung			
St. Margarethen	Mergel/ Nichtbindige Sedimente	0,1	6
Ufervorspülungen			
Hamburger Delegationsstrecke / Nordufer Unterelbe	Nichtbindige Sedimente	0,3	
Wedel	Nichtbindige Sedimente	0,4	14
Hetlingen	Nichtbindige Sedimente	0,7	20
Glückstadt/ Störmündung	Nichtbindige Sedimente	3,0	100
Krautsand	Nichtbindige Sedimente	0,5	27
Klappstellen			
Klappstelle 733	Bindige/Nichtbindige Sedimente	0,7	
Klappstelle 740/741	Bindige/Nichtbindige Sedimente	2,5	
Bake B	Bindige/Nichtbindige Sedimente	1,2	

Ort	Bodenart	Kapazität Menge in Mio. m³	Fläche in ha
Außenelbebereich	Bindige/Nichtbindige Sedimente	(-)	
Sonstige Verwendung			
Landseitige Verbringung	Nichtbindige Sedimente	(-)	
Gesamt		41,1	
Anmerkung: Die (-) bei landseitiger Verbringung und Außenelbebereich bedeuten, dass eine entsprechende Verbringung zwar prinzipiell möglich aber zzt. nicht vorgesehen ist.			

7.2.2 Unterwasserablagerungsflächen

Die derzeit vorhandenen Unterhaltungsschwerpunkte sind auf ungünstige lokale Strömungsverhältnisse zurückzuführen. Neben der Minimierung ausbaubedingter Wasserstandsänderungen besteht ein zentrales Ziel des strombaulichen Verbringungskonzepts daher in einer Bündelung und Ausrichtung der Strömung auf die Fahrrinne mit Hilfe von Unterwasserablagerungsflächen. Diese haben sich beim jüngsten Fahrrinnenausbau in den letzten Jahren bewährt. Darüber hinaus können Unterwasserablagerungsflächen auch ungünstigen natürlichen morphologischen Entwicklungen entgegenwirken, die einen erheblichen Einfluss auf die Tide im oberstromigen Bereich haben.

Vorbemerkungen zur Bauweise und Befüllung

Um eine hohe Lagestabilität des eingebrachten Materials zu erreichen, sind die ufernahen Unterwasserablagerungsflächen durch seitliche Randschwellen und eine Fußsicherung eingefasst. Uferferne Unterwasserablagerungsflächen sind von allen Seiten mit Randschwellen umgeben (Fangedamm). Die Oberkante dieser Randschwellen wird im Mittel bei KN - 3,0 m liegen. Bereichsweise sind auch höher- und tiefer liegende Kronenhöhen vorgesehen, die genauen Höhenlagen ergeben sich aus der hydrodynamischen, ökologischen und wirtschaftlichen Optimierung. Sofern die lokalen Strömungsgeschwindigkeiten über der fertig gestellten Ablagerungsfläche eine Ausräumung derselben erwarten lassen, ist eine Nachbearbeitung vorzusehen. Je nach Beanspruchung der Abdeckung kommen Grobsand, Kies, Schüttsteinlagen oder geotextile Behälter in Betracht.

Die Ausbildung der Randschwellen wird aus mehrlagig aufgebauten geotextilen Sandsäcken bestehen. Derart große Geocontainer werden in Klappschuten hergestellt. Dazu wird ein geeignetes Textil in der leeren Schute ausgelegt, mit Sand gefüllt, das Textil verschlossen und danach vernäht. Anschließend wird die Schute zur Einbaustelle gefahren und der fertige Container an der Einbaustelle verklappt. Dies Verfahren führt zu Containerabmessungen, die mit den Maßen des Laderaums der Schuten zusammenhängen. Durch Einbau von ausreichend standsicherem und erosionsstabilem Boden im Vorwege kann der Umfang an Geocontainern reduziert werden.

In Unterwasserablagerungsbereichen mit Wassertiefen, die ein bereichsweises Befüllen durch Verklappungen zulassen, ist folgender Ablauf vorgesehen: Die Randschwellen erhalten entsprechende Ein- und Ausfahrtsbereiche (Breite ca. 200 bis 300 m). Durch diese Bereiche können dann die Hopper einfahren, um das Baggergut entsprechend zu verklappen. Bei nicht mehr ausreichender Tiefe werden die Ein- und Ausfahrtsbereiche verschlossen und dann der verbleibende Boden mittels Spülleitung eingebaut.



In Bereichen mit geringeren Strömungsgeschwindigkeiten besteht die Möglichkeit, sukzessive mit dem Befüllungsprozess die Geocontainer einzubauen. Allerdings können gegenseitige Abhängigkeiten von Ausbaubaggerung und Einbau der Geocontainer zu kostenträchtigem Gerätestillstand führen und sollen deshalb im Regelfall vermieden werden.

Um Verdriftungen weitestgehend zu minimieren, taucht der Auslauf der Verspüleinrichtung in den Wasserkörper ein, so dass das verbleibende Ausbaubaggergut bodennah eingebaut werden kann.

Hanskalbsand

Die hydraulischen Auswirkungen der lokalen Fahrrinnenverbreiterung werden durch den Bau einer Unterwasserablagerungsfläche zwischen km 640,8 bis 643,8 abgemindert. Eine optimierte strömungstechnische Ausbildung des Inselkopfes wird die Durchströmung der Hahnöfer Nebenelbe positiv beeinflussen. Die relativ großen Wassertiefen im Bereich des Inselkopfes werden zunächst mit festem Geschiebemergel flächig bis zu einer Tiefe von rund KN -7,0 bis KN -8,0 m aufgefüllt. Im Anschluss hieran wird aus Geocontainern die Randbegrenzung bis auf KN -3,0 m aufgebaut. Die Aufnahmekapazität der Ablagerungsfläche liegt bei ca. 1,1 Mio. m³, die Fläche beträgt ca. 50 ha.

Die Befüllung der Ablagerungsfläche erfolgt mit Geschiebemergel und sandigen Bodenarten.

Scheelenkuhlen

Diese Unterwasserablagerungsfläche war bereits Bestandteil der letzten Fahrrinnenanpassung. Es erfolgte nur eine geringfügige Beschickung, so dass eine weitere Befüllung im Rahmen der geplanten weiteren Fahrrinnenanpassung erfolgt. Um den Einbauumfang von Geocontainern zu minimieren, wird versucht durch eine gezielte Verklappung von grobkörnigem Material und Mergel den Gründungsbereich aufzufüllen. Im zweiten Schritt erfolgt dann der Einbau der Geocontainer. Die Randschwellen werden auf KN -3,0 m erstellt. Die Befüllung erfolgt bis KN -3,0 m. Die Aufnahmekapazität der Ablagerungsfläche liegt bei ca. 1,3 Mio. m³.

St. Margarethen

Es ist beabsichtigt, den lokalen Strömungsangriff im Unterwasser-Böschungsbereich durch den Bau einer Unterwasserablagerungsfläche zu verringern. Um den Einbauumfang von Geocontainern zu minimieren, wird versucht durch eine gezielte Verklappung von grobkörnigem Material und Mergel den Gründungsbereich aufzufüllen. Im zweiten Schritt erfolgt dann der Einbau der Geocontainer. Die Befüllung erfolgt bis KN -3,0 m. Die Aufnahmekapazität der Ablagerungsfläche liegt bei ca. 2,1 Mio. m³.

Neufelder Sand

Die geplante Unterwasserablagerungsfläche Neufelder Sand (aus der Vorhabensbeschreibung der Projektgruppe als 'Osteriff' bekannt) liegt auf der nördlichen Elbseite



zwischen Medemrinne und Brunsbüttel/Herrmannshof. Mit einer Fläche von rd. 920 ha und einer Kapazität von 20,0 Mio. m³ ist sie die größte Ablagerungsfläche für die beantragte weitere Fahrrinnenanpassung. Ziel der Unterbringung ist u. a. die Förderung der Selbsträumkraft der Fahrrinne im heutigen Unterhaltungsschwerpunkt "Osteriff". Die Oberfläche der Ablagerungsfläche liegt zwischen KN -4,0 m und KN -2,0 m. Die südlich gelegenen Reeden Neufeld-West und Neufeld-Ost werden nur im geringen Umfang berührt. Detailuntersuchungen hierzu erfolgen in der Hauptuntersuchung.

Medemrinne

Die Medemrinne verlagert sich in Richtung Norden. Falls dadurch ein Durchbruch zum Klotzenloch entsteht, wird die Tidedynamik der gesamten Tideelbe ungünstig beeinflusst.

Aufgrund der hohen Tideenergie in der Medemrinne kommt eine Verklappung von Ausbaubaggertgut ohne seitliche Begrenzung in der Medemrinne nicht in Betracht. Derart verklapptes Material würde in Richtung Fahrrinne vor Cuxhaven verdriften und zu einem Baggerkreislauf führen.

Deshalb ist quer zur der östlichen Mündung der Medemrinne in die Hauptrinne der Bau einer Seitenschwelle aus Geocontainern vorgesehen. Hierdurch wird die Tidedynamik der gesamten Tideelbe gedämpft und ein Durchbruch der Medemrinne zum Klotzenloch verhindert.

Dieses Strombauwerk wird in den westlich anschließenden Medemgrund und den östlich anschließenden Medemsand einbinden, d. h. die gesamte Breite der Medemrinne überdecken. Die Kronenhöhe ist auf KN -3,0 m vorgesehen.

Die Aufnahmekapazität der Ablagerungsfläche liegt bei ca. 7,2 Mio. m³, die Fläche beträgt 306 ha.

Die Unterbringung weiterer ggf. anfallender Ausbaubaggermengen ist nördlich des vorgesehenen Strombauwerkes möglich; eine Steigerung der strombaulichen Wirkung auf die Hauptrinne der Elbe wird hierdurch nicht erzielt.

7.2.3 Übertiefenverfüllung

St. Margarethen

Im Bereich von St. Margarethen treten neben der Fahrrinne auf der Seite von Schleswig-Holstein Übertiefen auf. Im Rahmen der Fahrrinnenanpassung werden diese Übertiefen verbaut. Hier ist der gezielte Unterwasserbodeneinbau (Sand) und Verklappung von Mergel in Verbindung mit einer teilweisen Abdeckung durch geotextile Sandsäcke vorgesehen.

Der Bereich befindet sich zwischen km 688,8 bis km 689,1, die mittlere Breite beträgt ca. 200 m, so dass insgesamt eine Fläche von 6 ha in Anspruch genommen wird. Insgesamt können hier ca. 100.000 m³ untergebracht werden.

7.2.4 Ufervorspülungen

Durch natürlichen Strömungsangriff und schiffserzeugte Belastungen kommt es im Elberegion stellenweise zu Uferabbrüchen mit entsprechendem Materialverlust. Vorspülungen mit geeignetem Sand gleichen derartige Entwicklung aus.

Hamburger Delegationsstrecke / Nordufer Unterelbe

Auf der Hamburger Delegationsstrecke sind bereichsweise Ufervorspülungen am Nordufer der Unterelbe zwischen km 627 und der Landesgrenze (Bereiche Othmarschen, Nienstedten, Blankenese, Wittenbergen) vorgesehen. Es wird davon ausgegangen, dass in diesen Uferabschnitten, insbesondere im Bereich der vorhandenen Strandabschnitte, rund 0,3 Mio. m³ sandiges, schadstofffreies Baggergut untergebracht wird.

Wedel

Der vorgesehene Aufspülbereich reicht von km 640 bis km 641. In diesem Abschnitt wird der Bereich von KN bis KN +8,0 m mit geeignetem Sand aufgefüllt. Die Vorspülbreite beträgt im Mittel 100 m, die in Anspruch zu nehmende Flächengröße ca. 14 ha. Das unterzubringende Volumen umfasst etwa 400.000 m³. Die Randschwellen zum Fahrwasser werden wahlweise aus Sinkstücken in Verbindung mit Schüttsteinen oder aus Geocontainer hergestellt. Die Randschwellen in Richtung Oberstrom und Unterstrom aus Schüttsteinen auf Geotextil ausgebildet.

Hetlingen

Der vorgesehene Aufspülbereich reicht von km 648,5 bis km 650,5. In diesem Abschnitt wird der Bereich von KN bis KN +4,0 m mit geeignetem Sand aufgefüllt. Die Vorspülbreite beträgt im Mittel 100 m. Die in Anspruch zu nehmende Flächengröße beträgt ca. 20 ha. Das unterzubringende Volumen umfasst etwa 700.000 m³. Die Randschwellen zum Fahrwasser werden aus Geocontainer und die Randschwellen in Richtung Oberstrom und Unterstrom aus Schüttsteinen auf Geotextil hergestellt. Soweit erforderlich werden zusätzlich Zwischenbuhnen erstellt.

Glückstadt / Störkurve

Der vorgesehene Aufspülbereich reicht von km 676 bis km 678. In diesem Abschnitt wird der Bereich von KN bis KN +3,0 m mit geeignetem Sand aufgefüllt. Die Vorspülbreite beträgt im Mittel 500 m, die in Anspruch zu nehmende Flächengröße ca. 100 ha. Das unterzubringende Volumen umfasst ca. 3.000.000 m³. Die Randschwellen zum Fahrwasser werden aus Geocontainer und die Randschwellen in Richtung Oberstrom und Unterstrom aus Schüttsteinen auf Geotextil hergestellt. Bei entsprechender Erfordernis werden zusätzlich Zwischenbuhnen erstellt.

