



Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung
Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation
Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums
für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Untersuchungsbericht 45/04

Sehr schwerer Seeunfall

**Kollision zwischen
CMS COSCO HAMBURG
und
CMS P&O NEDLLOYD FINLAND
am 01. März 2004
auf der Unterelbe/Höhe Tonne 91
mit Tod eines Seemannes**

1. Februar 2006

Die Untersuchung wurde in Übereinstimmung mit dem Gesetz zur Verbesserung der Sicherheit der Seefahrt durch die Untersuchung von Seeunfällen und anderen Vorkommnissen (Seesicherheits-Untersuchungs-Gesetz-SUG) vom 16. Juni 2002 durchgeführt.

Danach ist das alleinige Ziel der Untersuchung die Verhütung künftiger Unfälle und Störungen. Die Untersuchung dient nicht der Feststellung des Verschuldens, der Haftung oder von Ansprüchen.

Bei der Auslegung des Untersuchungsberichtes ist die deutsche Fassung maßgebend.

Herausgeber:
Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung
Bernhard-Nocht-Str. 78
20359 Hamburg

Leiter: Jörg Kaufmann
Tel.: +49 40 3190 8300, Fax.: +49 40 3190 8340
posteingang-bsu@bsh.de www.bsu-bund.de

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG DES SEEUNFALLS	11
2	UNFALLORT	12
3	SCHIFFSDATEN.....	13
3.1	Foto CMS COSCO HAMBURG.....	13
3.2	Schiffsdaten	13
3.3	Foto CMS P&O NEDLLOYD FINLAND	14
3.4	Schiffsdaten	14
4	UNFALLHERGANG.....	15
4.1	Fahrt des CMS P&O NEDLLOYD FINLAND	15
4.1.1	Schilderung des Fahrtverlaufes durch den Kapitän	15
4.1.2	Zeugenbericht des 1. Offiziers.....	17
4.1.3	Bericht des Elblotsen	18
4.1.4	Zeugenaussage der Passagierin	19
4.2	Fahrt des CMS COSCO HAMBURG	21
4.2.1	Angaben des Kapitäns zum Unfallhergang.....	21
4.2.2	Angaben des Lotsen.....	21
4.3	Fotodokumentation des Kollisionsverlaufes.....	22
5	FOLGEN DER KOLLISION.....	24
6	UNFALLUNTERSUCHUNG.....	26
6.1	Vorbemerkungen.....	26
6.2	Rekonstruktion des Fahrtverlaufes.....	26
6.2.1	Auswertung der Zeugenaussagen	26
6.2.2	Analyse der elektronisch aufgezeichneten Bahnverläufe	28

6.2.2.1 Untersuchungsmethodik und -umfang	28
6.2.2.2 Datengrundlagen	29
6.2.2.3 Problem der Zeitsynchronisierung	29
6.2.2.4 Datenanalyse	30
6.2.2.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	43
6.2.3 Ergebnis der Analyse des Fahrtverlaufes	48
6.3 Hydrodynamische Begutachtung	49
6.3.1 Einführung	49
6.3.2 Numerische Untersuchung des Überholvorganges	51
6.3.2.1 Theoretische Vorbetrachtungen	51
6.3.2.2 Aufgabenstellung	52
6.3.2.3 Vorgehensweise	52
6.3.2.4 Kräfte und Momente auf das überholte Schiff	54
6.3.2.5 Geschwindigkeitsverlauf der NEDLLOYD FINLAND während des Überholmanövers	58
6.3.2.6 Einzustellende Ruderwinkel und dazugehörige Driftwinkel	59
6.3.2.7 Zusammenfassung der numerisch erzielten Ergebnisse	60
6.3.3 Experimentelle Untersuchung des Überholvorganges	64
6.3.3.1 Auftragsumfang	64
6.3.3.2 Modelle	65
6.3.3.3 Versuchsdurchführung	66
6.3.3.4 Ergebnisse	71
6.3.3.5 Schlussbemerkungen zu den Experimenten	90
6.3.3.6 Ausblick	90
6.3.3.7 Symbolverzeichnis	92
6.3.4 Vergleichende Betrachtungen der HSVA	93
7 ANALYSE	94
7.1 Bewertung des Kollisionsgeschehens	94
7.1.1 Bahnverlaufsanalyse nach ECS-Datenauswertung	94
7.1.2 Hydrodynamische Betrachtungen	95
7.1.3 Schlussfolgerungen	96

7.2	Zulässigkeit von Lascharbeiten auf fahrenden Containerschiffen.....	103
7.2.1	Ausgangssituation	104
7.2.1.1	Zeugenaussage	104
7.2.1.2	Containerstauung an Deck der NEDLLOYD FINLAND am Unfalltag	104
7.2.2	Rechtliche Vorgaben	106
7.2.2.1	SOLAS-Übereinkommen	106
7.2.2.2	Unfallverhütungsvorschriften	108
7.2.3	Zusammenfassung	111
8	SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN	113
8.1	Sicherheitsempfehlung vom 1. Oktober 2004	113
8.2	Weitere Empfehlungen	115
9	QUELLENANGABEN	118

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Unfallort.....	12
Abbildung 2: CMS COSCO HAMBURG	13
Abbildung 3: CMS P&O NEDLLOYD FINLAND	14
Abbildung 4: Lage der Schiffe zueinander kurz vor der Kollision.....	22
Abbildung 5: Erste Berührung der Schiffe	22
Abbildung 6: Letzte Kollisionsphase	23
Abbildung 7: Lage der Schiffe zueinander kurz nach der Kollision.....	23
Abbildung 8: Schäden NEDLLOYD FINLAND (1)	24
Abbildung 9: Schäden NEDLLOYD FINLAND (2)	25
Abbildung 10: Schäden COSCO HAMBURG	25
Abbildung 11: Auswertungsbeispiel zur Situationsanalyse des Überholvorgangs	32
Abbildung 12: Ausschnittsvergrößerung der visualisierten Trackverläufe zu Beginn der Analyseperiode	33
Abbildung 13: Geschwindigkeitsverläufe über Grund für den gesamten Analysezeitraum	33
Abbildung 14: Kreiselkursdaten (Heading)	34
Abbildung 15: Kursverläufe über Grund	34
Abbildung 16: Momentaufnahme des Überholvorganges dichteste Annäherung der Sensorpositionen (Gauß-Krüger-Koordinaten)	35
Abbildung 17: Momentaufnahme des Überholvorganges dichteste Annäherung der Sensorpositionen (geografische Koordinaten)	35

Abbildung 18: Momentaufnahme des Überholvorganges kurz vor der Kollision (Gauß-Krüger-Koordinaten)	36
Abbildung 19: Momentaufnahme des Überholvorganges kurz vor der Kollision (geografische Koordinaten)	37
Abbildung 20: Dichteste Abstände zwischen den Schiffskörpern der beteiligten Fahrzeuge	37
Abbildung 21: Dichteste Abstände zwischen den Sensorpositionen	38
Abbildung 22: Absolute Abstände der Sensorposition der COSCO HAMBURG zur Radarlinie	38
Abbildung 23: Absolute Abstände der Sensorposition der NEDLLOYD FINLAND zur Radarlinie	39
Abbildung 24: Darstellung der wahrscheinlichen Situation kurz vor Unfalleintritt (zeitsynchronisierte Datensätze)	40
Abbildung 25: Letzte Phase der Berührung zwischen den beteiligten Schiffen (zeitsynchronisierte Datensätze)	41
Abbildung 26: Situation kurz nach der Kollision (zeitsynchronisierte Datensätze)	42
Abbildung 27: Dichteste Abstände von Bordwand zu Bordwand (zeitsynchronisierte Datensätze)	42
Abbildung 28: Dichteste Abstände zwischen den Sensorpositionen (zeitsynchronisierte Datensätze)	43
Abbildung 29: Rekonstruktion des Seeunfalles am Schiffsführungssimulator (Basis: zeitsynchronisierte Daten) ...	44
Abbildung 30: Skizze des Querschnittes des Berechnungsgebiets	52
Abbildung 31: Propeller- und Ruderanordnung der NEDLLOYD FINLAND	54
Abbildung 32: Längskraft, Seitenkraft und Giermoment auf das überholte Schiff	55
Abbildung 33: Schiffsabsenkung und Vertrimmung am überholten Schiff	57

Abbildung 34: Giermoment auf das überholte Schiff im Tiefwasser	57
Abbildung 35: Längskraft am überholten Schiff, mittlere und feine Gitterauflösung	58
Abbildung 36: Geschwindigkeitsverlauf der NEDLLOYD FINLAND.....	58
Abbildung 37: Ruderwinkel und Driftwinkel am überholten Schiff	60
Abbildung 38: Isolinien der Wellenerhebung (L -0.2; Seitenabstand 150 m)....	62
Abbildung 39: Isolinien der Wellenerhebung (L 0; Seitenabstand 150 m).....	62
Abbildung 40: Isolinien der Wellenerhebung (L 0.3; Seitenabstand 150 m).....	62
Abbildung 41: Isolinien der Wellenerhebung (L 0.6; Seitenabstand 150 m).....	63
Abbildung 42: Isolinien der Wellenerhebung (L 0.8; Seitenabstand 150 m).....	63
Abbildung 43: Isolinien der Wellenerhebung (L 0.6; Seitenabstand 100m).....	63
Abbildung 44: Isolinien der Wellenerhebung (L 0.6; Seitenabstand 200 m).....	64
Abbildung 45: Modell COSCO HAMBURG.....	65
Abbildung 46: Modell NEDLLOYD FINLAND	65
Abbildung 47: Versuchsanordnung im Querschnitt.....	66
Abbildung 48: Versuchsanordnung mit den verschiedenen Spuren in der Draufsicht	67
Abbildung 49: Variation der Modellanordnung (stationäre Versuche)	70
Abbildung 50: Variation der Modellanordnung (Instationäre Versuche)	71
Abbildung 51: Vereinfachter Propulsionsversuch.....	72
Abbildung 52: Kräfte und Momente im stationären Versuch (nur NEDLLOYD FINLAND)	72
Abbildung 53: Längsschnitt durch das Bodendruckfeld (COSCO HAMBURG)	73

Abbildung 54: Variation der Schiffe.....	74
Abbildung 55: Variation Längsabstand	75
Abbildung 56: Variation der Querposition (beide Schiffe)	76
Abbildung 57: Variation der Querposition (nur NEDLLOYD FINLAND)	77
Abbildung 58: Kräfte, Momente und Schwimmlagen im stationären Versuch (Variation Längsposition)	78
Abbildung 59: Kräfte, Momente und Schwimmlagen im stationären Versuch (Variation Querposition)	78
Abbildung 60: Ergebnisse der Ruder- und Driftwinkelversuche	79
Abbildung 61: Vergleich X, Y und N stationär und instationär	80
Abbildung 62: Vergleich Absenkung und Trimm stationär und instationär	81
Abbildung 63: Vergleich Ruder- und Driftwinkel stationär und instationär	81
Abbildung 64: Vergleich der unterschiedlichen Geschwindigkeiten.....	83
Abbildung 65: Gemittelte Daten bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen.....	84
Abbildung 66: Kräfte, Momente und Schwimmlagen bei 3 unterschiedlichen Geschwindigkeiten	84
Abbildung 67: Theoretisch berechnete Ruder- und Driftwinkel bei 3 unterschiedlichen Geschwindigkeiten	85
Abbildung 68: Längskraft bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen.....	86
Abbildung 69: Seitenkraft bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen.....	87
Abbildung 70: Drehmoment bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen.....	87
Abbildung 71: Absenkung bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen.....	88

Abbildung 72: Trimm bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen.....	88
Abbildung 73: Theoretischer Ruderwinkel bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen.....	89
Abbildung 74: Theoretischer Driftwinkel bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen.....	89
Abbildung 75: Gegenüberstellung der unterschiedlichen Rechen- und Messergebnisse.....	97

1 Zusammenfassung des Seeunfalls

Am 1. März 2004 gegen 14.40 Uhr MEZ¹ kollidierte das unter deutscher Flagge elbaufwärts Richtung Hamburg fahrende Containerschiff P&O NEDLLOYD FINLAND² mit dem ebenfalls für Hamburg bestimmten und unter der Flagge der Sonderverwaltungsregion Hongkong fahrenden Großcontainerschiff COSCO HAMBURG auf der Unterelbe. Die COSCO HAMBURG hatte die im Feederdienst eingesetzte NEDLLOYD FINLAND zuvor bei guten Witterungs- und Sichtbedingungen fast vollständig überholt und passierte mit ihrem Heck gerade den Vorschiffsbereich des Feederschiffes, als letzteres plötzlich auf Grund hydrodynamischer Interaktion (Sogwirkung) seine Steuerfähigkeit verlor und mit dem Bug sehr schnell auf das Achterschiff der COSCO HAMBURG zudrehte. Es kam zu einer heftigen Berührung der beiden unter Lotsenberatung stehenden Fahrzeuge in dem genannten Bereich. Infolge des Aufpralls bekam die NEDLLOYD FINLAND vorübergehend eine Schlagseite zwischen 30 und 40°. Dies führte dazu, dass mehrere, teilweise bereits entlaschte Container an Bord des Schiffes aus ihren Verankerungen gerissen wurden. Ein Container ging über Bord. Beide Schiffe blieben allerdings schwimmfähig und konnten die Fahrt mit Beschädigungen jeweils oberhalb der Wasserlinie aus eigener Kraft fortsetzen.

Kurze Zeit nach der Kollision wurde an Bord der NEDLLOYD FINLAND eine philippinische Fachkraft Deck³ vermisst. Der Seemann war zum Zeitpunkt der Kollision an Deck mit dem Entlaschen von Containern beschäftigt gewesen und muss den Halt verloren haben, als die NEDLLOYD FINLAND sich auf Grund des Zusammenstoßes stark zur Seite neigte. Die Vermisstenmeldung wurde vom Kapitän um 14.53 Uhr auf UKW-Kanal 68 verbreitet. Gleichzeitig leitete er ein Mensch über Bord⁴ Manöver ein. An der Suche beteiligten sich außerdem mehrere in der Nähe befindliche Behördenfahrzeuge (Wasserschutzpolizei und Wasser- und Schifffahrtsverwaltung⁵). Um 15.36 Uhr wurde der bewusstlose Matrose von dem Peilschiff NIEDERELBE⁶ zwischen den Tonnen 88 und 90 geborgen und anschließend an Land verbracht. Die durchgeführten Reanimationsversuche blieben erfolglos. Um 16.02 Uhr meldeten die Rettungskräfte, dass die Person verstorben sei.

Der über Bord gegangene, mit dem Ebbstrom Richtung Glückstadt treibende 40-Fuß-Container konnte von den zum Unfallort geeilten Fahrzeugen gesichert und nach Kollmar geschleppt werden. Da er keine gefährliche Ladung enthielt und auch während der Kollision der Schiffe keine Treib- oder sonstigen Betriebsstoffe ausgetreten waren, wurde die Umwelt durch den Seeunfall nicht beeinträchtigt.

¹ MEZ=Ortszeit=UTC+1h; auf diesen Zusatz wird nachfolgend verzichtet.

² Nachfolgend kurz „NEDLLOYD FINLAND“

³ Fachkraft Deck = engl. able bodied seaman = Funktion an Bord gemäß Musterrolle = Vollmatrose; nachfolgend wird diese Funktionsbezeichnung kurz mit „Matrose“ bzw. „Seemann“ umschrieben.

⁴ Fachlich korrekte Bezeichnung für die überkommene Formulierung „Mann über Bord“.

⁵ Kurz WSV.

⁶ Peilschiff im Dienst des Wasser- und Schifffahrtsamtes (WSA) Hamburg.

2 Unfallort

Art des Ereignisses: Sehr schwerer Seeunfall
Datum: 01. März 2004
Uhrzeit: ca. 14:40 Uhr
Ort: Unterelbe, Höhe Tonne 91
Breite/Länge: φ 53°43'N λ 009°28,4'E

Ausschnitt aus Seekarte 3010 Bl. 6 (Ausgabe 2003); BSH

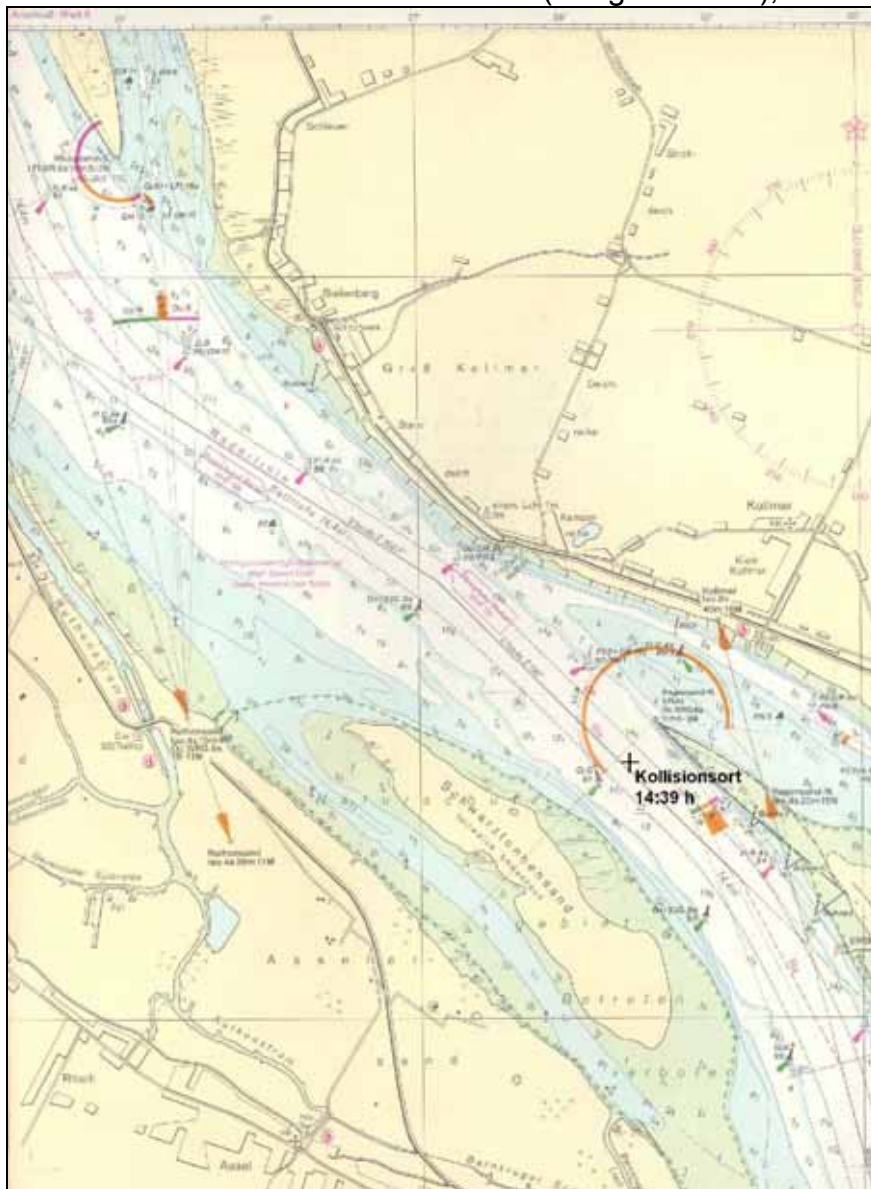


Abbildung 1: Unfallort

3 Schiffsdaten

3.1 Foto CMS COSCO HAMBURG



Abbildung 2: CMS COSCO HAMBURG

3.2 Schiffsdaten

Schiffsname:	COSCO HAMBURG
IMO-Nummer:	9221085
Schiffstyp:	Containerschiff
Nationalität, Flagge:	V.R. China, Sonderverwaltungsregion Hongkong
Heimathafen:	Hongkong
Unterscheidungssignal:	VRXI3
Reederei:	COSCO MARITIME (UK) Ltd.
Baujahr:	2001
Bauwerft/Baunummer:	KAWASAKI SHIPBUILDING CORPORATION/1503
Klassifikationsgesellschaft:	American Bureau of Shipping
Klasse:	A1, Container Carrier, Ice Class D0, E, AMS, ACCU, OMBO
Länge ü.a.:	280,00 m
Breite ü.a.:	39,80 m
Tiefgang max.:	14,03 m
Bruttoreaumzahl:	65.531 gt
Tragfähigkeit:	69.193 t
Maschinenleistung:	43.716 kW
Hauptmaschine:	KAWASAKI MAN-B&W/10L90MC
Geschwindigkeit:	24,5 kn
Anzahl der Besatzung:	23 + 1 (Elblotse)

3.3 Foto CMS P&O NEDLLOYD FINLAND



Abbildung 3: CMS P&O NEDLLOYD FINLAND

3.4 Schiffsdaten

Schiffsname:	P&O NEDLLOYD FINLAND
IMO-Nummer:	9129471
Schiffstyp:	Containerschiff
Nationalität/Flagge:	Bundesrepublik Deutschland
Heimathafen:	Hamburg
Unterscheidungssignal:	DGSV
Reederei:	MS „VERA“ Wilfried Rambow KG
Baujahr/Ablieferung:	1995/1996
Bauwerft/Baunummer	J. J. Sietas KG Schiffswerft GmbH & Co./1123
Klassifikationsgesellschaft:	Germanischer Lloyd
Klasse:	100A5 E3 SOLAS II-2-Container Ship, MC E3 AUT
Länge ü.a.:	101, 10 m
Breite ü.a.:	18, 20 m
Tiefgang max.:	6, 55 m
Bruttoreaumzahl:	3999 gt
Tragfähigkeit:	5207 t
Maschinenleistung:	3825 kW
Hauptmaschine:	Deutz MWM/TBD 645 L 9
Geschwindigkeit:	15,5 kn
Anzahl der Besatzung:	10 + 2 (Elblotse und Passagierin)

4 Unfallhergang

4.1 Fahrt des CMS P&O NEDLLOYD FINLAND

Die auf der Sietas-Werft gebaute NEDLLOYD FINLAND befand sich auf der Reise von Kotka/Finnland nach Hamburg. Das Schiff war vorschriftsmäßig ausgerüstet und bei europäischen Hafenstaatkontrollen seit Indienstellung von zwei geringfügigen Ausnahmen abgesehen ohne Beanstandungen geblieben.

Als Vortriebseinrichtung verfügt die NEDLLOYD FINLAND über einen achtern mittschiffs angeordneten linksdrehenden Verstellpropeller. Die Manöviereinheit besteht aus einem Beckerruder (maximaler Ruderwinkel 45°), einer vor dem Unfall in Betrieb befindlichen Selbststeueranlage (Typ Raytheon NautoPilot) und einem Bugstrahlruder (Typ Jastram BV 60 F).

Navigiert wurde am Unfalltag insbesondere mit Hilfe eines elektronischen Seekartensystems (Typ Transas ECS Navi Sailor 2400), der BA-Chart 3267, eines GPS-Empfängers (Typ Magnafox Mx 200) und zweier Radaranlagen (Typ Kelvin Hughes Nucleus 5000 T). Die Radarbildschirme waren im Relativ Motion North up Modus auf den 1,5 sm bzw. 3 sm Bereich (jeweils off center) geschaltet.

Schiffs⁷- und Manöverdatenschreiber waren für die NEDLLOYD FINLAND zum Unfallzeitpunkt nicht ausrüstungspflichtig und nicht an Bord installiert.

Auf der Brücke befanden sich zum Unfallzeitpunkt der das Schiff vom Steuerbordpult des Brückenfahrstandes aus führende Kapitän, der 1. Offizier, der Leitende Ingenieur und der den Kapitän beratende Elb-Lotse, der den Platz am Backbordpult des Brückenfahrstandes eingenommen hatte. Außerdem hielt sich eine Passagierin auf der Brücke bzw. in den Nocken auf. Alle Personen waren deutscher Nationalität.

4.1.1 Schilderung des Fahrtverlaufes durch den Kapitän

Der Kapitän hat in seinem der BSU vorliegenden Zeugenbericht den Fahrtverlauf und das Unfallgeschehen folgendermaßen beschrieben:

Am Morgen des 1. März 2004 sei der Nord-Ostsee-Kanal (NOK) passiert worden. Gegen 11.30 Uhr habe er im NOK die Wache vom 1. Offizier bei guten Wetter- und Sichtbedingungen übernommen. Die Schleuse Brunsbüttel sei ca. 13.10 Uhr verlassen worden. In der Schleuse sei der Elblotse an Bord gekommen. Schon während des Auslaufens aus der Schleuse habe der Kapitän in der Ferne die COSCO HAMBURG sehen können und von der Verkehrszentrale (VKZ) Brunsbüttel die Information erhalten, dass das Containerschiff sich ebenfalls auf dem Weg nach Hamburg befinde. Die NEDLLOYD FINLAND sei unter Lotsenberatung mit der Fahrtstufe Voll Voraus elbaufwärts gefahren. Bei einer Fahrt durchs Wasser von 15,5 kn und dem gegenlaufenden Tidestrom von etwa 3 kn habe die Geschwindigkeit über Grund 12,5 kn betragen. Die Kommunikation mit der VKZ sei durchgehend vom Lotsen über Kanal 68 mit der UKW-Anlage in der Mittelkonsole geführt worden. Eine weitere UKW-Anlage sei ununterbrochen auf Kanal 16 empfangsbereit gewesen.

In der Zeit vor der Kollision habe nur geringer Schiffsverkehr geherrscht, auch Funkverkehr sei kaum zu vernehmen gewesen. Der Kapitän habe bemerkt, dass die COSCO HAMBURG von achtern langsam aufgekommen sei. Ihre Überholabsicht sei offenkundig gewesen, allerdings weder über UKW noch durch sonstige Signale mitgeteilt worden. Funkverkehr habe es zwischen den Fahrzeugen während der

⁷ Schiffsdatenschreiber = Voyage Data Recorder (VDR).

gesamten Zeit nicht gegeben. Um den Überholvorgang zu erleichtern, habe er die NEDLLOYD FINLAND noch weiter an den Südtonnenstrich⁸ gesteuert. Der Abstand zwischen den Schiffen habe einen normalen Überholvorgang erwarten lassen.

Gegen 14.30 Uhr sei das Überholmanöver so weit fortgeschritten gewesen, dass sich der Steven der COSCO HAMBURG auf Brückenhöhe befunden habe. Dies sei noch vor der Tonne 89 gewesen. Der Passierabstand habe zu diesem Zeitpunkt noch etwa 70 bis 80 Meter betragen, sei in jedem Falle aber deutlich geringer als eine Schiffslänge gewesen. Die NEDLLOYD FINLAND habe einen Kurs von etwa 135° gesteuert und sich am äußersten Rand des Fahrwassers nahe am Tonnenstrich gehalten. Kurz nach Passage der Tonne 89 hätten sich die Aufbauten des Überholers bei unverändertem Passierabstand etwa mittschiffs befunden. Plötzlich sei zeitgleich vom Lotsen und vom Kapitän ein von der COSCO HAMBURG ausgehender Sog und eine rasche Zunahme der eigenen Geschwindigkeit bemerkt worden. Die entsprechenden Anzeigen auf dem Radarbildschirm und in der elektronischen Seekarte seien von zuvor 10 bis 11 kn auf 13 kn hochgeschneilt. Auch der seitliche Abstand zur COSCO HAMBURG hätte sich nun verringert.

Sofort als Sog und Geschwindigkeitszunahme offenkundig geworden seien, habe der Lotse die Anweisung gegeben, das Ruder auf Hart Steuerbord zu legen, was durch den Kapitän mit einem Griff zu dem Tiller auf der Mittelkonsole umgesetzt worden sei. Das Schiff habe darauf weder anfänglich noch später reagiert. Die Geschwindigkeitsanzeige habe jetzt eine Fahrt von 14 kn ausgewiesen und die Distanz zwischen den Fahrzeugen schnell abgenommen. Subjektiv sei für den Kapitän der Eindruck entstanden, die COSCO HAMBURG ändere ihren Kurs in Richtung der NEDLLOYD FINLAND.

