

**Aktualisierung
der Nutzen-Kosten-Untersuchung einer
Vertiefung der Außenems aus dem Jahre 2007**

für das

**Wasser- und Schifffahrtsamt Emden
Am Eisenbahndock 3, 26725 Emden**

vorgelegt von



PLANCO Consulting GmbH, Essen

Am Waldthausenpark 11, D-45127 Essen

Tel. +49-(0)201-43771-0; Fax +49-(0)201-411468

e-mail: planco@planco.de

April 2012
(Projekt 756)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Nutzen-Kosten-Analyse	2
2.1	Aktualisierung der Eingangsdaten	2
2.2	Aktualisierte Nutzen-Kosten-Analyse	7
2.3	Nutzen aus der Verbilligung des Schiffsbetriebes durch Reduzierung von Wartezeiten	8
2.4	Nutzen aus der Verbilligung des Schiffsbetriebes durch Verbesserung der Schiffsauslastung im Massen- und Stückgutverkehr	8
2.5	Einsparung von Transportkosten aus der Vermeidung von Verlagerungen	9
2.6	Nutzen aus erhöhten Unterhaltungskosten	9
2.7	Nutzen aus zusätzlicher Beschäftigung während der Betriebsphase	10
2.8	Nutzen aus der Verminderung von Umweltkosten	10
2.9	Nutzen aus der Förderung des internationalen Leistungsaustauschs	11
2.10	Nutzen-Kosten-Verhältnis	12
3	Vergleich verschiedener Ausbauvarianten	13
4	Nachrichtliche Berechnung der Beschäftigungseffekte während des Betriebs in Form von Arbeitsplätzen	15
5	Fazit	16
6	Anhang (Das PLANCO-Tidemodell)	18
6.1	Anhang (Modellparameter)	18
6.2	Anhang (Ermittlung der tidebedingten Zeitverluste)	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Flottenstrukturentwicklung nach Schiffstypen und Größe (tdw) von und nach Emden (Anzahl Schiffe)	3
Tabelle 2-2:	Flottenstrukturentwicklung nach Schiffstypen und Größe (tdw) von und nach Emden (Aufteilung in % der jeweiligen Flotte)	4
Tabelle 2-3:	Investitionskosten und Barwerte bei einer Vertiefung der Außenems um 1 Meter in 1.000 €	5
Tabelle 2-4:	Erhöhte Unterhaltungskosten bei einer Vertiefung der Außenems um 1 Meter	5
Tabelle 2-5:	Nutzen aus der Verbilligung des Schiffsbetriebs durch Reduzierung der Wartezeiten in €	8
Tabelle 2-6:	Nutzen aus der Verbilligung des Schiffsbetriebs durch Verbesserung der Schiffsauslastung im Massen- und Stückgutverkehr in €	9
Tabelle 2-7:	Nutzen durch vermiedene Verkehrsumlenkung in €	9
Tabelle 2-8:	Nutzen aus veränderten Unterhaltungskosten in €	10
Tabelle 2-9:	Nutzen aus zusätzlicher Beschäftigung während der Betriebsphase in €	10
Tabelle 2-10:	Nutzen aus verminderter Umweltbelastung in €	11
Tabelle 2-11:	Nutzen durch die Förderung des internationalen Leistungsaustausches in €	11
Tabelle 2-12:	Nutzen-Kosten-Verhältnis des Ausbaus der Außenems durch eine Vertiefung von rund einem Meter	12
Tabelle 3-1:	Investitionskosten und Barwerte je Ausbauvariante in 1.000 €	13
Tabelle 3-2:	Erhöhte Unterhaltungskosten je Ausbauvariante	14
Tabelle 3-3:	Vergleich der Ausbauvarianten der Außenems	14
Tabelle 6-1:	Ausbautiefen der Ems im Ist-Zustand	19
Tabelle 6-2:	Berücksichtigung einer Mindertide nach Streckenabschnitten der Außenems	20

Tabelle 6-3:	Schiffsgeschwindigkeiten auf den Streckenabschnitten der Außenems	20
Tabelle 6-4:	Dichteänderung	22
Tabelle 6-5:	Tiefgangsentwicklung der Fahrzeugtransportschiffe, die Emden anlaufen möchten bis 2025	23
Tabelle 6-6:	Wartezeiten der Fahrzeugtransportschiffe nach dem Konstruktionstiefgang	24

1 Einleitung

Die Außenems ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Ist-Zustand) zwischen km 150 auf hoher See und km 74 bei Emshörn auf eine Tiefe von mindestens 14,0 m unter NN ausgebaut. Aufgrund von Untiefen sinkt der Ausbauzustand auf 11,5 m unter NN ab und sinkt bis km 40 in Emden auf 10,4 m unter NN. Schiffe, welche die Außenems befahren, müssen derzeit ab einem Tiefgang von 7,7 Metern tidegebunden fahren.¹

Bereits im Jahr 2004 wurde ein Gutachten zum Nutzen einer Außenemsvertiefung erstellt.² Daran anknüpfend wurde im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nordwest eine Nutzen-Kosten-Untersuchung einer Außenemsvertiefung durchgeführt.³ Die Nutzen-Kosten-Analyse basierte auf den Zahlen zu den Schiffsanläufen in Emden aus dem Jahr 2006, sowie auf Befragungen während der Bearbeitungszeit und der immer noch aktuellen Verkehrsverflechtungsprognose 2025.

Die Nutzen-Kosten-Untersuchung aus dem Jahr 2007 war zu aktualisieren, um den volkswirtschaftlichen Nutzen der Maßnahme unter Berücksichtigung aktueller wirtschaftlicher Entwicklungen und dezidierter Planungsergebnisse zu überprüfen. In diesem Zusammenhang wurden die Schiffsanläufe des Jahres 2009 in die Berechnungen eingepflegt, sowie die Wartezeiten der Schiffe mit Hilfe des Tidemodells unter Berücksichtigung ergänzter Modellparameter für verschiedene Ausbauzustände Neuberechnet (s. Abschnitt 8 im Anhang). Außerdem wurden die vom Wasser- und Schifffahrtsamt Emden bereitgestellten Investitions- und Unterhaltungskosten für die verschiedenen Ausbauzustände in die Nutzen-Kosten-Untersuchung eingerechnet. Im Rahmen einer erneuten Befragung wurden die Aussagen zu den akzeptierten Wartezeiten seitens der Verloader überprüft und verifiziert.

Auf Basis der aktualisierten Eingangsdaten wurde ferner eine Neuberechnungen der Nutzen-Kosten-Analyse gemäß der gesamtwirtschaftlichen Bewertungsmethodik des Bundesverkehrswegeplans durchgeführt. Die Nutzen-Kosten-Untersuchung im Jahr 2011 ist somit methodisch identisch mit der Untersuchung aus dem Jahr 2007.

¹ Dies ist ein Ergebnis der Aktualisierung des Tidemodells im Rahmen der vorliegenden Studie.

² Planco Consulting GmbH, Konkretisierung der Nutzen einer Vertiefung der Außenems, Essen 2004.

³ Planco Consulting GmbH, Nutzen-Kosten-Untersuchung einer Vertiefung der Außenems, Essen 2007.



2 Nutzen-Kosten-Analyse

Der Ausbaubedarf der Außenems begründet sich in erster Linie auf dem volkswirtschaftlichen Nutzen bzw. der volkswirtschaftlichen Rentabilität, die aus dieser Maßnahme resultiert. Dem Nutzen werden die volkswirtschaftlichen Kosten gegenübergestellt. Als Basis der Bedarfsbegründung dient somit die volkswirtschaftliche Bewertung der Ausbaumaßnahme im Sinne einer Nutzen-Kosten-Analyse, wie sie im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung zur Anwendung kommt.⁴

Während einige relevante Rahmendaten aktualisiert wurden, wurde die Umschlagprognose für den Hafen Emden gegenüber der Nutzen-Kosten-Analyse aus dem Jahre 2007 nicht verändert. Die Prognose wurde seinerzeit mit den Werten der parallel erstellten Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtung 2025, insbesondere mit dem Prognoseteil Seeverkehrsprognose, abgestimmt. Somit steht sie im Einklang mit der aktuellen „Referenzprognose“ für das Jahr 2025.⁵ Ebenfalls nicht aktualisiert wurden Kosten im Sinne von Schiffsbetriebskosten bzw. Hinterlandtransportkosten.