Krautsand

Der vorgesehene Aufspülbereich reicht von km 670,6 bis km 671,8 und von km 671,8 bis km 672,8. In diesem Abschnitt wird der Bereich von KN bis KN +4,0 m mit geeignetem Sand aufgefüllt. Die Vorspülbreite beträgt im Mittel 150 m, die in Anspruch zu nehmende Flächengröße ca. 27 ha. Das unterzubringende Volumen umfasst etwa 500.000 m³.

7.2.5 Klappstellen

Vorbemerkungen

Die Klappstellen sind jeweils mit ihrer Kilometerangabe in ihrer örtlichen Lage bezeichnet. Auf den Klappstellen werden bindige und nicht bindige Bodenarten abgelagert. Es werden diejenigen Klappstellen genutzt, bei denen Materialrücklauf in die Fahrrinne unwahrscheinlich ist.

Die angegebenen Klappstellenkapazitäten beruhen auf einer zeitlichen Mengenentwicklung, die ungefähr der der Unterhaltungsbaggerung entspricht. Dauern die Ausbaggerungen länger als ein Jahr, erhöhen sich die Kapazitäten entsprechend.

In der Außenelbe ist eine zunehmende Rinnenbildung in Richtung Norden (zwischen Großem Vogelsand und Gelbsand) festzustellen. Ursache ist vermutlich der Ebbstrom, der hier durch Geradeauslaufen bzw. Rechtsablenkung schlecht der Fahrrinne in Richtung Westen folgt. Diese Rinnenbildung ist nachteilig für die Tidedynamik des Gesamtsystems, da sie ein einfacheres Ein- und Ausschwingen der Tidewelle ermöglicht. Deshalb werden vorzugsweise solche Klappstellen genutzt, bei denen das Material möglichst dieser Rinnenbildung entgegenwirkt.

Klappstelle 733

Die Klappstelle 733 liegt östlich der Mittelrinne. Aufgrund der Strömungsverhältnisse wird das verklappte Material nach derzeitigem Erfahrungsstand aus dem Bereich der Fahrrinne mit dem Ebbstrom in Richtung Norden verfrachtet. Im günstigsten Fall kann angenommen werden, dass das Material in Richtung Gelbsand - Luechter Loch vertriebt und dort der beschriebenen Rinnenbildung entgegenwirkt.

Im Kernbereich der in der Unterhaltung genutzten Klappstelle kann kein Ausbaggergut mehr untergebracht werden. Für die Fahrrinnenanpassung soll die Klappstelle wie folgt erweitert werden: Erweiterungsbereich A: 0,2 Mio. m³, Erweiterungsbereich B: 0,5 Mio. m³, zusammen also 0,7 Mio. m³.

Klappstelle 740 und 741

Die Klappstellen 740 und 741 liegen nördlich der Mittelrinne. Aufgrund der Strömungsverhältnisse wird das verklappte Material nach derzeitigem Erfahrungsstand aus dem Bereich der Fahrrinne mit dem Ebbstrom in Richtung Norden verfrachtet. Im günstigsten



Fall kann angenommen werden, dass das Material der beschriebenen Rinnenbildung entgegenwirkt.

Die Kapazität der Klappstelle 740 beträgt im Kernbereich 0,4 Mio. m³. Für die Fahrrinnenanpassung soll die Klappstelle um 1,6 Mio. m³ auf 2,0 Mio. m³ erweitert werden. Die Kapazität der Klappstelle 741 beträgt im Kernbereich 0,5 Mio. m³.

Bake B

Im Bereich der Bake sind verhältnismäßig große Wassertiefen festzustellen, die bei weiterer Zunahme zu einer Gefährdung der Standsicherheit führen. Aus diesem Grund wurde in der Unterhaltung eine Klappstelle eingerichtet. Die Kapazität für Ausbaubaggergut beträgt 1,2 Mio. m³.

Außenelbebereich

Der Bereich der Außenelbe birgt in tiefen Bereichen neben der Fahrrinne ein weiteres Potential für die Unterbringung von Ausbaubaggermengen. Diese Verbringungs-Option könnte dann zum Tragen kommen, wenn Teile des beschriebenen Verbringungskonzeptes sich nicht im oben skizzierten Umfang realisieren lassen sollten.

7.2.6 Sonstige Verwendung

Wie im Abschnitt 7.2.1 ausgeführt, sollen mit dem Verbringungskonzept neben der Unterbringung des Ausbaubaggergutes sowohl ökologische als auch strombauliche Ziele verfolgt werden. Insofern soll das Ausbaubaggergut grundsätzlich im Gewässer verbleiben, um so die ausbaubedingten Änderungen der Tidedynamik sowie die zukünftigen Unterhaltungsbaggermengen zu minimieren.

Allerdings kann in besonderen Fällen auch eine wirtschaftliche Verwertung des Baggergutes durch Dritte und somit eine landseitige Verbringung des Ausbaubaggergutes (z. B. für Hochwasserschutzanlagen, Straßenbau, Hafenbeckenverfüllung, Geländeaufhöhungen) in Frage kommen, ohne dass zum jetzigen Zeitpunkt bereits konkrete Maßnahmen, Verbringungsorte und -mengen genannt werden können.

7.3 Strombau

Das im Kapitel 7.2 beschriebene Verbringungskonzept ist in weiten Teilen mit einer ausbaubezogenen Strombaukonzeption gleichzusetzen. Mit der sowohl strombaulich als auch ökologisch optimierten Unterbringung des Ausbaubaggergutes wird - wie die Modelluntersuchungen der BAW-DH (2003c) zeigen - eine Minimierung der ausbaubedingten Änderungen der Tidedynamik erzielt, und zwar in einem noch stärkerem Maße als bei der letzten Fahrrinnenanpassung. Die Unterbringung des Baggergutes in strombaulich wirksame und zugleich ökologisch vorteilhafte Unterwasserablagereungsflächen

hat vor diesem Hintergrund grundsätzlich Vorrang vor anderen Verbringungsarten (z. B. der Unterbringung auf Klappstellen).

Unabhängig von diesen strombaulichen Komponenten des Verbringungskonzepts ist für die Unter- und Außenelbe ein übergeordneter, ganzheitlicher und von einem Ausbau unabhängiger Strombau vorgesehen, der in erster Linie auf eine hydraulische Dämpfung negativer, natürlicher und anthropogen hervorgerufener Entwicklungen sowie eine Optimierung der Unterhaltung abzielt. Verschiedene Ansätze werden zurzeit untersucht; erste Ergebnisse und Vorschläge werden in einem Gutachten der BAW dargelegt (Bundesanstalt für Wasserbau 2003b). Konkrete Maßnahmen können zum gegenwärtigen Zeitpunkt in diesem Zusammenhang aber noch nicht genannt werden. Prinzipiell denkbar sind u. a.

- strombauliche Maßnahmen im Bereich des Mündungstrichters, z. B. eine (weitere) Drosselung der Medemrinne
- Pflegebaggerungen in Nebenelben zur Erhöhung der Durchströmung
- Schaffung von zusätzlichem Tidevolumen, insbesondere im oberstromigen Bereich.

7.4 Bauablaufplanung

Der zeitliche Ablauf der Baumaßnahme kann zum jetzigen Zeitpunkt aufgrund noch nicht hinreichend bestimmter Randbedingungen nicht detailliert angegeben werden.

Als wesentliche Baumaßnahmen sind zu nennen:

- Unterwasserablagerungsflächen
- Ufervorspülungen
- Nassbaggerarbeiten

Nach Vorlage des vollziehbaren Planfeststellungsbeschlusses wird mit dem Bau der Unterwasserablagerungsflächen begonnen. Parallel mit dem Baufortschritt können Teilbefüllungen erfolgen.

Unterwasserablagerungsflächen

Der Ablauf für den Bau der Unterwasserablagerungsflächen Hanskalbsand, Scheelenkuhlen und St. Margarethen lässt sich wie folgt skizzieren. Die oberstromigen und unterstromigen Schwellen werden im Bereich von KN +1,5 m bis KN -3,0 m aus Schüttsteinen/Geocontainern, die auf Geotextilien gegründet werden, gebildet. Es erfolgen innerhalb der geplanten Unterwasserablagerungsfläche gezielte Bodenverklappungen mit geeignetem Sand. Der eingebrachte Boden wird zur Befüllung der geplanten Geocontainer verwendet. Die Konstruktionshöhe eines Containers erreicht nach dem Einbau ca. 2,5 m. In Bereichen bis KN -5,0m werden daher die Randschwellen einlagig aus Geocontainern aufgebaut. Tiefen von KN -5,0 bis KN -7,5 m werden zweilagig aus insgesamt drei Geocontainern hergestellt. Um den Einsatz der kostenintensiven Geocontainer zu minimieren, wird bei entsprechender Verfügbarkeit von geeignetem Material die Sohle im Gründungsbereich bis auf KN -5,0 m vor dem Einbau der Geocontainer aufgefüllt. Parallel mit dem Baufortschritt können Teilbefüllungen erfolgen.

Der Bauablauf für die Unterwasserablagerungsflächen Neufelder Sand und Medemrinne erfolgt entsprechend. Eine bautechnische Ausführungsplanung, die die Fragen der Erosionsstabilität (auch für Zwischenzustände) und das sichere Einbinden in angrenzende Wattbereiche gewährleistet, wird noch erstellt. Parallel mit dem Baufortschritt können Teilbefüllungen erfolgen.

Nach Vorlage des Planfeststellungsbeschlusses sind für die EU-Vergabe 6 Monate vorgesehen. Der Bau der Ablagerungsflächen Hanskalbsand, Scheelenkuhlen und St. Margarethen wird derzeit auf 8 bis 12 Monate veranschlagt. Für den Bau der Ablagerungsflächen Medemrinne und Neufelder Sand wird eine Bauzeit von 18 Monaten abgeschätzt.

Ufervorspülungen

Die baulichen Vorbereitungen für die Ufervorspülungen erfolgen zeitgleich zum Bau der Unterwasserablagerungsflächen. Der Aufbau ist mit den Unterwasserablagerungsflächen vergleichbar, wesentlicher Unterschied sind die geringeren Tiefen und die im Einzelfall zusätzlich zu erstellenden Buhnen innerhalb der Vorspülbereiche.

Aufgrund der geringeren Wassertiefen wird der Boden weitestgehend über eine Verspülleitung eingebaut. Im Uferbereich wird zusätzlich Baugerät zur Steuerung des Spülprozesses eingesetzt.

Nach Vorlage des Planfeststellungsbeschlusses sind für die Vergabe 6 Monate vorgesehen. Der Bau der Vorspülbereiche wird derzeit auf 8 Monate veranschlagt.

Nassbaggerarbeiten

Bei den Nassbaggerarbeiten sind im gesamten Ausbaubereich erhebliche bauliche Abhängigkeiten zu den Unterwasserablagerungsflächen und Ufervorspülungen gegeben. Die Dauer der Ufervorspülungen und Befüllung der Unterwasserablagerungsflächen richtet sich nach dem zeitlichen Anfall der Ausbaumengen und der eingesetzten Verspülkapazität. Die einzelnen Verspülbaustellen werden parallel bzw. mit möglichst geringem Zeitversatz betrieben.

Da in den Unterwasserablagerungsflächen Medemrinne und Neufelder Sand rund 27 Mio m³ eingebaut werden und parallel hierzu der Bau der Randablagerungen erforderlich ist, sind zeitliche Überschneidungen nur begrenzt möglich. Unter der Voraussetzung, dass die zeitliche Überschneidung bei rund 6 Monaten liegt, die Gesamtbefüllung ca. 18 Monate in Anspruch nimmt, wird ein darüber hinaus gehender Befüllzeitraum von 12 Monaten angesetzt.

In Abhängigkeit von den Tiefenverhältnissen ist vorgesehen, die Befüllung der Unterwasserablagerungsflächen in maximalem Umfang durch Verklappungen vorzunehmen. Hierfür werden voraussichtliche kleinere Hopperbagger und Klappschuten zum Einsatz gelangen. Mit entsprechender Abnahme der Tiefenverhältnisse wird die Restbefüllung über Spülleitungen in Verbindung mit Einspülpontons bzw. in Rainbow-Verfahren erfolgen. Um die kostenintensiven Verspülzeiten der Hopper insbesondere im Bereich der Ablagerungsfläche Medemrinne und Neufelder Sand zu reduzieren ist hier der Bau einer Klappgrube innerhalb der Ablagerungsfläche vorgesehen. In die Klappgrube können



tiefgehende Hopper einfahren und direkt verklappen. Der Boden wird dann durch einen Saugbagger in Verbindung mit einer Schwimmleitung und Verspüleinheit eingebaut.

Für die Befüllung der Ablagerungsflächen Hanskalbsand, Scheelenkuhlen und St. Margarethen wird ein zeitlicher Überschneidungsbereich von 3 Monaten für realistisch gehalten, die Gesamtbefüllung wird mit 6 Monaten veranschlagt.

Die Befüllung der Ufervorspülungen wird mit 6 Monaten angesetzt. Hier sind keine zeitlichen Überschneidungen mit dem Bau möglich.

Für die zu verklappenden Mengen sind keine baulichen Vorlaufzeiten auf den Klappstellen erforderlich. Parallel zum Bau der Unterwasserablagerungsflächen und Ufervorspülbereiche können die Baggerungen mit entsprechenden Verklappungen durchgeführt werden.

Die Gesamtbauzeit für die Unterwasserablagerungsflächen, Ufervorspülungen und Nassbaggerarbeiten beläuft sich auf 36 Monate nach Planfeststellungsbeschluss.