Daraufhin sei vom Kapitän die Propellersteigung unmittelbar auf Voll Zurück gelegt worden. Trotz dieses Manövers habe die Geschwindigkeit weiter zugenommen und sich der des Überholers bei stetig abnehmendem Seitenabstand in etwa angeglichen. Wenige Sekunden später sei es in einem Winkel von etwa 20° zum Zusammenstoß der Backbord-Schulter der NEDLLOYD FINLAND mit dem Achterschiff der COSCO HAMBURG in Höhe von ca. 25 Meter vor deren Heckspiegel gekommen. Der Kapitän habe bemerkt, dass der Backbord außen in der oberen Lage auf Bay 2 gestaute 40-Fuß-Container die Bordwand der COSCO HAMBURG berührte und nach Steuerbord herübergedrückt worden sei.

Gleichzeitig sei auch das gesamte Schiff nach Steuerbord gedrückt worden. Er habe später an Hand des Klinometers⁹ feststellen können, dass die Schlagseite des Schiffes Werte von bis zu 40° angenommen hatte.

Kurz bevor sich das Schiff wieder aufgerichtet habe, sei der auf Bay 2 an Steuerbord außen gestaute 40-Fuß-Container seitlich über Bord gekippt und der darunter befindliche, in Bay 3 gestaute 20-Fuß-Container nach Steuerbord in das Gangbord gestürzt.¹⁰

Nach dem Freikommen von der COSCO HAMBURG habe das Schiff abrupt an Geschwindigkeit verloren, während der Überholer ohne Geschwindigkeitsänderung weitergefahren sei. Man selbst sei kurze Zeit später mit weiterhin auf Voll Rückwärts liegender Propellersteigung quer auf der Gegenfahrwasserseite zum Stehen gekommen. Nachdem das Schiff mit Rückwärtsfahrt wieder auf die rechte Fahr-

⁸ Gemeint ist die gedachte Verbindungslinie zwischen den Steuerbordfahrwassertonnen.

⁹ Auf der Brücke installiertes Messgerät zum Anzeigen der Krängung des Schiffes.

¹⁰ Vgl. hierzu die grafische Darstellung unter Pkt. 7.2.1.2.

wasserseite manövriert und aufgestoppt worden war, habe der Lotse die VKZ Brunsbüttel über die Kollision informiert.

Der Kapitän habe sofort nach der Kollision den 1. Offizier zur Begutachtung der Schäden und zur Feststellung der Schwimmfähigkeit zum Vorschiff beordert. Nachdem ein Matrose unmittelbar nach der Kollision an Bord nicht aufgefunden werden konnte, habe er eine Vermisstenmeldung an die VKZ abgesetzt.

Kurze Zeit später, etwa gegen 15.02 Uhr, seien das Peilschiff BIENE¹¹ und das Behördenschiff WEGA¹² am Unfallort eingetroffen. Gleichzeitig habe man das eigene Rettungsboot bemannt und ausgesetzt. Die NEDLLOYD FINLAND selbst habe gedreht und sich elbabwärts fahrend an der Suche nach dem vermissten Matrosen beteiligt.

Gegen 15.35 Uhr sei vom Peilschiff NIEDERELBE das Auffinden des Matrosen gemeldet und kurze Zeit später die Suchaktion von der VKZ für beendet erklärt worden. Das Rettungsboot sei wieder an Bord genommen und die Reise fortgesetzt worden.

4.1.2 Zeugenbericht des 1. Offiziers

Der 1. Offizier hat die Angaben des Kapitäns bestätigt und ergänzt.

Er habe nach der Übergabe der Wache an den Kapitän zunächst die Brücke verlassen und sei gegen 14.00 Uhr wieder dorthin zurückgekehrt, um den Ladeplan für Hamburg vorzubereiten. Von dem im achteren Brückenbereich befindlichen Ladungsrechner habe er die zu diesem Zeitpunkt noch weit entfernte, aufkommende COSCO HAMBURG sehen können. Kurz vor 14.30 Uhr sei der Leitende Ingenieur auf die Brücke gekommen. Der Überholer sei nun vom Ladungsrechner aus nicht mehr zu sehen gewesen und habe sich im toten Winkel hinter der Schornsteinumkleidung befunden. Um das Schiff beobachten zu können, habe der 1. Offizier sich in die Brückenmitte vor die Mittelkonsole des Fahrstandes gestellt. Der Steven der COSCO HAMBURG habe sich jetzt auf der Höhe der eigenen Aufbauten befunden. Auch nach seinen Bekundungen betrug der seitliche Passierabstand zu diesem Zeitpunkt etwa 60 bis 80 Meter.

Der Rumpf des Überholers habe sich dann zunächst relativ schnell mit gleichbleibend geringem Abstand an der NEDLLOYD FINLAND vorbeigeschoben. Der 1. Offizier habe sich auf die Steuerbordseite des Fahrstandes direkt vor das Brückenfenster begeben und bemerkt, dass sich der Abstand zur COSCO HAMBURG plötzlich verringerte. Auch ihm sei es so vorgekommen, als ob der Überholer auf die NEDLLOYD FINLAND zudrehe.

Bei einem Blick zum Fahrstand habe er beobachtet, dass der Kapitän zum Tiller des Handruders griff und das Ruder nach Hart Steuerbord legte. Auf dem Monitor der elektronischen Seekarte sei eine Geschwindigkeit von 12,5 kn angezeigt worden.

Der Abstand zur COSCO HAMBURG habe sich weiterhin schnell verringert und das eigene Schiff schien auf die Hart Steuerbord Ruderlage nicht zu reagieren.

Der Kapitän habe nun zum Fahrhebel gegriffen und an den Vibrationen im Schiff sei kurze Zeit später das Umsteuern der Propellersteigung auf Rückwärts spürbar geworden, ohne dass das Schiff im Übrigen reagiert habe. Der Abstand zur COSCO

¹¹ Peilschiff im Dienst des WSA Hamburg.

¹² Im Dienst des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) stehendes Vermessungs-, Wracksuch- und Forschungsschiff.

HAMBURG habe weiterhin schnell abgenommen. Der 1. Offizier habe sich nun vom Brückenfenster zurück zum Steuerbordpult des Brückenfahrstandes begeben und dort den Zusammenstoß in der vom Kapitän beschriebenen Art und Weise erlebt. Die Schlagseite nach der Kollision habe etwa 20 bis 25 Sekunden während der gesamten Berührungsphase der beiden Schiffe andauert. Die NEDLLOYD FINLAND sei zunächst seitlich über ihren Backbord Bug von der COSCO HAMBURG mitgerissen worden und dann langsam achteraus abgesackt. Erst nach dem Freikommen habe das Schiff sich wieder aufgerichtet.

Auf Anordnung des Kapitäns habe er an Deck die Schäden an Schiff und Ladung begutachtet. Auf dem Rückweg zur Brücke sei ihm berichtet worden, dass ein Matrose vermisst würde. Nach der Weiterleitung dieser Information an die Brücke habe er sich an der Suche auf dem Schiff beteiligt und sei dann selbst auf die Brücke zurückgekehrt. Zwischenzeitlich sei das Rettungsboot klargemacht und ausgesetzt worden.

Nach der Meldung über das Auffinden des Seemanns habe er das Einholen des Rettungsbootes überwacht. Gegen 15.52 Uhr sei die Reise nach Hamburg fortgesetzt worden.

4.1.3 Bericht des Elblotsen

Auch der Lotse der NEDLLOYD FINLAND stellt den Unfallhergang in ähnlicher Weise dar, wie der Kapitän. Da der Lotsenbericht jedoch in einigen Punkten zusätzliche beziehungsweise präzisierende Ausführungen enthält, soll auch dessen Inhalt nachfolgend seinem wesentlichen Inhalt nach und unter weitgehender Vermeidung unnötiger Wiederholungen sinnwährend wiedergegeben werden.

Der Lotse kannte nach eigenen Angaben das Schiff und den Schiffstyp sehr gut. Er hat ausgeführt, dass er gegen 13.05 Uhr in der Nordschleuse des NOK in Brunsbüttel an Bord gekommen sei und während der Fahrt elbaufwärts das Backbordpult des Brückenfahrstandes besetzt habe. Er betonte, dass der Kapitän die NEDLLOYD FINLAND besonders aufmerksam geführt habe, weil dieser sich zur Zeit für die Elbe „frei fahre“¹³. Elbaufwärts fahrend sei das Großcontainerschiff COSCO HAMBURG mit einem Geschwindigkeitsüberschuss von ca. 4 bis 5 kn aufgekommen. Man selbst sei mit voller Dienstgeschwindigkeit gefahren, wobei wegen des starken Ebbstroms die Fahrt über Grund lediglich zwischen 10 und 13 kn, später teilweise sogar knapp unter 10 kn gelegen habe. Da kein Gegenverkehr vorhanden gewesen sei, habe die COSCO HAMBURG problemlos überholen können.

Um den Überholvorgang zu erleichtern, sei die NEDLLOYD FINLAND noch etwas weiter Richtung Südtonnenstrich gesteuert worden, während die COSCO HAMBURG eben nördlich der Radarlinie gefahren sei. Der Abstand zwischen beiden Schiffen sei dem Lotsen mehr als ausreichend erschienen und man habe auf der Brücke der NEDLLOYD FINLAND einen normalen Überholvorgang im Bereich der Tonne 91 erwartet.¹⁴

Als der Überholvorgang nahezu abgeschlossen gewesen sei, habe man jedoch feststellen müssen, dass das eigene Schiff eine starke Backborddrehtendenz bei

¹³ Erlangung von Erfahrung in einem Revier, um nach Erbringung einer festgelegten Zahl von Fahrten von der Lotsenpflicht befreit werden zu können.

¹⁴ Anm.: Eine betragsmäßige Schätzung des Passierabstandes enthält der Bericht des Lotsen nicht.

gleichzeitiger erheblicher Geschwindigkeitszunahme (ausgehend von 10,6 kn¹⁵) erfuhr.

Der Kapitän habe deshalb auf Empfehlung des Lotsen das Ruder zunächst auf Steuerbord 10 und sofort weiter auf Hart Steuerbord gelegt, indem er mit dem Tiller (Overriding-Funktion) das Ruder übernommen habe. Gleichzeitig sei auf Handruder umgeschaltet worden. Das Ruder sei ohne Zeitverzögerung auf Hart Steuerbord gelaufen. Es sei davon ausgegangen worden, dass der Backborddreh nunmehr aufgefangen werden würde, zumal die Schraube auf maximaler Steigung gelegen habe. An der Backborddrehtendenz habe sich aber wider Erwarten nichts geändert. Trotz der Hartruderlage habe das Schiff auf 15 kn beschleunigt und sei vom Heck des Überholers angesaugt worden.

Als man gemerkt habe, dass das Steuerbordruder wirkungslos blieb, die Fahrt immer mehr zunahm und somit die Unvermeidlichkeit der Kollision offensichtlich wurde, habe man den Verstellpropeller auf Voll Rückwärts gestellt, um den bevorstehenden Kollisionsstoß nicht noch durch die eigene Maschine zu verstärken. Um 14.40 Uhr sei es zu der Kollision gekommen.

Über die gegen 14.50 Uhr von einem Besatzungsmitglied an die Brücke gemeldete Information, dass ein Seemann vermisst würde, sei der Lotse sehr bestürzt gewesen, weil er nicht davon ausgegangen sei, dass sich während der Kollision Besatzungsmitglieder an Deck aufgehalten hätten.

Um 15.02 Uhr sei das Rettungsboot zu Wasser gelassen und in Höhe Tonne 93 die NEDLLOYD FINLAND auf Gegenkurs gebracht worden. Man sei anschließend elbabwärts in Richtung der Tonnen 92 bis 88 gefahren.

Auf der Brücke seien mehrere Personen als Ausguck eingesetzt gewesen und gegen 15.20 Uhr habe die ebenfalls das Wasser von der Brücke aus absuchende Passagierin in Höhe der Tonne 90 ein Kleidungsstück des Vermissten ausgemacht. Diese Information habe der Lotse sofort auf Kanal 68 an die Verkehrszentrale weitergegeben. Das Peilschiff NIEDERELBE, das den kürzesten Abstand zum Vermissten hatte, habe den Seemann schließlich geborgen.

Um 15.47 Uhr habe man von der Revierzentrale die Genehmigung zur Weiterreise nach Hamburg erhalten.

4.1.4 Zeugenaussage der Passagierin

Von der Wasserschutzpolizei Hamburg wurde einige Tage nach dem Unfall die Passagierin zu ihren Wahrnehmungen im Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen befragt. Dem entsprechenden Protokoll wurden die nachfolgenden Informationen entnommen. Die Zeugin hat aus Sicht einer „unbeteiligten“¹⁶ Dritten die Angaben des Kapitäns, des 1. Offiziers und des Lotsen weitestgehend bestätigt aber teilweise auch zusätzliche Details geschildert. Insbesondere diese sollen nachfolgend wiedergegeben werden.

Die Passagierin hat den Unfallhergang nach eigener Aussage innerhalb der Brücke auf wechselnden Positionen beobachtet und sich dort insbesondere mittschiffs und

¹⁵ Angabe nach GPS.

¹⁶ Anm.: Der Begriff „Beteiligter“ hat in den von der Tätigkeit der BSU streng zu trennenden Seeamtsverfahren, deren Aufgabe es ist, individuelles seemännisches Fehlverhalten festzustellen und ggf. zu sanktionieren eine legaldefinierte Bedeutung (vgl. § 22 Abs. 3 SUG). Formulierungen wie „unbeteiligt“ oder „beteiligt“ in BSU-Berichten sind hingegen untechnisch zu verstehen und deshalb nicht zwingend mit der Seeamtsdiktation identisch.

auf der Backbordseite aufgehalten. Zum Zeitpunkt des Überholens hätten der Kapitän am Steuerbord- und der Lotse am Backbordpult des Brückenfahrstandes gesessen. Kommunikation zwischen den beiden Fahrzeugen habe nicht stattgefunden. Auf die Frage, ob der Kapitän und der Lotse während des Überholvorganges ihre Plätze verlassen hätten, um sich zu vergewissern, ob das Manöver sicher ablaufe, hat die Zeugin wörtlich geantwortet, dass Kapitän und Lotse auf ihren Stühlen sitzen geblieben seien, die Backbordnock sei nicht betreten worden, um das Überholmanöver zu verfolgen. In einem späteren schriftlichen Nachtrag zu ihrer Aussage relativierte sie allerdings diese Antwort und gab nun an, dass dies nur für den Zeitraum unmittelbar vor der Kollision zutreffe. Die Überholabsicht der COSCO HAMBURG sei auf der Brücke länger bekannt und der Lotse auch „(mehrmals?) in der Backbordnock“¹⁷ gewesen.

Hinsichtlich des Passierabstandes zwischen den Fahrzeugen gibt die Zeugin an, dass dieser sich während des Überholens verringert habe. Die Kurse seien um ca. 10° verschieden verlaufen. Sie habe den Eindruck gehabt, der Überholer schneide der NEDLLOYD FINLAND den Weg ab. Die COSCO HAMBURG habe während des Überholens ihren Kurs unverändert beibehalten. Der Passierabstand sei ihr eng vorgekommen.¹⁸ Personen in der Steuerbordnock der COSCO HAMBURG habe sie beim Vorbeifahren des Schiffes nicht wahrgenommen. Gefragt, ob der Kapitän oder der Lotse versucht hätten, die Kollision durch Ruderlegen, Fahrtstufen- und/oder Kursänderungen zu verhindern, antwortete die Zeugin, dass das letzte Manöver vor der Kollision „Volle Kraft Zurück“ gelautet habe. Davor habe der Lotse zwei Kommandos gegeben, ein Maschinen- und ein Hart-Ruderkommando¹⁹. Zum Zeitpunkt des Voll-Zurückmanövers sei ihr klar geworden, dass es zur Kollision kommen könne, sicher sei sie sich dessen kurze Zeit später gewesen, als sich die Fahrzeuge einander immer mehr annäherten. Auf die Frage, wann die Zeugin das Gefühl gehabt hätte, dass die Schiffsführung die Kollisionsgefahr erkannte, antworte sie, dass dies zum Zeitpunkt des ersten Kommandos des Lotsen der Fall gewesen wäre. Der Bug der COSCO HAMBURG habe sich in jenem Moment vor der NEDLLOYD FINLAND befunden, deren Heck sei aber noch nicht zu sehen gewesen. Nach der Kollision habe sie von Seiten der COSCO HAMBURG keine Reaktionen beobachtet. Diese sei einfach weitergefahren.

Zu dem Fragenkomplex bezüglich des Überbordgehens des Matrosen hat sich die Passagierin ebenfalls geäußert.

Von ihrem Standort auf der Brücke aus habe sie nicht beobachten können, ob an Deck des Schiffes gearbeitet worden sei. Warnungen vor der Kollision gerichtet an die an Deck arbeitenden Besatzungsmitglieder habe sie nicht registriert. Kenntnis davon, dass ein Seemann vermisst werde, habe sie dadurch bekommen, dass ein Matrose etwa drei Minuten nach dem Zusammenstoß auf die Brücke gekommen sei und gemeldet habe: „Mr. P. is missing!“. Der Kapitän habe den Vermissten daraufhin ausrufen lassen, den meldenden Matrosen zum Suchen geschickt und das Rettungsboot klar machen lassen.

¹⁷ Originalzitat.

¹⁸ Anm.: Eine betragsmäßige Schätzung konnte die Zeugin nicht abgeben.

¹⁹ Die Zeugin erinnerte sich nicht, ob es „hart rechts“ oder „hart links“ gelautet habe. Die Worte Backbord oder Steuerbord seien aber nicht benutzt worden.

4.2 Fahrt des CMS COSCO HAMBURG

Die COSCO HAMBURG war unter Lotsenberatung per Handsteuerung auf dem Weg von Felixstowe/U.K. nach Hamburg. Das 2001 in Japan gebaute Großcontainerschiff (5.446 TEU) verfügt über eine moderne Brückenausstattung. Als Navigationshilfen standen insbesondere das elektronische Bahnführungssystem ATLAS-NACOS (SAM Electronics CHARTPILOT ATLAS 9320/30), ein GPS-Empfänger, die BA-Chart 3267 sowie zwei Radaranlagen (Typ: STN ATLAS 9600/9800) zur Verfügung. Als Darstellungsarten waren Relativ Motion North up bzw. Head up jeweils im 3 sm Bereich ausgewählt worden.

Das Schiff verfügt über einen Festpropeller, ein Halbschweberuder (maximaler Ruderwinkel 35°), eine Selbststeueranlage und ein Bugstrahlruder.

Bei Hafenstaatkontrollen ist das Containerschiff bislang nur vereinzelt wegen kleinerer Mängel beanstandet worden. Ein VDR war nicht ausrüstungspflichtig und nicht an Bord installiert.

Auf der Brücke befanden sich zum Unfallzeitpunkt der Kapitän, der 2. Offizier, ein Rudergänger, ein Ausguck (alle chinesischer Nationalität) und der deutsche Lotse.

4.2.1 Angaben des Kapitäns zum Unfallhergang

Der Kapitän hat sich am 24. März 2004 zum Unfallhergang gegenüber der Seeunfalluntersuchungsbehörde der Sonderverwaltungsregion Hongkong (MAIS)²⁰ geäußert. Die genannte Behörde hat der BSU die entsprechenden Aussagen zur Verfügung gestellt.

Der Kapitän gibt an, dass das eigene Schiff mit 14 kn Geschwindigkeit gefahren und mit Hand auf einem Kurs von 135° gesteuert worden sei. Der Elbe-Lotse sei seit 13.30 Uhr an Bord gewesen. Die COSCO HAMBURG habe die Tonnen 62 bis 90 zu folgenden Zeiten passiert:

- Tn. 62 um 13.42 Uhr
- Tn. 76 um 14.09 Uhr
- Tn. 84 um 14.24 Uhr
- Tn. 86 um 14.29 Uhr
- Tn. 90 um 14.35 Uhr

Die Kommunikation des Lotsen mit der Verkehrszentrale sei in deutscher Sprache erfolgt. Das Schiff sei in der Mitte des Flusses gefahren. Während der Kollision sei kein weiterer Verkehr in dem fraglichen Streckenabschnitt unterwegs gewesen.

4.2.2 Angaben des Lotsen

Der Lotse hat berichtet, dass der Lotsenwechsel vor Brunsbüttel gegen 13.15 Uhr stattgefunden habe. Mit der Fahrtstufe „Manöver Voll Voraus“ sei die Reise bei Ebbstrom als Wegerechtschiff mit einem Tiefgang von 11,50 Metern fortgesetzt worden. Vor dem Ruthenstrom sei die Fahrt wegen einer sensiblen Anlage am Flussufer kurzzeitig reduziert worden. Beim Passieren der Tonne 87 sei das Behördenfahrzeug WEGA, das bei Tonne 95 Arbeiten durchführte, gefragt worden, ob es irgendwelcher Rücksicht bedürfe, was verneint worden sei.

Gegenverkehr sei weder optisch noch auf den Radarbildschirmen bis Stadersand erkennbar gewesen. Bei der Tonne 89, dem Kursänderungspunkt zur neuen Radarlinie sei die NEDLLOYD FINLAND passiert worden, die Richtfeuerlinie

²⁰ Marine Accident Investigation Section.

Pagensand habe zu diesem Zeitpunkt gut nördlich offen gestanden. Der Passierabstand sei „großzügig bemessen“²¹ gewesen. Als es zu der Kollision kam, habe der Überholvorgang als abgeschlossen gegolten.

4.3 Fotodokumentation des Kollisionsverlaufes

Der BSU wurde von der Passagierin der NEDLLOYD FINLAND freundlicherweise die mit einer analogen Sucherkamera von der Brücke des Schiffes aus aufgenommene Fotoserie zur Verfügung gestellt, die den Unfallhergang eindrucksvoll bildlich dokumentiert.



Abbildung 4: Lage der Schiffe zueinander kurz vor der Kollision



Abbildung 5: Erste Berührung der Schiffe

²¹ Originalzitat; eine betragsmäßige Schätzung des Abstandes enthält der Bericht nicht.



Abbildung 6: Letzte Kollisionsphase



Abbildung 7: Lage der Schiffe zueinander kurz nach der Kollision

5 Folgen der Kollision

Die schwerwiegendste Unfallfolge war der Tod eines mit Containerlascharbeiten an Deck der NEDLLOYD FINLAND beschäftigten philippinischen Matrosen, der während der durch die Kollision ausgelösten Schlagseite des Schiffes wahrscheinlich den Halt verloren hatte und über Bord gefallen war. Er konnte trotz zügiger Einleitung von Rettungsmaßnahmen nur noch tot aus der Elbe geborgen werden.

Gegenüber diesem tragischen Todesfall waren die Schäden an den beiden beteiligten Schiffen relativ gering. Die NEDLLOYD FINLAND wurde bei dem Aufprall im Backbord-Vorschiffsbereich (sog. Schulter) zwischen den Spanten 124 und 135 auf einer Länge von ca. 10 Meter oberhalb der Wasserlinie deformiert. Außerdem wurde das Container-Fundament Bay 1 an der Backbordseite zerstört (vgl. Abb. 9). In Folge der Kollision wurden vier in den vordersten Bays an Deck gestaute Container beschädigt. Ein 40-Fuß-Container, der allerdings keine gefährliche Ladung enthielt, ging über Bord. Zu Wassereinbruch oder sonstigen Beeinträchtigungen der Schwimmfähigkeit kam es nicht.



Abbildung 8: Schäden NEDLLOYD FINLAND (1)



Abbildung 9: Schäden NEDLLOYD FINLAND (2)

Die Außenhaut der COSCO HAMBURG wurde bei der Berührung durch die NEDLLOYD FINLAND im Heckbereich an Steuerbord (Spanten 8 bis 14) oberhalb der Wasserlinie eingedrückt (vgl. markierten Bereich in Abb. 10), blieb aber im Übrigen unbeschädigt und ebenfalls uneingeschränkt schwimmfähig.



Abbildung 10: Schäden COSCO HAMBURG

Beeinträchtigungen der Umwelt wurden durch die Kollision der beiden Fahrzeuge nicht verursacht.

6 Unfalluntersuchung

6.1 Vorbemerkungen

Ausgangspunkt für die Untersuchung des Unfallgeschehens war die Rekonstruktion des Fahrtverlaufes der beiden Schiffe. Hierbei kam der Auswertung der sichergestellten Daten aus den an Bord benutzten elektronischen Seekartensystemen besondere Bedeutung zu (vgl. Pkt. 6.2). Die gefundenen Ergebnisse bestätigten weitestgehend die anfängliche Vermutung, dass in letzter Konsequenz hydrodynamische Interaktionen zwischen den beiden Fahrzeugen die Kollision verursacht haben müssen. Mit den diesbezüglich von der BSU in Auftrag gegebenen umfangreichen Gutachten wurde auf dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft²² der Kollisionsverlauf sowohl numerisch als auch an Hand von Modellversuchen analysiert (6.3).

Einer gesonderten Überprüfung wurden die tatsächlichen und rechtlichen Hintergründe des tödlichen Unfalls des mit Lascharbeiten beschäftigten philippinischen Matrosen unterzogen. Die entsprechenden Ausführungen werden im Unterpunkt 7.2 des Analyseteils des Untersuchungsberichtes zusammengefasst dargestellt.

6.2 Rekonstruktion des Fahrtverlaufes

6.2.1 Auswertung der Zeugenaussagen

Sowohl die Schiffsführung und der Lotse der NEDLLOYD FINLAND als auch die Passagierin haben den Unfallhergang im Wesentlichen gleich beschrieben (vgl. oben Pkt. 4.1.1 ff.) Das Feederschiff fuhr mit maximaler Dienstgeschwindigkeit und war an den äußersten Fahrwasserrand gesteuert worden, um der COSCO HAMBURG ausreichend Raum zu geben. Deren Überholabsicht war offenkundig und wegen der als unproblematisch eingestuften Verkehrssituation nicht weiter abgesprochen worden.

Auf Grund der weitgehend übereinstimmenden und plausiblen Äußerungen der Zeugen gilt als nahezu sicher, dass die beiden Schiffe einen seitlichen Passierabstand von geschätzt weniger als 100 Metern hatten, als sich der Steven der COSCO HAMBURG gegen 14.30 Uhr auf Brückenhöhe der NEDLLOYD FINLAND befand. Bevor der Überholer vollständig passiert hatte, verlor die NEDLLOYD FINLAND plötzlich ihre Steuerfähigkeit und geriet in den Sog der COSCO HAMBURG. Gleichzeitig nahm die Fahrt über Grund ohne eigenes Zutun stetig zu. Der Kapitän versuchte den genannten Beeinträchtigungen auf Empfehlung des Lotsen durch ein 10° Steuerbord-Manöver, welches *umgehend* zu einem Hart-Steuerbordmanöver ausgeweitet worden sein soll, entgegenzuwirken. Da durch diese Maßnahme das Zudrehen des eigenen Schiffes auf den Überholer und die Zunahme der eigenen Geschwindigkeit über Grund nicht verhindert werden konnte, wurde schließlich mit einem Voll-Zurück-Manöver versucht, den Kollisionsstoß wenigstens noch etwas zu mindern. Als Kollisionszeitpunkt wurde 14.40 Uhr in das Schiffstagebuch eingetragen.

²² Der Umfang der wissenschaftlichen Betrachtungen war allerdings aus Kostengründen begrenzt.

Alles in allem ist davon auszugehen, dass die NEDLLOYD FINLAND sich nach Aussagen aller Zeugen während des Überholvorgangs passiv verhielt. Zu Änderungen von Kurs und/oder Geschwindigkeit soll es erst gekommen sein, als die Sogwirkung bereits offenkundig geworden war. Anzumerken ist insoweit, dass die Passagierin im Gegensatz zu den Aussagen der Schiffsführung und des Lotsen darauf hingewiesen hat, dass es vor dem finalen Voll-Zurück-Manöver zwei Manöver gegeben habe, neben einem Rudermanöver auch ein weiteres Maschinenmanöver (vgl. oben Pkt. 4.1.4). Diese Unstimmigkeit in den Aussagen konnte nicht mehr aufgeklärt werden. Da an Bord der NEDLLOYD FINLAND kein Manöverdatenschreiber installiert ist, war es der BSU nicht möglich, die beschriebenen Manöver zur Kollisionsvermeidung anhand objektiver technischer Aufzeichnungen nachzuvollziehen.