Auf Basis der aktualisierten Eingangsdaten wurde der volkswirtschaftliche Nutzen eines Ausbaus überprüft. Die Ausbauvariante mit 1 Meter Vertiefung erzielte bei der Überprüfung das höchste Nutzen-Kosten-Verhältnis.

2.1 Aktualisierung der Eingangsdaten

Im Rahmen der Aktualisierung wurden folgende Eingangsdaten aktualisiert:

- Schiffsanläufe in Emden,
- Investitions- und Unterhaltungskosten,
- akzeptierte Wartezeiten,
- Eingangsparameter des Tidemodells.

Während in der Studie aus dem Jahr 2007 noch die Schiffsanläufe des Jahres 2006 die Basis zur Ermittlung der durchschnittlichen Wartezeiten bildeten, wurden im Rahmen der Aktualisierung die Anläufe des Jahres 2009 eingepflegt.⁶ Dabei galt es zu berücksichtigen, dass

⁴ Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, Berlin 2005.

⁵ S. Planco Consulting GmbH, Nutzen-Kosten-Untersuchung einer Vertiefung der Außenems, Essen 2007; S. 10f.

⁶ Entsprechende Daten über die Schiffseinläufe wurden von n-ports Emden bereitgestellt.

2009 ein Jahr der Wirtschaftskrise war und somit zumindest die absoluten Schiffsanzahlen als statistischer Ausreißer anzusehen waren.

Tabelle 2-1: Flottenstrukturentwicklung nach Schiffstypen und Größe (tdw) von und nach Emden (Anzahl Schiffe)

Tdw-Klasse	2002	2003	2004	2005	2006	2009
Ro-Ro- und Kfz-Schiffe						
Bis 4.999	874	875	898	863	724	314
5.000-9.999	127	111	81	98	247	86
10.000-14.999	250	293	234	257	232	125
15.000-19.999	137	127	110	136	149	78
20.000-24.999	18	4	8	44	71	32
25.000-29.999	0	0	0	30	41	25
30.000-39.999	0	0	0	0	0	0
40.000-49.999	0	2	0	0	0	0
Ab 50.000	0	0	0	0	0	0
Summe	1.406	1.412	1.331	1.428	1.464	660
Stückgut- und Mehrzweckschiffe						
Bis 4.999	688	515	557	524	640	290
5.000-9.999	159	170	125	141	178	98
10.000-14.999	2	0	2	4	5	18
15.000-19.999	0	4	2	0	2	4
20.000-24.999	0	4	4	0	3	5
25.000-29.999	2	0	0	2	0	4
30.000-39.999	0	2	4	8	8	4
40.000-49.999	12	12	23	15	19	8
Ab 50.000	0	0	6	2	0	0
Summe	863	707	723	696	855	431
Massengutschiffe						
Bis 4.999	10	14	4	0	0	6
5.000-9.999	65	29	12	2	18	10
10.000-14.999	3	4	13	2	15	8
15.000-19.999	0	8	0	4	2	1
20.000-24.999	0	0	0	0	5	0
25.000-29.999	16	6	12	22	24	5
30.000-39.999	0	0	0	8	4	1
40.000-49.999	0	2	8	12	2	0
Ab 50.000	0	0	0	0	0	0
Summe	94	63	49	50	70	31
Tankschiffe						
Bis 4.999	172	220	166	195	165	71
5.000-9.999	162	100	113	70	80	23
10.000-14.999	2	0	0	4	2	15
15.000-19.999	30	61	42	65	59	32
20.000-24.999	0	4	0	2	2	1
25.000-29.999	2	2	0	2	1	2
30.000-39.999	6	7	0	0	2	3
40.000-49.999	0	0	0	2	0	0
Ab 50.000	0	0	0	0	0	0
Summe	374	394	321	340	311	147

Unter der Annahme, dass die Flottenstruktur im Gegensatz zu der absoluten Schiffsanzahl nicht von der Krise beeinflusst wurde, kann man diese mit den Vorjahren vergleichen.⁷

⁷ Die Annahme der durch die Wirtschaftskrise nicht beeinflussten Flottenstruktur ist insofern vom Grundsatz her diskutabel, als dass in der Regel die eingesetzten Schiffsgrößen vom Ladungsaufkommen abhängig sind.

Tabelle 2-2: Flottenstrukturentwicklung nach Schiffstypen und Größe (tdw) von und nach Emden (Aufteilung in % der jeweiligen Flotte)

Tdw-Klasse	2002	2003	2004	2005	2006	2009
Ro-Ro- und Kfz-Schiffe						
Bis 4.999	62,2	62	67,4	60,4	49,5	47,6
5.000-9.999	9,0	7,9	6,1	6,9	16,9	13,0
10.000-14.999	17,8	20,8	17,6	18,0	15,8	18,9
15.000-19.999	9,7	8,9	8,3	9,5	10,2	11,8
20.000-24.999	1,3	0,3	0,6	3,1	4,8	4,8
25.000-29.999	0,0	0,0	0,0	2,1	2,8	3,8
30.000-39.999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40.000-49.999	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Ab 50.000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Stückgut- und Mehrzweckschiffe						
Bis 4.999	79,7	72,8	76,9	75,3	74,9	67,3
5.000-9.999	18,5	24,0	17,3	20,2	20,8	22,7
10.000-14.999	0,2	0,0	0,3	0,6	0,6	4,2
15.000-19.999	0,0	0,6	0,3	0,0	0,2	0,9
20.000-24.999	0,0	0,6	0,6	0,0	0,4	1,2
25.000-29.999	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,9
30.000-39.999	0,0	0,3	0,6	1,1	0,9	0,9
40.000-49.999	1,4	1,7	3,2	2,2	2,2	1,9
Ab 50.000	0,0	0,0	0,8	0,3	0,0	0,0
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Massengutschiffe						
Bis 4.999	10,6	22,2	8,2	0,0	0,0	19,4
5.000-9.999	69,1	46,0	24,5	4,0	25,7	32,3
10.000-14.999	3,2	6,4	26,5	4,0	21,4	25,8
15.000-19.999	0,0	12,7	0,0	8,0	2,9	3,2
20.000-24.999	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0
25.000-29.999	17,1	9,5	24,5	44,0	34,3	16,1
30.000-39.999	0,0	0,0	0,0	16,0	5,7	3,2
40.000-49.999	0,0	3,2	16,3	24,0	2,9	0,0
Ab 50.000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Tankschiffe						
Bis 4.999	46,0	55,8	51,7	57,4	53,1	48,3
5.000-9.999	43,3	25,4	35,2	20,6	25,6	15,6
10.000-14.999	0,6	0,0	0,0	1,2	0,8	10,2
15.000-19.999	8,0	15,5	13,1	19,1	19,0	21,8
20.000-24.999	0,0	1,0	0,0	0,6	0,6	0,7
25.000-29.999	0,5	0,5	0,0	0,5	0,3	1,4
30.000-39.999	1,6	1,8	0,0	0,0	0,6	2,0
40.000-49.999	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
Ab 50.000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabelle 2-2 macht deutlich, dass die Flottenstruktur 2009 keine Veränderungen an der Flottenstrukturprognose für das Jahr 2025 begründet. Bei den Ro-Ro- und Fahrzeugschiffen sowie bei den Stückgut- und Mehrzweckschiffen setzt sich die Entwicklung der Jahre 2002 bis 2006 auch in 2009 fort bzw. widerspricht der vergangenen Entwicklung nicht in einem Maße, welches Prognosevariationen begründet. Bei den Massengut- und den Tankschiffen variiert die Flottenstruktur im Zeitverlauf generell relativ stark. Die „Ausschläge“ in 2009 erfordern jedoch auch bei diesen Schiffskategorien keine Prognoseanpassung. Insofern ist auch die zugrunde gelegte Annahme, dass die Wirtschaftskrise keinen Einfluss auf die Flottenstruktur hatte, für die Bewertung unerheblich.