7.5 Kostenermittlung

Die Kostenermittlung untergliedert sich in folgende Bereiche:

- Nassbaggerei
- Unterwasserablagerungsflächen, Ufersicherung sowie Ausgleich und Ersatz
- Sonstige Bauausgaben
- Bauleitung
- Leistungen der Bundesanstalten und Außenbereiche

Wesentliche Grundlage für die Kostenermittlungen bei den Baumaßnahmen sind die Mengenermittlungen bei der Nassbaggerei, die Abwicklungslängen der Geotextilien und Unterwassereinbindungen bei den Unterwasserablagerungsflächen und Ufervorspülungen. Die Einheitspreise für die Kostenermittlungen ergeben sich aus der Auswertung vergangener Ausschreibungen.

Die Kompensationskosten für jede Variante werden linear entsprechend der Flächeninanspruchnahme für den Baggereingriff ausgehend von Variante 3 (gleich 100 %) errechnet. Die Flächeninanspruchnahme der Variante 3 wird hierfür auf Grund der bisherigen Erfahrungen mit 25 Mio. € bewertet.

Die sonstigen Bauausgaben (Schaffung von Datengrundlagen, UVU, Planfeststellungsverfahren, Beweissicherung), die Kosten der Bauleitung und der Leistungen der Bundesanstalten und Außenbereiche werden auf Grundlage des vorangegangenen Ausbaus abgeschätzt.

Der Preisstand der Kosten beruht auf dem Jahr 1999 und beinhaltet keine Mehrwertsteuer.

Tab. 7.5-1: Kosten der Varianten 1 bis 6 für die NKU

Inhalt	Jahre	Var. 1 Mio €	Var. 2 Mio €	Var. 3 Mio €	Var. 4 Mio €	Var. 4.4 Mio €	Var. 5 Mio €	Var. 6 Mio €
Nassbaggerei	2008 bis 2009	107,241	159,307	333,177	137,568	169,056	230,507	185,083
Unterwasserablagerungsflächen inkl. Ufersicherung	2007	30,47	30,47	30,47	30,47	30,47	30,47	30,47
Sonstige Bauausgaben	2004 bis 2020	34,695	39,519	46,5	39,804	40,542	40,871	42,205
Bauleitung	2004 bis 2010	14,333	19,075	34,902	17,314	20,063	25,492	21,754
Leistungen der Bundesanstalten und Außenbereiche	2004 bis 2006	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
Gesamtkosten		195,739	257,371	454,049	234,156	269,131	336,34	288,512
<i>Auslastung Osteriff in Mio. m³</i>		6,412	12,201	20	13,468	15,81	20	20
<i>Kosten Osteriff in Mio €</i>		8,965	8,965	8,965	8,965	8,965	8,965	8,965
<i>Ansetzbare Kostenreduzierung bezogen auf 20 Mio. m³ Kapazität</i>		6,09	3,50	0,00	2,93	1,88	0,00	0,00
Gesamtkosten (bereinigt um Mindernutzung Osteriff, in Mio. €)		189,65	253,88	454,05	231,23	267,25	336,34	288,51
Nutzenminderung durch Unterhaltungsbaggerung nach Ausbau, in Mio. €	2010 bis 2012	9,23	10,72	16,04	10,74	10,90	13,38	13,75

Die Tab. 7.5-1 zeigt die in die NKU eingebrachten Kosten sowie die als negativer Nutzen anzusetzenden Baggerunterhaltungsmehraufwendungen. Letztere sind in Kap. 8.2 näher erläutert.

Die Kostenermittlung berücksichtigt nicht folgende denkbare Einsparpotentiale, da diese erst im Realisierungsfall der Maßnahme belastbar kalkuliert werden können:

- Transportkostensenkung für lange Strecken durch Einsatz von Transportgefäßen mit Kapazitäten von bis zu 50.000 m³ (mögliche Ersparnis ca. 10 - 15 Mio. €)
- Einsatz von geotextilen Großcontainern mit bis zu 5facher Größe der heute üblichen bei Unterwasserablagerungsflächen (mögliche Ersparnis ca. 10 Mio. €)
- Baggergut, das nicht für Strombau benötigt wird, kann für wirtschaftliche Zwecke abgegeben werden (mögliche Ersparnis 3,50 €/m³)
- Gegenrechnung der im Bereich des WSA Cuxhaven vorgesehenen strombaulichen Maßnahmen, die nach derzeitigem Stand auch unabhängig von einer weiteren Fahrrinnenanpassung vorgesehen sind (mögliche Ersparnis ca. 25 Mio. €)

8 Unterhaltung der Fahrrinne

8.1 Fahrrinnenunterhaltung Ist-Zustand

Die Entwicklung der Unterhaltungsbaggermengen ist abhängig von natürlichen und anthropogenen Einflussgrößen (Oberwasserabflussmenge, Tidewasserstand, Sturmfluthäufigkeit, Salzgehalt, Wassertemperatur), die auf die morphologische Entwicklung des Elbeästuars wirken.

Während sich die Ausbaumaßnahmen bis einschließlich zum 13,5 m-Ausbau (1974 - 1978) deutlich mit einem Anstieg der Unterhaltungsbaggermengen direkt nach dem Ausbau und einem Abklingen des Anstieges ab dem 4./5. Jahr nach Ausbaueingriff auswirkten, kann ein solcher Anstieg nach dem 14,5 m-Ausbau (1999) so nicht festgestellt werden.

Die in den vergangenen 29 Jahren seit 1974 (Beginn des 13,5 m-Ausbaues) angefallenen Unterhaltungsbaggermengen in der Unter- und Außenelbe einschließlich der Delegationsstrecke der Freien- und Hansestadt Hamburg sind in Abb. 8.1-1 und 8.1-2 dargestellt. Der Mittelwert der Zeitreihe beträgt 12 Mio. m³/a.

Für die betrachtete Zeitreihe 1974 bis 2002 weist der mittlere Oberwasserabfluss am Pegel Neu Darchau einen weitgehend entgegengesetzten Verlauf zu den jährlichen Unterhaltungsbaggermengen auf. Geringe Unterhaltungsbaggermengen korrelieren mit hohen Oberwasserabflüssen und hohe Unterhaltungsbaggermengen mit geringen Oberwasserabflüssen. Grundsätzlich sinken im Amtsbereich des WSA Hamburg bei großen Oberwasserabflüssen die Unterhaltungsbaggermengen, während es im Amtsbereich WSA Cuxhaven umgekehrt ist (Abb. 8.1-3).

Bemerkenswert ist jedoch, dass sich die Baggermengen an der Rhinplatte als bisherige Hauptbaggerstelle des WSA Hamburg ab 1999 deutlich reduziert haben. (Abb. 8.1-4). Hier scheinen neben dem erwähnten Einfluss des Oberwassers auch die Gestaltung des Längsschnitts (Sockellage im Bereich der Rhinplatte) sowie insbesondere die genau zu dem Zweck der Reduzierung der Unterhaltungsbaggermengen in diesem Bereich im Rahmen der letzten Fahrrinnenanpassung angelegten Baggergutablagerungsflächen Krautsand Nord und Süd die beabsichtigte Wirkung zu zeigen. Dagegen ist an der Hauptbaggerstelle Osteriff im Bereich des WSA Cuxhaven ein Zuwachs ab 1996 zu beobachten.

Abb. 8.1-1: Unterhaltungsbaggermengen in den Bereichen der WSÄ Hamburg und Cuxhaven sowie in der Hamburger Delegationsstrecke (nur Stromstrecke) seit 1974

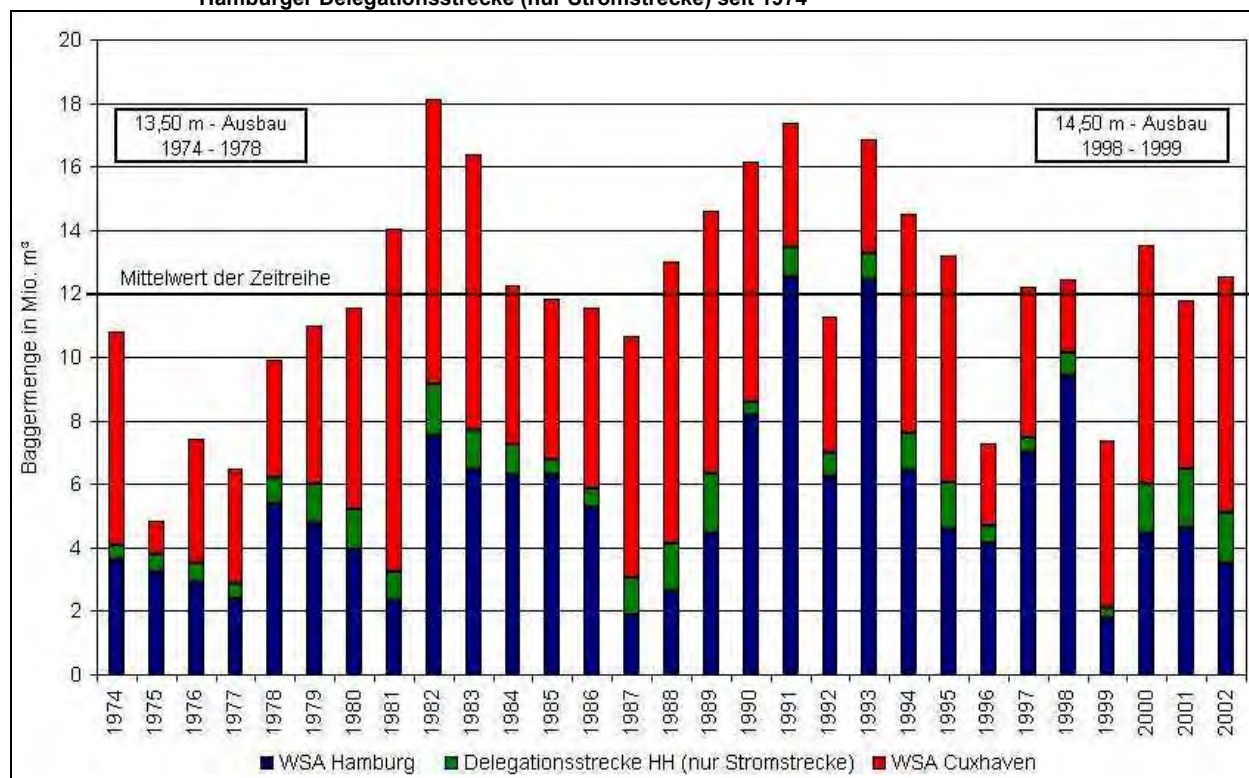


Abb. 8.1-2: Unterhaltungsbaggermengen im Bereich der WSV einschl. Bodenentnahmen Dritter ohne Hamburger Delegationsstrecke seit 1980