Die Zeugenaussagen des Kapitäns und des Lotsen zum Fahrtverlauf der COSCO HAMBURG bis zum Kollisionszeitpunkt (vgl. oben Pkt. 4.2.1 f.) haben ebenfalls keine Erkenntnisse über ein offenkundiges navigatorisches Fehlverhalten auf der Brücke des einen oder anderen Schiffes ergeben. Zu begründeten Zweifeln an der Richtigkeit der Aussagen, dass das Containerschiff handgesteuert etwa in der Mitte des Fahrwassers, dem Verlauf der Radarlinie gefolgt sei, besteht kein Anlass. Insbesondere dafür, dass auf der Brücke eine plötzliche, das Unfallgeschehen nachhaltig beeinflussende Kursänderungen vorgenommen worden wäre, gibt es keinerlei objektive Anhaltspunkte oder plausible Erklärungsansätze. Auch die Zeugen auf der Brücke der NEDLLOYD FINLAND haben zwar einerseits geäußert, dass sie den subjektiven Eindruck gehabt hätten, die COSCO HAMBURG habe auf das eigene Schiff zugedreht beziehungsweise ihm den Weg abgeschnitten. Andererseits brachten sie aber auch übereinstimmend zum Ausdruck, dass es sich insoweit eben nur um die subjektive Wahrnehmung der relativen Schiffsbewegungen zueinander gehandelt hätte.

Der Ausdruck des Manöverdatenschreibers bestätigt im Übrigen die Aussage des Kapitäns und des Lotsen der COSCO HAMBURG, nach der ihr Schiff im unfallrelevanten Zeitraum konstant mit der Manöverfahrtstufe Voll Voraus gefahren sei.

Zwischenergebnis:

- Schiffsführungen und Lotsen der beiden am Überholvorgang beteiligten Schiffe haben übereinstimmend eingeräumt, dass ausdrückliche Absprachen im Zusammenhang mit dem Überholvorgang zu keinem Zeitpunkt stattgefunden haben.
- Beide Seiten gingen davon aus, dass das Überholmanöver unproblematisch abgewickelt werden würde und die jeweiligen insoweit bestehenden Pflichten ausreichend erfüllt worden seien.
- Die NEDLLOYD FINLAND hat nach eigenen Angaben des Lotsen und der Schiffsführung den Überholvorgang der COSCO HAMBURG durch das Steuern eines Kurses am Rande des Fahrwassers (sog. Raumgebemanöver) unterstützt, allerdings auf Fahrtreduzierungen, die die Dauer des Überholvorganges verkürzt hätten, verzichtet.
- Der Lotse der COSCO HAMBURG betont, dass der Passierabstand zur NEDLLOYD FINLAND „großzügig bemessen“ gewesen sei und dass für ihn der

Überholvorgang als abgeschlossen gegolten habe, als es zu der Kollision gekommen sei. Es wurde eingeräumt, dass die COSCO HAMBURG mit voller Manövergeschwindigkeit (ca. 14 kn) und ohne Änderung der Fahrtstufe überholt habe.

Die dargestellten subjektiven, aber insgesamt nachvollziehbaren und glaubhaften Äußerungen und Einschätzungen zum Unfallhergang durch die Beteiligten ermöglichen für sich allein betrachtet keine verlässlichen und ausreichenden Schlussfolgerungen hinsichtlich der Unfallursachen.

6.2.2 Analyse der elektronisch aufgezeichneten Bahnverläufe

Zur Rekonstruktion des Fahrtverlaufes der beiden Schiffe wurde von der BSU beim Fachbereich Seefahrt Warnemünde der Hochschule Wismar²³ eine Situationsanalyse des Überholmanövers in Auftrag gegeben.

Auf beiden Schiffen waren der jeweils eigene Fahrtverlauf mit den an Bord installierten elektronischen Seekartensystemen (ECS) aufgezeichnet und die entsprechenden Daten sichergestellt worden. Es bestand nunmehr die Notwendigkeit, die gespeicherten Informationen in geeigneter Weise aufzubereiten, zu analysieren und zu visualisieren, um die Kursverläufe der beiden Schiffe möglichst realitätsnah rekonstruieren zu können. Besondere Schwierigkeiten ergaben sich insoweit dadurch, dass auf den Fahrzeugen Seekartensysteme unterschiedlicher Hersteller verwendet werden. Die sichergestellten Daten konnten somit nicht ohne Weiteres zueinander in Beziehung gesetzt werden. Eine isolierte Auswertung des Bahnverlaufes *eines* Schiffes nur mit Hilfe der für das jeweilige elektronische Seekartensystem verfügbaren proprietären Wiedergabe-Software wäre im Übrigen nur bedingt geeignet gewesen, den Geschwindigkeits- und Kursverlauf des einzelnen Schiffes analytisch zu betrachten, da es insoweit an entsprechenden Auswertemöglichkeiten innerhalb der jeweiligen Wiedergabe-Software fehlt.

Dem FB Seefahrt gelang es mit seinen personellen und technischen Ressourcen, die genannten Schwierigkeiten zu überwinden. Der Abschlussbericht des Fachbereiches Seefahrt vom 31. August 2004 wird nachfolgend gekürzt (sinnwährend), teils wörtlich wiedergegeben und bildet damit die Grundlage für die Ausführungen in den folgenden Unterpunkten.²⁴

6.2.2.1 Untersuchungsmethodik und -umfang

Ausgangspunkt der Datenanalyse des FB Seefahrt war das Übertragen der in unterschiedlichen herstellereinspezifischen Formaten vorliegenden ECS-Daten in die jeweiligen Wiedergabesysteme. Anschließend wurden die untersuchungsrelevanten Zeitabschnitte der aufgezeichneten Daten aus den beiden Replay-Systemen extrahiert und in ein einheitliches ASCII-Datenformat konvertiert. Als zu untersuchender Bereich für die durchzuführenden Detailauswertungen wurde der **Zeitabschnitt zwischen 14:31:24 Uhr und 14:41:24 Uhr Ortszeit** definiert. Die separat vorliegenden Daten wurden abschließend in eine Datei transformiert und in ein Programm zur Detailanalyse eingelesen.

²³ Nachfolgend kurz „FB Seefahrt“.

²⁴ Anm.: Das Gutachten des FB Seefahrt steht auf den Internetseiten der BSU zum Herunterladen zur Verfügung.

Die parameterbasierte Analyse umfasste die folgenden Dateninhalte:

- Verläufe der aufgezeichneten Geschwindigkeiten und Kurse über Grund
- Berechnung und Diagrammdarstellung der Abstände der Sensorpositionen zur Radarlinie
- Berechnung und Diagrammdarstellung der Abstände zwischen den Sensorpositionen der beiden Schiffe
- Berechnung und Diagrammdarstellung des minimalen Abstands zwischen den Fahrzeugen von Bordwand zu Bordwand zu den gelieferten Zeitpunkten
- Berechnung und Diagrammdarstellung des minimalen Abstands zwischen Bordwand und Radarlinie zu den gelieferten Zeitpunkten

6.2.2.2 Datengrundlagen

Von der BSU wurde dem FB Seefahrt insbesondere zur Verfügung gestellt:

- Abmessungen (L_{üa}, B_{üa}) der beteiligten Schiffe
- Sensor- und Systemposition der GPS-Antennen an Bord der jeweiligen Schiffe (Von vorn/achtern; Bb/Stb)
- Geografische Koordinaten der Baggerrinne, der Radar- und Richtfeuerlinien sowie der Tonnen und Landkonturen im zu betrachtenden Revierabschnitt²⁵
- Bildmaterial (vgl. Abb. 4 bis 7)
- ECS-Daten²⁶

Hinsichtlich der ECS-Daten ist auf folgenden Besonderheiten hinzuweisen:

Für den konkreten Seeunfall lagen mit elektronischen Seekartensystemen (ECS) unterschiedlicher Hersteller (TRANSAS und STN ATLAS) aufgezeichnete Sensordaten verschiedener Eigenschiffsdaten der beteiligten Schiffe vor. Die Umfänge und Inhalte der aufgezeichneten Daten waren voneinander verschieden. Übereinstimmung bestand lediglich hinsichtlich der aufgezeichneten Standarddatensätze Position, Kurs und Geschwindigkeit über Grund sowie Kreiselkurs (Heading). Datensätze zum Einsatz der Steuer- und Vortriebseinrichtung waren nur für die COSCO HAMBURG verfügbar (Ruderlage, Maschinendrehzahl und Rate of Turn). Für die NEDLLOYD FINLAND lagen keine vergleichbaren Daten vor.

6.2.2.3 Problem der Zeitsynchronisierung

Ein wesentlicher und untersuchungsrelevanter Unterschied der aufgezeichneten ECS-Datensätze bestand hinsichtlich der absoluten Aufzeichnungszeitpunkte. Nach den Zeitstempeln in den Dateien der NEDLLOYD FINLAND erfolgte die Aufzeichnung in 10-Sekunden-Intervallen jeweils beginnend ab 00:00:00. Die Datensätze der COSCO HAMBURG wiesen nicht durchgehend 10-Sekunden-Zeitschritte aus. Die Zeitintervalle variierten hier zwischen 9 und 11 Sekunden. Weiterhin begannen die Zeitstempel nicht zur vollen Minute, sondern zum Teil erst 3 bis 4 Sekunden später. Vom Hersteller wurden bezüglich der Genauigkeit der Zeitstempel der aufgezeichneten Datensätze angegeben, dass in ungünstigen Fällen Verzögerungen von maximal 3 Sekunden möglich seien, das heißt eine aufgezeichnete Position im schlechtesten Fall 3 Sekunden "alt" sein könne.

²⁵ Die relevanten Informationen wurden der BSU freundlicherweise vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) zur Verfügung gestellt.

²⁶ Vgl. vorstehende Fußnote.

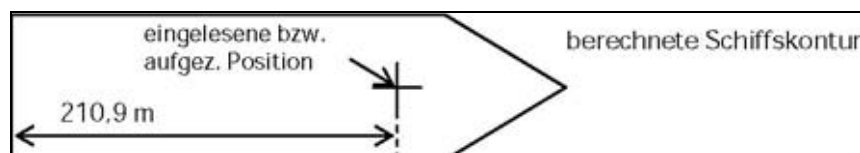
Nach den Zeitstempeln der aufgezeichneten Datensätze ergibt sich damit eine absolute Zeitdifferenz zwischen den Datensätzen der beiden Schiffe von maximal drei Sekunden. Zur Kompensation dieses Zeitunterschieds in den Datensätzen wurden für die Analysen die jeweiligen Positionsdaten der NEDLLOYD FINLAND unter Verwendung der Kurs- und Geschwindigkeitswerte auf die entsprechenden Zeitpunkte der COSCO HAMBURG voraus extrapoliert.

6.2.2.4 Datenanalyse

6.2.2.4.1 Randbedingungen

Mit den erstellten Auswertungsdateien (fusionierte Trackdaten) wurde eine Detailanalyse mit der speziell vom FB Seefahrt angewendeten Software SimDat durchgeführt. Alle im Folgenden dargestellten Ergebnisse beruhen auf Auswertungen dieser Daten. Hinsichtlich der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der aufgezeichneten Daten sind nachstehende Sachverhalte zu berücksichtigen:

- Bei den aufgezeichneten Positionsdaten handelt es sich nach der Kennzeichnung in den Datensätzen um GPS-Positionsdaten, welche im Vergleich zu DGPS-Positionsdaten geringere Genauigkeit besitzen.
- Unterschiedliche Genauigkeiten der von GPS-Empfängern gelieferten Positionslösung können weiterhin konfigurationsbedingt auftreten. Beispielsweise können sich die Positionslösungen in den unterschiedlichen Betriebs-Modi "Auto", "3D-" oder "2D-Positionslösung" unterscheiden. Einfluss auf die Positionsgüte üben weiterhin alle manuell vorgenommenen Einstellungen der Konfiguration aus, wie zum Beispiel die Einstellung höherer oder niedrigerer S/N-Ratio, das Zulassen der Signale von Satelliten mit sehr kleinen Elevationswinkeln oder höheren PDOP-Werten²⁷.
- Die Genauigkeit der aufgezeichneten Positionen kann im Übrigen durch an Bord auftretende Mehrfachreflexionen, Abschattungen des Empfangsbereichs oder andere schiffsspezifische Ablenkungen verschlechtert sein.
- Die aufgezeichneten Positionsdaten der COSCO HAMBURG sind keine direkten GPS-Daten. Im verwendeten ECS-System wird vielmehr die sogenannte Systemposition²⁸ aufgezeichnet. Dabei wird das vom an die ECS angeschlossenen GPS-Empfänger gesendete Positionsdatum auf die herstellenseitig festgelegte Systemposition umgerechnet. Nach Angaben des Herstellers befindet sich die Systemposition der COSCO HAMBURG bezüglich der Mittschiffsachse bei +/- 4,14 m (je nach Verwendung Positionssensors GPS1 oder GPS2) und 210,9 m entfernt vom Heck.



²⁷ PDOP = Positional dilution of precision.

²⁸ Als Systemposition ist durch den Hersteller die Position des Doppler-Log-Schwingers im Schiffsbug definiert worden.

Weiterhin kann die aufgezeichnete Position noch mit einem Off-Set überlagert sein, welches durch den Anwender als manuelles "Adjustment" vorgenommen werden kann.²⁹ Bei der vorgenommenen Analyse der Daten konnten diesbezüglich allerdings keine Angaben zur Größe einer eventuell während der Unfallzeit vorgenommenen Einstellung eines solchen "Adjustment" gefunden werden. Es wurde daher diesbezüglich davon ausgegangen, dass kein manuelles Adjustment anzusetzen ist.

- Bei den aufgezeichneten Positionsdaten der NEDLLOYD FINLAND handelt es sich um direkt vom Empfänger aufgezeichnete Positionsmessungen. Ein eventuelles Off-set wäre darüber hinaus auch in den aufgezeichneten Daten ersichtlich, da hier alle ECS-Aktionen aufgezeichnet werden.³⁰
- Für den Unfallhergang eventuell relevante Informationen von aufgezeichneten Daten der Steuer- und Vortriebseinsichtungen lagen nur teilweise vor. Während für die COSCO HAMBURG Ruderwinkel, aktuelle Maschinendrehzahl sowie darüber hinaus auch aktuelle Drehraten gespeichert werden, können mit dem auf der NEDLLOYD FINLAND verwendeten ECS-System lediglich Maschinendrehzahlen aufgezeichnet werden. Im hier betrachteten Fall war das ECS-System jedoch nicht mit dem entsprechenden Sensor verbunden.
- Die dem FB Seefahrt von der BSU zusätzlich zur Verfügung gestellten aufgezeichneten Synthetikradardaten der Verkehrszentrale Brunsbüttel konnten, wenn überhaupt, nur zu einer qualitativen Bewertung, im Sinne einer Plausibilitätsprüfung, der an Bord aufgezeichneten Positionsdaten verwendet werden. Einerseits handelt es sich bei den aufgezeichneten Synthetikdaten um die aus dem Radarecho extrahierten und nach einem bestimmten Verfahren (zum Beispiel Leading Edge; Center of Gravity o.ä.) berechneten Positionswert dessen Bezug zur tatsächlichen Schiffskontur nicht deterministisch ist. Andererseits ist das Aufzeichnungsintervall von 60 Sekunden zu groß, um die Rekonstruktion des Unfallhergangs zu unterstützen.

²⁹ Vgl. Operating Instructions Chartplot 9330; ECDIS, Conning Displays. SAM Electronics Hamburg, 10.07.2003.

³⁰ Vgl. Navi Sailor 3000 User Manual, TRANSAS Hamburg, May 2001.

6.2.2.4.2 Ergebnisse der Rohdatenanalyse

Die aufbereiteten Daten wurden mit Hilfe der Software SimDat ausgewertet. Nachfolgend werden die bei der Analyse gewonnenen Ergebnisse in Diagrammform dargestellt.

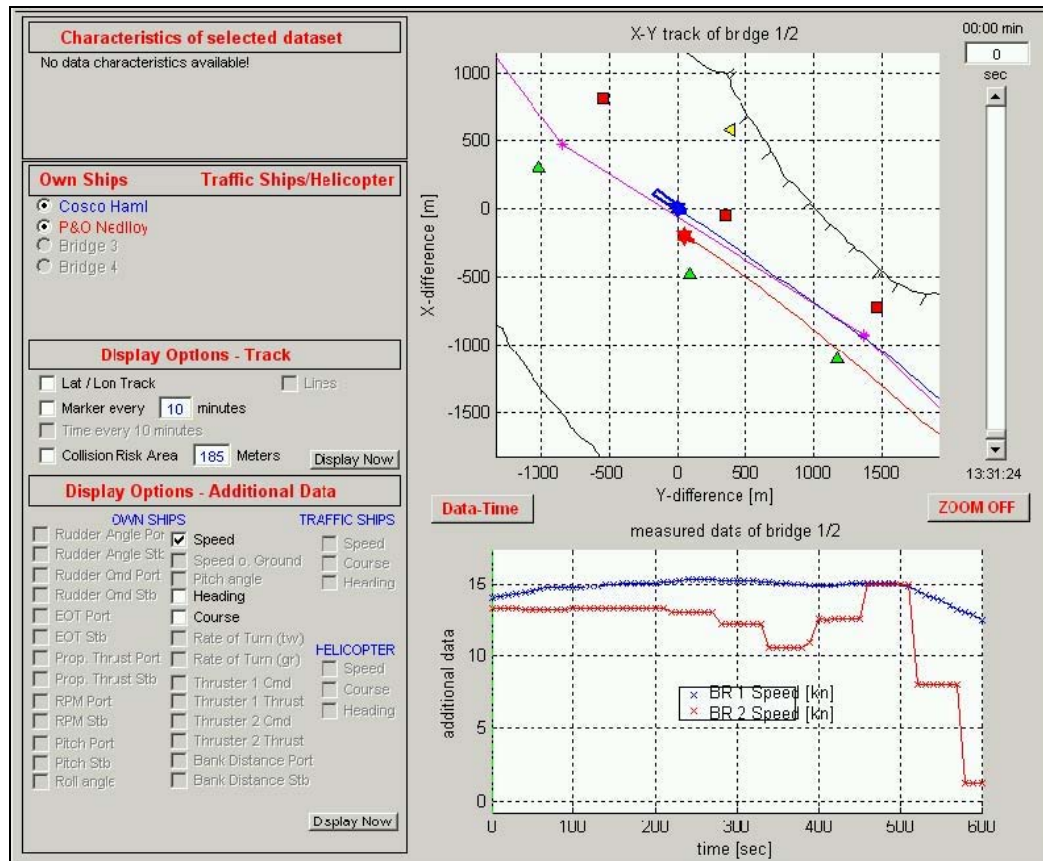


Abbildung 11: Auswertungsbeispiel zur Situationsanalyse des Überholvorgangs

In Abbildung 11 ist die Auswerteoberfläche der genutzten Software beispielhaft dargestellt. Die Diagrammdarstellungen im rechten Bildteil enthalten Visualisierungen der aufgezeichneten ECS-Daten.

Im oberen Diagramm sind die Bahnverläufe der beteiligten Schiffe (blau - COSCO HAMBURG; rot – NEDLLOYD FINLAND) sowie deren maßstabsgerechte Schiffskonturen an der Position zum Zeitpunkt 14:31:24 Uhr zusammen mit ausgewählten aus der ECS extrahierten Seekartenobjekten (Landkonturen (schwarz), Radarlinie (magenta) und Fahrwassertonnen) in einem kartesischen X-Y-Koordinatensystem (Positionsdaten der Schiffe von Lat/Lon in Gauß/Krüger transformiert) dargestellt.

Im unteren Diagramm sind die Geschwindigkeitsverläufe der aufgezeichneten „Geschwindigkeit über Grund“ - Werte der beiden Schiffe über den gesamten betrachteten Analysezeitraum dargestellt. Der grün dargestellte Balken markiert den zur oben dargestellten Situation gehörenden Zeitpunkt (hier $t = t_0 = 0$ Sekunden).

Die folgenden Abbildungen enthalten vergrößerte Diagrammdarstellungen.

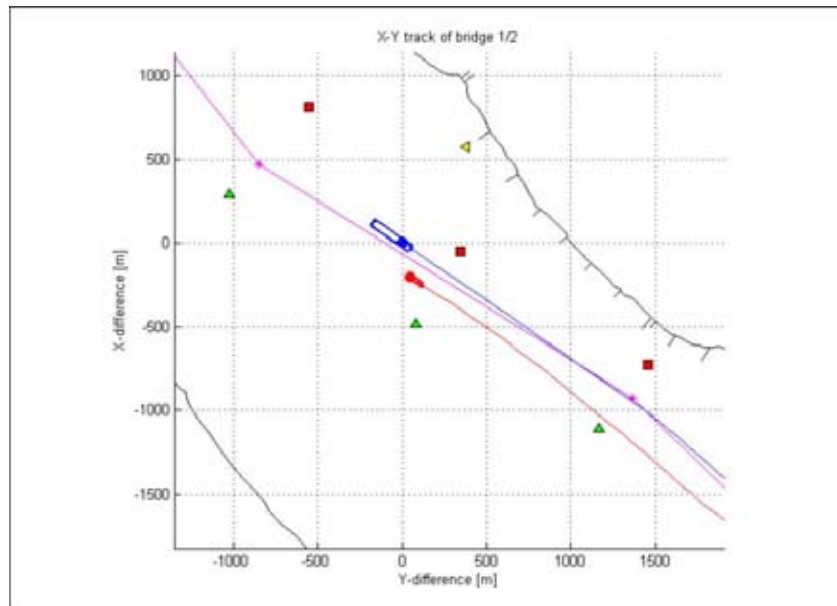


Abbildung 12: Ausschnittsvergrößerung der visualisierten Trackverläufe zu Beginn der Analyseperiode

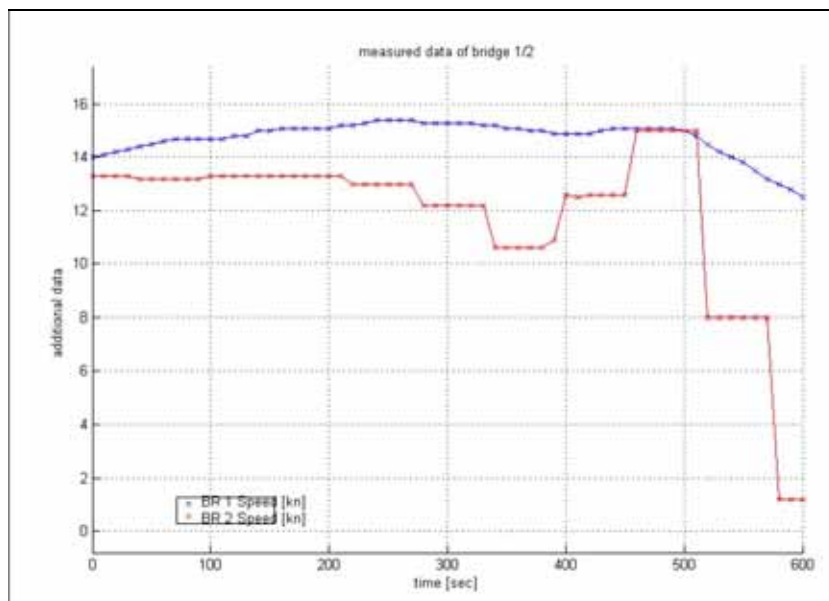


Abbildung 13: Geschwindigkeitsverläufe über Grund für den gesamten Analysezeitraum (blau – COSCO HAMBURG, rot – NEDLLOYD FINLAND)

Die aufgezeichneten Geschwindigkeitsverläufe verdeutlichen die Annäherung der Geschwindigkeiten zueinander. Dabei scheint die Geschwindigkeit der COSCO HAMBURG nahezu konstant zu sein, während die Geschwindigkeit der NEDLLOYD FINLAND zunächst bis etwa $t = 390$ s (ca. 14.38 Uhr) von rund 13,5 kn bis auf weniger als 11 kn leicht abnimmt, um danach in ca. 50 s auf fast 15 kn anzusteigen. Nach der Berührung der Schiffskörper (wahrscheinliche Zeit $t = 490...505$ s; ca. 14.40 Uhr) nehmen die Geschwindigkeiten beider Schiffe stark ab.

In den folgenden beiden Abbildungen sind die aufgezeichneten Kursverläufe durch das Wasser (Abb. 14 - Kreiselkurs bzw. Heading) und über Grund (Abb. 15) dargestellt. Das Heading der NEDLLOYD FINLAND verringert sich kurz nach $t = 500$ s schlag- artig von 130° auf fast 90° und schließlich 60° . Das Schiff liegt zu diesem Zeitpunkt nahezu quer im Fahrwasser.

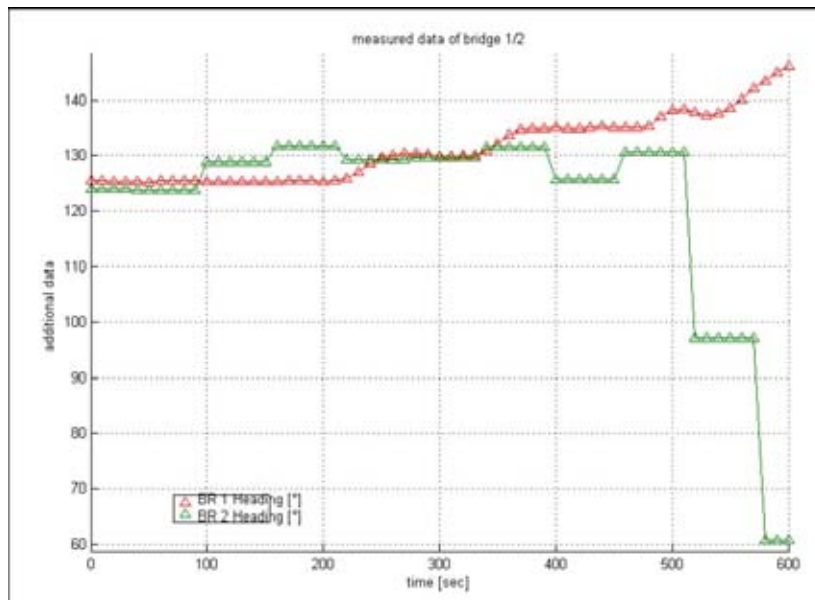


Abbildung 14: Kreiselkursdaten (Heading)
(grün - NEDLLOYD FINLAND, rot - COSCO HAMBURG)

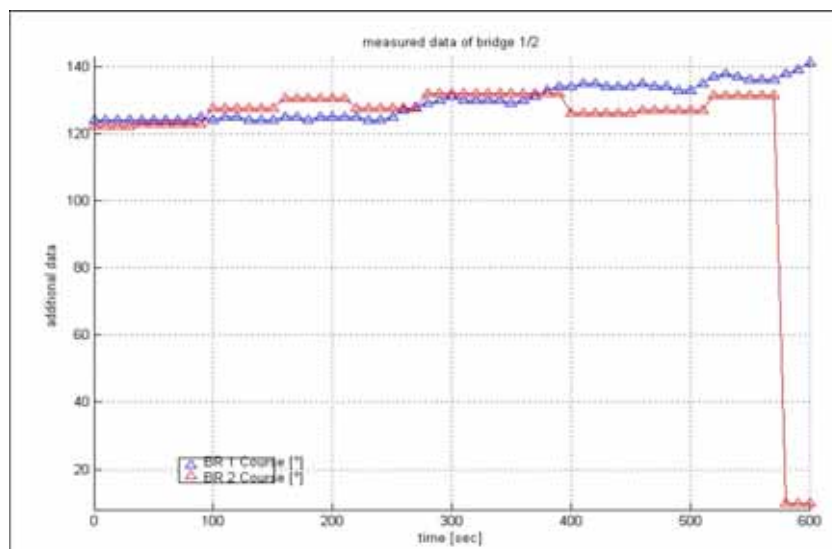


Abbildung 15: Kursverläufe über Grund
(blau COSCO HAMBURG, rot NEDLLOYD FINLAND)

Die aufgezeichneten Kurs-über-Grund-Werte zeigen, dass beide Fahrzeuge größtenteils auf parallelen Kursen fahren. Erst zum Ende des Analysezeitraums ändert sich der Kurs über Grund der NEDLLOYD FINLAND um fast 90° . Der zeitlich Versatz zwischen den Änderungen der Kurswerte (über Grund und Heading) kann darauf

zurückgeführt werden, dass sich die NEDLLOYD FINLAND wie auf den Unfallfotos zu erkennen, zunächst auf noch parallelen Kursen an die COSCO HAMBURG annäherte und erst nach der Berührung des Hecks quer schlug.