Als weitere Basisinformationen wurden vom Wasser- und Schifffahrtsamt Emden den Erkenntnissen aus der technischen Detailplanung angepasste Investitionskosten und entsprechende Unterhaltungsmehrkosten für bereitgestellt. Diese Daten wurden ebenfalls in die Nutzen-Kosten-Analyse eingearbeitet. Folgende Investitionskosten wurden genannt:

Tabelle 2-3: Investitionskosten und Barwerte bei einer Vertiefung der Außenems um 1 Meter in 1.000 €

Zeitpunkt	1,0 m Vertiefung
Herstellung der Vertiefung und Ausgleichsmaßnahmen	
Jahr des Ausbaus	10.171
Morphologischer Nachlauf	
1. Jahr nach Ausbau	4.081
2. Jahr nach Ausbau	2.962
3. Jahr nach Ausbau	2.238
4. Jahr nach Ausbau	1.514
5. Jahr nach Ausbau	724
Summe	21.689
Barwert	18.978

Durch die Ausbaumaßen entstehen im Ausbaujahr sowie durch den morphologischen Nachlauf bedingt bis in das 5. Jahr nach dem Ausbau Investitionskosten. Darüber hinaus sind gegenüber dem Status-Quo steigende Unterhaltungsbaggerungen und somit auch erhöhte Unterhaltungskosten zu berücksichtigen.

Tabelle 2-4: Erhöhte Unterhaltungskosten bei einer Vertiefung der Außenems um 1 Meter

Zeitraum	1,0 m Vertiefung
100 Jahre 1.000 €/a	3.215
Barwerte	89.764

Von größerer Bedeutung für das Ergebnis der volkswirtschaftlichen Analyse sind allerdings die beiden weiteren aktualisierten bzw. bestätigten Eingangsdaten. Die von den Verladern akzeptierte Wartezeit aus der Untersuchung aus dem Jahr 2007 wurde bei einer erneuten Befragung bestätigt. Die akzeptierte Wartezeit gibt an, ab welcher Wartezeit es zu Verlagerungen der Transporte auf Alternativhäfen kommt. Solche Verlagerungen sind im Bereich der Fahrzeugtransporte zu erwarten. Ab einer jahresdurchschnittlichen Wartezeit von über 110 Minuten pro Anlauf ist davon auszugehen, dass die entsprechenden Fahrzeugtransporte über den Hafen Zeebrügge abgewickelt werden.⁸

Die spezifischen Merkmale von Fahrzeugtransporten machen deutlich, wo der Grund für eine Verlagerung bei zu langen tidebedingten Wartezeiten liegt:

- Die Fahrzeugschiffe fahren in einem engen Fahrplan. Verzögerungen des Fahrplans können zu erheblichen Kosten führen.
- Die Kapital- und Betriebskosten des gesamten Transportsystems sind größer als bei konventionellen Massengutverkehren oder in der Containerschifffahrt.
- Die Tendenz, größere Schiffe mit einer Kapazität von über 6.000 Fahrzeugen einzusetzen, ist ungebrochen.
- Reeder versuchen, die konstruktionsbedingt möglichen Tiefgänge ihrer Schiffe auf der gesamten Strecke, insbesondere bei den Überseefahrten nach Amerika und Asien, voll auszunutzen, da nur auf diese Weise die hohen Kapital- und Betriebskosten der Schiffe eingefahren werden können.

Angesichts der Wettbewerbsverhältnisse auf dem Markt, der Existenz von Alternativen und der starken Konzentration auf der Angebots- und Nachfrageseite ist die Gefahr der Verlagerung der Transporte sehr hoch. Eine Auswertung der Alternativrouten ergab als einzigen Wettbewerbsstandort mit hinreichenden Kapazitäten Zeebrügge. Der zweite Alternativstandort Bremerhaven wird selbst nach Durchführung von Erweiterungsmaßnahmen größere Verlagerungsmengen aus Emden nicht abwickeln können.⁹

Essentiell für die volkswirtschaftliche Bewertung des Ausbaus der Außenems sind die Ergebnisse des Tidemodells zur Berechnung von Wartezeiten und Auslastungsgraden. Die im Zuge der Nutzen-Kosten-Untersuchung 2007 mit dem Tidemodell ermittelten Ergebnisse basierten auf Eingangsgrößen aus einer ersten Grobbemessung des Fahrwassers. Im Rahmen der technischen Detailplanung wurde durch das WSA Emden eine Feindimensionierung unter Berücksichtigung eines fortgeschriebenen Standards mit angepassten bzw. ergänzten

⁸ Planco Consulting GmbH, Nutzen-Kosten-Untersuchung einer Vertiefung der Außenems, Essen 2007, S. 52ff.

Eingangsgrößen durchgeführt. Entsprechend diesem Standard wurden Neuberechnungen mit dem Tidemodell durchgeführt.

Bei einer Vertiefung um einen Meter erhöht sich der Maximaltiefgang für die tideunabhängige Fahrt von zurzeit 7,7 Metern auf 8,7 Meter. Die aktuellen Berechnungsergebnisse aus dem Tidemodell sind dem Anhang zu entnehmen.

2.2 Aktualisierte Nutzen-Kosten-Analyse

Unter Berücksichtigung der aktualisierten Eingangsdaten wurde eine Neuberechnung der Nutzen-Kosten-Analyse durchgeführt. Relevante Nutzenkomponenten sind im Fall der Außenemsvertiefung:

- der „Nutzen aus eingesparter Wartezeit“,
- der „Nutzen durch verbesserte Auslastung (Massen- und Stückgutschiffe)“,
- der „Nutzen durch vermiedene Verkehrsumlenkung (Fahrzeugtransportschiffe)“,
- der „Nutzen aus erhöhten Unterhaltungskosten“,
- der „Nutzen durch regionale Beschäftigung“,
- der „Nutzen durch vermiedene Umweltkosten“ sowie
- der Nutzen durch Förderung des internationalen Leistungsaustausches“.

Der Nutzen aus Beschäftigung während der Bauphase fand analog zu den Betrachtungen in 2007 keine Berücksichtigung, da die Realisierung der Investitionsmaßnahme überwiegend Nassbaggerarbeiten erfordert, die erfahrungsgemäß keine Wirkungen auf den regionalen Arbeitsmarkt haben.

⁹ Für eine ausführlichere Darstellung der Verlagerungsproblematik s.: Planco Consulting GmbH, Nutzen-Kosten-Untersuchung einer Vertiefung der Außenems, Essen 2007, S. 42ff.

2.3 Nutzen aus der Verbilligung des Schiffsbetriebes durch Reduzierung von Wartezeiten

Bei dem Nutzen aus der Verbilligung des Schiffsbetriebs durch Reduzierung der Wartezeiten handelt es sich um einen negativen Nutzen. Sollte die Außenems nicht vertieft werden (Vergleichsfall), so wird ein Teil Fahrzeugtransporte nicht mehr über Emden sondern über Zeebrügge abgewickelt (s. Abschnitt 2.5).¹⁰ Bei der Fahrt nach Zeebrügge entstehen keine tidebedingten Wartezeiten für die Fahrzeugtransporter. Folglich sind die Wartezeiten der Fahrzeugtransporter im Vergleichsfall niedriger als im Planfall.