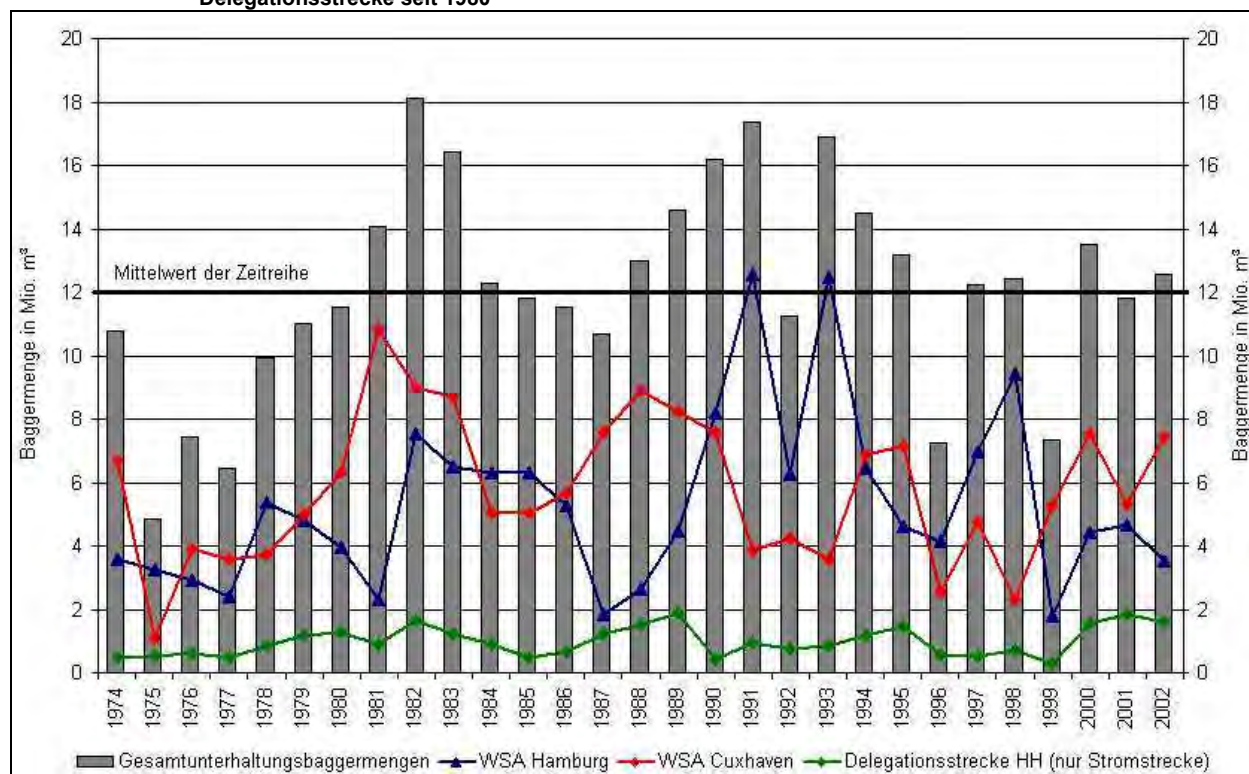


Abb. 8.1-3: Korrelation Unterhaltungsbaggermengen/Oberwasser seit 1974

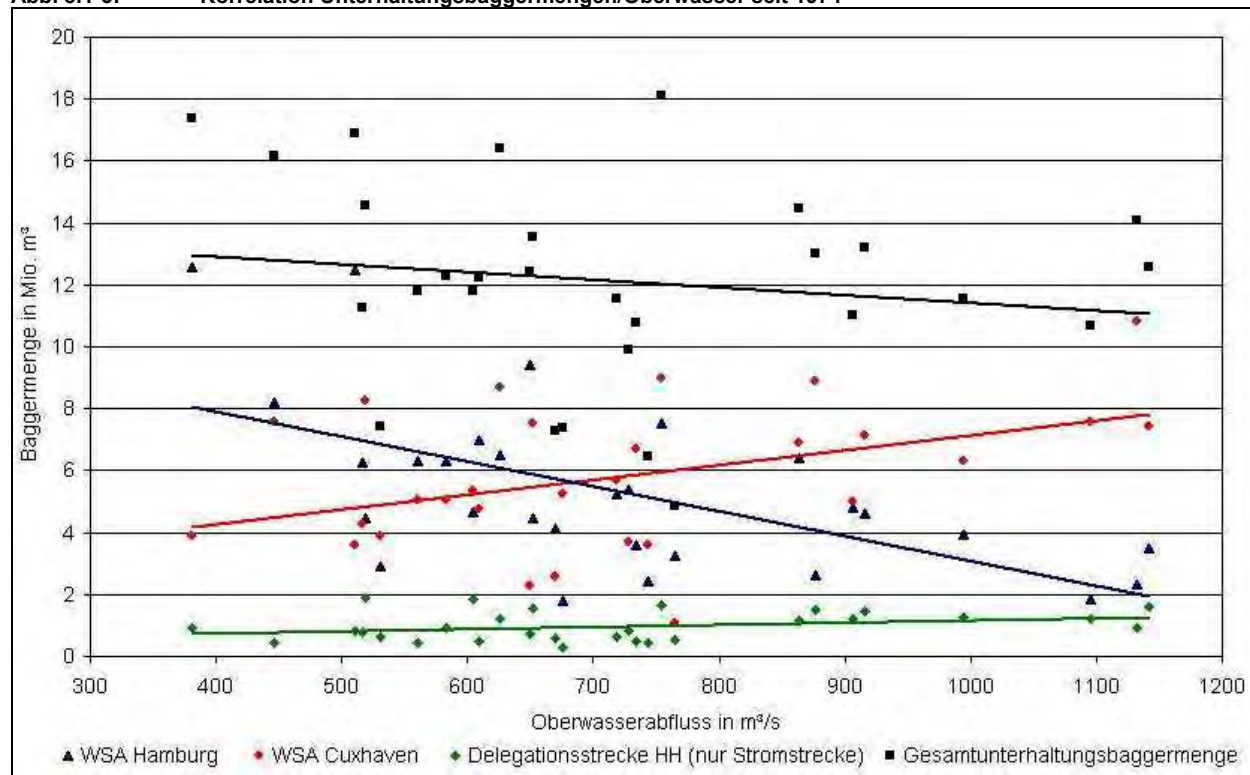
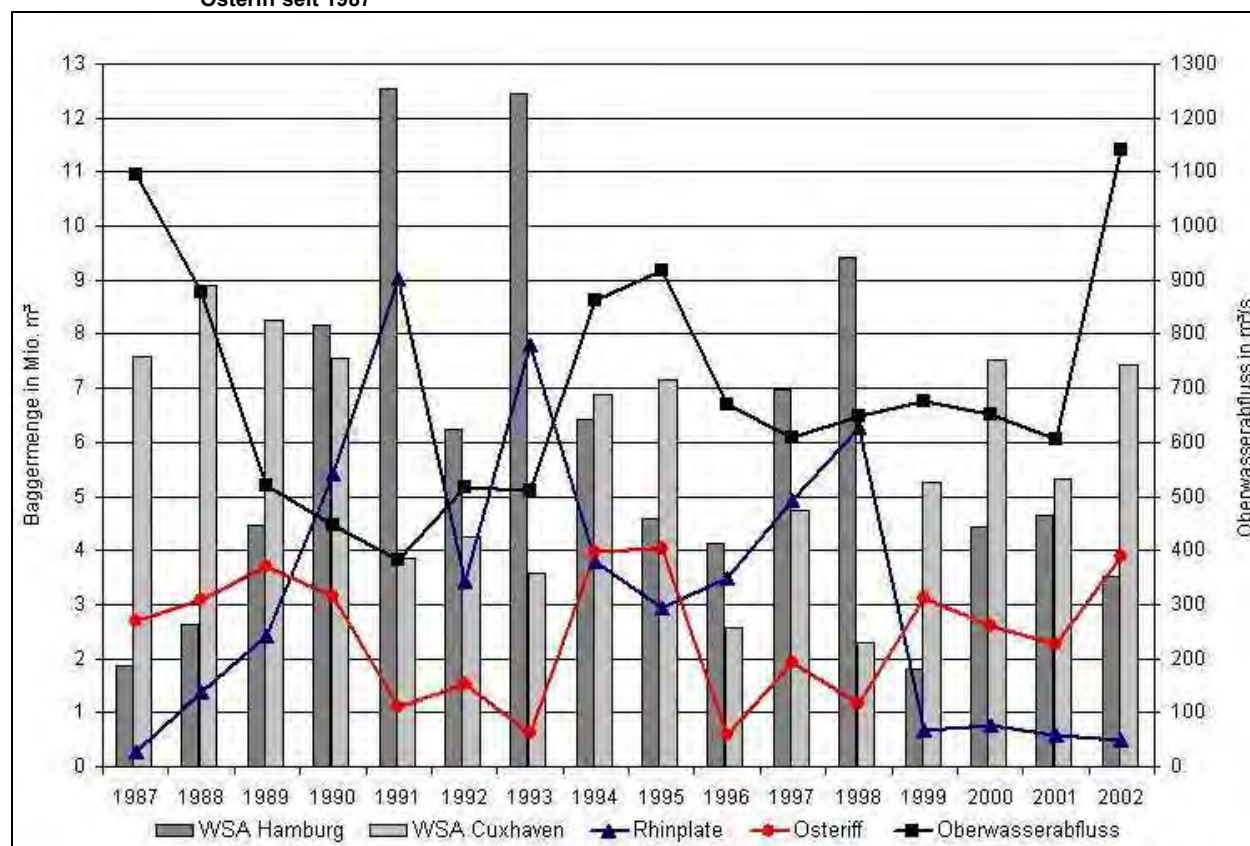


Abb. 8.1-4: Unterhaltungsbaggermengen der WSÄ Hamburg und Cuxhaven mit Hauptbaggerstellen Rhinplatte und Osteriff seit 1987



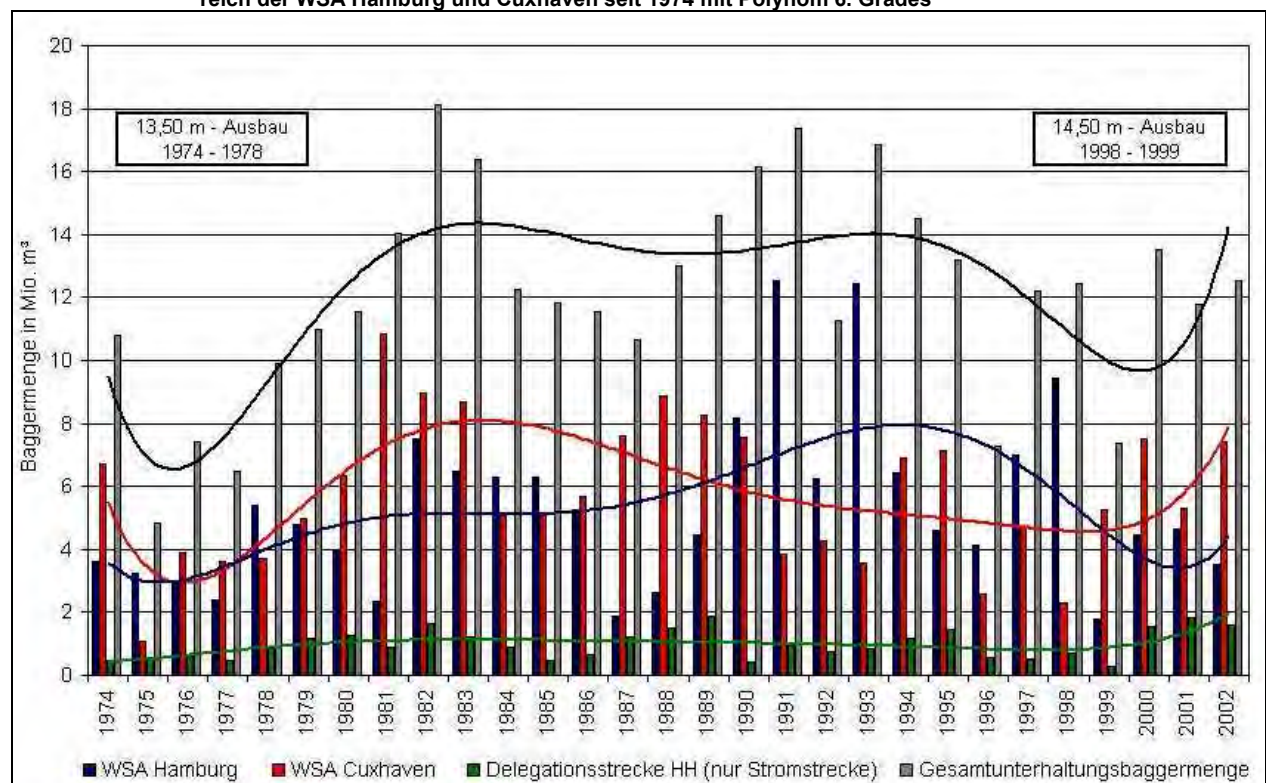
8.2 Fahrrinnenunterhaltung nach erfolgter Fahrrinnenanpassung

Im Gegensatz zu den Ausbaubagtermengen der jeweiligen Ausbauvarianten, die in Kenntnis der Topographie und der erforderlichen Ausbaueingriffe verhältnismäßig genau berechnet werden können, ist eine Ermittlung/Berechnung der zu erwartenden Unterhaltungsbagtermengen in den Folgejahren nach einem Ausbaueingriff auf der Grundlage des heutigen Kenntnisstandes nicht möglich.

Aus der bisherigen Entwicklung der Unterhaltungsbagtermengen einen rein statistischen Ansatz für eine Prognose herzuleiten ist unzureichend. Neben den Erfahrungen aus den vorhergegangenen Ausbauten ist eine Entwicklung der Unterhaltungsbagtermengen nach erfolgter Fahrrinnenanpassung unter Einbeziehung des vorhandenen Wissens zu den Auswirkungen der betrachteten Ausbauvarianten auf die Tide- und Strömungskenngrößen und damit letztlich auf den Sedimenthaushalt abzuschätzen.

Eine Analyse der Baggerunterhaltungsmengen seit 1974 wird in der Abb. 8.2-1 durch den Vergleich der polynomischen Funktionen (Polynom 6. Grades) der Gesamtunterhaltungsbagtermengen an Unter- und Außenelbe und den in den Zuständigkeitsbereichen der WSÄ Hamburg und Cuxhaven anfallenden Bagtergutmengen durchgeführt. Die Unterhaltungsbagtermengen an Unter- und Außenelbe weisen bis 1989 und nach dem 14,5 m-Ausbau eine hohe Abhängigkeit von der Entwicklung der Bagtermengen im Zuständigkeitsbereich des WSA Cuxhaven auf.

Abb. 8.2-1: Unterhaltungsbagtermengen in der Hamburger Delegationsstrecke (nur Stromstrecke) und im Amtsbe-
reich der WSÄ Hamburg und Cuxhaven seit 1974 mit Polynom 6. Grades



Im zeitlichen Zusammenhang mit dem Jahr 1989 stehen die folgenden Erscheinungen:

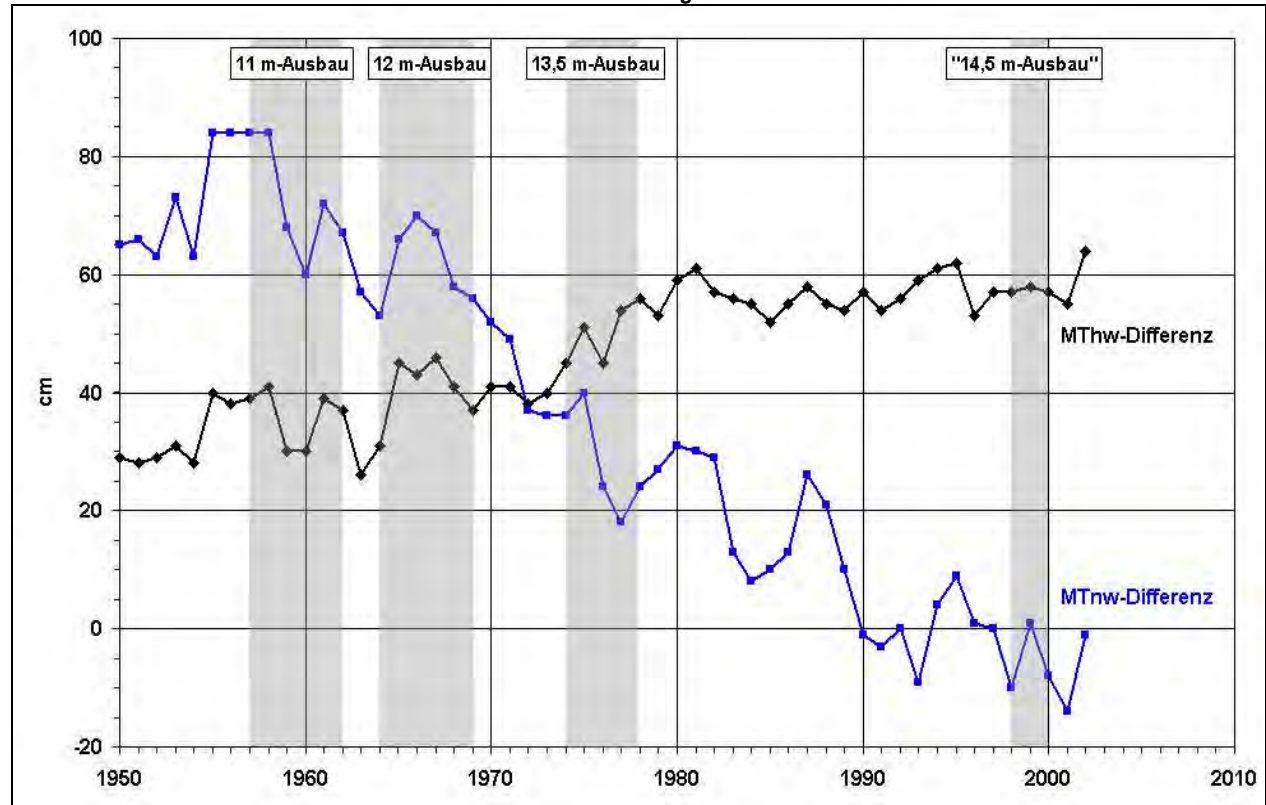
- Umstellung der Baggerstrategie auf Umlagerung
- Umfangreicher Sperrwerks- und Hafenbau zu Beginn der 1980er Jahre
- Zunehmende Aufweitung des Mündungsquerschnittes

- Tnw am Pegel St. Pauli fällt unter Tnw von Cuxhaven
- Aus dem Vergleich der mittleren Flut- und Ebbestromgeschwindigkeiten der Kubizierungen von 1980 und 1988 geht hervor, dass sich die Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich der Baggerstelle Rhinplatte erheblich reduziert haben.

Darüber hinaus ist zu beachten:

Die MTnw-Differenzen zwischen den Pegeln Hamburg-St. Pauli und Cuxhaven zeigen ab Mitte der 1960er Jahre einen signifikanten Abfall, während die MThw-Differenzen insbesondere in den 1970er Jahren deutlich angestiegen sind (Abb. 8.2-2).

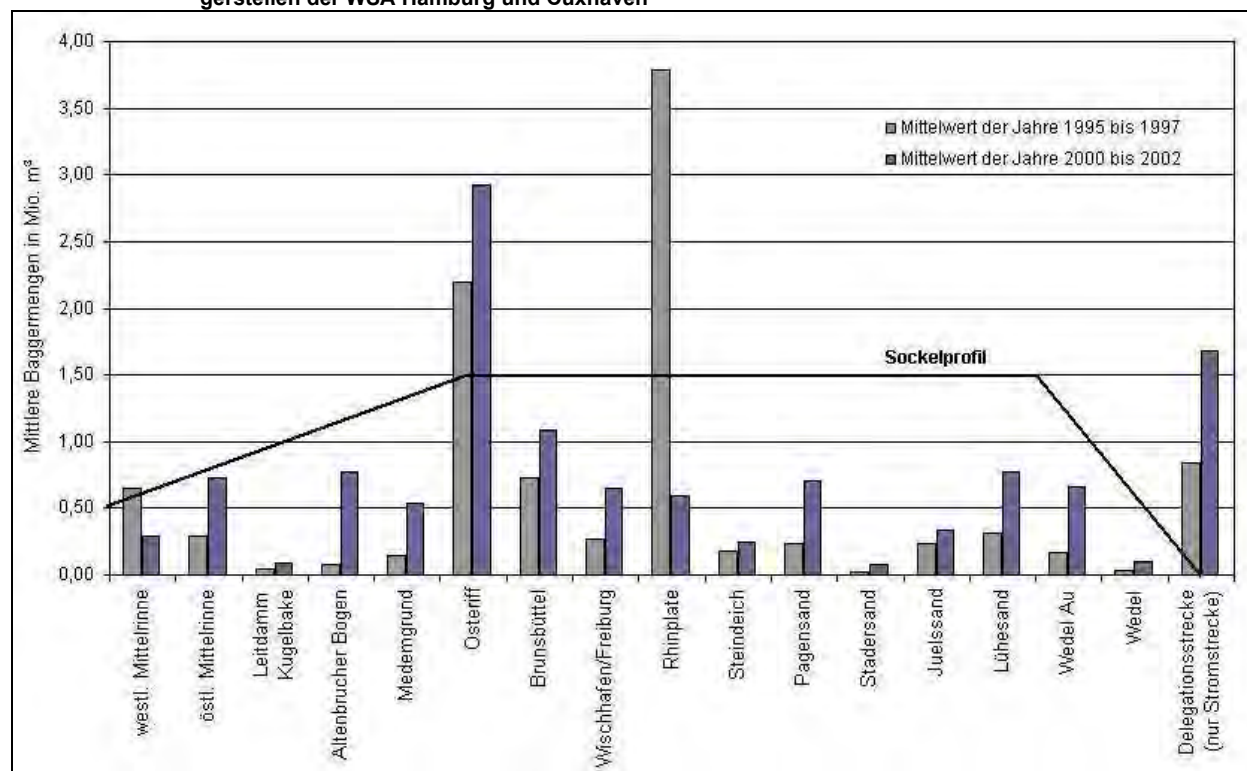
Abb. 8.2-2: MTnw- und MThw-Differenzen zwischen den Pegeln HH-St. Pauli und Cuxhaven seit 1950



Aus der Entwicklung der prozentualen Anteile der Hauptbaggerstellen an Unterhaltungsbaggerrmenge wird insbesondere seit dem 14,5 m-Ausbau ein Trend zu niedrigeren Baggermengen im Bereich der Baggerstelle Rhinplatte ersichtlich (siehe Abb. 8.1-4).

Die Unterhaltungsbaggerrmengen an Unter- und Außenelbe weisen nach dem letzten Ausbau nunmehr wieder eine höhere Abhängigkeit von der Entwicklung der Baggermengen im Zuständigkeitsbereich des WSA Cuxhaven auf (Abb. 8.2-1). Insbesondere ist an der Baggerstelle Osteriff ein weiterer Anstieg festzustellen (Abb. 8.2-3).

Abb. 8.2-3: Vergleich der Unterhaltungsbaggermengen-Mittelwerte der Jahre 1995-1997 und 2000-2002 an den Baggerstellen der WSÄ Hamburg und Cuxhaven



Der Vergleich der Jahre 1997 und 2001 zeigt eine annähernd gleiche Konstellation der natürlichen Einflussfaktoren (siehe Abb. 8.2-4). Daher sind die beobachteten Veränderungen der Hauptbaggerstellen weitestgehend unabhängig von Veränderungen natürlicher Einflussgrößen anzusehen.

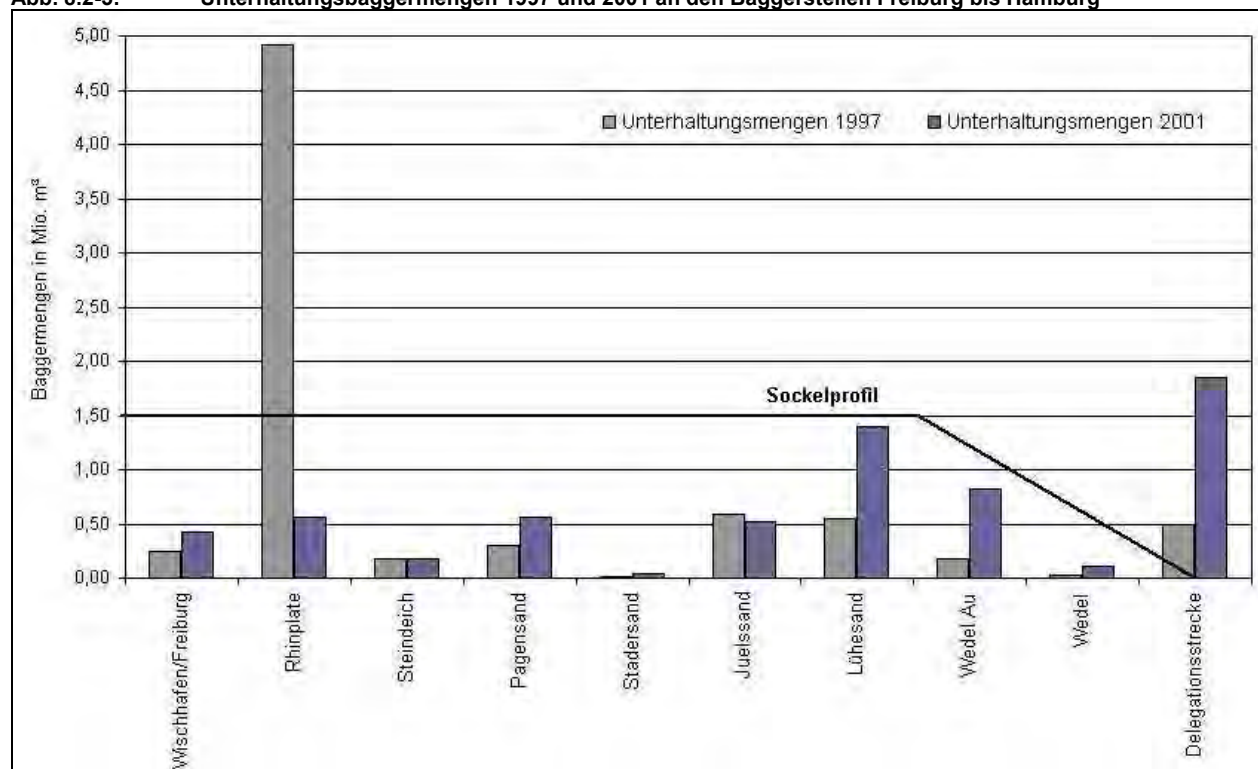
Abb. 8.2-4: Einflussfaktoren und Unterhaltungsbaggermengen ab 1987 für die WSÄ Hamburg und Cuxhaven

Jahr	WSA Hamburg	WSA Cuxhaven	Unterhaltungsbaggermenge	Anteil Rhinplate	Anteil Osteriff	Oberwasser	Thb	Anzahl der Sturmfluten	Wassertemperatur
1987	2,63	9,98	12,61	0,29	2,70	1096	498	0	17,0
1988	2,91	8,17	11,08	1,38	3,10	877	505	0	18,4
1989	4,46	8,27	12,73	2,43	3,70	519	507	0	18,2
1990	8,18	7,21	15,39	5,42	3,16	446	513	9	18,2
1991	12,56	3,87	16,43	9,03	1,09	381	508	1	17,4
1992	6,25	4,25	10,50	3,43	1,54	516	502	0	18,6
1993	12,46	3,38	15,84	7,80	0,60	511	503	9	16,6
1994	6,43	6,89	13,32	3,78	3,97	863	504	4	18,8
1995	4,60	7,15	11,75	2,95	4,03	916	512	3	18,2
1996	4,13	2,56	6,69	3,49	0,58	669	487	8	17,4
1997	6,99	2,76	9,75	4,92	1,94	609	504	1	18,8
1998	9,42	2,28	11,70	6,28	1,16	649	505	1	17,1
1999	1,80	5,26	7,06	0,66	3,13	676	506	1	19,2
2000	4,45	6,59	11,04	0,75	2,61	651	512	4	18,8
2001	4,62	5,32	9,94	0,57	2,26	604	500	0	18,3
2002	3,51	8,68	12,19	0,48	3,89	1142	512	3	19,8

Betrachtet man dazu die Baggermengenverteilung der Jahre 1997 und 2001 bezogen auf die einzelnen Baggerstellen von Freiburg stromauf bis Hamburg, stellt sich das folgende Bild dar (siehe Abb. 8.2-5):

- Erhöhte Sedimentationen in Rampenbereichen (Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit)
- Erhebliche Abnahme der Baggermengen im Bereich Rhinplatte durch Harmonisierung der Strömungsgeschwindigkeiten (Strombau)
- Verteilung der Baggermengen Rhinplatte auf benachbarte Baggerstellen (erhöhte Strömung im Bereich Rhinplatte und erhöhte Verfügbarkeit von Sediment im Wasserkörper)
- Die Delegationsstrecke zeigt erhöhte Sedimentation, die unter Umständen auf eine erhöhte Verfügbarkeit von Sediment im Wasserkörper zurückzuführen ist. Mögliche Wirkungskette:
 - Verstärkung des residuellen Stromauftransportes
 - Verlust der Baggerstelle Rhinplatte
 - Aufweitung des Fahrrinnenprofils durch die Rampenstrecke

Abb. 8.2-5: Unterhaltungsbaggermengen 1997 und 2001 an den Baggerstellen Freiburg bis Hamburg



Die gleichen Ursachen mögen die Zunahme der Baggermengen im Bereich des WSA Cuxhaven im Vergleich 1997 und 2001 begründen (siehe Abb. 8.2-3).

Die im Zusammenhang mit der letzten Fahrrinnenanpassung umgesetzten Überlegungen eines auswirkungsmindernden und Unterhaltungsbaggermengen günstig beeinflussenden Strombaus (Sockelprofil, Unterwasserablagerungsstellen) haben sich nach bisher vorliegenden Erkenntnissen bewährt.