Die Abbildungen 16 bis 19 zeigen auf der Basis der aufgezeichneten Daten weitere ermittelte Situationsbilder des Überholvorgangs.

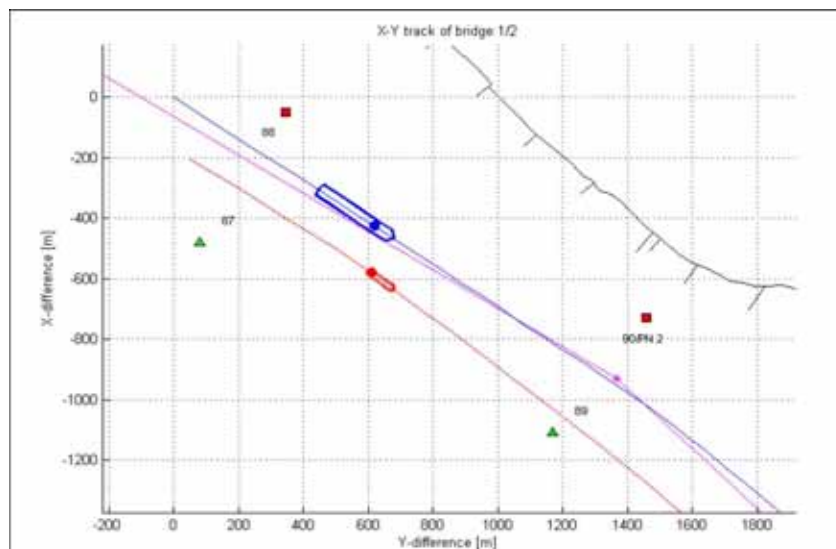


Abbildung 16: Momentaufnahme des Überholvorganges; dichteste Annäherung der Sensorpositionen (Gauß-Krüger-Koordinaten)

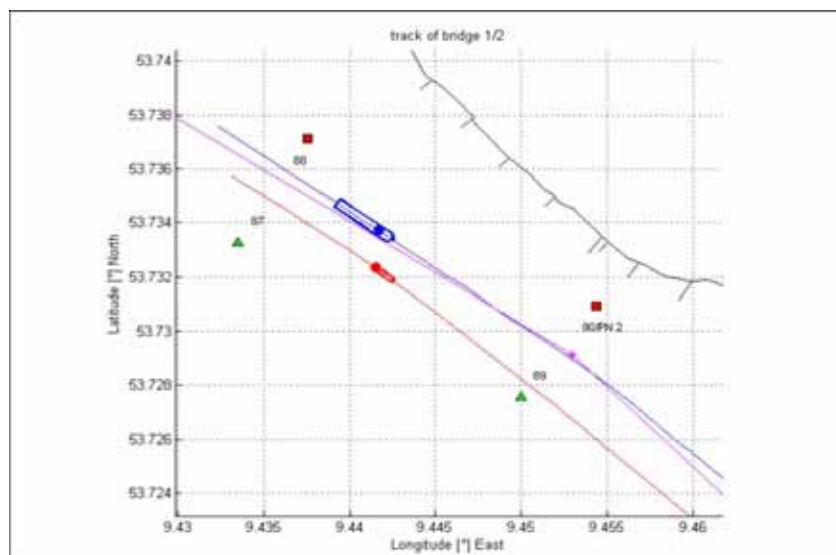


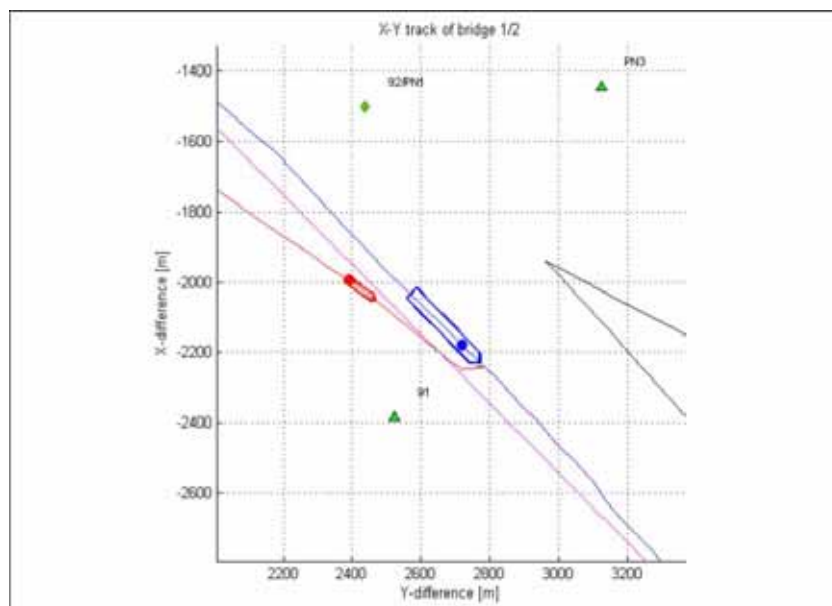
Abbildung 17: Momentaufnahme des Überholvorganges; dichteste Annäherung der Sensorpositionen (geografische Koordinaten)

In den Abbildungen 16 und 17 ist die Lage der Fahrzeuge zueinander etwa zu Beginn des Überholvorgangs dargestellt. Zu diesem Zeitpunkt befinden sich die Sensorpositionen etwa auf gleicher Höhe und der ermittelte aktuelle Abstand der Fahrzeuge zueinander erreicht seinen Minimalwert (siehe dazu auch Diagramm in

Abb. 21). Ein erstes Minimum erreicht zum Zeitpunkt $t \approx 90$ s bzw. ca. 14.33 Uhr auch der Abstand zwischen den Schiffskörpern (siehe dazu auch Diagramm in Abb. 20). Nach dieser dichtesten Annäherung entfernen sich die Sensorpositionen immer weiter voneinander. Zum wahrscheinlichen Kollisionszeitpunkt ($t \approx 390...450$ s; 14.40 Uhr) ist der Abstand zwischen den Sensorpositionen etwa konstant und vergrößert sich dann kontinuierlich.

Zur Berechnung des jeweils minimalen Abstandes von Bordwand zu Bordwand wurde eine zusätzliche Funktion in die Analysesoftware implementiert, welche durch Punktbetrachtungen von der Bordwand des einen Schiffes zu der des anderen jeweils den geringsten Abstand ermittelt. Als "Messpunkte" wurden dabei einerseits die Eckpunkte der Schiffskonturen selbst sowie drei weitere Punkte entlang der Bordwand bei 25%, 50% und 75% der Schiffslänge verwendet. Zur Ermittlung des minimalen Abstandes wurden für alle Messzeiten alle Eckpunkt-Kombinationen berechnet und ausgewertet.

Die Diagramme in Abbildung 18 und 19 zeigen die Bahnverläufe des letzten Auswertungsabschnittes von unmittelbar vor bis nach der Berührung der Schiffe. Die durch die Schiffskonturen markierten Positionen sind für den Zeitpunkt der zweiten dichtesten Annäherung eingeblendet.



**Abbildung 18: Momentaufnahme des Überholvorganges kurz vor der Kollision
(Gauß-Krüger-Koordinaten)**

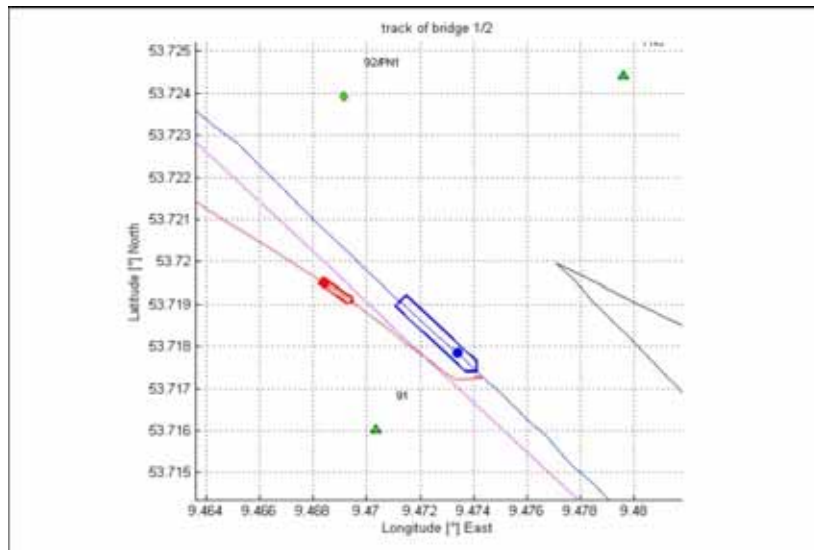


Abbildung 19: Momentaufnahme des Überholvorganges kurz vor der Kollision (geografische Koordinaten)

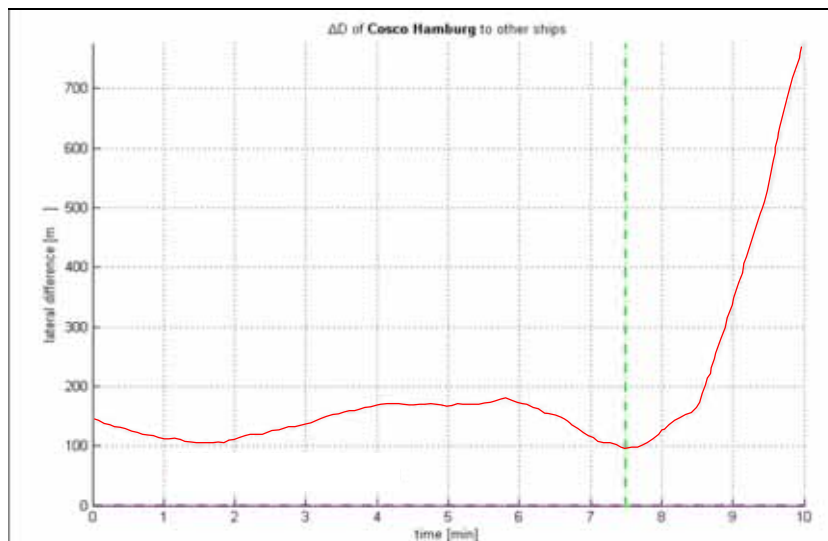
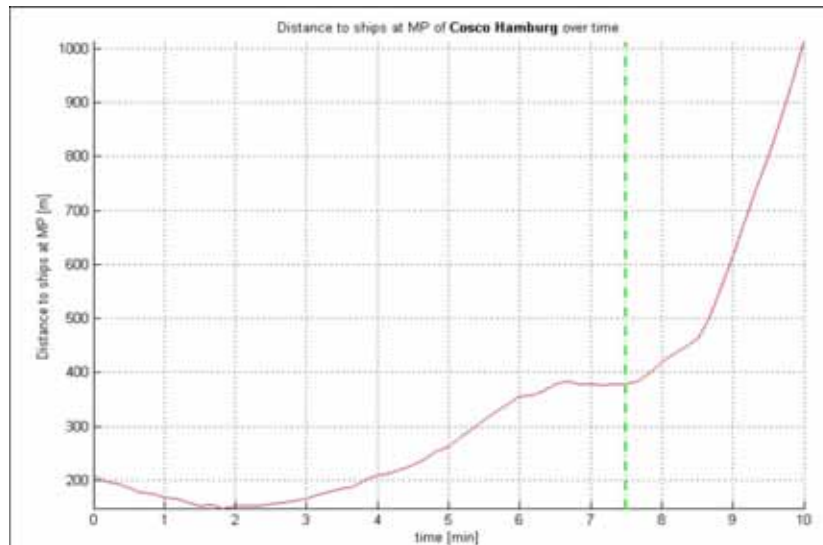
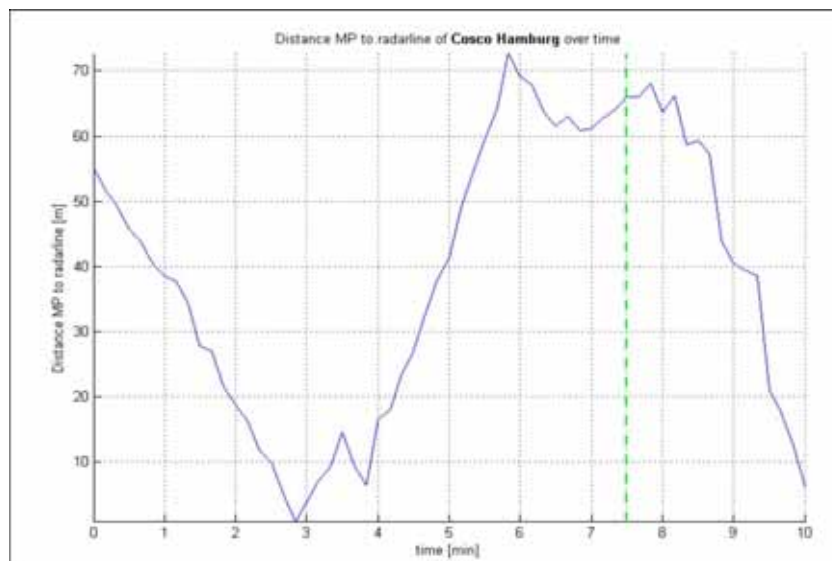


Abbildung 20: Dichteste Abstände zwischen den Schiffskörpern der beteiligten Fahrzeuge (minimaler Abstand von Bordwand zu Bordwand)



**Abbildung 21: Dichteste Abstände zwischen den Sensorpositionen
(Systemposition COSCO HAMBURG ./ GPS-Antenne NEDLLOYD FINLAND)**



**Abbildung 22: Absolute Abstände der Sensorposition der COSCO HAMBURG zur
Radarlinie**

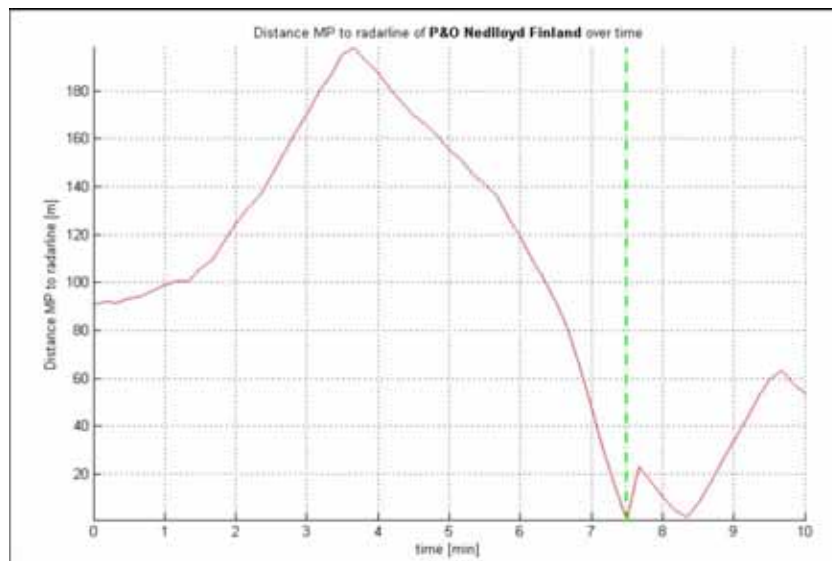


Abbildung 23: Absolute Abstände der Sensorposition der NEDLLOYD FINLAND zur Radarlinie

Aus der durchgeführten Datenanalyse und den entsprechenden Abbildungen wird ersichtlich, dass sich die Berührung der beiden Schiffskörper nahe der Radarlinie ereignete. Der aufgezeichnete Bahnverlauf der NEDLLOYD FINLAND zeigt eine deutliche Tendenz auf die Radarlinie und den Bahnverlauf der COSCO HAMBURG zu. Aus den Bahnverläufen und der Auswertung der Lage der Schiffe (Heading) zueinander kann die Situation der Kollision qualitativ gut nachvollzogen werden. Wie auch den Detailauswertungen des zeitlichen Verlaufs des Abstands der Schiffe zur Radarlinie (Abb. 22 und 23) zu entnehmen ist, hatte die COSCO HAMBURG insbesondere in den letzten Minuten vor der Kollision einen deutlichen Seitenabstand zur Radarlinie und lief auf in etwa parallelem Kurs, während sich die Annäherung der NEDLLOYD FINLAND an die Radarlinie nahezu kontinuierlich und ohne in den Datensätzen erkennbare Kurskorrektur vollzog.

Die Darstellungen (vgl. insbesondere Abb. 18 und 19) machen aber auch deutlich, dass sich mit Hilfe der aufgezeichneten Daten der tatsächliche Situationsverlauf ohne weitere Korrekturen nicht exakt rekonstruieren lässt. Die auf den Fotos zur Unfallserie deutlich erkennbare Berührung der Schiffskörper ließ sich bei der Analyse der aufgezeichneten Daten nicht reproduzieren.

Ausgehend von der vorliegenden Fotoserie könnte beispielsweise angenommen werden, dass die relative Annäherung zueinander korrekt ist. In diesem Fall müssten entweder die Positionen der COSCO HAMBURG auf dem eigenen Track zeitlich weiter zurückgesetzt beziehungsweise die Positionen der NEDLLOYD FINLAND zeitlich weiter noch vorn verschoben werden. Entsprechende Korrekturen sind vom FB Seefahrt beispielhaft durchgeführt worden. Erläuterungen dazu enthält der folgende Abschnitt.

6.2.2.4.3 Nachträgliche Zeitsynchronisierung der Datensätze

Um Betrachtungen zum wahrscheinlichen Situationsverlauf anstellen zu können, wurde vom FB Seefahrt eine Synchronisation der Datensätze auf der Grundlage der verfügbaren Fotoserie vorgenommen. Die nachfolgende Abbildung 24 zeigt eine resultierende Momentaufnahme kurz vor dem angenommenen Unfallzeitpunkt.

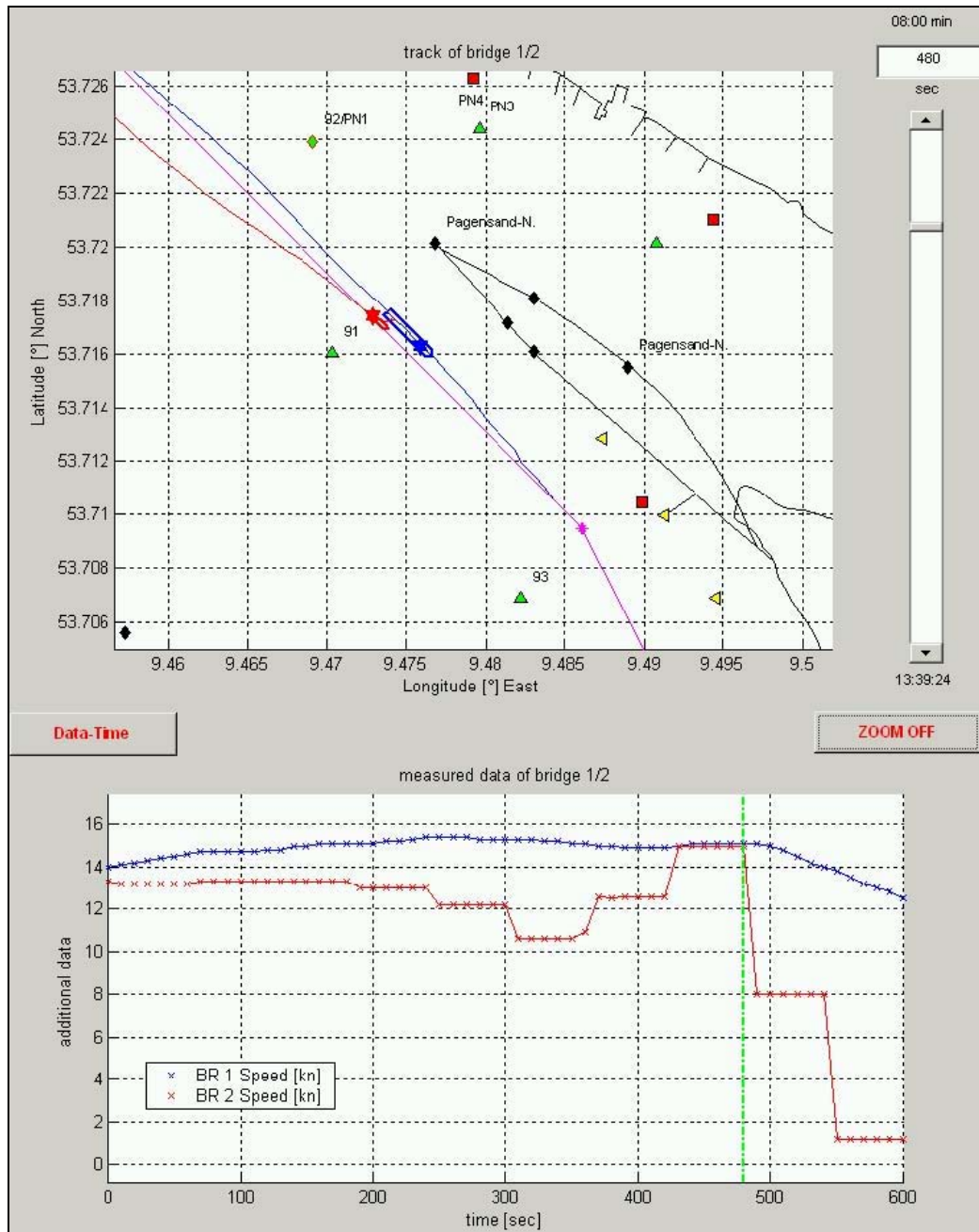


Abbildung 24: Darstellung der wahrscheinlichen Situation kurz vor Unfalleintritt (zeitsynchronisierte Datensätze)

In Abbildung 24 sind die unveränderten Bahnverläufe der beiden Fahrzeuge sowie die Schiffskonturen für den Zeitpunkt 14:39:24 in Relation zu den aus der BSH-Datenbank entnommenen Fahrwassergrenzen und Seezeichen dargestellt. Während

die Position der NEDLLOYD FINLAND weiterhin den ursprünglichen Datensätzen entnommen ist, wurde die Position der COSCO HAMBURG um 30 Sekunden zurückgesetzt. Grundlage dieser zusätzlichen Synchronisierung ist die in Abb. 7 dokumentierte Lage der Schiffe unmittelbar nach der Kollision. Danach lag von der NEDLLOYD FINLAND aus gesehen das Seezeichen "Pagensand-Nord Front-Lt" kurz nach der Kollision nahezu recht voraus, während sich das Heck der COSCO HAMBURG bereits wieder entfernt hatte. Da auf der NEDLLOYD FINLAND GPS-Daten ohne weitere Umrechnung aufgezeichnet werden, wurde unterstellt, dass Position und Zeitpunkt dieser Aufzeichnung dem tatsächlichen Unfallzeitpunkt in etwa entsprechen. Außerdem wurde angenommen, dass der Bahnverlauf der COSCO HAMBURG, von der zeitlichen Zuordnung abgesehen, dem tatsächlichen Verlauf entspricht. Aus den Fotos geht weiter hervor, dass die Berührung des Schiffsbugs der NEDLLOYD FINLAND im achteren Bereich etwa in Höhe der letzten beiden 40-Fuß-Container-Bays erfolgte. Zur Rekonstruktion der Kollision wurden deshalb die Datensätze der COSCO HAMBURG zeitlich in den verfügbaren aufgezeichneten Zeitschritten zurückgesetzt, bis sich die Berührung der Schiffskörper ergab. Der in dieser Weise rekonstruierte weitere Situationsverlauf ist in den folgenden Abbildungen dargestellt.

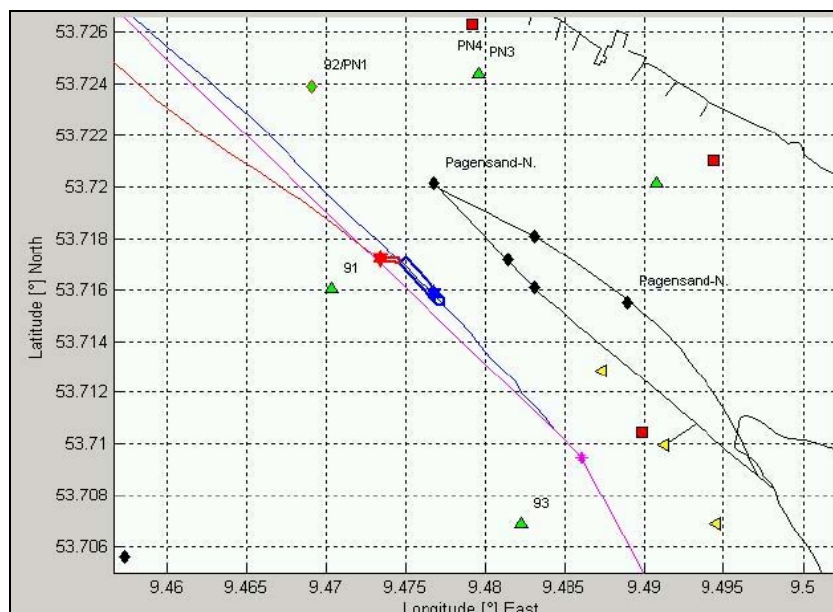


Abbildung 25: Letzte Phase der Berührung zwischen den beteiligten Schiffen ca. 14:39:34 Uhr (zeitsynchronisierte Datensätze)

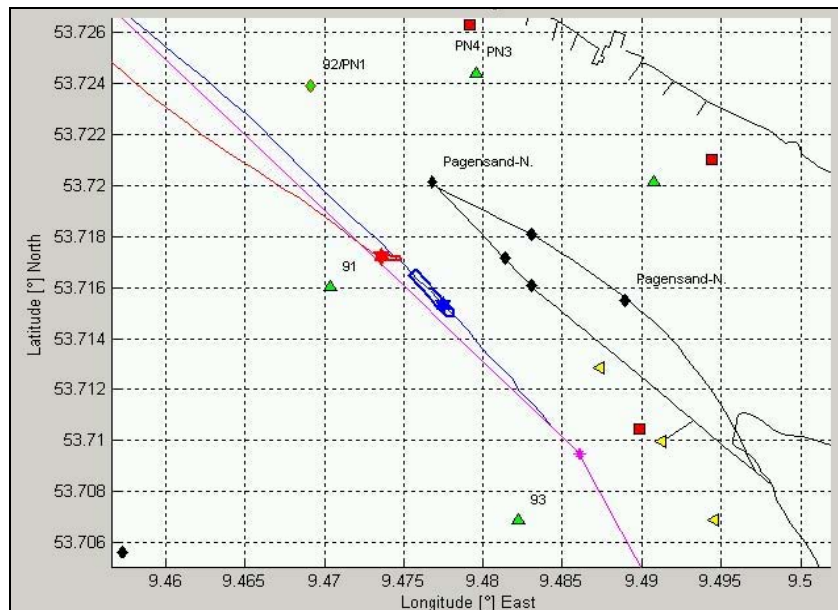


Abbildung 26: Situation kurz nach der Kollision (14:39:44)
(zeitsynchronisierte Datensätze; NEDLLOYD FINLAND quer im Fahrwasser, Seezeichen an Backbordseite nahezu recht voraus)

Die in den letzten beiden Abbildungen dargestellten Konstellationen sind ähnlich zu der im Foto (Abb. 7) dargestellten Lage der Schiffe zueinander. Wird diese Zeitsynchronisierung für die gesamte Datenauswertung zu Grunde gelegt, ergeben sich die nachfolgend dargestellten Abstandsverläufe.

Im Vergleich zu den aus den aufgezeichneten Daten ermittelten Abstandsverläufen (vgl. Abb. 20; Minimalwert ca. 100 Meter!) ergibt sich bei Betrachtung des Abstandes von Bordwand zu Bordwand nach der Zeitsynchronisierung ein Minimalwert von annähernd 0 m zum Zeitpunkt der angenommenen Kollision.