Für die Carcarrier mit großem Tiefgang wird es trotz eines Emsausbaus zu Wartezeiten kommen. Diese werden sich allerdings im Rahmen der akzeptierten Wartezeiten bewegen. Zwar wird durch eine Emsvertiefung die Wartezeit der mittleren Tiefgänge sinken, doch bei gegebener bzw. prognostizierter Flottenstruktur sind von der Wartezeitproblematik insbesondere die größeren Tiefgänge betroffen. Deren Wartezeiten sind teurer und entstehen nur im Planfall. Somit überwiegen diese Mehrkosten die Kostenminderung bei den Schiffen mit geringerem Tiefgang.

Bei dem für den Planfall angelegten Ausbauzustand von 1 Meter Vertiefung ergibt sich daher folgender Nutzen:

Tabelle 2-5: Nutzen aus der Verbilligung des Schiffsbetriebs durch Reduzierung der Wartezeiten in €

Planfall	Jahreswert in € in 2025	Barwert in 1.000 €
1,0 Meter Vertiefung	-217.503	-5.011

2.4 Nutzen aus der Verbilligung des Schiffsbetriebes durch Verbesserung der Schiffsauslastung im Massen- und Stückgutverkehr

Durch die Vertiefung der Außenems ist eine bessere Auslastung der Massen- und Stückgut-schiffe möglich. Durch die bessere Auslastung wird bezogen auf das gesamte Transportvolumen je Ladungskategorie Reisezeit gespart (weniger Anläufe Emdens), was analog zur Wartezeitreduktion zu bewerten ist. Die Zahl der Schiffe, die Emden anlaufen muss, um dasselbe Umschlagvolumen in Emden zu erzielen, verringert sich. Durch die Reduktion der

¹⁰ S. Planco Consulting GmbH, Nutzen-Kosten-Untersuchung einer Vertiefung der Außenems, Essen (2007), S. 55.

Schiffsanzahlen aufgrund der größeren eingesetzten Schiffseinheiten kommt es letztlich zu Einsparungen.¹¹

Tabelle 2-6: Nutzen aus der Verbilligung des Schiffsbetriebs durch Verbesserung der Schiffsauslastung im Massen- und Stückgutverkehr in €

Planfall	Jahreswert in 1.000 € in 2025	Barwert in 1.000 €
1,0 Meter Vertiefung	1.185	32.232

2.5 Einsparung von Transportkosten aus der Vermeidung von Verlagerungen

Da sich im Rahmen der erneuten Befragung keinerlei Änderungsbedarf bzgl. der akzeptierten Wartezeiten (55 Minuten pro Richtung) und der Rahmendaten bei der Schiffsabwicklung gegenüber der Studie aus dem Jahr 2007 ergeben hat, besteht keine Notwendigkeit die Vorgehensweise der Berechnung an dieser Stelle zu ändern. Lediglich die Größen der eingesetzten und potenziell verlagerten Transporteinheiten ändert sich gegenüber der alten Studie bzw. die Verlagerungsmengen sind aufgrund der veränderten prognostizierten Wartezeiten im Vergleichs- und im Planfall andere als 2007.¹² Im Rahmen der Verkehrsverlagerung käme es zu Mehrkosten durch längere Hinterlandtransporte. Eine Verlagerungsvermeidung hat somit einen positiven Nutzen, weil diese Mehrkosten entfallen.

Tabelle 2-7: Nutzen durch vermiedene Verkehrsumlenkung in €

Planfall	Jahreswert in 1.000 € in 2025	Barwert in 1.000 €
1,0 Meter Vertiefung	3.422	87.412

2.6 Nutzen aus erhöhten Unterhaltungskosten

Durch die Vertiefung der Außenems ist eine dauerhafte Erhöhung der Unterhaltungsaufwendungen zu erwarten. Die entsprechenden Kostenangaben wurden vom Wasser- und Schiffsahrtsamt Emden zur Verfügung gestellt. Der negative Nutzen aus erhöhten Unterhaltungskosten kann der folgenden Tabelle entnommen werden.

¹¹ S. Planco Consulting GmbH, Nutzen-Kosten-Untersuchung einer Vertiefung der Außenems, Essen (2007), S. 50ff.

¹² Zur generellen Berechnung dieser Nutzenkomponente s. S. Planco Consulting GmbH, Nutzen-Kosten-Untersuchung einer Vertiefung der Außenems, Essen (2007), S. 52ff.

Tabelle 2-8: Nutzen aus veränderten Unterhaltungskosten in €

Planfall	Jahreswert in 1.000 €	Barwert in 1.000 €
1,0 Meter Vertiefung	-3.215	-89.764

2.7 Nutzen aus zusätzlicher Beschäftigung während der Betriebsphase

Der Nutzen aus zusätzlicher Beschäftigung während der Betriebsphase resultiert aus der Vermeidung von Beschäftigungsverlusten durch Einbußen beim Fahrzeugumschlag. Die Bewertung der Arbeitsplätze erfolgt gemäß der Bewertungsmethodik im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung.¹³

Tabelle 2-9: Nutzen aus zusätzlicher Beschäftigung während der Betriebsphase in €

Planfall	Jahreswert in 1.000 € in 2025	Barwert in 1.000 €
1,0 Meter Vertiefung	1.731	44.226

2.8 Nutzen aus der Verminderung von Umweltkosten

Diese Nutzenkomponente setzt sich aus den verminderten Umweltkosten im Massengutverkehr sowie im Hinterland der Fahrzeugtransporte zusammen.¹⁴ Der Umweltnutzen der Ausbaumaßnahme resultiert aus der geringeren Zahl von Schiffsanläufen im Massen- und Stückgutsegment, die notwendig sind um dasselbe Transportvolumen zu bewältigen, bzw. aus den vermiedenen Umweltkosten durch den Wegfall verlängerter Hinterlandtransporte bei Verkehrsverlagerung nach Zeebrügge.

¹³ Zu weiteren Erläuterungen s.: Planco Consulting GmbH, Nutzen-Kosten-Untersuchung einer Vertiefung der Außenems, Essen (2007), S. 57ff.

¹⁴ Zur generellen Berechnung dieser Nutzenkomponente s. S. Planco Consulting GmbH, Nutzen-Kosten-Untersuchung einer Vertiefung der Außenems, Essen (2007), S. 60f.

Tabelle 2-10: Nutzen aus verminderter Umweltbelastung in €

Planfall	Jahreswert in 1.000 € in 2025	Barwert in 1.000 €
1,0 Meter Vertiefung	4.383	116.453

2.9 Nutzen aus der Förderung des internationalen Leistungsaustauschs

Die Verbesserung grenzüberschreitender Verkehrsverbindungen ist der internationalen Arbeitsteilung und der effizienten Allokation wichtiger Ressourcen förderlich. Daher erhalten Maßnahmen mit direkten Auswirkungen auf den grenzüberschreitenden Verkehr einen Nutzenszuschlag. Präferenzierungsfähig sind alle Maßnahmen, die im Zuge vorhandener oder geplanter internationaler Verbindungen Bedeutung haben sowie solche, welche die Hinterlandverbindung der Seehäfen verbessern.

Die Bedeutung einer Maßnahme für die Förderung des internationalen Informations- und Leistungsaustausches lässt sich am Ausmaß der Begünstigung des grenzüberschreitenden Verkehrs nachweisen. Präferenzierungsfähige Maßnahmen erhalten einen Bonus von maximal 10% der erzielten Zeit- und Betriebskostensparnisse.

Da die Fahrrinnenvertiefung der Außenems ausschließlich dem grenzüberschreitenden Verkehr zugutekommt, ist der maximale Wert von 10% der verkehrlichen Nutzen (verbesserte Schiffsauslastung, eingesparte Wartekosten und Verlagerungskosten) anzusetzen.