Umgesetzt und weiterentwickelt ist der Strombau im vorgenannten Sinn im Rahmen des Verbringkonzeptes für das Ausbaubaggergut in der Variante 4.4, die im Gutachten der BAW-DH (BAW 2003c) bewertet wurde:

1. Der Stromauftransport von Feststoffen im limnischen Bereich des Ästuars unterhalb von Hamburg wird verstärkt. Damit werden die Baggermengen im Hamburger Hafen zunehmen.
2. Unterhalb Brunsbüttel von Stromkilometer 700 stromab bis Stromkilometer 715 wird es durch den Ebbestrom zu Erosionen kommen. Diese sind im Abschnitt der derzeitigen Hauptbaggerstelle am Osteriff erwünscht und zielführend.
3. Durch die geplante Drosselung der Medemrinne wird in ihrer oberen Hälfte eine Feststoffsedimentation zu erwarten sein, die die Unterwasserablagerungsstelle durch die natürliche morphologische Entwicklung mittel- bis langfristig seeseitig zusätzlich stabilisiert. Dieser zusätzliche Sedimentationsraum dient mindestens vorübergehend der Minderung der Trübung im Ästuar.
4. Der nahezu wasserstandsneutrale Ausbau wird zu Abnahmen der Flut- und Ebbestromgeschwindigkeiten oberhalb der Störmündung führen. Daher ist eine Zunahme der Trübung (= Indikator für Sinkstofftransport) nicht zu befürchten. Darüber hinaus wird es durch die Drosselung des Durchflusses durch die Medemrinne zu einer Verminderung der morphologischen Aktivitäten im Bereich der Sände Medemsand, Medemgrund und Kratzsand kommen, so dass der Strom nach Realisierung der Maßnahme nicht mehr in der Lage sein wird, sehr große Sedimentationsvolumina des Medemsandes (die auch bindige Anteile enthalten) wie in den vergangenen Jahren aufzuarbeiten und in das Tideregime einzubringen.
5. Die Nebengelben werden in gleichartiger Weise nach dem Ausbau wie bisher verlanden. Ausbaubedingt wird dieser Prozess nicht beschleunigt.
6. In der Begegnungsstrecke ist bei Neßsand mit erheblichen Sedimentationen zu rechnen, die durch strombauliche Optimierung in der Hauptuntersuchung zu verringern sind.

Aus der Zusammenfassung der Erkenntnisse, die sich aus der Analyse der Entwicklung der Unterhaltungsbaggermengen in der Unter- und Außenelbe nach dem 14,5 m-Ausbau ergeben, und den Ergebnissen des Gutachtens der BAW-DH (BAW 2003c) werden für die Entwicklung der Unterhaltungsbaggermengen nach einer weiteren Fahrrinnenanpassung folgende Schlüsse gezogen:

- Wenn auch der Baggerunterhaltungsaufwand nach der letzten Fahrrinnenanpassung nicht signifikant zugenommen hat, ist für eine weitere Fahrrinnenanpassung mit einer gemäßigten Zunahme zu rechnen.
- Die morphologische Reaktion auf den Ausbaueingriff und auf die strombauliche Wirkung der Baggergutunterbringung wird mittelfristig eine Stabilisierung der Unterhaltungsbaggermengen auf heutigem Niveau bewirken. Es wird erwartet, dass die Umsetzung des strombaulichen Verbringkonzeptes (Einengung des Mündungsquerschnittes mit Stützung des Tnw) eine Verringerung der Unterhaltungsbaggermengen zur Folge hat.

Als Ansatz für die befristete Erhöhung der Unterhaltungsbaggermengen wird ein Wert von rd. 25 % des langjährigen Mittels von 12 Mio m³/a für drei Jahre ab Ausbauende für



die Zielvariante 4.4 gewählt. Dieser Mittelwert liegt bereits auf der sicheren Seite, setzt man die positive Entwicklung in der WSV-Strecke an.

Die rd. 3 Mio. m³ Mehrmengen finden sich auch in dem von der BAW-DH gewählten Ansatz für die Berücksichtigung eines morphologischen Nachlaufes in der Modellierung wieder. Dort wurde für den morphologischen Nachlauf die Böschungsneigung mit 1:10 und ein Tiefenzuschlag von 0,3 m angesetzt. Für die tatsächliche Ausführung ist von einer Böschungsneigung von 1:3 und einer Überbaggerung von i. M. 0,2 m auszugehen. Die Differenz aus diesen zwei Ansätzen ergibt für Variante 4.4 einschl. Auflockerung eine Menge von rd. 2.966.000 m³.

Um die verschiedenen Varianten untereinander wichten zu können, wird diese Differenz für jede Variante ermittelt und als zusätzlicher Unterhaltungsaufwand kalkuliert.

Da das Unterhaltungsbaggergut in der Fahrrinne nicht nur aus Böschungsruutschungen sondern auch aus Umlagerungen entsteht, wird die morphologische Nachlaufbaggermenge bis zum Abklingen der Nachlaufreaktion auf drei Jahre fortgeschrieben.

Unter der vereinfachten Annahme, dass mittelfristig das Strombaukonzept bei allen Varianten den Mehraufwand kompensiert, ist nach drei Jahren der Kostenmehraufwand neutralisiert. (Dabei schneiden die Varianten 3, 5 und 6 vermutlich zu günstig ab)

9 Zusammenfassung der Ergebnisse der Machbarkeitsuntersuchung

9.1 Hydrologische Untersuchungen

In ihrer Machbarkeitsuntersuchung vom Juli 2003 (BAW 2003a) untersuchte die Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg, die ausbaubedingten Änderungen der maßgebenden Tidekennwerte für die von der Projektgruppe entwickelten Ausbauvarianten. Im Endergebnis der Machbarkeitsuntersuchung wurden die Varianten 2.1 und 4 von der BAW-DH als „machbar“ bewertet, weil sie die abiotischen, das Ästuarsystem kennzeichnenden Zustandsgrößen in einem vergleichsweise geringen Umfang verändern. Da Variante 2.1, wie in Kap. 5 beschrieben, aus anderen Gründen nicht für eine Realisierung in Frage kommt, beschränkten sich die weiteren Untersuchungen auf Variante 4.

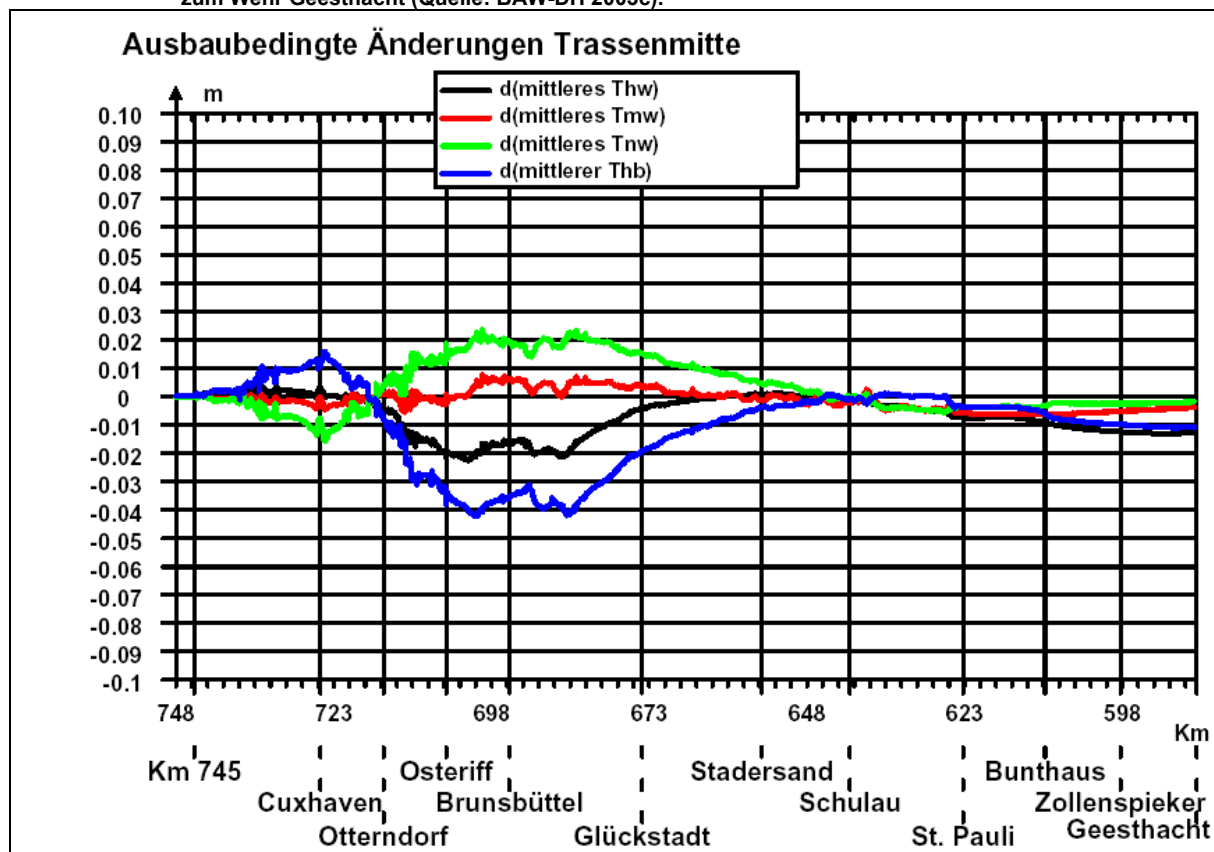
In einem weiteren Schritt der Variantenuntersuchungen wurden für die Variante 4 drei Begegnungsstrecken mit einer Aufweitung der Fahrrinnenstrasse direkt unterhalb des Hamburger Hafens untersucht (Varianten 4.1, 4.2 und 4.3). Auch bei der Berücksichtigung derartiger Begegnungsstrecken wurde die Ausbauvariante, bezogen auf hydraulische und tidedynamische Prozesse, von der BAW-DH als "machbar" eingestuft.

In einem ergänzenden Gutachten (Bundesanstalt für Wasserbau 2003c) werden die ausbaubedingten Veränderungen der Tidedynamik bei Berücksichtigung des im Kapitel 7 dargelegten strombaulichen Baggergutverbringungskonzeptes beschrieben. Außerdem wurde die gegenüber den Varianten 4.1 bis 4.3 nochmals weiter entwickelte Begegnungsstrecke unterhalb des Hamburger Hafens (Variante 4.4) berücksichtigt.

Wasserstände

Die Modellergebnisse zeigen, dass ein ganz wesentliches Ziel des strombaulichen Verbringungskonzeptes offenbar erreicht werden kann: Die ausbaubedingten Änderungen der Tidewasserstände sind generell ausgesprochen gering. In großen Teilen des Ästuars (unterhalb von Stadersand) wird sogar eine Reduzierung des Tidehubes erreicht: Das Tideniedrigwasser steigt um bis zu 2 cm, das Tidehochwasser sinkt um bis zu 2 cm. Damit reduziert sich der Tidehub dort bereichsweise um bis zu 4 cm. Oberhalb von Stadersand verändert sich der Tidehub ausbaubedingt um maximal 1 cm (Abb. 9.1-1). Allerdings rechnet die BAW-DH durch einen „morphologischen Nachlauf“ (z. B. Eintiefen der Fahrrinne im Bereich der Unterwasserablagerungsflächen Neufelder Sand / Medemrinne) langfristig mit einer zusätzlichen Erhöhung des Tidehubes von 2 cm stromauf dieser Ablagerungsflächen. Dies ändert jedoch nichts an der Tatsache, dass die prognostizierten Wasserstandsänderungen für die weitere Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe als ausgesprochen gering einzustufen sind; sie liegen in großen Teilen der Tideelbe im Bereich der Messgenauigkeit der Pegel.

Abb. 9.1-1: Ausbaubedingte Änderungen von Variante 4.4 (inkl. strombaulichem Verbringungskonzept) für Tidehochwasser (Thw), Tideniedrigwasser (Tnw), Tidemittelwasser (Tmw) und Tidehub (Thb) von km 748 bis zum Wehr Geesthacht (Quelle: BAW-DH 2003c).