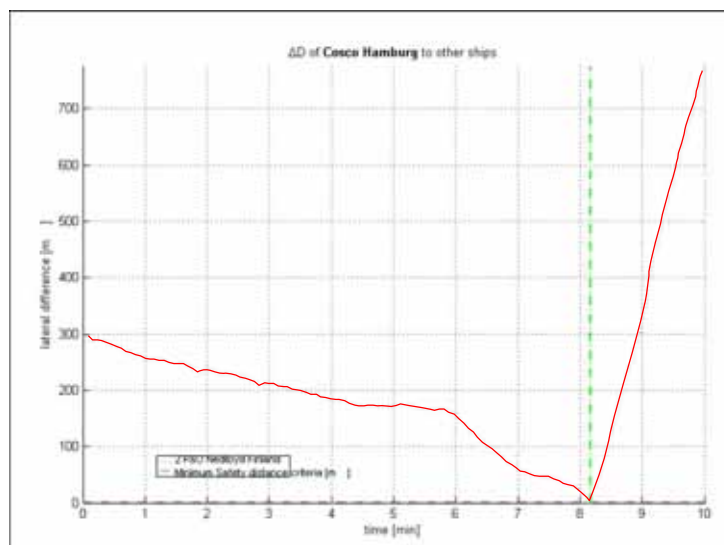
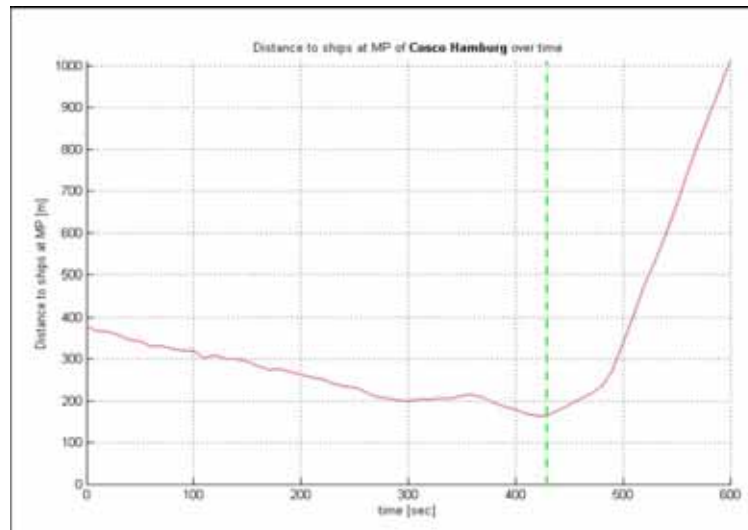


Abbildung 27: Dichteste Abstände von Bordwand zu Bordwand
(zeitsynchronisierte Datensätze)



**Abbildung 28: Dichteste Abstände zwischen den Sensorpositionen
(Systemposition COSCO HAMBURG ./ GPS-Antenne NEDLLOYD FINLAND)
zeitsynchronisierte Datensätze**

6.2.2.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Aus den Bahnverläufen und der Auswertung der Lage der Schiffe (Heading) zueinander konnte die Situation der Kollision qualitativ gut nachvollzogen werden. Die Auswertung der aufgezeichneten Daten hat jedoch ergeben, dass sich der Situationsverlauf ohne weitere Korrekturen nicht exakt rekonstruieren ließ. Die auf den Fotos zur Unfallserie deutlich erkennbare Berührung der Schiffskörper konnte erst im Wege einer Zeitsynchronisierung der vorliegenden Daten nachvollzogen werden.

Hinsichtlich des Unfallverlaufes veranschaulichen die ermittelten Ergebnisse aber jedenfalls eine kontinuierliche Annäherung der Tracks, wobei die COSCO HAMBURG einen Kurs nahezu parallel zur Radarlinie verfolgte, während die NEDLLOYD FINLAND sich dieser immer mehr annäherte und sie schließlich zur wahrscheinlichen Unfallzeit überschritt. Aus den ausgewerteten Geschwindigkeitsdaten geht hervor, dass sich die Geschwindigkeit des Feederschiffes dabei schrittweise an die Geschwindigkeit des Überholers annäherte. Ein sehr großer Geschwindigkeitssprung von rund 4 kn innerhalb von rund einer Minute vollzog sich kurz vor dem wahrscheinlichen Unfallzeitpunkt. Aus den Geschwindigkeitsverläufen ist deutlich ein Konvergieren der Geschwindigkeiten zu erkennen.

Mit den zeitsynchronisierten Positionsdaten (Bahnverläufen) konnte die Kollision annäherungsweise nachgebildet werden. Aus den Bewegungstendenzen lassen sich entsprechende Korrekturen für den wahrscheinlichen Unfallzeitpunkt und -ort ermitteln. Entsprechende Betrachtungen wurden vom FB Seefahrt unter Zugrundelegung und Festlegung von Annahmen und Randbedingungen beispielhaft durchgeführt. Zur Korrektur der Datensätze wurden insbesondere die bereitgestellten Fotos des Unfalls herangezogen. Die Situationsanalyse dieses als wahrscheinlich angenommenen Situationsverlaufes bestätigte die bisher ermittelten Tendenzen deutlich.

Da nur die Annäherung der Fahrt über Grund der NEDLLOYD FINLAND an die Fahrt der COSCO HAMBURG registriert wurde, stützen die Ergebnisse des FB Seefahrt

die These, dass die erwiesene Geschwindigkeitserhöhung auf hydrodynamische Interaktionen (Sogwirkung) zurückzuführen ist. Dafür sprechen insbesondere auch die bisher aus anderen Untersuchungen bekannten theoretischen Erkenntnisse. Darüber hinaus wurden vom FB Seefahrt auch vereinfachende Simulatorläufe mit ähnlichen Fahrzeugen etwa vergleichbarer Dimensionen durchgeführt. Diese durchgeführten Voruntersuchungen zur Rekonstruktion des Situationsverlaufes am Schiffsführungssimulator zeigten bei vorgenommener zusätzlicher Synchronisierung der Position der COSCO HAMBURG eine gute Reproduzierbarkeit des Sogeffektes (vgl. Abb. 29).



**Abbildung 29: Rekonstruktion des Seeunfalles am Schiffsführungssimulator
(Basis: zeitsynchronisierte Daten)**

Tabelle 1: Aufgezeichnete Daten und zugehörige Analyseergebnisse

Zeit (UTC)	Geschw. Cosco H. [kn]	Geschw. Nedlloyd F. [kn]	Kurs Cosco H. [°]	Kurs Nedlloyd F. [°]	Abstand Sensoren [m]	Abstände Schiffswand [m]
13:31:24	14.0	13.3	124.0	122.2	209.1	146.6
13:31:34	14.1	13.3	124.0	122.2	198.3	136.9
13:31:44	14.2	13.3	124.0	122.2	193.6	132.5
13:31:54	14.3	13.3	124.0	122.2	185.9	125.8
13:32:04	14.4	13.2	124.0	122.9	176.8	118.7
13:32:14	14.5	13.2	124.0	122.9	174.5	116.7
13:32:24	14.6	13.2	124.0	122.9	167.0	112.1
13:32:34	14.7	13.2	124.0	122.9	165.9	111.6
13:32:44	14.7	13.2	124.0	122.9	158.1	105.7
13:32:54	14.7	13.2	125.0	122.9	152.8	102.9
13:33:04	14.7	13.3	124.0	127.5	154.2	104.9
13:33:14	14.7	13.3	125.0	127.5	148.0	106.2
13:33:24	14.8	13.3	125.0	127.5	153.4	110.7
13:33:34	14.8	13.3	124.0	127.5	152.3	116.5
13:33:44	15.0	13.3	124.0	127.5	152.1	117.4
13:33:54	15.0	13.3	124.0	127.5	156.9	125.0
13:34:04	15.1	13.3	125.0	130.4	159.1	128.5
13:34:14	15.1	13.3	125.0	130.4	161.6	131.3
13:34:24	15.1	13.3	124.0	130.4	166.1	136.1
13:34:34	15.1	13.3	125.0	130.4	172.6	143.0
13:34:44	15.1	13.3	125.0	130.4	179.2	150.5
13:34:54	15.2	13.3	125.0	130.4	184.8	155.8
13:35:04	15.2	13.0	125.0	127.7	188.7	157.8
13:35:14	15.3	13.0	124.0	127.7	200.9	162.1
13:35:24	15.4	13.0	124.0	127.7	208.9	167.7
13:35:34	15.4	13.0	125.0	127.7	213.1	168.8
13:35:44	15.4	13.0	127.0	127.7	220.7	169.3
13:35:54	15.4	13.0	128.0	127.7	227.5	167.8
13:36:04	15.3	12.2	129.0	132.0	239.9	170.0
13:36:14	15.3	12.2	130.0	132.0	253.6	169.4
13:36:24	15.3	12.2	131.0	132.0	262.0	166.7
13:36:34	15.3	12.2	130.0	132.0	279.6	169.7
13:36:44	15.3	12.2	130.0	132.0	295.9	168.9
13:36:54	15.2	12.2	130.0	132.0	312.3	170.3
13:37:04	15.2	10.6	130.0	131.9	326.5	173.9
13:37:14	15.1	10.6	129.0	131.9	340.5	178.8
13:37:24	15.1	10.6	130.0	131.9	355.4	173.2
13:37:34	15.0	10.6	131.0	131.9	357.7	167.1
13:37:44	15.0	10.6	133.0	131.9	365.0	158.0
13:37:54	14.9	10.9	134.0	131.9	377.5	152.6
13:38:04	14.9	12.6	134.0	126.2	384.4	142.0

Zeit (UTC)	Geschw. Cosco H. [kn]	Geschw. Nedlloyd F. [kn]	Kurs Cosco H. [°]	Kurs Nedlloyd F. [°]	Abstand Sensoren [m]	Abstände Schiffswand [m]
13:38:14	14.9	12.5	135.0	126.2	378.0	126.5
13:38:24	14.9	12.6	135.0	126.2	377.3	115.7
13:38:34	15.0	12.6	134.0	126.2	376.3	107.5
13:38:44	15.1	12.6	134.0	126.2	377.1	101.4
13:38:54	15.1	12.6	134.0	126.2	378.2	94.4
13:39:04	15.1	15.0	135.0	127.0	383.9	96.7
13:39:14	15.1	15.0	134.0	127.0	398.9	107.1
13:39:24	15.1	15.0	134.0	127.0	418.5	121.7
13:39:34	15.1	15.0	133.0	127.0	434.9	138.3
13:39:44	15.0	15.0	133.0	127.0	448.1	149.3
13:39:54	14.8	15.0	135.0	127.0	462.8	163.0
13:40:04	14.5	8.0	137.0	131.4	497.6	213.8
13:40:14	14.2	8.0	138.0	131.4	553.6	272.2
13:40:24	14.0	8.0	137.0	131.4	615.1	334.5
13:40:34	13.8	8.0	136.0	131.4	679.1	399.3
13:40:44	13.5	8.0	136.0	131.4	742.8	463.9
13:40:54	13.2	8.0	136.0	131.4	800.5	522.8
13:41:04	13.0	1.2	138.0	10.0	867.2	632.8
13:41:14	12.8	1.2	139.0	10.0	939.7	704.0
13:41:24	12.5	1.2	141.0	10.0	1011.7	775.4

Tabelle 2: Datensätze für das zusätzlich manuell zeitlich synchronisierte Szenario und zugehörige Analyseergebnisse

Zeit (UTC)	Geschw. Cosco H. [kn]	Geschw. Nedlloyd F. [kn]	Kurs Cosco H. [°]	Kurs Nedlloyd F. [°]	Abstand Sensoren [m]	Abstände Schiffswand [m]
13:31:24	14.0	13.3	124.0	122.2	380.1	303.1
13:31:34	14.1	13.2	124.0	122.9	365.6	288.8
13:31:44	14.2	13.2	124.0	122.9	365.6	288.8
13:31:54	14.3	13.2	124.0	122.9	357.3	280.7
13:32:04	14.4	13.2	124.0	122.9	346.3	270.2
13:32:14	14.5	13.2	124.0	122.9	342.5	266.3
13:32:24	14.6	13.2	124.0	122.9	331.7	256.1
13:32:34	14.7	13.3	124.0	127.5	331.0	255.9
13:32:44	14.7	13.3	124.0	127.5	325.3	251.0
13:32:54	14.7	13.3	125.0	127.5	320.5	246.6
13:33:04	14.7	13.3	124.0	127.5	320.6	247.5
13:33:14	14.7	13.3	125.0	127.5	303.2	231.4
13:33:24	14.8	13.3	125.0	127.5	309.3	237.7

Zeit (UTC)	Geschw. Cosco H. [kn]	Geschw. Nedlloyd F. [kn]	Kurs Cosco H. [°]	Kurs Nedlloyd F. [°]	Abstand Sensoren [m]	Abstände Schiffswand [m]
13:33:34	14.8	13.3	124.0	130.4	299.2	229.8
13:33:44	15.0	13.3	124.0	130.4	299.5	230.8
13:33:54	15.0	13.3	124.0	130.4	292.6	225.8
13:34:04	15.1	13.3	125.0	130.4	283.6	219.3
13:34:14	15.1	13.3	125.0	130.4	273.8	210.4
13:34:24	15.1	13.3	124.0	130.4	275.6	212.7
13:34:34	15.1	13.0	125.0	127.7	270.0	207.9
13:34:44	15.1	13.0	125.0	127.7	262.5	202.3
13:34:54	15.2	13.0	125.0	127.7	256.5	198.3
13:35:04	15.2	13.0	125.0	127.7	251.6	195.0
13:35:14	15.3	13.0	124.0	127.7	240.5	187.8
13:35:24	15.4	13.0	124.0	127.7	233.6	183.0
13:35:34	15.4	12.2	125.0	132.0	231.3	182.4
13:35:44	15.4	12.2	127.0	132.0	220.9	176.9
13:35:54	15.4	12.2	128.0	132.0	210.0	171.8
13:36:04	15.3	12.2	129.0	132.0	205.4	172.6
13:36:14	15.3	12.2	130.0	132.0	201.2	171.5
13:36:24	15.3	12.2	131.0	132.0	200.0	171.2
13:36:34	15.3	10.6	130.0	131.9	204.2	174.2
13:36:44	15.3	10.6	130.0	131.9	204.2	169.8
13:36:54	15.2	10.6	130.0	131.9	206.7	167.0
13:37:04	15.2	10.6	130.0	131.9	206.4	164.0
13:37:14	15.1	10.6	129.0	131.9	212.6	165.5
13:37:24	15.1	10.9	130.0	131.9	214.2	155.3
13:37:34	15.0	12.6	131.0	126.2	207.0	137.7
13:37:44	15.0	12.5	133.0	126.2	195.1	120.4
13:37:54	14.9	12.6	134.0	126.2	186.6	102.3
13:38:04	14.9	12.6	134.0	126.2	179.6	89.0
13:38:14	14.9	12.6	135.0	126.2	168.7	73.0
13:38:24	14.9	12.6	135.0	126.2	163.6	58.4
13:38:34	15.0	15.0	134.0	127.0	163.5	52.8
13:38:44	15.1	15.0	134.0	127.0	176.0	47.0
13:38:54	15.1	15.0	134.0	127.0	189.9	45.9
13:39:04	15.1	15.0	135.0	127.0	204.4	40.3
13:39:14	15.1	15.0	134.0	127.0	217.3	32.9
13:39:24	15.1	15.0	134.0	127.0	235.1	23.2
13:39:34	15.1	8.0	133.0	131.4	272.0	3.5
13:39:44	15.0	8.0	133.0	131.4	340.1	57.2
13:39:54	14.8	8.0	135.0	131.4	406.9	125.2
13:40:04	14.5	8.0	137.0	131.4	474.2	193.2
13:40:14	14.2	8.0	138.0	131.4	531.5	252.2

Zeit (UTC)	Geschw. Cosco H. [kn]	Geschw. Nedlloyd F. [kn]	Kurs Cosco H. [°]	Kurs Nedlloyd F. [°]	Abstand Sensoren [m]	Abstände Schiffswand [°]
13:40:24	14.0	8.0	137.0	131.4	594.4	315.7
13:40:34	13.8	1.2	136.0	10.0	665.0	429.4
13:40:44	13.5	1.2	136.0	10.0	741.6	505.2
13:40:54	13.2	1.2	136.0	10.0	813.9	578.7
13:41:04	13.0	1.2	138.0	10.0	881.2	645.5
13:41:14	12.8	1.2	139.0	10.0	947.1	710.9
13:41:24	12.5	1.2	141.0	10.0	1011.7	775.4

6.2.3 Ergebnis der Analyse des Fahrtverlaufes

Die vom FB Seefahrt im Auftrag der BSU durchgeführte Analyse der ECS-Daten hat die Vermutung, dass hydrodynamische Interaktionen zwischen den beteiligten Schiffen und nicht etwa einseitige, technischem oder menschlichem Versagen geschuldete plötzliche Kurs- und/oder Geschwindigkeitsänderungen das Kollisionsgeschehen hervorgerufen haben, nachhaltig bestätigt.

Interessant ist darüber hinaus die „nur“ am Rande der durchgeführten Berechnungen gewonnene Erkenntnis, dass zumindest eines der beiden elektronischen Seekartensysteme mit fehlerhaften GPS-Daten gespeist worden sein muss. Die Tatsache, dass die Kollision allein unter Verwendung der nichtsynchronisierten Positionsdaten analytisch nicht nachvollzogen werden konnte, belegt dies eindrucksvoll.

6.3 Hydrodynamische Begutachtung

6.3.1 Einführung

Die Auswertung der aufgezeichneten ECS-Daten beider Schiffe durch den FB Seefahrt hat ergeben, dass der Seeunfall durch hydrodynamische Effekte (mit-) verursacht wurde. Die BSU hat demgemäß anlässlich der Präsentation der Auswertungsergebnisse durch Vertreter des FB Seefahrt³¹ im Hause BSU am 15. September 2004 die Möglichkeiten einer genaueren Untersuchung der hydrodynamischen Interaktionen erörtert. An der genannten Diskussionsrunde nahm, die BSU fachlich beratend, Prof. em. Dr.-Ing. Heinrich Söding teil, der als ausgewiesener Experte auf dem Gebiet der Hydrodynamik gilt und für die Seeunfalluntersuchung in Deutschland in der Vergangenheit bereits durch gutachtliche Tätigkeit in Seeamtsverfahren wertvolle Beiträge geliefert hatte.

Ergebnis der Besprechung war, dass einerseits kurzfristig, also noch vor dem Abschluss der Untersuchung eine Sicherheitsempfehlung zu den hydrodynamisch bedingten Gefahren im Zusammenhang mit Überholmanövern in begrenzten Fahrwassern veröffentlicht werden sollte.³² Hauptgrund für die Eilbedürftigkeit der zu veröffentlichenden Empfehlung war die übereinstimmende Feststellung, dass die „historische“ Aussage der Seeämter/Gerichte, ein Passierabstand von ca. 100 m reiche aus³³, um Sogeffekte zu vermeiden, die zunächst einzelfallorientiert getroffen, dann aber in der öffentlichen Wahrnehmung mehr und mehr verallgemeinert worden war, einer Klarstellung bedurfte. Schließlich war es in dem hier untersuchten Fall trotz eines zumindest anfänglich weitaus größeren Abstandes unzweifelhaft zu einem gefährlichen Sogeffekt gekommen.

Zum anderen wurde über die Frage diskutiert ob, und gegebenenfalls wie eine weitergehende hydrodynamische Untersuchung des Seeunfalles durchzuführen sei, um schlussendlich möglichst (allgemeine) Aussagen darüber treffen zu können, welcher Passierabstand bei Überholmanövern eingehalten werden muss, um Kollisionsgefahren durch Sog zu vermeiden.

Prof. Söding erläuterte, dass beispielsweise Schiffbauversuchsanstalten in der Lage wären, die auftretenden Sogkräfte zu berechnen. Um für die konkret beteiligten Schiffe zu verlässlichen Aussagen zu kommen, müssten die Linienrisse, Beladungssituationen (Ladefälle), Tiefgänge und Fahrwasserprofile vorgegeben werden.

Die Vertreter des FB Seefahrt legten dar, dass der Schiffsführungssimulator in Warnemünde in der Lage sei, Sogeffekte abzubilden. Hierzu könnte mit bereits programmierten Schiffstypen des Simulators gerechnet werden. Es bestünde aber auch die Möglichkeit, die beiden konkret betroffenen Fahrzeuge zu modellieren und dann im Simulator fahren zu lassen. Letztere Variante wäre aber mit erheblichem (zeit- und damit kostenintensivem) Mehraufwand verbunden.

³¹ Dr.-Ing. M. Baldauf, Dipl.-Ing. M. Kirchhoff und Dipl.-Ing. S. Fischer.

³² Anmerkung: Die fragliche Sicherheitsempfehlung wurde am 1. Oktober 2004 veröffentlicht und wird am Ende des vorliegenden Untersuchungsberichtes wiederholt.

³³ Vgl. hierzu u.a. OLG Hamburg, Urteil vom 22. Mai 1986 (Az. 6 U 225/84); Bundesoberseeamt, Widerspruchsbescheid vom 16. Dezember 1986 (BOSeeAE 7/87, S. 113 ff.); VG Hamburg, Urteil vom 16. August 1988 (BOSeeAE 4/89, S. 76 ff.); Seeamt Hamburg, Sprüche vom 25. Februar 1986 (BOSeeAE 8/86, S. 156 ff.) und vom 19. März 1996 (BOSeeAE 11/97, S. 419 ff.).

Prof. Söding entgegnete hierauf, dass nach seiner Ansicht die internen Rechenmodelle der Simulatoren nicht mehr dem neuesten Stand der Technik entsprächen und dass mit den verwendeten (nicht offengelegten) Formeln der Simulatorhersteller wahrscheinlich nur grobe Näherungswerte erzielt werden könnten.

Ergebnis der Besprechung war, dass eine weitergehende hydrodynamische Untersuchung, die sich zwar am konkreten Fall orientieren, aber auch insbesondere dem Ziel dienen sollte, verallgemeinernde Aussagen zur Problematik „sicherer Passierabstand im begrenzten Fahrwasser“ zu erarbeiten, als sinnvoll erachtet wurde.

Bei der Formulierung der zu vergebenden Untersuchungsaufträge wurde die BSU maßgeblich von Prof. Söding unterstützt. Die angefragten Schiffbauversuchsanstalten schlugen daraufhin vor, Berechnungen der Strömungsverhältnisse um die beiden Schiffskörper vorzunehmen (1), um anschließend mit den erzielten (Zwischen-)Ergebnissen die auftretenden relevanten Kräfte zu berechnen (2) (wichtig für die Bestimmung von Ruder- und Driftwinkel). Für die durchzuführenden Berechnungen (1) und (2) kann dabei auf unterschiedliche, zum Teil sehr komplexe und aufwändige Rechenverfahren zurück gegriffen werden. Die verwendeten Verfahren unterliegen einer stetigen Weiterentwicklung, da immer leistungsfähigere Computersysteme zur Verfügung stehen und somit ein Rechenaufwand möglich wird, der noch vor einigen Jahren nicht realisierbar gewesen wäre.

Am 30. September 2004 fand am Rande der SMM³⁴ ein Arbeitstreffen des Untersuchungsteams der BSU mit Wissenschaftlern verschiedener Schiffbauversuchsanstalten statt, bei dem ausgiebig über das Vorhaben der BSU diskutiert wurde. Das Gespräch verlief auf sehr hohem wissenschaftlichen Niveau, die beteiligten Wissenschaftler führten einen interessanten Disput über die derzeitigen wissenschaftlichen Möglichkeiten und die Vor- und Nachteile der verschiedenen Lösungsansätze. Einhellig wurde die Intention der BSU begrüßt, die (immer wiederkehrenden und zukünftig noch zunehmenden) Probleme und Schwierigkeiten im Rahmen von Überholmanövern von immer größer werdenden Schiffen im begrenzten Fahrwasser zum Anlass zu nehmen, auf Basis des konkret zu untersuchenden Falles eine tiefergehende hydrodynamische Untersuchung durchzuführen. Zwar wurde auch deutlich, dass die Betrachtung eines Einzelfalles nur sehr beschränkte Möglichkeiten für allgemeingültige Empfehlungen bieten würde. Trotzdem war man sich aber einig, dass die nähere Untersuchung des Einzelfalles als wichtiger Denkanstoß und Vorstufe für weitergehende hydrodynamische Untersuchungen wertvolle Erkenntnisse liefern könne.

Konsens wurde im Übrigen darüber erzielt, dass für die durchzuführende hydrodynamische Untersuchung sowohl numerische Ansätze (reine Berechnungen) als auch experimentelle Versuche notwendig wären. Die Modellversuche sollten dabei der Validierung und Absicherung der anzustellenden Berechnungen dienen.

Einig waren sich alle Beteiligten weiterhin, dass das Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e.V. in Duisburg (Development Centre for Ship Technology and Transport Systems; nachfolgend kurz DST) in Duisburg wegen der dortigen einzigartigen technischen Ausstattung (Möglichkeit zwei Modelle und deren

³⁴ SMM = Schiff-Maschine-Meerestechnik; internationale maritime Messe, die alle zwei Jahre in Hamburg stattfindet.

Interaktionen gleichzeitig zu reproduzieren) für den experimentellen Ansatz die besten Voraussetzungen aufweist. Demgemäß wurde das DST mit der Durchführung der Modellversuche beauftragt (vgl. unten Pkt. 6.3.3). Die numerische Untersuchung wurde an die Schiffbauversuchsanstalt Potsdam vergeben (vgl. hierzu sogleich Pkt. 6.3.2). Für Vergleichsbetrachtungen und die Auswertung der Ergebnisse konnten die Hamburgische Schiffbauversuchsanstalt (HSVA; vgl. unten Pkt. 6.3.4) und als Berater der BSU Prof. Söding gewonnen werden (vgl. hierzu insbesondere Pkt. 6.3.5).

6.3.2 Numerische Untersuchung des Überholvorganges

Im Auftrag der BSU hat die Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam³⁵ eine numerische Studie über einen Überholvorgang in beschränktem Wasser durchgeführt. Diese Untersuchung basierte weitestgehend auf dem vorhandenen Datenmaterial der beteiligten Schiffe. Soweit für die Berechnungen notwendige Daten nicht verfügbar waren, hat die SVA mit Näherungswerten operiert. Insgesamt wurden für sieben stationär betrachtete Situationen die Kräfte und das Giermoment, die bei dem Überholvorgang auf das überholte Schiff ausgeübt werden, berechnet. Darüber hinaus wurden jeweils der Ruderwinkel und der sich ergebende Driftwinkel bestimmt, die zur Einhaltung der gradlinigen Trajektorie nötig sind.

Die Ausführungen in den nachstehenden Unterpunkten geben in gekürzter, sinnwahrer und zumeist wörtlicher Form den Inhalt des durch die SVA gefertigten Abschlussberichtes Nr. 3048 mit dem Titel „Numerische Untersuchung eines Überholvorganges in beschränktem Wasser“ vom 17. Dezember 2004 wieder.³⁶

6.3.2.1 Theoretische Vorbetrachtungen

Wenn Schiffe sich in geringem Abstand voneinander bewegen, beeinflussen sich die jeweiligen Strömungsfelder gegenseitig. Dabei können erhebliche hydrodynamische Kräfte und Momente entstehen, die die Steuerbarkeit der Schiffe beeinträchtigen und zu Kollisionen führen können. Dies stellt insbesondere im Flachwasser bei kleinem Verhältnis zwischen Wassertiefe und Tiefgang (h/T) eine größere Gefahr dar. Die wichtigsten Gründe für Kollisionen während eines Überholvorgangs sind ein zu geringer Abstand zwischen den beteiligten Schiffen und eine zu hohe Schiffsgeschwindigkeit, weil dadurch die erwähnten Kräfte und Momente zunehmen, sowie ein zu geringer Geschwindigkeitsunterschied, weil dadurch der Überholvorgang länger dauert und die Kräfte und Momente sich länger auswirken können.

Die wichtigste Ursache für die Seitenkraft ist der Sog, der wegen der Beschleunigung der Strömung und Absenkung des Druckes zwischen beiden Schiffen entsteht. Eine weitere Ursache für die Seitenkraft ist der Tragflügeleffekt, der dazu führt, dass hauptsächlich das jeweils vordere Schiff eine Kraft erfährt, die entgegen dem anderen Schiff gerichtet ist.

Bei Überholvorgängen mit kleinen Abständen zwischen den betroffenen Schiffen spielt die Wellenbildung verglichen mit der starken Störung des Druckfeldes zwischen beiden Schiffen eine geringe Rolle. Anders verhält es sich jedoch bei der Kollision zwischen der NEDLLOYD FINLAND und der COSCO HAMBURG, bei der der anfängliche Seitenabstand der Schiffe etwa vier Schiffsbreiten des großen Schiffes betrug. Die Störung des Druckfeldes zwischen beiden Schiffen ist in diesem

³⁵ Nachfolgend kurz SVA.