Tabelle 2-11: Nutzen durch die Förderung des internationalen Leistungsaustausches in €

Planfall	Barwert in 1.000 €
1,0 Meter Vertiefung	11.463

2.10 Nutzen-Kosten-Verhältnis

Die neu ermittelten Investitions- und Unterhaltungskosten sind um rund 25% höher als in der Studie aus dem Jahre 2007. Gleichzeitig sinkt durch die Anpassungen und Ergänzungen des Tidemodells der Nutzen um rund 20%, im Vergleich zur Analyse aus 2007. Somit ergibt sich folgendes neues Bild:

Tabelle 2-12: Nutzen-Kosten-Verhältnis des Ausbaus der Außenems durch eine Vertiefung von rund einem Meter

Nutzenkomponenten	in 1.000 €
Nutzen aus eingesparten Wartezeiten	-5.011
Nutzen durch Verbesserung der Auslastung (Massen- und Stückgutschiffe)	32.232
Nutzen durch vermiedene Ladungsumlenkung (Fahrzeugschiffe)	87.412
Nutzen aus erhöhten Unterhaltungskosten	-89.764
Nutzen durch Beschäftigung in der Bauphase	0
Nutzen durch regionale Beschäftigung in der Betriebsphase	44.226
Nutzen durch vermiedene Umweltkosten	
aus verbesserter Auslastung (Massen- und Stückgutschiffe)	74.053
aus vermiedener Ladungsumlenkung (Fahrzeugtransportschiffe)	42.400
Nutzen durch Förderung des internationalen Leistungsaustausches	11.463
Summe Nutzen	197.012
Investitionskosten	18.978
Nutzen-Kosten-Verhältnis	10,4

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Vertiefung der Außenems um einen Meter eine volkswirtschaftlich sinnvolle Maßnahme ist.

3 Vergleich verschiedener Ausbauvarianten

In der Nutzen-Kosten-Analyse aus dem Jahr 2007 wurde festgestellt, dass der Ausbau um 1 Meter die höchste volkswirtschaftliche Rentabilität der untersuchten Varianten erzielt. Zur Bestätigung dieses Ergebnisses wurde ein Variantenvergleich für die Vertiefungen um 0,5 Meter; 0,8 Meter; 1,0 Meter und 1,5 Meter durchgeführt. Für die Variante 0,5 Meter Vertiefung und die Variante 1,5 Meter Vertiefung wurden seitens des WSA Emden analog der 1,0 Meter Variante Investitions- und Unterhaltungskosten ermittelt. Die Kosten der 0,8 Meter Variante wurden auf Basis dieser Angaben interpoliert.

Tabelle 3-1: Investitionskosten und Barwerte je Ausbauvariante in 1.000 €

Zeitpunkt	0,5 m Vertiefung	0,8 m Vertiefung	1,0 m Vertiefung	1,5 m Vertiefung
Herstellung der Vertiefung und Ausgleichsmaßnahmen				
Jahr des Ausbaus	7.661	9.167	10.171	11.152
Morphologischer Nachlauf				
1. Jahr nach Ausbau	2.469	3.436	4.081	4.971
2. Jahr nach Ausbau	1.660	2.441	2.962	4.971
3. Jahr nach Ausbau	809	1.666	2.238	4.127
4. Jahr nach Ausbau	0	908	1.514	3.283
5. Jahr nach Ausbau	0	434	724	2.438
6. Jahr nach Ausbau	0	0	0	1.594
7. Jahr nach Ausbau	0	0	0	750
Summe	12.600	18.053	21.689	33.286
Barwert	11.247	15.886	18.978	28.371

Tabelle 3-2: Erhöhte Unterhaltungskosten je Ausbauvariante

Zeitraum	0,5 m Vertiefung	0,8 m Vertiefung	1,0 m Vertiefung	1,5 m Vertiefung
100 Jahre 1.000 €/a	1.689	2.605	3.215	4.659
Barwerte	47.165	72.724	89.764	130.081

Nachfolgend wird in Form einer kurzen Ergebnispräsentation der Vergleich zwischen den Ausbauvarianten dargestellt. Methodisch liegt den Ergebnissen das Verfahren zugrunde, welches bei der oben beschriebenen Nutzen-Kosten-Analyse angewendet wurde.

Tabelle 3-3: Vergleich der Ausbauvarianten der Außenems

Nutzenkomponenten	Ausbauvarianten der Vertiefung der Außenems um:			
	0,50 m	0,80 m	1,00 m	1,50 m
Nutzen aus eingesparten Wartezeiten	-1.314	1.246	-5.011	643
Nutzen durch Verbesserung der Auslastung (Massen- und Stückgutschiffe)	21.820	29.151	32.232	38.342
Nutzen durch vermiedene Ladungsumlenkung (Fahrzeugtransportschiffe)	33.255	33.255	87.412	87.412
Nutzen aus erhöhten Unterhaltungskosten	-47.165	-72.724	-89.764	-130.081
Nutzen durch Beschäftigung Bauphase	0	0	0	0
Nutzen durch regionale Beschäftigung	16.826	16.826	44.226	44.226
Nutzen durch vermiedene Umweltkosten				
aus verbesserter Auslastung (Massengut- und Stückgutschiffe)	48.728	66.169	74.053	89.727
aus vermiedener Ladungsumlenkung (Fahrzeugtransportschiffe)	16.131	16.131	42.400	42.400
Nutzen durch Förderung des intern. Leistungsaustausches	5.376	6.365	11.463	12.640
Summe Nutzen	93.657	96.419	197.012	185.309
Investitionskosten	11.247	15.886	18.978	28.371
Nutzen-Kosten-Verhältnis	8,3	6,1	10,4	6,5
Differenz-Nutzen-Kosten-Verhältnis zu 0,50 m		0,6	13,4	5,4
Differenz-Nutzen-Kosten-Verhältnis zu 0,80 m			32,5	7,1
Differenz-Nutzen-Kosten-Verhältnis zu 1,00 m				-1,2

Alle Varianten stellen volkswirtschaftlich sinnvolle Maßnahmen dar. Die Differenz-Nutzen-Kosten-Verhältnisse der 1,0 Meter Variante machen deutlich, dass sie die volkswirtschaftlich rentabelste ist. Die ungünstigste der betrachteten Varianten ist die 0,8 Meter Variante. Dies liegt in der Art der Verkehrsverlagerung begründet. Schiffe einer Tiefgangsklasse, deren ti-debedingte durchschnittliche Wartezeit höher als die akzeptierte Wartezeit ist, laufen Zee-brücke und nicht mehr Emden an. Die entsprechenden Tiefgangsklassen, für die es zu Ver-lagerungen kommt, sind bei den Varianten 0,5 Meter und 0,8 Meter identisch und unter-scheiden sich daher in Bezug auf die Verlagerung nicht. Der Effekt, dass die Verlagerungsef-fekte bei der 0,5-Meter-Variante identisch mit denen bei der 0,8-Meter-Variante sind, liegt daran, dass immer erst der Schwellenwert ab wann verlagert wird erreicht werden muss. Somit entwickeln sich die durchschnittlichen Wartezeiten nahezu parallel zur Ausbautiefe, die Verlagerungen aber nur in Sprüngen. Allerdings ist ein Unterschied dieser Varianten hin-

sichtlich eingesparter Wartezeiten sehr wohl festzustellen. Dies liegt daran, dass die durchschnittlichen Wartezeiten je Tiefgangsklasse bei der tieferen Variante sinken.¹⁵ Insgesamt fällt somit der Nutzen der 0,8 Meter Variante nur geringfügig höher aus als der der 0,5 Meter Variante. Bei deutlich höheren Kosten ergibt sich ein schlechteres Nutzen-Kosten-Verhältnis. Als Alternative zur 1,0 Meter Variante kommt die 0,8 Meter Variante daher nicht in Frage.