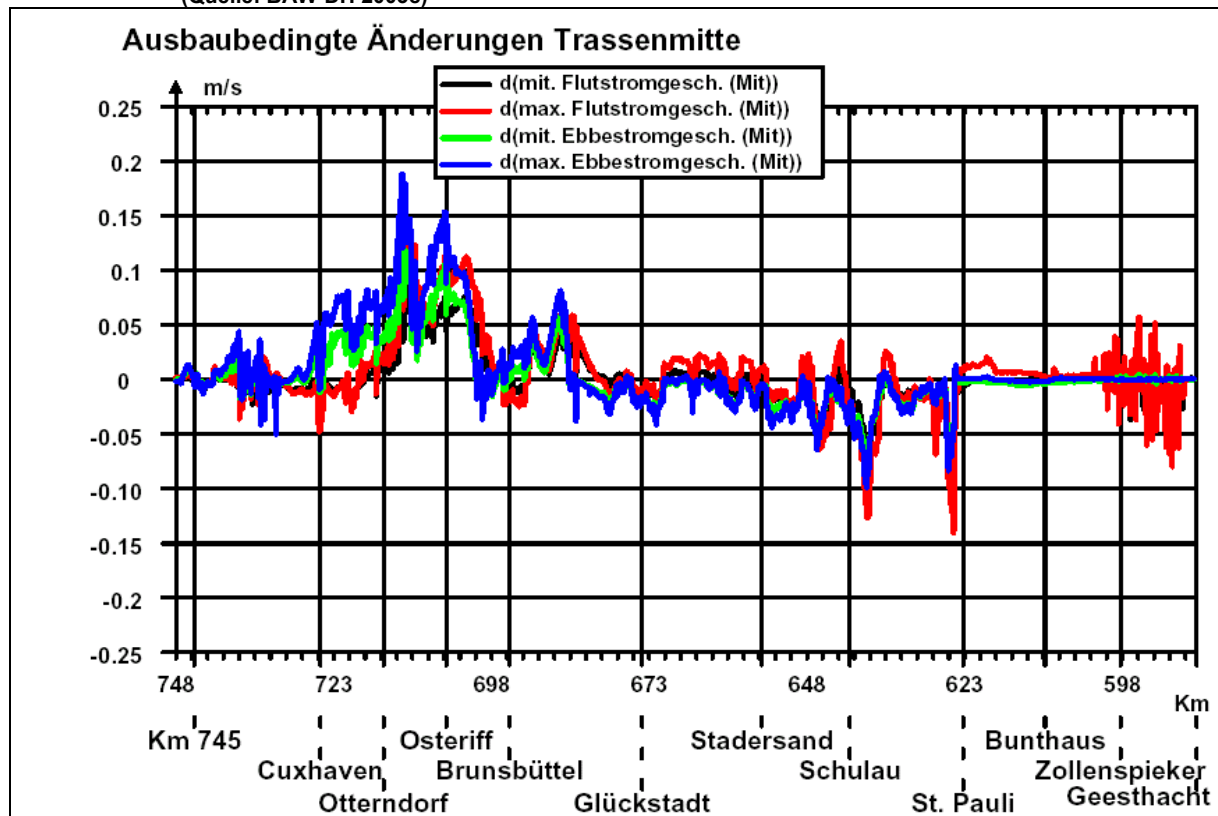


Strömungen

Die prognostizierten Veränderungen der Strömungsverhältnisse zeigt Abb. 9.1-2. Es ergeben sich, bezogen auf die Trassenmitte der Fahrrinne, im Wesentlichen folgende Änderungen:

- Die mittlere Flutstromgeschwindigkeit nimmt im Abschnitt km 703 bis 720 um bis zu 10 cm/s und von km 680 bis 696 um bis zu 5 cm/s zu.
- Die maximale Flutstromgeschwindigkeit nimmt im Abschnitt km 703 bis 720 um bis zu 13 cm/s und von km 680 bis 696 um bis zu 5 cm/s zu.
- Die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit nimmt im Abschnitt km 703 bis 728 um bis zu 13 cm/s und von km 688 bis 702 um bis zu 5 cm/s zu.
- Die maximale Ebbestromgeschwindigkeit nimmt im Abschnitt km 703 bis 728 um bis zu 20 cm/s und von km 688 bis 702 um bis zu 7 cm/s zu.
- Im Bereich der Begegnungsstrecke sind lokal deutliche Abnahmen der Strömungskenngrößen zu beobachten (maximal 25 cm/s).
- Dasselbe gilt auch für den Abschnitt des Köhlbrandes bis Altenwerder. Hier nimmt die mittlere Flut- und Ebbestromgeschwindigkeit um 10 cm/s ab. Die maximale Flutstromgeschwindigkeit nimmt um 20 cm/s, die maximale Ebbestromgeschwindigkeit um 12 cm/s ab.

Abb. 9.1-2: Ausbaubedingte Änderungen von Variante 4.4 (inkl. strombaulichem Verbringungskonzept) für die mittleren und maximalen Flut- und Ebbestromgeschwindigkeiten von km 748 bis zum Wehr Geesthacht (Quelle: BAW-DH 2003c)



Morphologische Entwicklung / Sedimenttransport

Durch die strombauliche Verwendung des Ausbaubaggergutes im Bereich der Unterwasser-Ablagerungsflächen wird es nach Einschätzung der BAW-DH insbesondere durch den Ebbestrom von km 700 stromab bis km 715 zu Erosionen in der Fahrrinne kommen. Diese Erosionen sind im Abschnitt der derzeitigen Hauptbaggerstelle am Osteriff erwünscht. Die sich derzeit dort bevorzugt einstellenden Auflandungen werden durch Erosionstendenzen verhindert.

In den Nebeneiben zeigen sich geringfügige Abnahmen der Strömungskenngrößen. Die Stauwasserzeiten werden geringfügig verlängert. Dennoch ist dort keine verstärkte Sedimentation zu erwarten, da das Sediment bei Stauwasserzeiten von über einer Stunde unter der anzunehmenden gleich bleibenden Schwebstoffkonzentration praktisch vollständig dem Wasserkörper entzogen wird. Es werden daraus Sedimentationsraten in der bisher beobachteten Größenordnung abgeleitet. Der Auflandungsprozess der Nebeneiben wird ausbaubedingt also nicht beschleunigt.

Des Weiteren erwartet die BAW-DH angesichts der ermittelten hydrodynamischen Kenngrößen sowie unter Beachtung der bekannten bisherigen morphologischen Entwicklungen folgende Wirkung auf den Sedimenttransport:

Zwischen der Ostemündung und der Rhinplatte wird es zu einer geringfügigen Zunahme im Verhältnis des flutstromorientierten zum ebbestromorientierten Transport kommen, wobei der residuelle Transport in der oberen Hälfte des Wasserkörpers der Fahrrinne auch nach dem Ausbau in Richtung des Ebbestroms verlaufen wird. Die geringfügige Zunahme des flutstromorientierten Transports wird sich daher vornehmlich im

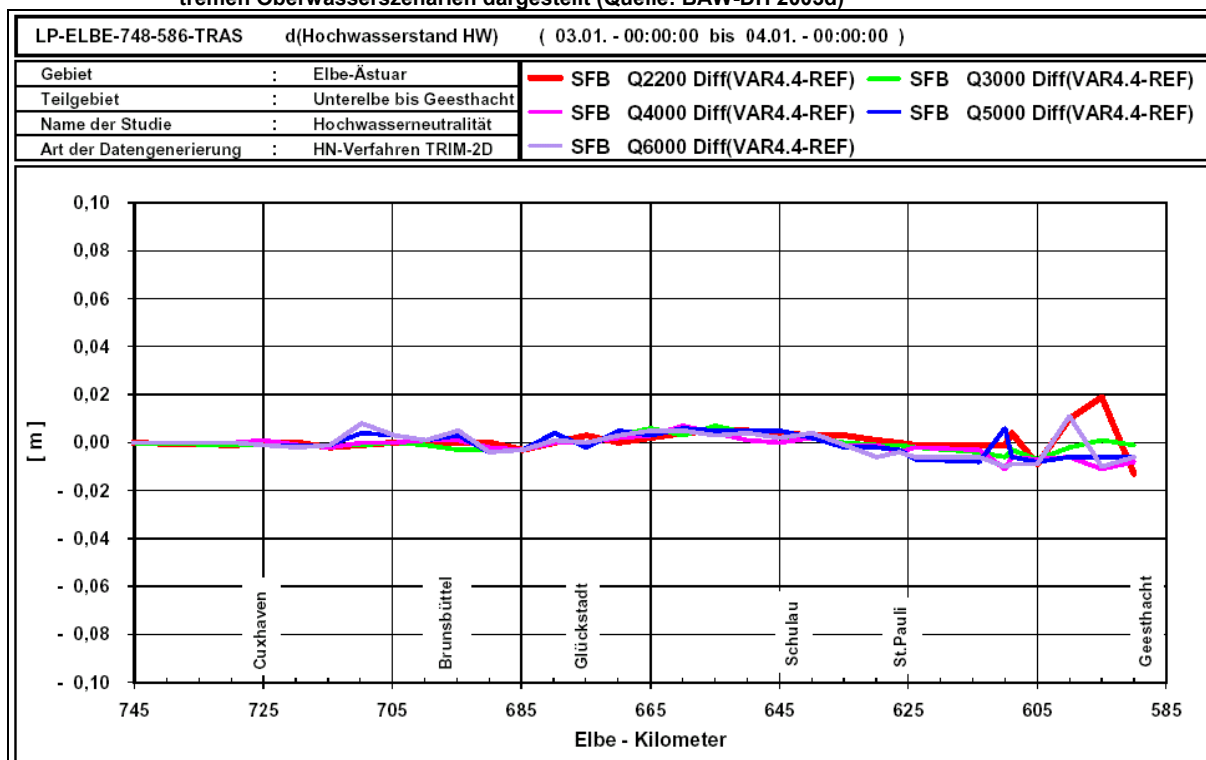
sohlnahen Wasserkörper der Fahrrinne auswirken. Im stromauf anschließenden Bereich zwischen der Rhinplatte und dem Dwarssloch gibt es in der Fahrrinne und den tiefen Seitenbereichen schon im Referenzzustand wechselnde Abschnitte mit vorherrschendem flut- und ebbstromorientierten Transport wobei der Anteil der flutstromorientierten Transportabschnitte bereits überwiegt. Vom Lühesand bis in den Hamburger Hafen hinein ist im Bereich der Fahrrinne dann von einem durchgehenden flutstromorientierten Transport im Referenzzustand auszugehen. Ausbaubedingt nimmt der Sedimenttransport (infolge der Aufweitung der Fahrrinnenquerschnitte ohne Zunahme des Tidehubes) zwischen der Rhinplatte und dem Dwarssloch in Richtung des Ebbestroms stärker ab, als dies beim Sedimenttransport in Richtung des Flutstroms der Fall ist. Für das Verhältnis beider Größen (Flutstromtransport zu Ebbestromtransport) kann von der Rhinplatte ausgehend bis in den Hamburger Hafen daher von einer Zunahme dieses Wertes ausgegangen werden. Hieraus folgt, dass der Stromauftransport von Feststoffen im limnischen Bereich des Ästuars unterhalb von Hamburg verstärkt wird und die Baggermengen im Hamburger Hafen durch den Ausbau zunehmen werden. Um welchen Faktor diese Baggermengen zunehmen, kann auf Grundlage der bisher eingesetzten Modellverfahren nicht abgeschätzt werden.

Sturmfluten, Hochwasser

Die Auswirkungen der Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe (Zielvariante inkl. strombaulichem Verbringungskonzept) auf die Sturmflutscheitelwasserstände entlang der Tideelbe wurde von der Bundesanstalt für Wasserbau in einem gesonderten Gutachten (BAW 2003d, sog. 'Hochwassertestat') untersucht. Im Modell untersucht wurden die ausbaubedingten Änderungen für die Bemessungssturmflut 2085 A, einer synthetischen Extremsturmflut, die für die Bemessung der Hochwasserschutzanlagen an der gesamten Tideelbe zwischen Geesthacht und der Mündung maßgebend ist. Zusätzlich wurde die Bemessungssturmflut von der BAW-DH mit extremen Oberwasserzuflüssen von bis zu $6000 \text{ m}^3/\text{s}$ modelliert (zum Vergleich: MQ = rd. $700 \text{ m}^3/\text{s}$, bisheriges HHQ = $3620 \text{ m}^3/\text{s}$). Die Ergebnisse zeigen für alle untersuchten Szenarien ausbaubedingte Veränderungen der Sturmflutscheitelwasserstände um $\pm 2 \text{ cm}$, wobei zwischen Cuxhaven und Hamburg die Veränderungen kleiner als 1 cm sind (Abb. 9.1-3). Da derartige Wasserstandsänderungen unterhalb einer relevanten Größe für den Hochwasserschutz liegen, ist die weitere Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe als 'hochwasserneutral' zu bewerten.

Durch gutachterliches Testat der Bundesanstalt für Wasserbau für extreme Sturmfluten bei gleichzeitigem sehr hohen Oberwasserabfluss wird im Ergebnis zusammenfassend festgestellt, dass die Auswirkungen der Zielvariante (inkl. strombaulichem Verbringungskonzept) das Deichsicherheitsniveau gegenüber dem heutigen Zustand nicht verschlechtert. Somit werden die hochwasserbezogenen Bestimmungen des Koalitionsvertrages der Bundesregierung erfüllt.

Abb. 9.1-3: Änderungen des Sturmflutscheitelwasserstandes für die Bemessungss Sturmflut 2085 A (rote Linie) von km 748 bis zum Wehr Geesthacht. Zusätzlich sind die Ergebnisse der Untersuchungsvarianten mit extremen Oberwasserszenarien dargestellt (Quelle: BAW-DH 2003d)



9.2 Umweltrisikoeinschätzung (URE)

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde hat für die ausgewählte Zielvariante 4.4 eine Umweltrisikoeinschätzung (URE) durchgeführt (BfG 2004). Ziel der URE ist die frühe überschlägige Beurteilung von Umweltauswirkungen für die Zwecke der Planung. Sie setzt sich im Wesentlichen aus den folgenden Arbeitsschritten zusammen:

1. Raumanalyse und -bewertung zur Ermittlung der Raumbedeutung
2. Ermittlung und Beurteilung der Projektwirkung zur Ermittlung des Grades der Belastungen und
3. Ermittlung des Umweltrisikos

Darüber hinaus ist es Aufgabe der URE eine Verträglichkeitseinschätzung des Vorhabens für Schutzgebiete der europäischen Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) durchzuführen. Das diesen Arbeitsschritten zugrunde gelegte Untersuchungsgebiet umfasst den von der Tide beeinflussten Bereich der Unter- und Außenelbe vom Wehr Geesthacht (Elbe-km 586) bis in die Außenelbe nordwestlich von Cuxhaven (Großer Vogelsand, ca. Elbe-km 748). Landseitig wird das Untersuchungsgebiet durch die Deichlinie begrenzt, für die FFH-Verträglichkeitseinschätzung sind zudem die unmittelbar angrenzenden Gebiete berücksichtigt worden. Die Nebenflüsse der Unterelbe werden im Rahmen der URE bis zur jeweiligen Tidegrenze mit betrachtet.