³⁶ Der Originalbericht steht auf den Internetseiten der BSU zum Herunterladen zur Verfügung.

Fall viel moderater, so dass die langsam abklingenden Wellen eine größere Rolle spielen können.

6.3.2.2 Aufgabenstellung

Da der Geschwindigkeitsunterschied bei Überholvorgängen im Gegensatz zu Begegnungsvorgängen meist gering ist und die Vorgänge lange dauern, konnten instationäre Effekte vernachlässigt und die Strömung als quasistationär betrachtet werden. Für die numerischen Betrachtungen wurde unterstellt, dass beide Schiffe auf parallelem Kurs mit der gleichen Geschwindigkeit von 15 kn fahren. Für einen seitlichen Abstand von 150 m zwischen den Schiffsmittellinien wurden in Längsrichtung fünf Positionen der beiden Schiffe zueinander untersucht ($-0.2, 0, 0.3, 0.6$ und $0.8 L$ ³⁷). Außerdem wurden für den Längsversatz bei dem das betragsmäßig größte Giermoment auf das überholte Schiff ausgeübt wird ($0,6 L$), zusätzlich die seitlichen Abstände 100 m und 200 m untersucht.

6.3.2.3 Vorgehensweise

6.3.2.3.1 Ermittlung der Kräfte und Momente

Die Kräfte und Momente am überholten Schiff ließen sich durch Berechnung der Strömung um beide Schiffe bestimmen. Hierfür wurde das von Prof. Söding (Technische Universität Hamburg Harburg) für die SVA entwickelte potential-theoretische Berechnungsverfahren KELVIN eingesetzt. Dabei werden der Flachwassereinfluss, die Wellenbildung, sowie die dynamische Absenkung und Vertrimmung der beteiligten Schiffe berücksichtigt. Bei der Untersuchung war es nicht erforderlich das Ruder des überholenden Schiffes zu berücksichtigen. Das Ruder des überholten Schiffes war für die Bestimmung des Giermomentes von Bedeutung und wurde als Flosse (ohne Dicke) modelliert.

Bei den Berechnungen wurde der Flussboden näherungsweise berücksichtigt. Die dafür erforderliche Information wurde seitens des DST Duisburg bereitgestellt (vgl. Abb. 30).

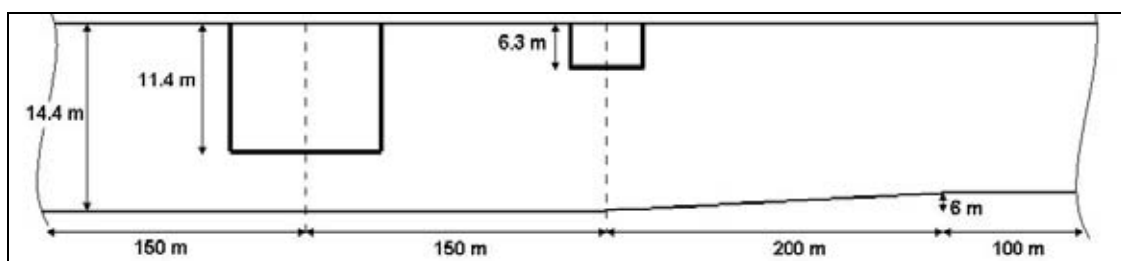


Abbildung 30: Skizze des Querschnittes des Berechnungsgebiets

Im Gegensatz zu einer Berechnung der viskosen Strömung mit einem RANSE-Löser³⁸ wird bei den KELVIN-Berechnungen der Tragflügeleffekt nicht erfasst. Dies dürfte nur in der Annäherungsphase einen nennenswerten Einfluss auf die

³⁷ L = Länge des überholenden Schiffes. Der Längsversatz ist Null, wenn sich die vorderen Lote beider Schiffe auf gleicher Höhe befinden. Ein positiver Längsversatz bedeutet, dass sich der Bug des überholenden Schiffes vor dem des überholten Schiffes befindet.

³⁸ Lösung der „*Reynolds-Averaged Navier-Stokes Equations*“.

berechnete Seitenkraft und das Giermoment am überholten Schiff haben. Die in dieser Phase (kleine) abstoßende Seitenkraft wäre bei Berücksichtigung des Tragflügeleffektes etwas größer, das Giermoment vermutlich etwas kleiner. KELVIN wird zurzeit um die Berücksichtigung des Tragflügeleffektes ergänzt, so dass bei zukünftigen Studien dieser berücksichtigt werden kann, was insbesondere für die Untersuchung von stark instationären Fällen (zum Beispiel Begegnungsvorgängen) von größerer Bedeutung sein dürfte.

Da nur von der NEDLLOYD FINLAND eine digitalisierte Schiffsformbeschreibung vorlag, die COSCO HAMBURG jedoch nur als Linienriss vorhanden war, erfolgte zuerst die Digitalisierung der COSCO HAMBURG. Mittels der IGES-Daten wurden im Anschluss Berechnungsgitter auf beiden Schiffsrümpfen erzeugt.

Zusätzlich zu den beauftragten oben genannten sieben Fällen wurden von der SVA zahlreiche Berechnungen durchgeführt, um die Qualität der Ergebnisse zu kontrollieren. So wurden beispielsweise auch Berechnungen für beide Schiffe im Tiefwasser und für die NEDLLOYD FINLAND allein im Tief- und Flachwasser durchgeführt. Alle Berechnungen wurden mit unterschiedlichen Gitterauflösungen wiederholt. Die feinste Gitterauflösung besaß 120x60 Zellen für die freie Wasseroberfläche. Ferner wurde der Einfluss des zum Ufer hin ansteigenden Bodens untersucht, indem Berechnungen mit und ohne Böschung verglichen wurden. Um den Verlauf der untersuchten Größen während des Überholmanövers beurteilen zu können, wurden darüber hinaus zahlreiche zusätzliche Positionen des Überholers in Längsrichtung untersucht.

Es konnte festgestellt werden, dass alle Testrechnungen die erzielten Ergebnisse untermauerten. Die berechneten Verläufe waren glatt und plausibel. Der Einfluss der (sehr leichten) Steigung des Flussbodens zum Ufer hin auf die berechneten Kräfte und Momente am überholten Schiff ist klein aber nicht vernachlässigbar. Ab einer Auflösung von 90x45 Zellen, d.h. 90 Zellen in Längsrichtung und 45 Zellen in Querrichtung, zeigten die Ergebnisse der KELVIN-Berechnungen keine nennenswerten Änderungen mehr.

6.3.2.3.2 Bestimmung der notwendigen Ruder- und Driftwinkel

Die mittels KELVIN quasistationär berechneten Werte für die Kräfte und das Giermoment auf die NEDLLOYD FINLAND für die verschiedenen Situationen während des Überholvorgangs dienten im Anschluss zur Vorhersage des jeweils einzustellenden Ruderwinkels und des sich daraus ergebenden Driftwinkels, um das dynamische Gleichgewicht zur Einhaltung der gradlinigen Trajektorie zu erzielen. Dies erfolgte auf zwei verschiedenen Wegen.

Im ersten Ansatz wurden mittels des Simulationsprogramms SIMBEL Driftfahrten des zwangsgeführten Schiffes mit gelegtem Ruder für verschiedene Kombinationen von Drift- und Ruderwinkel numerisch simuliert und für jeden untersuchten Fall jeweils die Kombination ermittelt, die die zuvor berechnete Seitenkraft und das berechnete Giermoment ausgleicht. Die zweite Methode bestand darin, mit Hilfe empirischer Formeln und Daten ähnlicher Schiffe einen Satz von hydrodynamischen Koeffizienten zu bestimmen, die die Abhängigkeiten der Seitenkraft und des Giermoments vom Drift- und Ruderwinkel beschreiben. Durch Gleichsetzung der mit diesen Koeffizienten gebildeten Ansätze für die Seitenkraft und das Giermoment mit den zuvor mit KELVIN berechneten Werten, ließen sich für jede betrachtete Situation der Ruderwinkel und der Driftwinkel bestimmen.

Tabelle 3: Für die numerische Untersuchung angesetzte Schiffsdaten:

The technical drawing consists of two views of a mechanical part:

- Front View (Top):** Shows a cylindrical component with a central hole. Key dimensions include:
 - Total length: 93.0 mm
 - Distance from left face to centerline: 71.2 mm
 - Radius at the right end: R1.6
 - Internal feature dimension: 1.8 mm
 - Feature label: RB37
 - Distance from left face to internal feature: 5.0 mm
 - Distance from left face to another feature: 29.4 mm
 - Feature label: 4.4
 - Distance from left face to the start of the main cylinder: 13.7 mm
 - Feature label: 5.0
- Side View (Bottom):** Shows the profile of the component. Key dimensions include:
 - Overall width: 28.0 mm
 - Radius at the top: R1.6
 - Feature label: 9.1 C1.6
 - Feature label: Ø16
 - Feature label: Ø16.5
 - Feature label: Ø25 ±

Die mit KELVIN berechneten Kräfte und Giermomente am überholten Schiff bei einem seitlichen Abstand von 150 m sind in Abbildung 32 dargestellt. Als Abszisse wurde die Position bzw. der dimensionslose Längsversatz des überholenden Schiffes bezüglich des überholten Schiffes dargestellt. Als Referenzlänge wurde $L=280$ m benutzt.³⁹ Das benutzte Koordinatensystem am überholten Schiff hat seinen Ursprung am Hauptspant an der Wasserlinie. Die Längskoordinate x zeigt nach

Seite 54 von 119

vorne, y nach Steuerbord und z nach unten. Entsprechend sind die positiven Richtungen der Längskraft X, der Seitenkraft Y und des Giermomentes N definiert.

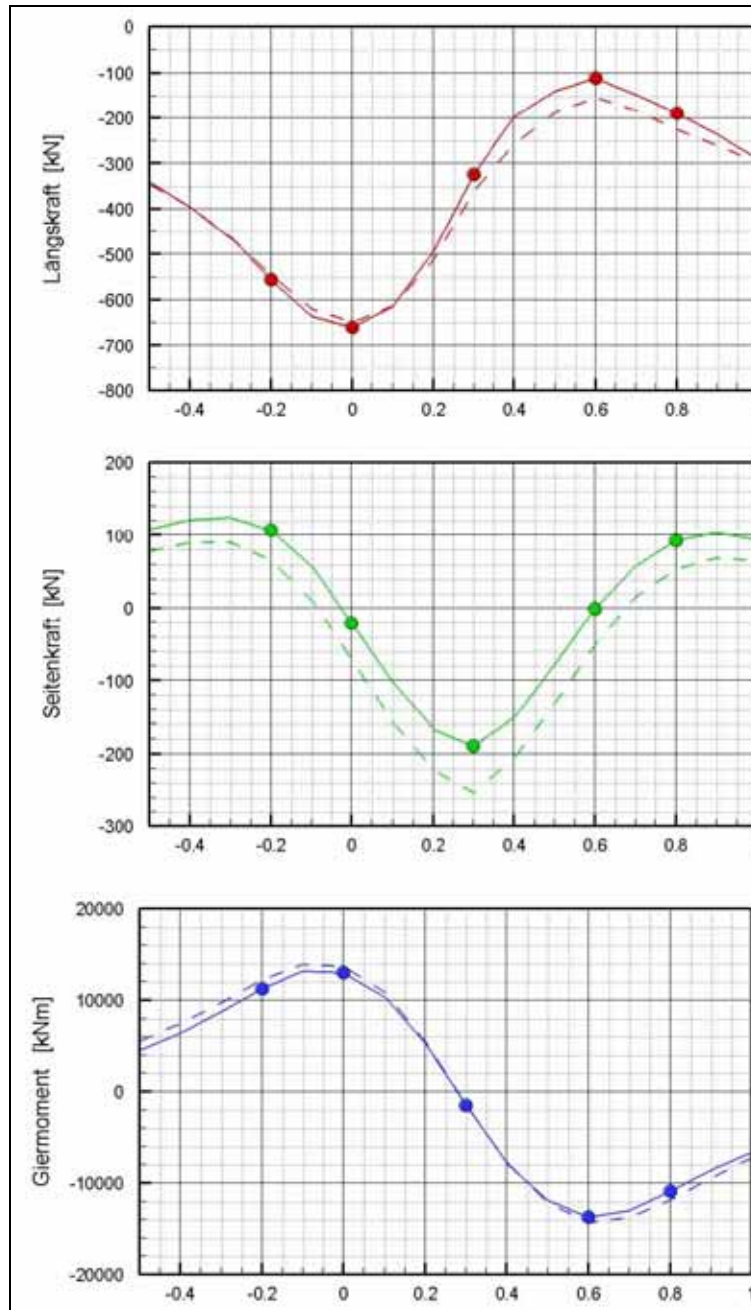


Abbildung 32: Längskraft, Seitenkraft und Giermoment auf das überholte Schiff

Das überholte Schiff erfährt bei 150 m Seitenabstand während des Überholvorgangs eine kleine Seitenkraft, die überwiegend zum passierenden Schiff gerichtet ist. Das Giermoment wechselt während des Vorgangs das Vorzeichen und nimmt etwa gleichgroße positive und negative Maximalwerte an. Während der Annäherungsphase erfährt das überholte Schiff ein Giermoment, das den eigenen Bug vom überholenden Schiff weg zu drehen versucht. Wenn beide Hauptspanten etwa nebeneinander liegen, verschwindet das Giermoment. Während der

Entfernungsphase wirkt auf das überholte Schiff ein Giermoment, das den eigenen Bug zum überholenden Schiff hin zu drehen versucht. Die Längskomponente der Sogkraft am überholten Schiff wechselt während des Vorgangs ebenfalls das Vorzeichen.⁴⁰ Dies ist deswegen gefährlich, weil zunächst ein *kurzer* Überholvorgang vorgetäuscht wird, dann aber der Vorgang durch die Beschleunigung des überholten Schiffes stark verzögert wird. Wie in Abbildung 32 zu sehen ist, nimmt die Längskraft (der Widerstand) in der Entfernungsphase betragsmäßig deutlich kleinere Werte an.

Auch ohne Tragflügeleffekt nimmt die Seitenkraft, insbesondere in der Annäherungsphase, positive Werte an. Der Grund für diese (kleine) abstoßende Kraft auf das überholte Schiff konnte von der SVA nicht restlos geklärt werden, sie ist aber vermutlich auf die Aufstauung der Strömung vor dem Überholer und die entsprechende Erhöhung des Druckes auf der Backbordseite des überholten Schiffes zurückzuführen.

In Abbildung 32 wurden zusätzlich die Verläufe für den Fall eines horizontalen Bodens bei $h/T=2.3$ als Annäherung an die reale Bodengeometrie gestrichelt dargestellt. Die Unterschiede zwischen diesen Ergebnissen und denen unter Berücksichtigung der Böschung (durchgezogene Linien) sind für den betrachteten Seitenabstand gering. Die leichte Asymmetrie des Querschnittes des Strömungsgebietes hat keinen großen Einfluss auf die Ergebnisse. Wie Testrechnungen zeigten, erfährt die Seitenkraft eine Erhöhung, die etwa dem Betrag der zum Ufer hin wirkenden Kraft auf das überholte Schiff in Abwesenheit des Überholers entspricht.

Die unten in Abbildung 33 dargestellten Verläufe der Absenkung und Vertrimmung des überholten Schiffes für verschiedene Positionen des Überholers zwischen -0.5 L und 1 L bei dem Seitenabstand von 150 m zeigen eine etwas stärkere Veränderung der dynamischen Schwimmage bei Berücksichtigung der Böschung. Die Testrechnungen der SVA für die NEDLLOYD FINLAND alleine zeigten eine moderate Zunahme der Schiffsabsenkung von etwa 0.30 m auf 0.55 m für Tiefwasser bzw. für Flachwasser mit $h/T=2.30$. Dagegen variiert die Absenkung stark während des Überholmanövers und erreicht Werte um einen Meter. Die Vertrimmung bleibt dabei stets relativ klein.

Sowohl die Seitenkraft als auch das Giermoment nehmen im Flachwasser stark zu. Abbildung 34 zeigt beispielsweise den berechneten Verlauf des Giermomentes auf das überholte Schiff für den Überholvorgang im Tiefwasser. Die Maximalwerte sind hier eine Größenordnung kleiner als im untersuchten Fall, vgl. Abbildung 32.

⁴⁰ Anm.: Die *berechnete (!)* Längskraft zeigt zwar den beschriebenen Verlauf, wechselt ihr Vorzeichen allerdings nicht (vgl. Abb. 32). Grund hierfür ist allein die Tatsache, dass bei Abb. 32 der Propellerschub nicht berücksichtigt wurde.

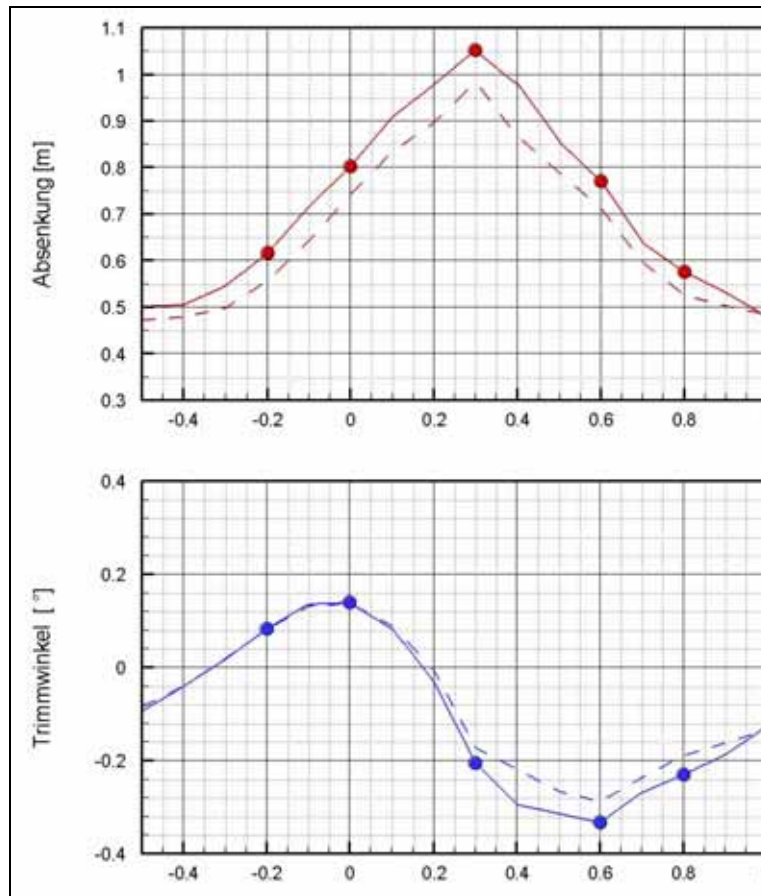


Abbildung 33: Schiffsabsenkung und Vertrimmung am überholten Schiff

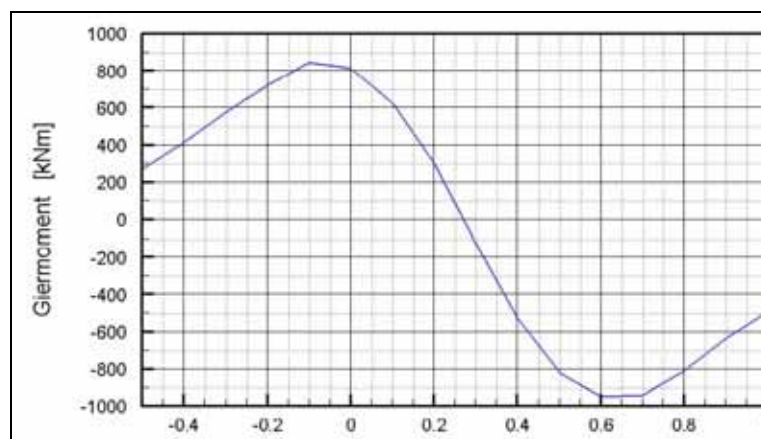


Abbildung 34: Giermoment auf das überholte Schiff im Tiefwasser

Die Wiederholung der Berechnungen für alle interessierenden Fälle mit der höheren Auflösung von 120x60 Zellen auf dem Wasseroberflächengitter zeigte keine nennenswerte Änderung der Seitenkräfte und Giermomente. Lediglich bei der Längskraft konnten Unterschiede festgestellt werden. In Abbildung 35 ist der Verlauf der Längskraft mit der mittleren (gestrichelt) und mit der feineren Auflösung (durchgezogen) dargestellt.

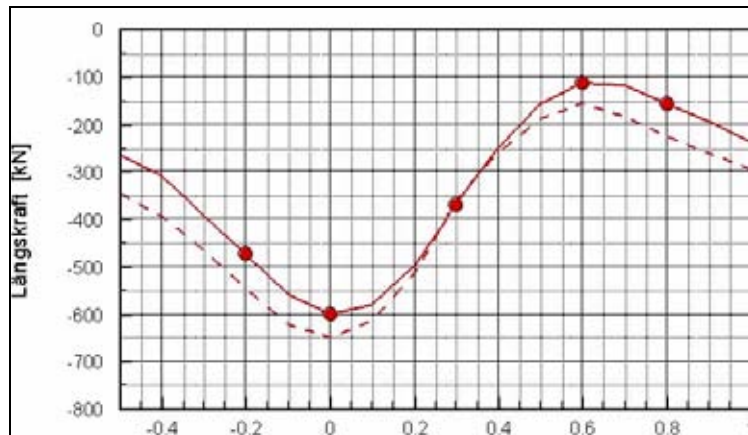


Abbildung 35: Längskraft am überholten Schiff, mittlere und feine Gitterauflösung

6.3.2.5 Geschwindigkeitsverlauf der NEDLLOYD FINLAND während des Überholmanövers

Auf Basis des berechneten Längskraftverlaufes von Abbildung 35 wurde von der SVA eine grobe Schätzung des tatsächlichen Geschwindigkeitsverlaufes der NEDLLOYD FINLAND während des Überholmanövers vorgenommen. Dabei wurde unterstellt, dass das überholende Schiff bei 15 Knoten konstant vorbeifährt und dass die Ausgangsgeschwindigkeit des überholten Schiffes 13.5 Knoten beträgt.

Abbildung 36 zeigt das Ergebnis der Zeitsimulation, die sich durch Lösung der Impulsgleichung in Längsrichtung ergibt. Die Zeitrechnung beginnt in dem Augenblick, in welchem der Bug des Überholers das Heck des überholten Schiffes erreicht hat (Längsversatz ca. -0.35 L) und endet nach dem Passieren des Überholers (Längsversatz 1 L). Der Geschwindigkeitsverlauf zeigt einen starken Rückgang der Geschwindigkeit auf etwa 10.5 Knoten und anschließend eine drastische Zunahme auf fast 15 Knoten.

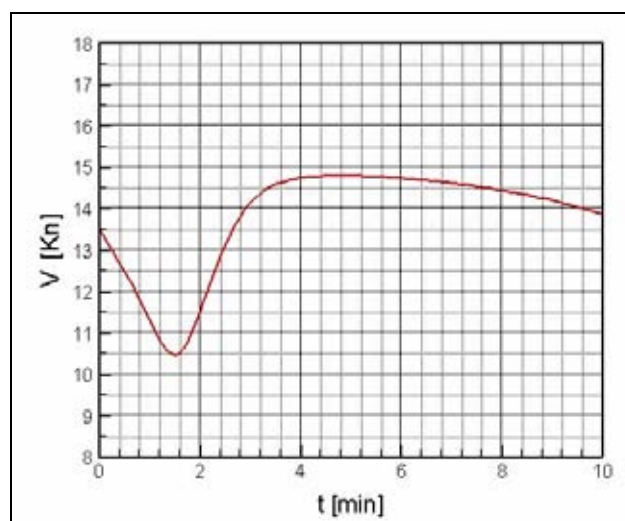


Abbildung 36: Geschwindigkeitsverlauf der NEDLLOYD FINLAND

6.3.2.6 Einzustellende Ruderwinkel und dazugehörige Driftwinkel

Der zuverlässigste Weg, den einzustellenden Ruderwinkel und den sich ergebenden Driftwinkel für jede betrachtete Situation zu bestimmen, wäre die Berechnung der zähigkeitsbehafteten Strömung um das überholte Schiff im realen Maßstab für eine Variation von Driftwinkel und Ruderwinkel, unter Berücksichtigung der Wellenbildung, der realen Bodenbeschaffenheit und der entsprechenden Propellerbelastung. Da dies allerdings den Umfang der Studie zu sehr ausgedehnt hätte, wurden zur Bestimmung der einzustellenden Ruderwinkel und dazugehörigen Driftwinkel am überholten Schiff zwei verschiedene konventionelle Strategien verfolgt (vgl. Pkt. 6.3.2.3.2). Zur Verifikation der damit erzielten Ergebnisse wurden für einige ausgesuchte Fälle RANSE-Berechnungen durchgeführt. Dabei hat sich der Weg über die hydrodynamischen Koeffizienten als genauer erwiesen.

Die RANSE-Berechnungen wurden für die Strömung um das Modell, statt um die Großausführung, und ohne Berücksichtigung der freien Wasseroberfläche durchgeführt, da sie hier nur Unterstützungscharakter hatten und sie so weniger aufwendig waren. Im Hinblick auf die Bestimmung des nötigen Ruderwinkels und entsprechenden Driftwinkels können aber Maßstabseffekte eine größere Rolle spielen als bei der Bestimmung der Seitenkraft und des Gierrmomentes auf das überholte Schiff. Dies ist in erster Linie auf die im Modell stark überzeichnete Grenzschicht und die stärkere Propellerbelastung zurückzuführen. Sollten sich diese zwei Effekte nicht gegenseitig aufheben, ergibt sich am Modell eine andere Ruderzuströmung als bei der Großausführung.

Die RANSE-Simulationen wurden für verschiedene stationäre Driftfahrten bei mittigem und bei gelegtem Ruder durchgeführt. Die (axiale) Propellerwirkung wurde dabei durch Vorgabe einer Kraftverteilung in der Propellerebene (entsprechend dem Schub des Propellers) simuliert. Der Einfluss des Drehsinns des Propellers wurde nicht berücksichtigt, dürfte aber für die jetzige Fragestellung keine große Bedeutung haben.

Im untersuchten Fall beträgt die Tiefenfroudezahl $F_{nh}=0.64$, Flachwassereffekte dürften also noch nicht ausgeprägt sein. Dennoch wurde dies bei der Bestimmung der Ruderwinkel und Driftwinkel über Korrekturen der hydrodynamischen Koeffizienten für Flachwasser berücksichtigt. Um diese nicht immer zuverlässigen empirischen Korrekturen zu prüfen, wurden die RANSE-Berechnungen sowohl für Tiefwasser als auch für den Fall einer Wassertiefenbegrenzung durch einen horizontalen Boden entsprechend dem Verhältnis $h/T=2.3$ durchgeführt und zur Erstellung des Koeffizientensatzes herangezogen. Da sich herausstellte, dass die linearen hydrodynamischen Koeffizienten für die Vorhersage des Ruderwinkels und des Driftwinkels ausreichen, wurden schließlich für diesen Zweck die mit RANSE bestimmten hydrodynamischen Koeffizienten benutzt.

Die mit den in Punkt 6.3.2.3.2 beschriebenen Verfahren berechneten Ruderwinkel und Driftwinkel für die 7 untersuchten Situationen sind in den letzten zwei Spalten der Tabellen 4 und 5 dieses Berichtes (vgl. Pkt. 6.3.2.7 weiter unten) aufgeführt. Abbildung 37 zeigt den berechneten Ruderwinkel und den sich ergebenden Driftwinkel am überholten Schiff für verschiedene Positionen des Überholers zwischen $-0.5 L$ und $1 L$ bei dem Seitenabstand von $150 m$. Die Berechnungen unter Berücksichtigung der Böschung (durchgezogen) ergaben auch hier nur wenig veränderte Ergebnisse verglichen mit den Berechnungen mit dem horizontalen Boden ($h/T=2.30$; gestrichelt dargestellt). Insgesamt waren nur relativ kleine

Ruderwinkel erforderlich, um die zuvor berechneten Seitenkräfte und Giermomente auszugleichen.