4 Nachrichtliche Berechnung der Beschäftigungseffekte während des Betriebs in Form von Arbeitsplätzen

Die Zahl der zusätzlichen Arbeitsplätze während der Betriebsphase basiert auf den Daten über die vom Fahrzeugumschlag abhängigen Beschäftigten. Im Jahr 2006 waren gemäß der Angaben der Hafenwirtschaft 1.100 Beschäftigte mit dem Umschlag von 997.000 Fahrzeugen beschäftigt. Von diesen 1.100 Beschäftigten sind allerdings nur rund 73%, d.h. 800 Beschäftigte direkt mit Umschlagaktivitäten befasst. Von einer Verlagerung nach Zeebrügge sind die in Emden produzierten bzw. veredelten Fahrzeuge auch bei Nichtausbau nicht betroffen, daher reduziert sich die Zahl der von einer möglichen Verlagerung betroffenen Beschäftigten auf 300.

Berücksichtigt man aber, dass bei einer Verlagerung auch Beschäftigung im Bereich Lotsen, Festmacher, Versorgungsbetrieb und Verwaltung betroffen sein wird, so sind es weitere 300 Arbeitsplätze, die zur Disposition stehen. Somit ergibt sich für den potenziell verlagerbaren Teil des Fahrzeugumschlags eine Quote von Beschäftigung je Fahrzeug von 0,00602. Dies entspricht einer Quote von rund 0,375 Arbeitsplätzen je 1.000 Fahrzeugtonnen.

Es ist davon auszugehen, dass zwischen 2006 und 2025 nur vernachlässigbare Produktivitätszuwächse im Bereich der Fahrzeugverladung zu erwarten sind. Vor diesem Hintergrund ergibt sich bei der vermiedenen Verlagerung im Planfall eine gesicherte Beschäftigung im Umfang von 522 Arbeitsplätzen. Bei einem Ausbau um 0,5 Meter bzw. 0,8 Meter wären es entsprechend 189 Arbeitsplätze.

Gemäß der Bewertungsmethodik zum Bundesverkehrswegeplan sind die Beschäftigungseffekte bei der Fahrzeugverladung für die deutsche Volkswirtschaft relevant, da sie im Fall der Verkehrsverlagerung nach Zeebrügge ins Ausland verlagert werden. Bei der Beschäftigung durch Fischerei und dem Tourismus, welche durch den Ausbau der Außenems beeinflusst werden könnte, ist dies nicht zu erwarten. Allerdings wurden die Belange der Fischerei in der

¹⁵ Ähnliche Effekte auf der Nutzenseite sind beim Vergleich der 1,0 Meter Variante mit der 1,5 Meter Variante zu beobachten.

Außenems sowie des Tourismus in den Gemeinden Ditzum und Greetsiel in einem gesonderten Gutachten angemessen berücksichtigt.¹⁶

5 Fazit

Der Bedarf an der Vertiefung der Außenems wird durch die volkswirtschaftliche Rentabilität der Maßnahme verdeutlicht. Ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 10,4 zeigt, dass es sich um ein im hohen Maße volkswirtschaftlich sinnvolles Vorhaben handelt. Dabei gilt es folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Die Nutzen-Kosten-Analyse wurde ohne jegliche Berücksichtigung geplanter Ausbaumaßnahmen am Rysumer Nacken durchgeführt, d.h. sie bezieht sich auf den aktuellen Ausbauzustand des Hafens. Eine Verlagerung der Autoport-Aktivitäten in den Rysumer Nacken stellt keine Alternative zur Vertiefung dar. Vor dem Hintergrund der aktuellen Ausbaumaßnahmen seitens VW und Autoport am derzeitigen Standort im Hafen und der dort bereits getätigten Investitionen, ist eine Verlagerung unabhängig von der Frage der technischen Realisierbarkeit betriebswirtschaftlich nicht darstellbar.
- Unter Ansatz einer konservativen Betrachtungsweise wurden neuste Entwicklungen bei den Fahrzeugtransportern nicht im vollen Umfang berücksichtigt. So haben die Neubauten der Neptune Lines mit einer Kapazität von 4.200 CEU¹⁷ einen Tiefgang von 8,7 Metern. Ihr Einsatzgebiet ist das Mittelmeer und Nordwest-Europa. Diese Schiffe sind für den Shortseabereich entwickelt worden und können Emden erst nach einer Vertiefung tideunabhängig anlaufen. Das Problem der Tideabhängigkeit wird durch solche Fahrzeugtypen somit noch verstärkt, denn das Problem, welches ursprünglich die großen Fahrzeugtransporter für die Überseeverkehre betraf weitete sich auf das Shortsea-Segment aus. Aus Gründen einer vorsichtigen Analyse wurden diese Effekte noch nicht einbezogen.

¹⁶ N.I.T.; cofad, Gutachten zur Bedeutung und zum Einfluss der Fischerei auf den Wirtschaftsfaktor „Tourismus“, Kiel; Weilheim 2010.

¹⁷ CEU entspricht Car Equivalent Unit.



- Im Rahmen der Nutzen-Kosten-Analyse wurde ermittelt, dass die Ausbauvariante mit einer Vertiefung von 1,0 Meter die volkswirtschaftlich rentabelste ist und auch im Vergleich mit den Ausbauvarianten 0,5 Meter Vertiefung, 0,8 Meter Vertiefung und 1,5 Meter Vertiefung den höchsten volkswirtschaftlichen Nutzen generiert. Eine Vertiefung um 1,5 Meter geht zum einen mit deutlich höheren Investitionskosten einher und zum anderen schmälern die ebenfalls deutlich höheren Unterhaltungskosten den Nutzen. Bei einer geringeren Vertiefung kommen die Vorteile insbesondere durch vermiedene Ladungsverlagerung nach Zeebrügge nicht im vollen Umfang zum Tragen. Außerdem wurde in den Gesprächen vor Ort deutlich, dass eine Vertiefung von einem Meter den Ausbaubedarf seitens der betroffenen Wirtschaft angemessen widerspiegelt.
- Ohne die Berücksichtigung indirekter Arbeitsplatzeffekte¹⁸ sind im Falle eines Nichtausbaus 522 Arbeitsplätze in Emden gefährdet. Evtl. negative Arbeitsplatzeffekte im Bereich der Fischerei sowie des Tourismus können in diesem Zusammenhang nicht gegengerechnet werden, da sie sehr wahrscheinlich innerhalb der Bundesrepublik Deutschland verlagert werden. Somit sind ausschließlich die Arbeitsplätze im Bereich der Fahrzeugverladung bewertungsrelevant.

Der von der Hafenwirtschaft signalisierte Bedarf einer Außenemsvertiefung ist somit auch aus volkswirtschaftlicher Sicht begründet.

¹⁸ Als indirekte Arbeitsplatzeffekte werden die Effekte verstanden, die durch die Vorleistungs- und Investitionsgüternachfrage und die Konsumausgaben auf Basis der direkten Effekte entstehen.

6 Anhang (Das PLANCO-Tidemodell)

Für die Bewertung der ökonomischen Auswirkungen einer Vertiefung der Außenems ist die Ermittlung der tidebedingten Wartezeiten und der Tidefenster erforderlich.

Im Rahmen einer Studie aus dem Jahre 1990¹⁹ wurde von der PLANCO Consulting GmbH ein Modell zur Berechnung tidebedingter Wartezeiten entwickelt, dessen Eingabedaten hier mit Hilfe der Projektgruppe aktualisiert wurden.