Raumanalyse und Bewertung

Die in der Vergangenheit durchgeführten Bauvorhaben in Unter- und Außenelbe haben bereits zu einer weitgehenden Veränderung des Elbeästuars geführt. Infolge dieser

Veränderungen gingen Teile der ursprünglich sehr vielfältigen Lebensraumstrukturen verloren. Dennoch haben wesentliche Bereiche des Projektgebietes aus ökologischer Sicht eine hohe Wertigkeit. Diese spiegelt sich in einer großen Zahl von Schutzgebieten wieder.

Da insbesondere für die biotischen Schutzgüter Pflanzen (Vegetation) und Tiere (Fauna), aber auch für die Schutzgüter Landschaft und Boden eine hohe Raumbedeutung festgestellt wurde, wird dem gesamten Untersuchungsgebiet eine hohe Raumbedeutung zugeordnet.

Ermittlung und Beurteilung der Projektwirkung

Im Zusammenhang mit den ökologischen Auswirkungen der Fahrrinnenanpassung müssen im Wesentlichen zwei zentrale Wirkungspfade berücksichtigt werden. Zum einen wirkt eine Ausbaumaßnahme direkt durch den unmittelbaren Eingriff auf die Gewässersohle, der durch das Baggern bzw. die Unterbringung des Ausbaubaggerguts hervorgerufen wird. Zum anderen werden indirekte Auswirkungen hervorgerufen, indem die durch den Ausbau bewirkten hydrologischen Folgen (Änderung der Tidewasserstände, Strömungen, Salzgehalte) ihrerseits zu Änderungen der Lebensraumstruktur der Elbe führen. Dabei wurden in der vorliegenden URE die Auswirkungen auf die Schutzgüter Tiere, Pflanzen, Landschaft, Boden und Wasser (einschl. Grundwasser) abgeschätzt. Wesentliche Grundlage dieser Ermittlungen bildeten die hydrologischen Untersuchungen der Bundesanstalt für Wasserbau - Dienststelle Hamburg (BAW-DH).

Diese im Rahmen der URE durchgeführte Abschätzung der Auswirkungen der Fahrrinnenanpassung kommt zum Ergebnis, dass der Grad der ausbaubedingten Belastungen insgesamt als gering zu beurteilen ist.

Ermittlung des Umweltrisikos

Das fachspezifische Umweltrisiko ergibt sich aus der Kombination von Raumbedeutung und dem abgeschätzten Grad der ausbaubedingten Belastungen. Bei der Gesamteinschätzung wird aufgrund der überwiegend hohen Raumbedeutung und des vornehmlich geringen Grades der Belastungen das Vorhaben einer weiteren Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe insgesamt in die Risikogruppe „mittleres Umweltrisiko“ (3) eingeordnet:

"Entscheidungserhebliche Umweltrisiken sind zu erwarten. Sie können nur teilweise vermieden bzw. minimiert werden. Mit umfangreichen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen."

Abb. 9.2-1 zeigt die zusammenfassende Bewertung des Wirkungszusammenhangs zwischen Raumbedeutung und dem Grad der Belastungen für die einzelnen Schutzgüter.

Abb. 9.2-1 Ergebnis der Umweltrisikoeinschätzung für die einzelnen Schutzgüter (Quelle: BfG 2003)

Raumbedeutung		Grad der Belastungen		
		I	II	III
		gering	mittel	hoch
A	Bereiche mit sehr geringer Zustandsbewertung	S ¹⁾		
B	Bereiche mit geringer Zustandsbewertung	H, Gw, S ²⁾		
C	Bereiche mit mittlerer Zustandsbewertung	S ³⁾	M, Ws	
D	Bereiche mit hoher Zustandsbewertung	B, L, V, F		
E	Bereiche mit sehr hoher Zustandsbewertung			

S¹⁾ = Elbe-km 639 bis Glückstadt; S²⁾ = Glückstadt bis Cuxhaven, S³⁾ = seewärts Cuxhaven

Beiträge: B = Boden, F = Tiere (Fauna), Gw = Grundwasser, H = Hydrologie, Ws = Wasserbeschaffenheit, Stoffhaushalt, L = Landschaftsbild, M = Gewässermorphologie, S = Schadstoffe in Feststoffen, V = Pflanzen (Vegetation)

Legende zur Einstufung des Umweltrisikos

Gruppe	1	2	3	4	5
Bewertung	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch

FFH-Verträglichkeitseinschätzung

Im Untersuchungsgebiet liegt eine Vielzahl gemeldeter bzw. nicht gemeldeter, aber die Kriterien der entsprechenden EU-Richtlinien erfüllenden Schutzgebiete. Es handelt sich hierbei um Schutzgebiete gem. FFH-Richtlinie und gem. der EU-Vogelschutzrichtlinie sowie um sog. IBA(Important Bird Areas)-Gebiete. Insgesamt wurden 36, sich teilweise überschneidende Schutzgebiete betrachtet.

Die Verträglichkeitseinschätzung kommt zum Ergebnis, dass in 18 Gebieten Beeinträchtigungen nicht auszuschließen bzw. (in einem Gebiet) wahrscheinlich sind. Das Ausmaß dieser Beeinträchtigungen wird aufgrund der nur geringen Änderungen der hydrologischen Rahmenbedingungen voraussichtlich nur sehr gering sein und infolge der direkten Eingriffe meist zeitlich und lokal begrenzt bleiben. Änderungen der Flächengrößen von Biotoptypen sowie des Erhaltungszustandes zu schützender Pflanzen- und Tierarten werden sich mit hoher Wahrscheinlichkeit ausbaubedingt nur tendenziell oder gar nicht ergeben bzw. im Rahmen der natürlichen Dynamik "untergehen".

9.3 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

Im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zur Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe ist aus volkswirtschaftlicher (gesamtwirtschaftlicher) Sicht zu untersuchen, ob der zu erwartende gesamtwirtschaftliche Nutzen einer weiteren Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe die mit dem Vorhaben verbundenen Investitionskosten rechtfertigt (vgl. Kap. 5.2.4).

Die vergleichende Betrachtung der Varianten im Rahmen der Nutzen-Kosten-Untersuchung (NKU) hat zum Ergebnis, dass alle betrachteten Ausbauvarianten ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) aufweisen und damit volkswirtschaftlich rentabel sind. Eine weitere Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe kann daher auch aus gesamtwirtschaftlicher Sicht als sinnvoll beurteilt werden. Mit einem Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) von 13,8 hat sich Variante 4 als die volkswirtschaftlich rentabelste Ausbauvariante erwiesen.

Auch in der vergleichenden Gesamtbewertung nach hydrologischen, ökologischen, wirtschaftlichen und nautischen Aspekten wurde Variante 4 als günstigste Ausbauvariante ermittelt.

Die weiterführenden planerischen Überlegungen haben schließlich zu Veränderungen dieser Ausbauvariante hin zu der schließlich ausgewählten Zielvariante 4.4 geführt. Für diese Variante wird in Ergänzung zur vergleichenden Variantenuntersuchung ein NKV von 12,0 ermittelt. Das gegenüber Variante 4 leicht abgesenkte NKV ergibt sich im Wesentlichen aus den zusätzlichen Aufwendungen für die in dieser Variante vorgesehene Begegnungsstrecke. Gleichwohl weist auch die Zielvariante 4.4 eine hohe volkswirtschaftliche Rentabilität auf.

9.3.1 Untersuchung von unterschiedlichen Szenarien

Im Rahmen von Sensitivitätsbetrachtungen wurde darüber hinaus geprüft, wie sich das Nutzen-Kosten-Verhältnis bei einer Veränderung der der NKU zugrunde gelegten Annahmen entwickelt. Hierbei wurden die Auswirkungen folgender Szenarien untersucht:

- niedrigere bzw. höhere Umschlagsprognose im Hamburger Hafen (Szenario 1 und 2),
- geringere angestrebte Tiefgangsauslastung, bei deren Unterschreitung Reeder reagieren (Szenario 3),
- Kombination einer geringeren akzeptierten Tiefgangsauslastung mit einer höheren akzeptierten Wartezeit im Containerverkehr (Szenario 4),
- reduzierter Tiefgang der MEGA-Schiffe (von 15,5 m auf 14,5 m); (Szenario 5),
- Realisierung eines Tiefwasserhafens in Wilhelmshaven (Szenario 6)

In Tabelle 9.3.1-1 werden die Ergebnisse dieser Sensitivitätsuntersuchung für die Zielvariante zusammenfassend dargestellt.

Tab. 9.3.1-1: Nutzen und Kosten der Zielvariante 4.4 bei Berücksichtigung unterschiedlicher Szenarien (Angaben in Mio. € zum Preisstand 1998 - Barwerte auf 2000 diskontiert)

	Summe Nutzen	Investitionskosten	NKV
Basisbewertung	2.496,4	208,5	12,0
Szenarien			
Szenario 1: Niedrige Prognose	2.319,2	208,5	11,1
Szenario 2: Höhere Prognose	2.899,69	208,5	13,9
Szenario 3: Tiefgangsauslastung von 90 % bzw. 93 %	2.658,4	208,5	12,8
Szenario 4: Tiefgangsauslastung von 90 % bzw. 93 % und WZ von 180 Min.	1.672,6	208,5	8,0
Szenario 5: Niedrigerer Konstruktionsstiefgang der MEGA-Schiffe	2.632,6	208,5	12,6
Szenario 6: Interdependenz mit dem Containerterminal Wilhelmshaven	886,4	208,5	4,3

Die Ergebnisse zeigen, dass eine weitere Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe entsprechend der Zielvariante 4.4 bei allen untersuchten Szenarien hohe Nutzen-Kosten-Verhältnisse hat und damit aus gesamtwirtschaftlicher Sicht als sinnvoll zu bewerten ist.

9.4 Gesamtbewertung der Zielvariante

Durch die Weiterentwicklung der Variante 4 hin zur Zielvariante 4.4 ist es gelungen, die bereits relativ geringen hydrologischen Auswirkungen der Fahrrinnenanpassung noch weiter deutlich zu minimieren. Demzufolge werden im Rahmen der Umweltrisikoeinschätzung nur geringe ausbaubedingte Umweltbelastungen für die Zielvariante ermittelt.

Aus nautischer Sicht konnte im Vergleich zu Variante 4 die Problematik bei der Begegnung des Bemessungsschiffes mit Massengutschiffen, deren Breite 46 m überschreitet, mit der Entwicklung einer gesonderten Begegnungsstrecke bedarfsgerecht gelöst werden. Über die Notwendigkeit der Begegnungsstrecke können angesichts von im Umfang noch nicht absehbarer Entwicklungen der Schiffsbreiten zum jetzigen Zeitpunkt keine abschließenden Aussagen getroffen werden. Ob und in welchen Umfang die Begegnungsstrecke realisiert wird, ist daher im Rahmen der Hauptuntersuchung zu prüfen.

Volkswirtschaftlich zeigt die Zielvariante eine hohe Rentabilität. Der volkswirtschaftliche Nutzen überwiegt die Investitionskosten im Übrigen auch dann sehr deutlich, wenn der Tiefwasserhafen in Wilhelmshaven realisiert werden sollte (NKV: 4,3).

Die Gesamtkosten der Variante 4.4 betragen bezogen auf einen Preisstand 1999 inklusive der 80 Mio. € für den Bereich der Freien und Hansestadt Hamburg einschließlich Mehrwertsteuer 310 Mio. €. Davon sind 231,5 Mio. € für Ausbaubaggerung und Strombau veranschlagt. Hierbei handelt es sich um eine deutlich auf der sicheren Seite liegende Kostenermittlung.

10 Zusammenfassung

Angesichts der Bedeutung des Hamburger Hafens für die wirtschaftliche Entwicklung der gesamten Metropolregion hat die Freie und Hansestadt Hamburg im Februar 2002 vor dem Hintergrund der anhaltenden Größenentwicklung international verkehrender Großcontainerschiffe einen Antrag auf eine weitere Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Entwicklungen der weltweiten Containerschiffahrt beim Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) gestellt.

Grundlage der Planungen ist ein Containerschiff mit einem maximalen Tiefgang von 14,50 m (in Salzwasser), einer Breite von 46 m und einer Länge von 350 m. Die planerischen Überlegungen sehen für das voll abgeladene Bemessungsschiff einen tideabhängigen Verkehr vor; im tideunabhängigen Verkehr ist ein maximaler Tiefgang von 13,50 m (heute: 12,50 m) vorgesehen.

Die von einer gemeinsamen Projektgruppe aus Mitarbeitern der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes sowie der Hamburger Behörde für Wirtschaft und Arbeit unter gutachterlicher Beteiligung der Bundesanstalten für Wasserbau und Gewässerkunde sowie der Fa. PLANCO durchgeführten Voruntersuchungen erbrachten zusammengefasst folgende Ergebnisse:

- 1.) Zielvariante für die weitere Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe ist die Variante 4.4.**
- 2.) Eine weitere Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe wird aus hydrologischer Sicht als „machbar“ bewertet.**
- 3.) Die hochwasserbezogenen Bestimmungen des Koalitionsvertrages der Bundesregierung werden erfüllt. Die Hochwasserneutralität einer weiteren Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe ist gegeben.**
- 4.) Eine weitere Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe ist aus ökologischer Sicht vertretbar; die Umweltfolgen bleiben in jedem Fall in einem überschaubaren Rahmen und können mit geeigneten Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen vollständig kompensiert werden. In der Umweltrisikoeinschätzung (URE) wurde der weiteren Fahrrinnenanpassung ein mittleres Umweltrisiko (3) zugeordnet.**
- 5.) Eine weitere Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe ist volkswirtschaftlich rentabel. Das ermittelte Nutzen-Kosten-Verhältnis beträgt 12,0.**