Die bei den begleitenden Berechnungen für Tiefwasser ermittelten Werte für Ruder- und Driftwinkel fielen etwas größer aus als für den betrachteten Fall beschränkten Wassers. Die Drehfähigkeit und die Steuerbarkeit des Schiffes nehmen im Flachwasser meist stark ab, weil die Ruderwirkung insgesamt abnimmt. Letzteres ist darauf zurückzuführen, dass die Rumpfkkräfte relativ viel stärker zunehmen als die Ruderkraft. Dagegen nehmen aber die Gierstabilität und die Andrehfähigkeit des Schiffes im Flachwasser zu, was dem Kurshaltevermögen wiederum zu Gute kommt.

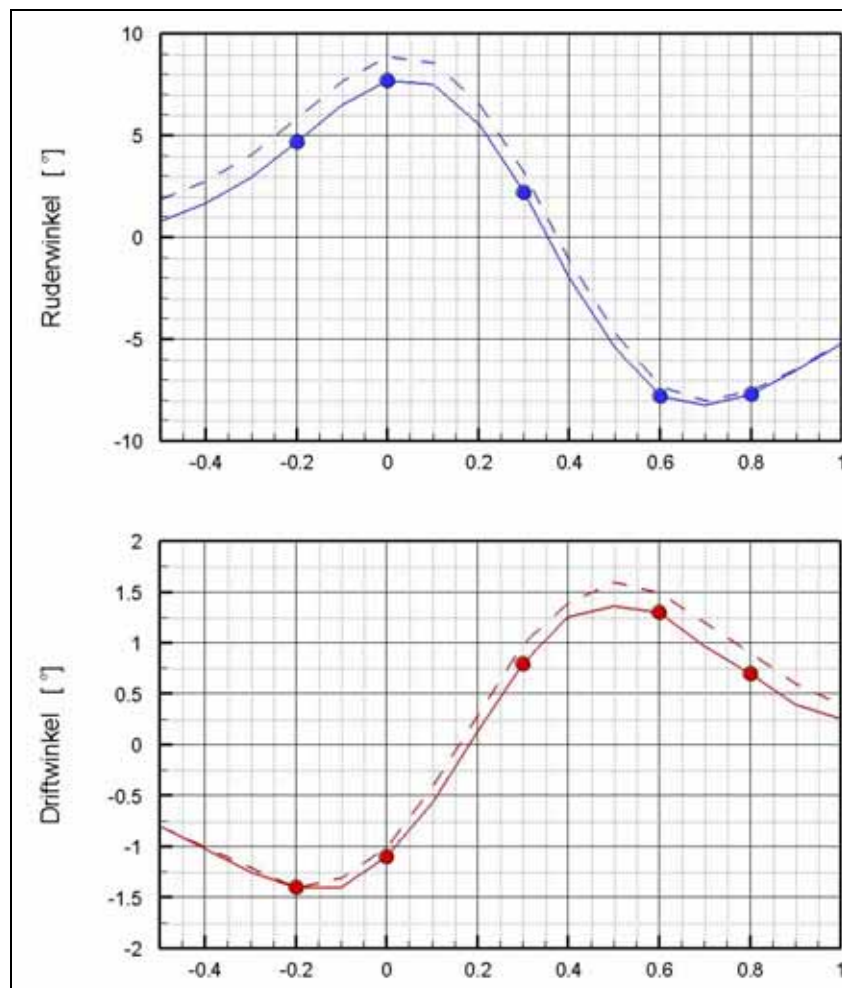


Abbildung 37: Ruderwinkel und Driftwinkel am überholten Schiff

6.3.2.7 Zusammenfassung der numerisch erzielten Ergebnisse

Für den vorwiegend untersuchten Seitenabstand von 150 m sind nach den Berechnungen der SVA nur kleine Ruderwinkel erforderlich, um die Trajektorie zu halten. Allerdings ändert sich der jeweils nötige Ruderwinkel stark mit dem Längsversatz zwischen überholendem und überholtem Schiff. Die sich ergebenden Driftwinkel sind sehr klein. Nur für den Fall mit dem Seitenabstand von 100 m ergaben sich etwas größere Ruderwinkel. Grund für diese kleinen Winkel ist der relativ große Seitenabstand zwischen den beteiligten Schiffen, die moderate Schiffsgeschwindigkeit und das nicht extreme Flachwasserverhältnis im untersuchten

Fall. Durch den beschränkten Umfang des Auftrages konnten in dieser Studie nicht alle Aspekte des Überholvorgangs untersucht werden. Insbesondere zur Herleitung von einzuhaltenden Kriterien für Mindestabstände, Maximalgeschwindigkeit und Geschwindigkeitsdifferenz wäre eine umfangreichere Parametervariation erforderlich. Diese Untersuchungen sollten nach Meinung der SVA auf Basis von RANSE durchgeführt werden und eventuell auch instationäre Effekte erfassen.

In den nachfolgenden Tabellen sind die Ergebnisse mit und ohne Berücksichtigung der Böschung zusammengefasst. Die Ergebnisse der Berechnungen mit den Seitenabständen 100 und 200 m für den Längsversatz von 0.6 L, bei dem nach Berechnungen der SVA das größte Giermoment auftritt, sind den Tabellen ebenfalls zu entnehmen. Erwartungsgemäß vergrößert sich das Giermoment auf das überholte Schiff stark beim Übergang von 200 auf 100 m. Dagegen ändert sich dabei die Seitenkraft kaum. Die Erklärung dafür dürfte sein, dass der Vorzeichenwechsel der Seitenkraft, der etwa bei dem Längsversatz 0.6 L stattfindet, wenig von dem betrachteten Abstand abhängig ist.

Tabelle 4: Ergebnisse der 7 untersuchten Fälle, horizontaler Boden bei $h/T=2.3$

Längs- versatz L	Seiten- abstand [m]	Längs- kraft X [kN]	Seiten- kraft Y [kN]	Gier- moment N [kNm]	Tiefgangs- änderung ΔT [m]	Trimm- winkel θ [°]	Ruder- winkel δ [°]	Drift- winkel β [°]
-0.2	150	-546	66	12307	0.56	0.083	5.9	-1.4
0.	150	-648	-71	13680	0.744	0.138	8.9	-1.0
0.3	150	-358	-252	-1429	0.985	-0.172	3.2	1.0
0.6	150	-154	-50	-14243	0.712	-0.286	-7.2	1.5
0.8	150	-225	54	-11805	0.526	-0.188	-7.5	0.9
0.6	100	55	-43	-24724	0.750	-0.471	-13.3	2.4
0.6	200	-256	-42	-8497	0.654	-0.183	-4.1	0.9

Tabelle 5: Ergebnisse der 7 untersuchten Fälle, Boden mit Böschung

Längs- versatz L	Seiten- abstand [m]	Längs- kraft X [kN]	Seiten- kraft Y [kN]	Gier- moment N [kNm]	Tiefgangs- änderung ΔT [m]	Trimm- winkel θ [°]	Ruder- winkel δ [°]	Drift- winkel β [°]
-0.2	150	-556	107	11279	0.617	0.084	4.7	-1.4
0.	150	-660	-21	12968	0.803	0.140	7.7	-1.1
0.3	150	-324	-189	-1499	1.053	-0.205	2.2	0.8
0.6	150	-111	-1	-13756	0.770	-0.332	-7.8	1.3
0.8	150	-190	93	-10921	0.576	-0.230	-7.7	0.7
0.6	100	116	10	-23912	0.816	-0.534	-13.7	2.1
0.6	200	-224	2	-8133	0.725	-0.227	-4.7	0.7

Der weiteren Veranschaulichung der gegenseitigen Beeinflussung der beiden Fahrzeuge dienen die folgenden Darstellungen der berechneten Isolinien der Wellenerhebung.⁴¹

⁴¹ Wellenerhebung zwischen -1.2 m und 1.2 m mit Abstand 0.10 m; horizontaler Boden bei $h/T=2.3$.

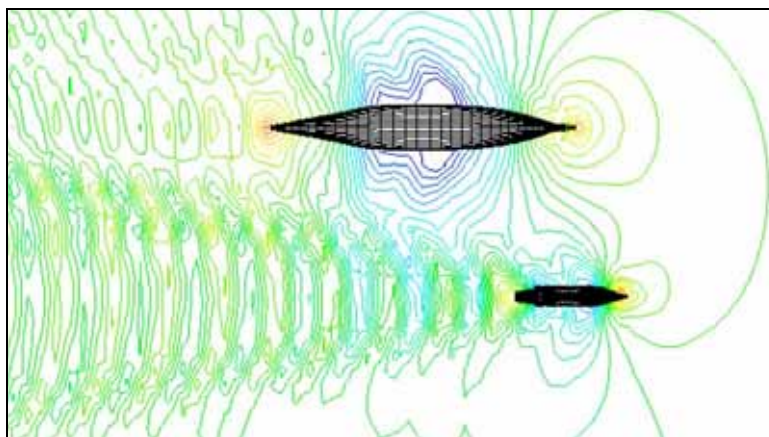


Abbildung 38: Isolinien der Wellenerhebung (L -0.2; Seitenabstand 150 m)

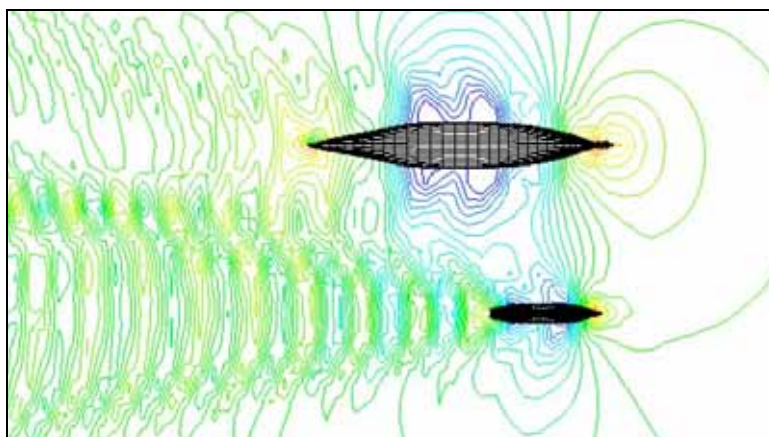


Abbildung 39: Isolinien der Wellenerhebung (L 0; Seitenabstand 150 m)

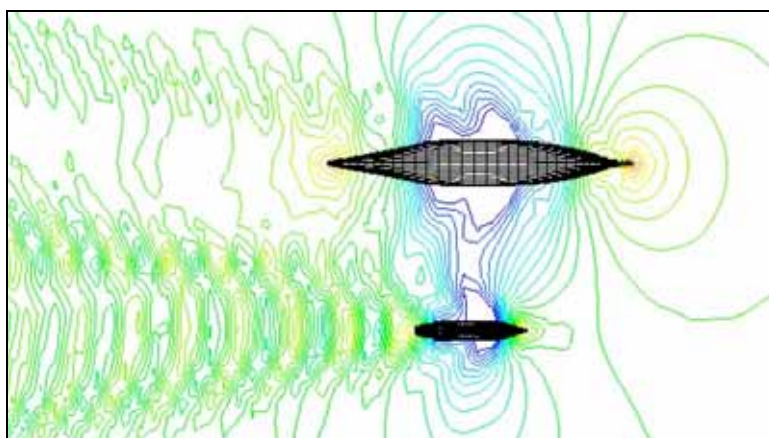


Abbildung 40: Isolinien der Wellenerhebung (L 0.3; Seitenabstand 150 m)

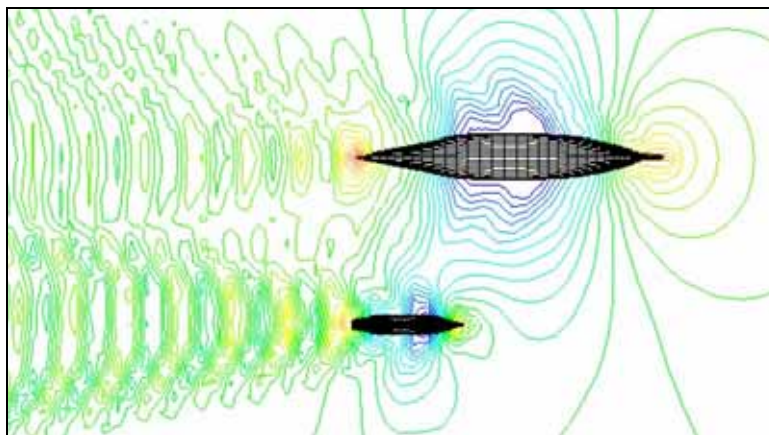


Abbildung 41: Isolines der Wellenerhebung (L 0.6; Seitenabstand 150 m)

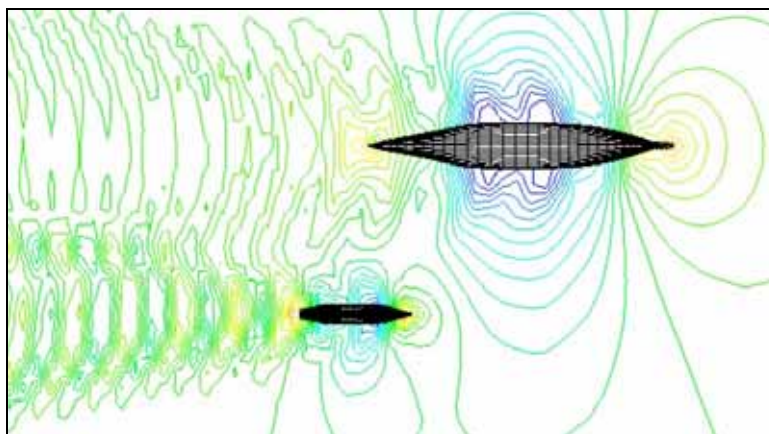


Abbildung 42: Isolines der Wellenerhebung (L 0.8; Seitenabstand 150 m)

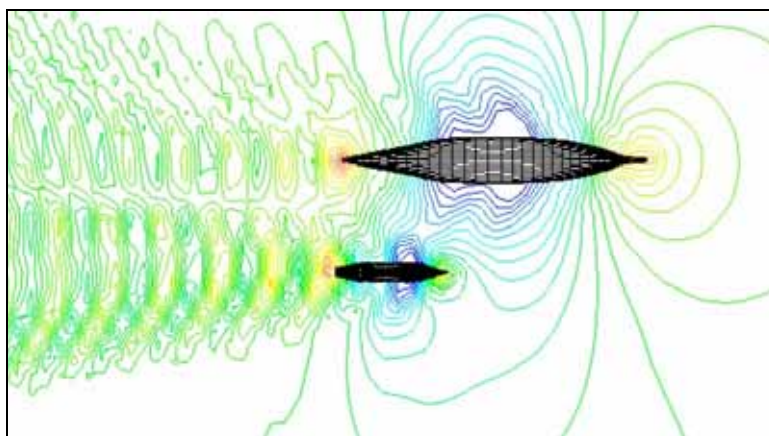


Abbildung 43: Isolines der Wellenerhebung (L 0.6; Seitenabstand 100m)

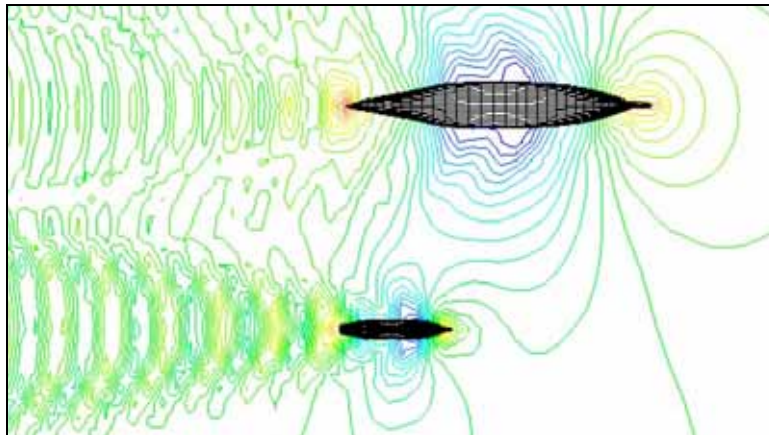


Abbildung 44: Isolines der Wellenerhebung (L 0.6; Seitenabstand 200 m)

6.3.3 Experimentelle Untersuchung des Überholvorganges

Das Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e.V. in Duisburg (Development Centre for Ship Technology and Transport Systems; nachfolgend kurz DST) erhielt den Auftrag, durch Modellversuche den Überholvorgang zwischen der COSCO HAMBURG und der NEDLLOYD FINLAND zu untersuchen. Diese Versuche auf flachem Wasser umfassten sowohl die stationäre Parallelfahrt als auch den eigentlichen instationären Überholvorgang. Hierbei wurden Längs- und Querposition der Schiffe zueinander sowie die Geschwindigkeit des überholten Schiffes variiert. Die gemessenen Bodendrücke, Kräfte und Momente am kleinen Schiff sowie dessen Schwimmelage wurden ausgewertet und gegenüber den Variationsparametern dargestellt und erläutert. Die folgenden Ausführungen geben gekürzt und größtenteils wörtlich den Inhalt des für die BSU erstellten Abschlussberichtes Nr. 1759 mit dem Titel „Untersuchung des Überholvorgangs zwischen zwei Schiffen auf flachem Gewässer“ vom 12. Mai 2005 wieder.⁴²

6.3.3.1 Auftragsumfang

Der Auftrag der BSU umfasste die

- Nachbildung der Uferböschung der Fahrrinne im Schlepptank,
- Herstellung von 2 Modellen der beteiligten Schiffe im Maßstab 1:50,
- Durchführung von Überholversuchen mit gefesselten Modellen (instationär) mit verschiedenen Schiffsgeschwindigkeiten und Seitenabständen,
- Durchführung von Parallelfahrten (stationär) mit gefesselten Modellen in 7 Positionen (Längs- und Querposition),
- Abschätzung des erforderlichen Ruderwinkels und des resultierenden Driftwinkels zur Kompensation der gemessenen Seitenkraft und des Giermomentes am kleinen Schiff.

Neben den Unterlagen über die beiden beteiligten Schiffe wurde dem DST die „Situationsanalyse des Überholmanövers“ des FB Seefahrt (siehe oben Pkt. 6.2.2) zur Verfügung gestellt, um die Parameter für die Modellversuche definieren zu können.

⁴² Das vollständige Originalgutachten kann als pdf-Datei auf der BSU-Internetseite abgerufen werden.

6.3.3.2 Modelle

6.3.3.2.1 Cosco Hamburg

Da der Linienriss des großen Containerschiffes COSCO HAMBURG nicht zeitnah beschafft werden konnte, hat das DST ein vergleichbares Schiff mit den Hauptabmessungen des Überholers entworfen und im Maßstab 1:50 aus Holz gebaut. Es wurde davon ausgegangen, dass der Einfluss der genauen Schiffslinien gegenüber der Realisierung der wichtigen Parameter Länge, Breite, Tiefgang, Verdrängung und Wassertiefe gering ist. In Übereinstimmung mit der BSU wurde das Modell ohne Eigenantrieb ausgeführt, da angenommen wurde, dass der hauptsächliche Einfluss auf das überholte Schiff aus der Druckverteilung in der Umgebung des Überholers herrührt.



Abbildung 45: Modell COSCO HAMBURG

6.3.3.2.2 Nedlloyd Finland

Die Linienrisse des kleineren Schiffes lagen vor, so dass es (ebenfalls im Maßstab 1:50) genau nachgebildet werden konnte. Das Modell besitzt einen eigenen Antrieb sowie ein verstellbares Ruder.



Abbildung 46: Modell NEDLLOYD FINLAND

6.3.3.2.3 Geschwindigkeiten

Die Auswertung der ECS-Daten des Fachbereichs Seefahrt Warnemünde (vgl. oben Pkt. 6.2.2.) enthält die Geschwindigkeitsverläufe der beiden Fahrzeuge während des Überholmanövers. Während die COSCO HAMBURG annähernd konstant 15 kn fuhr, variierte die Geschwindigkeit der NEDLLOYD FINLAND zwischen Werten unter 11 kn und maximal 15 kn. Darauf basierend wurde für die stationäre Parallelfahrt die Geschwindigkeit auf 15 kn festgelegt, wohingegen als Untersuchungsgeschwindigkeiten für das instationäre Überholmanöver 11, 12 und 13 kn angesetzt wurden. Eine höhere Geschwindigkeit für das überholte Schiff war wegen der immer geringer werdenden Differenzgeschwindigkeit und der begrenzten Tanklänge nicht möglich, da der Überholvorgang sonst nicht mehr von „beginnende Annäherung“ bis „Abschluss des Überholmanövers“ voll realisiert hätte werden können.

6.3.3.3 Versuchsdurchführung

6.3.3.3.1 Anordnung im Schlepptank

Für die Wiedergabe der Umgebung des Überholmanövers eignet sich der Maßstab 1:50 gut, denn er deckt bei einer Tankbreite von fast 10 m die natürliche Gewässerbreite (über 500 m) ab, lässt an den Außenseiten genügend Raum, um Wandeinflüsse vernachlässigen zu können und erlaubt gleichzeitig noch Modelle in einer Größe, die realistische Ergebnisse erwarten lassen.

Die Fahrspur (Bahn) des großen Schiffes COSCO HAMBURG wurde im DST-Tank auf 3 m von der linken Mauer festgelegt, also bei ca. 1/3 der Tankbreite. In dem mittleren Drittel befanden sich die verschiedenen Spuren (Seitenabstände von 50 m bis 200 m in der Großausführung) des überholten Schiffes NEDLLOYD FINLAND und das letzte (rechte) Drittel wurde von einer nachgebildeten Uferböschung eingenommen.

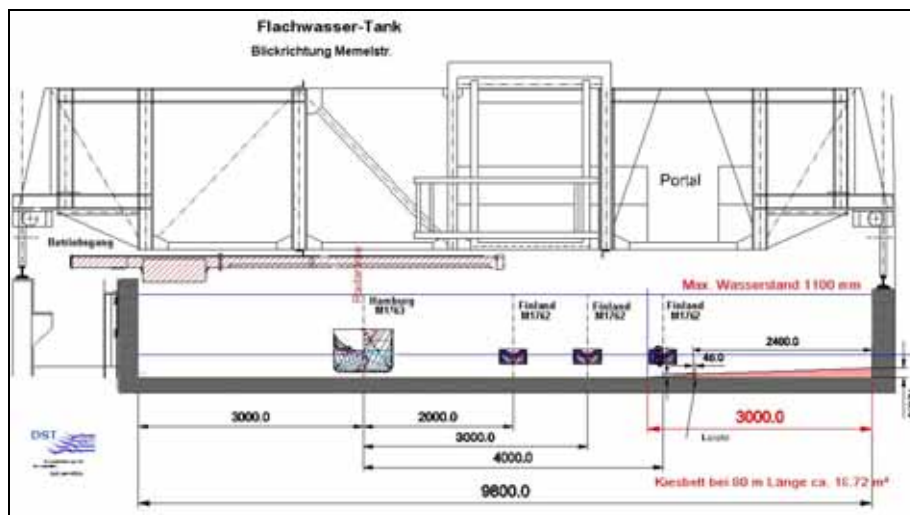


Abbildung 47: Versuchsanordnung im Querschnitt

Diese Böschung wurde nach den mittleren Tiefenangaben der Gewässerkarte und in Abstimmung mit der BSU nachgebildet. Über eine Strecke von ca. 85 m wurden am Boden und an der rechten Tankwand Leisten angebracht, zwischen denen feiner Schotter aufgefüllt und verstrichen wurde. Der Übergang zur Tankmitte und die Rampen an beiden Enden wurden manuell modelliert.

Für die Durchführung der Parallelfahrten wurden beide Modelle unter dem großen Schleppwagen befestigt, während bei den Überholmanövern die Schnellschleppanlage (ein unbemannt fahrender Wagen, der unterhalb des großen Schleppwagens passieren kann) eingesetzt wurde. Die Spur (Bahn) des großen Schiffes blieb dabei unverändert, nur die Führung des Modells wurde gewechselt.

In beiden Fällen wurde das kleine Modell wegen des erforderlichen Platzbedarfs in Querrichtung vor der eigentlichen Messbühne so befestigt, dass es für die Untersuchung der verschiedenen Querabstände an vorhandenen Querholmen seitlich verschoben werden konnte. Die Darstellung der Positionen der Modelle für das Überholmanöver ist in der folgenden Abbildung qualitativ wiedergegeben.

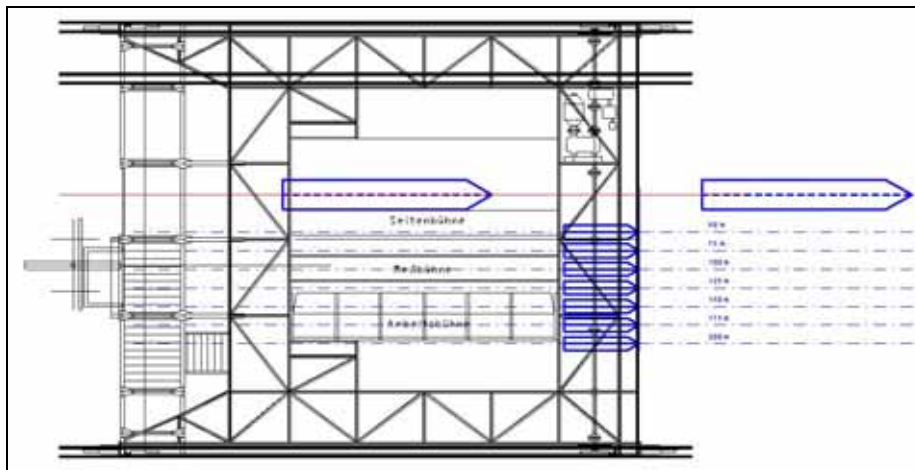


Abbildung 48: Versuchsanordnung mit den verschiedenen Spuren in der Draufsicht

6.3.3.3.2 Versuchsprogramm

Die nachfolgende Tabelle zeigt das durchgeführte Programm der stationären und instationären Versuche auf.

		kleines Modell (Schleppwagen)				großes Modell (Schnellschleppanlage)		
Vers.-Nr.	Typ	V [kn]	y-Abstand	DltR [°]	Beta [°]	V [kn]	x-Position	Bemerkung
2	stationär					15	0.6	Nur großes Schiff
10	stationär	15	150	0	0			Nur kleines Schiff
5	stationär	15	150	0	0	15	0.6	Beide zusammen
8	stationär	15	150	0	0	15	-0.2	Variation Längsabstand
7	stationär	15	150	0	0	15	0	Variation Längsabstand
6	stationär	15	150	0	0	15	0.3	Variation Längsabstand
5	stationär	15	150	0	0	15	0.6	Variation Längsabstand
9	stationär	15	150	0	0	15	0.8	Variation Längsabstand
14	stationär	15	100	0	0			Variation quer, nur kleines Schiff
10	stationär	15	150	0	0			Variation quer, nur kleines Schiff
17	stationär	15	200	0	0			Variation quer, nur kleines Schiff
15	stationär	15	100	0	0	15	0.8	Variation quer, beide Schiffe
9	stationär	15	150	0	0	15	0.8	Variation quer, beide Schiffe
16	stationär	15	200	0	0	15	0.8	Variation quer, beide Schiffe
11	Drift+Ruder	12	150	0, 10, 20	0			
12	Drift+Ruder	12	150	0, 10, 20	-5			
13	Drift+Ruder	12	150	0, 10, 20	-10			
18	instationär	11	200	0	0	15	überholen	
19	instationär	12	"	"	"	"	überholen	
20	instationär	13	"	"	"	"	überholen	
21	instationär	11	175	0	0	"	überholen	
22	instationär	12	"	"	"	"	überholen	
23	instationär	13	"	"	"	"	überholen	
24	instationär	11	150	0	0	"	überholen	
25	instationär	12	"	"	"	"	überholen	
26	instationär	13	"	"	"	"	überholen	
27	instationär	11	125	0	0	"	überholen	
28	instationär	12	"	"	"	"	überholen	
29	instationär	13	"	"	"	"	überholen	
30	instationär	11	100	0	0	"	überholen	
31	instationär	12	"	"	"	"	überholen	
32	instationär	13	"	"	"	"	überholen	
33	instationär	11	75	0	0	"	überholen	
34	instationär	12	"	"	"	"	überholen	
35	instationär	13	"	"	"	"	überholen	
36	instationär	11	50	0	0	"	überholen	
37	instationär	12	"	"	"	"	überholen	
38	instationär	13	"	"	"	"	überholen	

Die Maße zur Querposition y sind in Meter der Großausführung bezogen auf die Mittellinien der beiden Schiffe angegeben. Bei den Angaben zur Längsposition x handelt es sich um relative Angaben bezogen auf die Länge zwischen den Loten

(L_{pp}) des großen Schiffes. Hierbei ist „Null“ die Position „Bug an Bug“ und positive Werte bezeichnen eine Lage, bei der sich der Bug des Überholers vor dem des überholten Schiffes befindet.⁴³

6.3.3.3.3 Messgrößen

Während der Experimente wurden diverse Messgrößen registriert, und zwar sowohl bei den stationären als auch bei den instationären Experimenten, wobei jedoch nicht immer alle Daten ausgewertet wurden.