6.1 Anhang (Modellparameter)

Bei der Berechnung von tidebedingten Wartezeiten für ein bestimmtes Schiff sind die folgenden Parameter zu berücksichtigen:

1. Schiffsabmessungen (Länge, Breite, Völligkeitsbeiwert)
2. Ausbautiefe
3. Wasserstand
4. Strömungsgeschwindigkeit
5. Schiffsgeschwindigkeit
6. Krängung
7. Squat
8. Dichteänderung
9. Messungenauigkeiten
10. Netto-Unterkieľfreiheit

Schiffsabmessungen

Die Schiffsabmessungen (Länge, Breite) werden für das jeweilige Schiff ermittelt. Der Völligkeitsbeiwert wird – soweit er nicht bekannt ist - anhand der folgenden Formel berechnet:

$$Cb = \text{Verdrängung} / (L * B * T_r)$$

¹⁹ PLANCO Consulting GmbH: Datenermittlung und Bewertungsverfahren für Regelungs- und Investitionsmaßnahmen des Bundes an Seeschiffahrtsstraßen, Essen 1990, i. A. des BMV, Fe-Nr: 30327/89.



Dabei sind:

C_b Völligkeitsbeiwert

L Länge zwischen den Loten [m]

B Breite [m]

T_r Tiefgang in Ruhelage [m]

Ausbautiefe, Wasserstände, Strömungsgeschwindigkeiten

Die Daten zur Ausbautiefe wurden von der Projektgruppe für die gesamte Emsstrecke zwischen km 113 und km 40,7 (Emden) für die folgenden Positionen bereitgestellt.

Tabelle 6-1: Ausbautiefen der Ems im Ist-Zustand

Ems-km	Tiefe unter NN (Ist-Ausbau) [m]
40,730	-10,48
44,999	-10,43
45,001	-10,53
51,999	-10,44
52,001	-10,84
67,999	-10,60
68,001	-11,60
74,619	-11,52
74,621	-14,02
76,729	-14,01
76,731	-14,11
80,939	-14,08
80,941	-14,18
85,159	-14,08
85,161	-14,26
87,999	-14,24
88,001	-14,54
113,000	-14,54

Daten zu den Wasserständen und Strömungsgeschwindigkeiten wurden von der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nordwest für den Ist-Zustand mit einer räumlichen Auflösung von 50 Metern und einer zeitlichen Auflösung von 30 Minuten bereitgestellt; die Daten gelten jeweils für eine mittlere Tide. Zusätzlich wurden Angaben zur Mindertide bereitgestellt, welche ebenfalls in die Berechnungen eingeflossen sind.

Tabelle 6-2: Berücksichtigung einer Mindertide nach Streckenabschnitten der Außenems

Streckenabschnitt (Ems-km)	Mindertide (m)
0	0
40,45	-0,34
50,85	-0,33
65,69	-0,32
74,32	-0,32
150	0

Schiffsgeschwindigkeiten

Für die Revierfahrt sind beliebige Geschwindigkeitsprofile verwendbar. Alle Geschwindigkeiten können wahlweise als Geschwindigkeit durch das Wasser oder als Geschwindigkeit über Grund angegeben werden. Von der WSA wurden folgende Geschwindigkeiten für die Berechnungen vorgegeben:

Tabelle 6-3: Schiffsgeschwindigkeiten auf den Streckenabschnitten der Außenems

Streckenabschnitt (Ems-km)	Geschwindigkeit (kn)
40 - 52	6
52 - 60	8
60 - 74	8
74 - 84	12
84 - 113	16

Für Ein- und Ausgang wurden keine unterschiedlichen Geschwindigkeitsprofile verwendet.

Krängung

Bei einer Krängung des Schiffes ergeben sich erhöhte Tiefgänge. Zur Berechnung wird dazu die folgende Formel verwendet:

$$dT = 0,5 \cdot B \cdot \sin(w) - dR$$

Dabei sind:

dT Tiefgangserhöhung [m]

w Schlagseite oder Rollwinkel [°]

B Breite des Schiffes [m]

dR Ausgleich für die Schiffsrundung

Squat

Der Squat ist ein Absenken des Schiffes bei Fahrt durch ein seitlich begrenztes Gewässer. Für die hier unterstellten Bedingungen wurde die Näherungsformel nach ICORELS benutzt und in das Programm zur Tidefensterberechnung eingebaut:

$$Squat = c_{Squat} \cdot Cb \cdot \frac{B \cdot T}{L} \cdot \frac{Fr^2}{\sqrt{1 - Fr^2}}$$

Dabei ist Fr die Froude-Zahl: $Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$,

B und L die Breite und die Länge des Schiffes [m],

T der Tiefgang in Ruhelage [m]

Cb der Völligkeitsbeiwert (siehe oben),

v die Geschwindigkeit des Schiffes durchs Wasser [m/s],

g die Erdbeschleunigung [9,81 m/s²],

h die Wassertiefe [m].

Der Faktor c_{Squat} wird in der Literatur mit 2,0 bis 2,4 angegeben. Dies bedeutet bei sonst gleichen Werten Unterschiede im Squat von bis zu 20 Prozent. Die hier zugrunde gelegten Berechnungen wurden mit einem Squatfaktor von 2,0 erstellt.

Dichteänderung

Da mit steigendem Salzgehalt der Tiefgang abnimmt, soll eine entsprechende Anpassung des Tiefgangs während der Revierfahrt erfolgen. Die Dichteänderung im Bereich der Ems (km 150 bis km 45) wird im Modell über die folgenden positionsspezifischen Faktoren berücksichtigt:

Tabelle 6-4: Dichteänderung

Position	Tiefgangsänderung in %
Papenburg	-0,04
Emden (km 40,5)	-0,88
Knock (km 50,9)	-1,30
Paapsand (km 57,0)	-1,46
Emshörn (km 74,3)	-1,59
Borkum-Südstrand (km 88,8)	-1,70
Hubertgat (km 106,0)	-1,81
See (km 150,0)	-1,84

Messungenauigkeiten

Die oben angeführten Größen sind mit Messfehlern behaftet. Aus Sicherheitsgründen werden auf der Ems zusätzliche 0,16 m Wassertiefe gefordert.

Netto-Unterkiehfreiheit

Die Netto-Unterkiehfreiheit beträgt zwischen km 150 und 113 1,2 m, sinkt dann bis km 112 auf 0,6 m ab und beträgt konstant 0,6 m bis Emshörn (km 74). Danach sinkt die Netto-Unterkiehfreiheit bis nach Emden auf 0,3 m ab. Die Berücksichtigung der Netto-Unterkiehfreiheit bedeutet, dass die Summe aus Ruhetiefgang, Krängung, Squat, dichtebedingter Tiefgangsänderung und Messungenauigkeiten zu jedem Zeitpunkt der Revierfahrt mindestens um den vorgegebenen Wert zwischen 1,2 m bis 0,3 m (je nach Streckenabschnitt) geringer sein muss als die jeweilige Wassertiefe. Ist zu einem beliebigen Zeitpunkt dieser Mindestwert nicht gegeben, kann mit dem aktuell gewählten Geschwindigkeitsprofil keine sichere Passage gewährleistet werden.

6.2 Anhang (Ermittlung der tidebedingten Zeitverluste)

Das Tidemodell berechnet für jede Schiffsbewegung die tidebedingten Wartezeiten bzw. die durch eventuelle Langsamfahrt entstehenden Zeitverluste. Dazu wird für jedes Schiff für jede Minute innerhalb einer Tide ermittelt, ob für die geplante Fahrt (z.B. See nach Emden bzw. Emden nach See) an allen Stellen die benötigte Wassertiefe vorhanden ist. Dazu wird das Schiff in Schritten von je einer Minute bewegt. Der Wasserstand, die Strömungsgeschwindigkeit und alle anderen Daten an der jeweiligen Position werden aus den oben beschriebenen Eingabedaten interpoliert.

Diese Berechnungen werden für das vorgegebene Geschwindigkeitsprofil durchgeführt. Die optimale Abfahrtszeit wird als diejenige Zeit ermittelt, aus der die früheste Ankunftszeit am Ziel resultiert. Dies wird mit der theoretisch optimalen Ankunftszeit verglichen, die sich aus einem festen Geschwindigkeitsprofil einer tideunabhängigen Fahrt ergäbe. Als Differenz ergibt sich der tidebedingte Zeitverlust. Die für das jeweilige Schiff mittlere tidebedingte Wartezeit ergibt sich als Mittelwert der Zeitverluste über alle Abfahrtszeitpunkte.

Tabelle 6-5: Tiefgangsentwicklung der Fahrzeugtransportschiffe, die Emden anlaufen möchten bis 2025

See-Eingang Konstruktionstiefgang	Schiffs- bewegungen	2015		Schiffs- bewegungen	2020		Schiffs- bewegungen	2025	
		durchschn. Konstruktions- tiefgang	durchschn. realisierter Tiefgang		durchschn. Konstruktions- tiefgang	durchschn. realisierter Tiefgang		durchschn. Konstruktions- tiefgang	durchschn. realisierter Tiefgang
unter 6 m	275	54	48	290	53	48	309	53	48
6,0 bis 6,4 m	24	61	48	39	61	48	39	61	48
6,5 bis 6,9 m	74	66	59	78	65	59	80	65	59
7,0 bis 7,4 m	12	73	59	12	73	59	12	73	59
7,5 bis 7,9 m	105	78	67	116	78	67	112	78	67
8,0 bis 8,4 m	48	81	72	49	81	72	72	81	72
8,5 bis 8,9 m	19	87	76	20	87	76	19	87	76
9,0 bis 9,4 m	91	92	79	108	92	79	109	92	79
9,5 bis 9,9 m	35	97	84	35	97	84	35	97	84
10,0 bis 10,4 m	52	101	86	74	100	86	94	100	86
10,5 m und mehr	79	108	92	128	108	92	176	108	92
Summe / Gesamtdurchschnitt	814	75	65	949	77	67	1057	78	68

See-Ausgang Konstruktionstiefgang	Schiffs- bewegungen	2015		Schiffs- bewegungen	2020		Schiffs- bewegungen	2025	
		durchschn. Konstruktions- tiefgang	durchschn. realisierter Tiefgang		durchschn. Konstruktions- tiefgang	durchschn. realisierter Tiefgang		durchschn. Konstruktions- tiefgang	durchschn. realisierter Tiefgang
unter 6 m	275	54	52	290	53	52	309	53	52
6,0 bis 6,4 m	24	61	54	39	61	54	39	61	54
6,5 bis 6,9 m	74	66	60	78	65	60	80	65	60
7,0 bis 7,4 m	12	73	60	12	73	60	12	73	60
7,5 bis 7,9 m	105	78	68	116	78	69	112	78	69
8,0 bis 8,4 m	48	81	77	49	81	77	72	81	77
8,5 bis 8,9 m	19	87	83	19	87	83	19	87	83
9,0 bis 9,4 m	91	92	83	108	92	83	109	92	83
9,5 bis 9,9 m	35	97	85	35	97	85	35	97	85
10,0 bis 10,4 m	52	101	88	74	100	88	94	100	88
10,5 m und mehr	79	108	92	128	108	92	176	108	92
Summe / Gesamtdurchschnitt	814	75	68	948	77	70	1057	78	71

Anlauf Konstruktionstiefgang	Schiffs- bewegungen	2015		Schiffs- bewegungen	2020		Schiffs- bewegungen	2025	
		durchschn. Konstruktions- tiefgang	durchschn. realisierter Tiefgang		durchschn. Konstruktions- tiefgang	durchschn. realisierter Tiefgang		durchschn. Konstruktions- tiefgang	durchschn. realisierter Tiefgang
unter 6 m	550	54	50	580	53	50	618	53	50
6,0 bis 6,4 m	48	61	51	78	61	51	78	61	51
6,5 bis 6,9 m	148	66	59	156	65	59	160	65	59
7,0 bis 7,4 m	24	73	59	24	73	59	24	73	59
7,5 bis 7,9 m	210	78	67	232	78	68	224	78	68
8,0 bis 8,4 m	96	81	75	98	81	75	144	81	75
8,5 bis 8,9 m	38	87	80	39	87	79	38	87	80
9,0 bis 9,4 m	182	92	81	216	92	81	218	92	81
9,5 bis 9,9 m	70	97	84	70	97	85	70	97	85
10,0 bis 10,4 m	104	101	87	148	100	87	188	100	87
10,5 m und mehr	158	108	92	256	108	92	352	108	92
Summe / Gesamtdurchschnitt	1628	75	67	1897	77	68	2114	78	70

Tabelle 6-6: Wartezeiten der Fahrzeugtransportschiffe nach dem Konstruktionstiefgang

See-Eingang Konstruktionstiefgang	Vergleichs- fall	0,50 m Vertiefung			0,80 m Vertiefung			1,00 m Vertiefung			1,50 m Vertiefung		
		2015	2020	2025	2015	2020	2025	2015	2020	2025	2015	2020	2025
unter 6 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,0 bis 6,4 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5 bis 6,9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,0 bis 7,4 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,5 bis 7,9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8,0 bis 8,4 m	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8,5 bis 8,9 m	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9,0 bis 9,4 m	26	8	8	8	3	4	4	1	2	2	0	0	0
9,5 bis 9,9 m	55	25	26	26	13	14	15	10	10	11	1	1	1
10,0 bis 10,4 m	70	39	37	36	25	25	24	18	19	18	7	8	8
10,5 m und mehr	116	75	76	76	55	56	56	43	44	44	19	19	19
Summe / Gesamtdurchschnitt	30	12	15	18	8	10	12	6	8	10	2	3	4

See-Ausgang Konstruktionstiefgang	Vergleichs- fall	0,50 m Vertiefung			0,80 m Vertiefung			1,00 m Vertiefung			1,50 m Vertiefung		
		2015	2020	2025	2015	2020	2025	2015	2020	2025	2015	2020	2025
unter 6 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,0 bis 6,4 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5 bis 6,9 m	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,0 bis 7,4 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,5 bis 7,9 m	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8,0 bis 8,4 m	13	4	4	3	2	2	1	2	2	1	1	1	1
8,5 bis 8,9 m	56	17	17	17	4	4	4	1	1	1	0	0	0
9,0 bis 9,4 m	60	18	18	18	5	5	5	1	2	2	0	0	0
9,5 bis 9,9 m	82	37	38	39	20	21	22	11	12	13	1	2	3
10,0 bis 10,4 m	100	53	58	54	33	37	32	23	26	22	6	9	8
10,5 m und mehr	145	91	90	93	66	65	67	52	53	54	21	22	23
Summe / Gesamtdurchschnitt	44	17	21	24	10	13	15	7	10	12	3	4	5

Anlauf Konstruktionstiefgang	Vergleichs- fall	0,50 m Vertiefung			0,80 m Vertiefung			1,00 m Vertiefung			1,50 m Vertiefung		
		2015	2020	2025	2015	2020	2025	2015	2020	2025	2015	2020	2025
unter 6 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,0 bis 6,4 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5 bis 6,9 m	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,0 bis 7,4 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,5 bis 7,9 m	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8,0 bis 8,4 m	7	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
8,5 bis 8,9 m	33	9	8	9	2	2	2	0	0	0	0	0	0
9,0 bis 9,4 m	43	13	13	13	4	4	4	1	2	2	0	0	0
9,5 bis 9,9 m	68	31	32	33	17	17	18	11	11	12	1	1	2
10,0 bis 10,4 m	85	46	48	45	29	31	28	21	22	20	7	9	8
10,5 m und mehr	130	83	83	84	61	61	62	47	48	49	20	20	21
Summe / Gesamtdurchschnitt	37	14	18	21	9	12	14	7	9	11	2	4	4