Bei den Parallelfahrten ist das Bodendruckfeld ein direkter Indikator für das Wellenbild (das primäre, nicht das sekundäre Wellensystem). Da die Versuchssituation „stationär“ ist, kann aus der Zeitreihe der Druckmessungen mit der Geschwindigkeit V eine Wegskala berechnet und so mit einer festen Sondenordnung in y -Richtung auch das Druckfeld in x -Richtung dargestellt werden. Die Zeitschriebe der anderen Messgrößen wurden gemittelt und so die Daten für die Kräfte und Momente bestimmt.

Bei den instationären Experimenten ist Mittelwertbildung nicht sinnvoll, da sich zu jedem Zeitpunkt die Situation ändert. Aus diesem Grund ist auch die Auswertung der Bodendrucksensoren nicht angebracht, da sich zu jedem Zeitpunkt t eine andere Überholsituation Δx einstellt, die Druckdosen aber fest im Tankboden angebracht sind.

Vom großen Modell und von der Schnellschleppanlage wurden keine Messwerte übernommen, da nur die Reaktionen des überholten Schiffes gefragt waren und die Position des Überholers aus den Lichtschrankendurchgängen exakt rekonstruiert werden kann. Aus dem Modell des kleinen Schiffes wurden die Informationen für die Kräfte und Momente aus drei Kraftmessgliedern X , Y_v und Y_h übertragen, die jeweils über Gelenke sowie Kugellager und Kugelhülsen so angeordnet sind, dass sämtliche Verspannungen vermieden werden und die beiden Freiheitsgrade Trimm und Absenkung freigegeben sind. Die Krängung musste wegen der hohen Schwerpunktslage des Modells blockiert werden, denn es hätten sonst unnatürliche Rollwinkel oder Rollschwingungen auftreten können.

Aus den 2 Größen Y_v und Y_h wurde durch Addition die Gesamtseitenkraft Y und aus der Differenz unter Berücksichtigung der Hebelarme das Drehmoment N um den Bezugspunkt (Hauptspant) berechnet.

Die beiden freigegebenen Bewegungsarten Trimm und Absenkung wurden mit Laser-Distanzmessern aufgezeichnet. Auch hier wurde durch Addition bzw. Subtraktion mit Berücksichtigung der Hebelarme die mittlere Absenkung am Hauptspant und der Trimmwinkel bestimmt.

⁴³ Es ist zu beachten, dass diese Definition nur für die Planung und die Angaben der Positionen der stationären Experimente verwendet wurde. Bei den Auswertungen der instationären Versuche zeigte sich, dass die Nullposition „Hauptspant an Hauptspant“ die erheblich besser zu handhabende Angabe ist, da sich die Ereignisse punkt- bzw. spiegelsymmetrisch zu diesem neu definierten Nullpunkt verhalten.

Die Anordnung der Modelle bei den stationären Versuchen (beide Modelle vom großen Schleppwagen geführt) ist nachfolgend schematisch dargestellt. Dabei wurde die COSCO HAMBURG in Längsrichtung und die NEDLLOYD FINLAND in Querrichtung unter dem Schleppwagen verschoben.



In der gleichen Anordnung wie bei den stationären Versuchen wurden auf der Spur „150 m“ Kraftmessungen mit gelegtem Ruder bzw. mit Driftwinkeln durchgeführt. Dabei war das große Modell ausgebaut. Diese Messungen dienten dazu, die dimensionsbehafteten linearen hydrodynamischen Koeffizienten Y_d , N_d , Y_v und N_v zu bestimmen.⁴⁴

Für die Überholmanöver bei verschiedenen Geschwindigkeiten wurden beide Schleppwagen des DST verwendet: der große Schleppwagen und die Schnellschleppanlage. Die Besonderheit besteht darin, dass sie nicht nur unabhängig voneinander operieren, sondern auch für Überhol- und Begegnungsversuche eingesetzt werden können.

Seite 70 von 119

Die Bestimmung der jeweiligen Überholsituation erfolgte über die Registrierung von 4 Lichtschrankensignalen. Die Situationen und die daraus bestimmten Zwischenpositionen sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

Bezogen auf das gezeigte Diagramm ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass bei den instationären Versuchen eine andere „Nullposition“ verwendet wurde (vgl. Ausführungen oben in Pkt. 6.3.3.3.2)

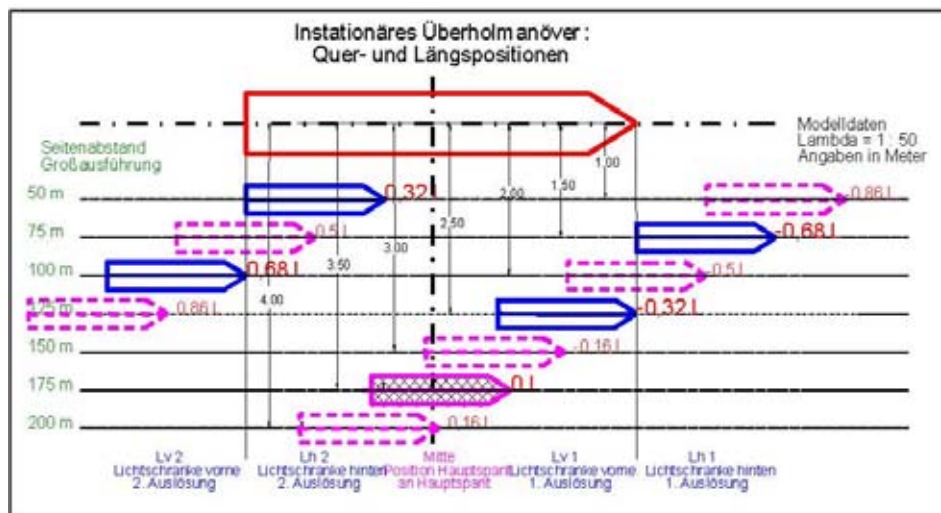


Abbildung 50: Variation der Modellanordnung (Instationäre Versuche)

6.3.3.4 Ergebnisse

6.3.3.4.1 Stationäre Versuche

Da das kleine Schiff mit Eigenantrieb ausgestattet wurde, musste zusätzlich zu den vorgesehenen Messungen noch ein abgekürzter Propulsionsversuch durchgeführt werden, um die Propellerdrehzahl der NEDLLOYD FINLAND für die Modellversuche zu definieren. Nicht relevant ist insoweit die tatsächliche Drehzahl, da diese vom verwendeten Propellertyp abhängt, sondern es kommt primär darauf an, den Propulsionspunkt zu definieren, bei dem Schub und Widerstand im Gleichgewicht stehen.

Als Bezugsgeschwindigkeit wurde für das überholte Schiff 12 kn festgelegt. Dies ist die mittlere Geschwindigkeit bei den instationären Versuchen. Sie konnte nach den Ergebnissen des FB Seefahrt als sinnvolle Annahme für die Ausgangsgeschwindigkeit angesetzt werden. Die durch Subtraktion des Reibungsabzugs verschobene Ordinate des nachfolgenden Diagramms ergibt über die Regressionsgrade den Wert der Propellerdrehzahl für den Propulsionspunkt des Modells. Unter Berücksichtigung der (unbekannten) Sogziffer lässt sich aus den Schubdaten auf den Widerstand des Modells schließen.

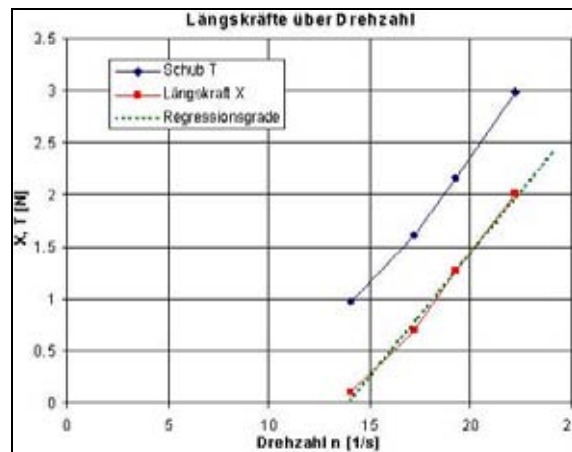


Abbildung 51: Vereinfachter Propulsionsversuch

Die so definierte Propellerdrehzahl des kleinen Modells von $n = 19.6 \text{ 1/s}$ für 12 kn der Großausführung wurde für alle Versuche eingestellt, weil anzunehmen ist, dass bei dem nachgebildeten Überholmanöver keine Drehzahländerung vorgenommen wurde.

6.3.3.4.1.1 Einfluss der Böschung

Um den Einfluss der Böschung (die im Gegensatz zum glatten Tankboden mit so genannter „rauer Sohle“ ausgeführt war) zu bestimmen, wurden zusätzlich zum vereinbarten Versuchsumfang Kraftmessungen nur mit dem Modell der NEDLLOYD FINLAND durchgeführt. Bei der Position $y = 200 \text{ m}$ befindet sich das Modell über dem Fuß der Böschung und hat somit eine geringfügig verminderte Wassertiefe, aber vor allem eine „raue Sohle“. Die bei Variation des Seitenabstandes gemessenen Kräfte und Momente sind in untenstehender Abbildung wiedergegeben.

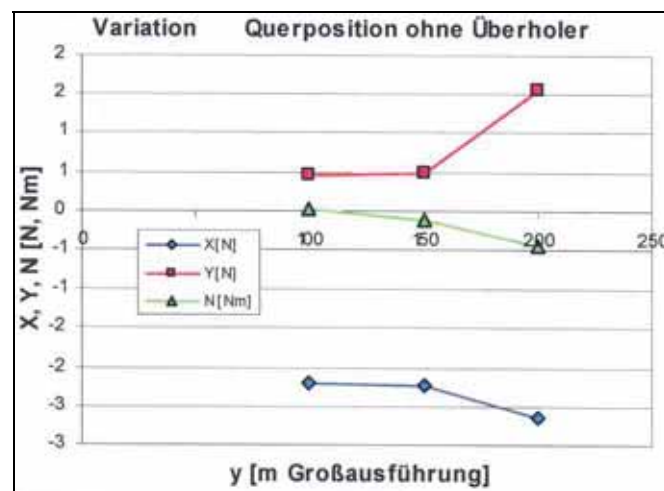


Abbildung 52: Kräfte und Momente im stationären Versuch (nur NEDLLOYD FINLAND)

Die Schwankungen des Momentes N bewegen sich im Bereich der Messgenauigkeit, was auch erklärbar ist, da es sich um eine Mittelwertbildung der Kräfte nur im Bereich der Böschung handelt. Die Seitenkräfte Y und die Längskräfte X (deutlich von Null verschieden, da bei 15 kn im Selbstpropulsionspunkt für 12 kn untersucht) zeigen jedoch einen Einfluss, wenn sich das Modell über der rauen Sohle mit Böschung befindet. Dies war zu erwarten, da eine Widerstandserhöhung (größere negative Längskräfte) aus den Erfahrungen des DST bekannt ist und ebenfalls eine unsymmetrische Bodentopographie einen Einfluss zeigen muss.

Außerhalb der Böschung ($y = 150$ m und $y = 100$ m) ist sowohl die Längs- als auch die Seitenkraft annähernd konstant. Dies lässt den Schluss zu, dass für den relevanten Bereich von $y = 150$ bis 50 m der Einfluss der Böschung vernachlässigbar ist.⁴⁵

6.3.3.4.1.2 Bodendruckverteilung

Stationäre Messungen eignen sich, um mit einer begrenzten Anzahl von Sonden in Querrichtung durch die konstante Geschwindigkeit über die Zeit ein 2-dimensionales Zustandsbild aufzuzeichnen. Für die Erfassung des Bodendruckfeldes unter den Schiffen wurden in einer mit dem Tankboden bündigen Schiene 6 Drucksonden befestigt. Ausgehend von der Spur des Überholers befanden sie sich in Abständen von 75 cm und reichten bis zur Böschung.

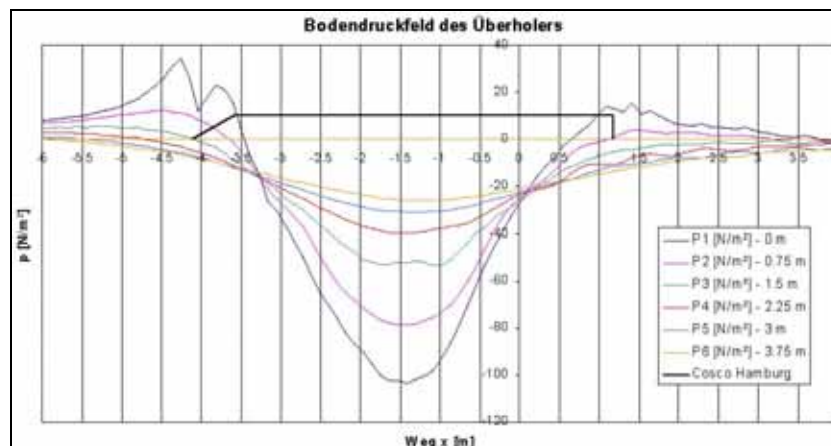


Abbildung 53: Längsschnitt durch das Bodendruckfeld (COSCO HAMBURG)

Die aufgezeichneten Zeitreihen (siehe Beispiel oben) jeder einzelnen Druckdose wurden zu einer Matrix zusammengefasst, der die Koordinaten der Druckdosen bzw. der Längspositionen der Messungen zugeordnet wurden. Diese Datenfelder wurden mit einem Isolinenprogramm weiterverarbeitet.

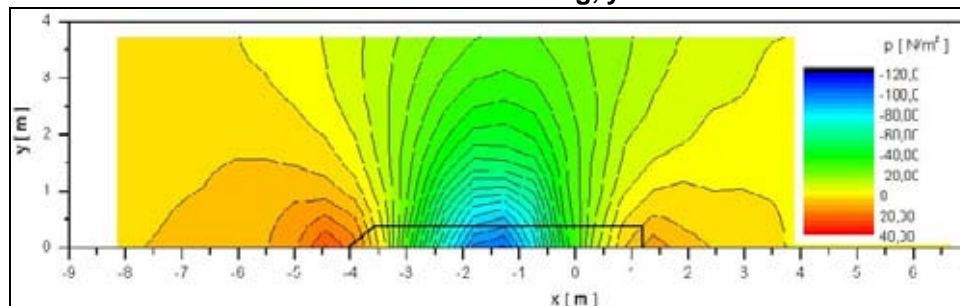
In den folgenden Unterpunkten a) bis d) werden die Druckfelder der stationären Versuche unter verschiedenen Gesichtspunkten gegenübergestellt. Die Bodendrücke bilden einen sehr guten Indikator für die Wasserspiegelabsenkung durch das fahrende Schiff.

⁴⁵ Anm.: Für spätere Untersuchungen zu diesem Thema empfiehlt das DST daher, auf den kostspieligen Aufbau einer Böschung in dieser (relativ) geringen Ausdehnung zu verzichten.

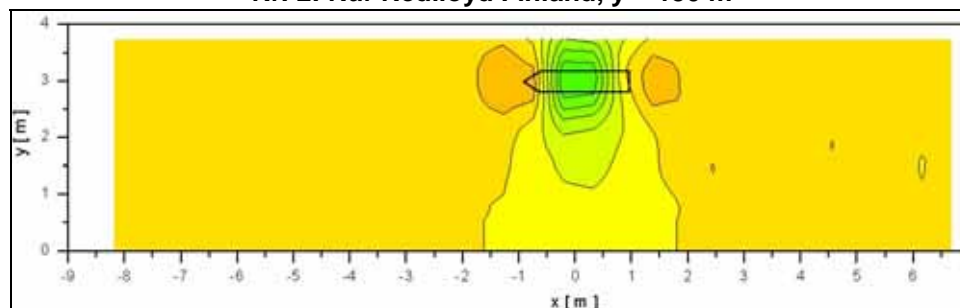
a) Variation der Schiffe

Unten sind in drei Darstellungen die Druckfelder für die Fälle „Nur großes Schiff“, „Nur kleines Schiff“ und „Beide Schiffe“ für die Positionen $x = 0,6 L$ ($0 = \text{Bug an Bug}$) und $y = 150 \text{ m}$ wiedergegeben. Man hätte vermuten können, dass sich das Bild Nr. 3 für beide Schiffe als Überlagerung der 2 Einzeldruckfelder darstellt. Um dies zu überprüfen, wurden die Einzeldruckfelder miteinander addiert und das Ergebnis im Bild Nr. 4 wiedergegeben. Die Vermutung bestätigte sich nur bedingt, da das Unterdruckfeld unter dem kleineren Schiff bei echter Parallelfahrt stärker ausgebildet ist, als bei simpler Addition der Einzelmesswerte.

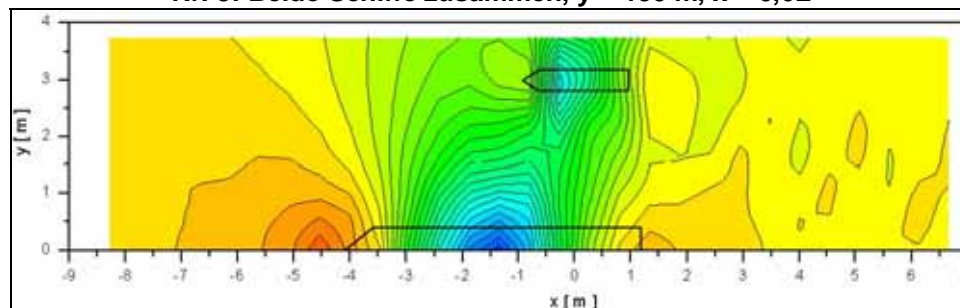
Nr. 1: Nur Cosco Hamburg, $y = 150 \text{ m}$



Nr. 2: Nur Nedlloyd Finland, $y = 150 \text{ m}$



Nr. 3: Beide Schiffe zusammen, $y = 150 \text{ m}$, $x = 0,6L$



Nr. 4: Einzeldaten addiert, $y = 150 \text{ m}$, $x = 0,6L$

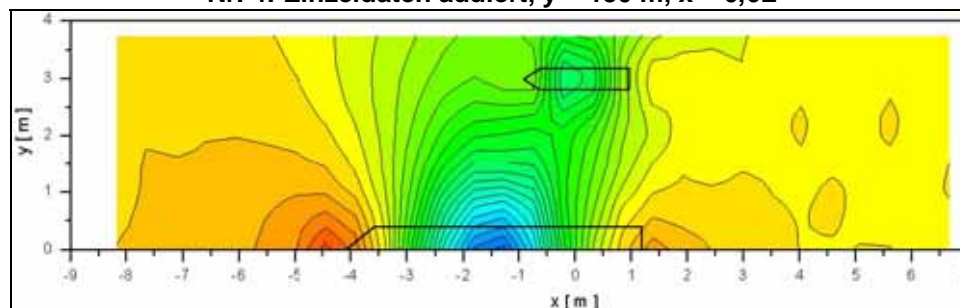


Abbildung 54: Variation der Schiffe

b) Variation der Längsposition x

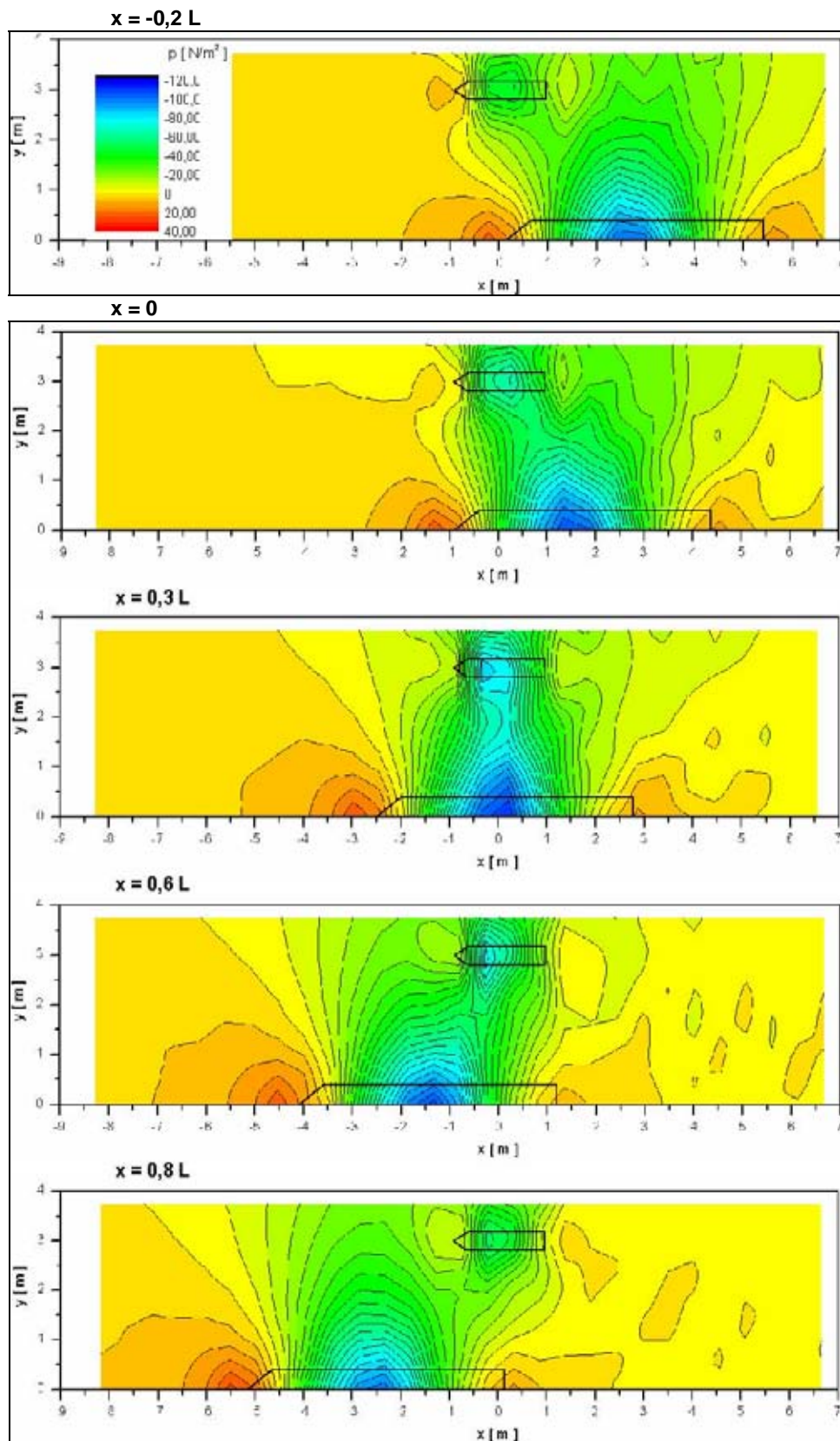


Abbildung 55: Variation Längsabstand

Die oben in Abbildung 55 dargestellte Variation der Längsposition x des Überholers in fünf Schritten (zwischen $-0,2 L$ und $0,8 L$) bei konstantem Querabstand von $y = 150 \text{ m}$ zeigt, wie die beiden Einzeldruckfelder der Schiffe miteinander verschmelzen und sich durchwandern. Es wird vor allem deutlich, dass die Dominanz klar beim Überholer liegt. Dies liegt unter anderem daran, dass er mit erheblich geringerem Flottwasser fährt und darum einem deutlicheren Flachwassereffekt unterliegt.

c) Variation der Querposition y (beide Schiffe)

Die nächste Abbildung veranschaulicht in drei Darstellungen den Einfluss des seitlichen Abstandes auf die Bodendruckverteilung. Man kann erkennen, dass das Druckfeld des Überholers in nur sehr geringem Maße vom überholten Schiff beeinflusst wird. Dies bestätigt die Annahme, dass der Überholer mit einer über 10-fach größeren Masse vom kleineren Schiff fast nicht beeinflusst wird und begründet den Verzicht auf Kraftmessglieder im großen Modell.

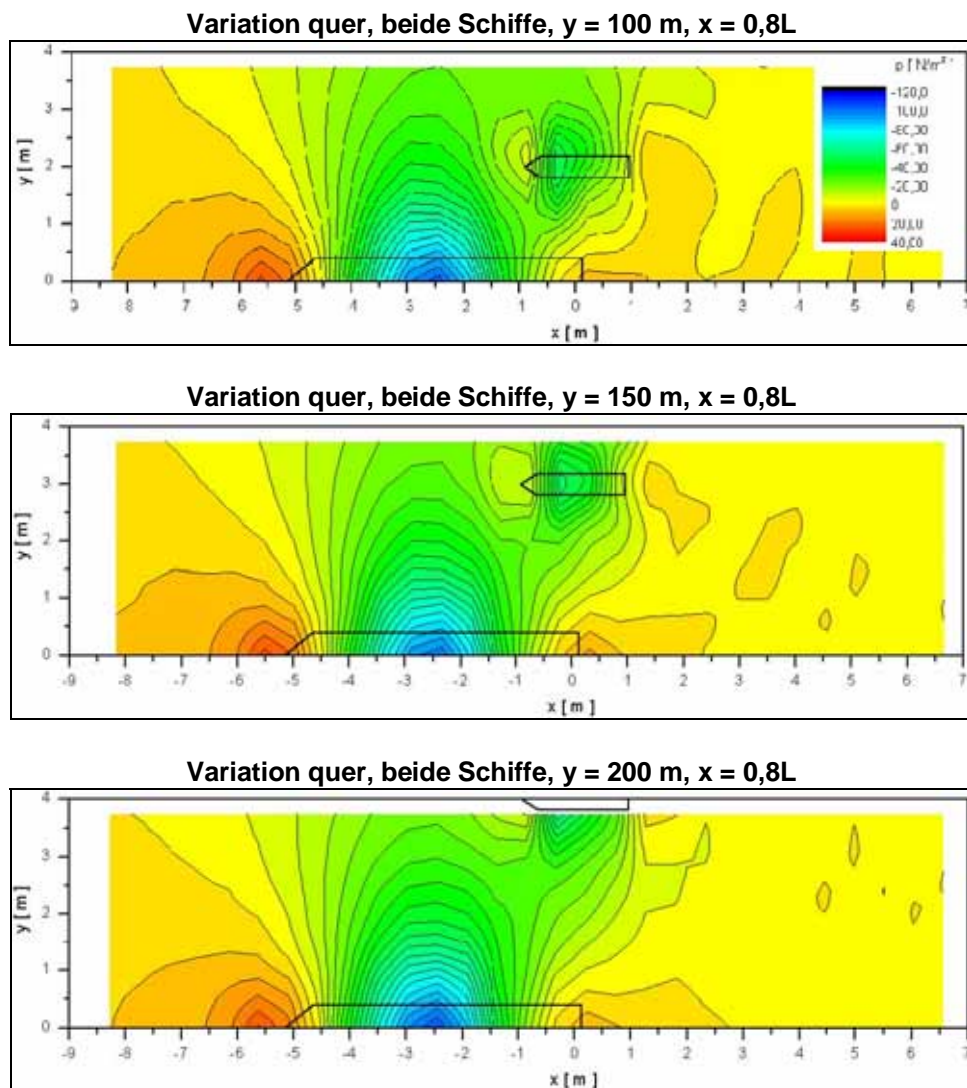


Abbildung 56: Variation der Querposition (beide Schiffe)

d) Variation der Querposition y (nur das kleinere Schiff)

Die Darstellung der Druckfelder für das überholte Schiff ohne den Überholer entstammt einer zusätzlich durchgeführten Untersuchung, die Aufschluss über den Einfluss der Böschung auf das kleine Fahrzeug geben sollte. Leider konnte in der Böschung kein Druck gemessen werden, so dass die Aussagekraft dieser Darstellungen eher gering ist. Der Vollständigkeit halber seien sie an dieser Stelle jedoch mit aufgeführt.

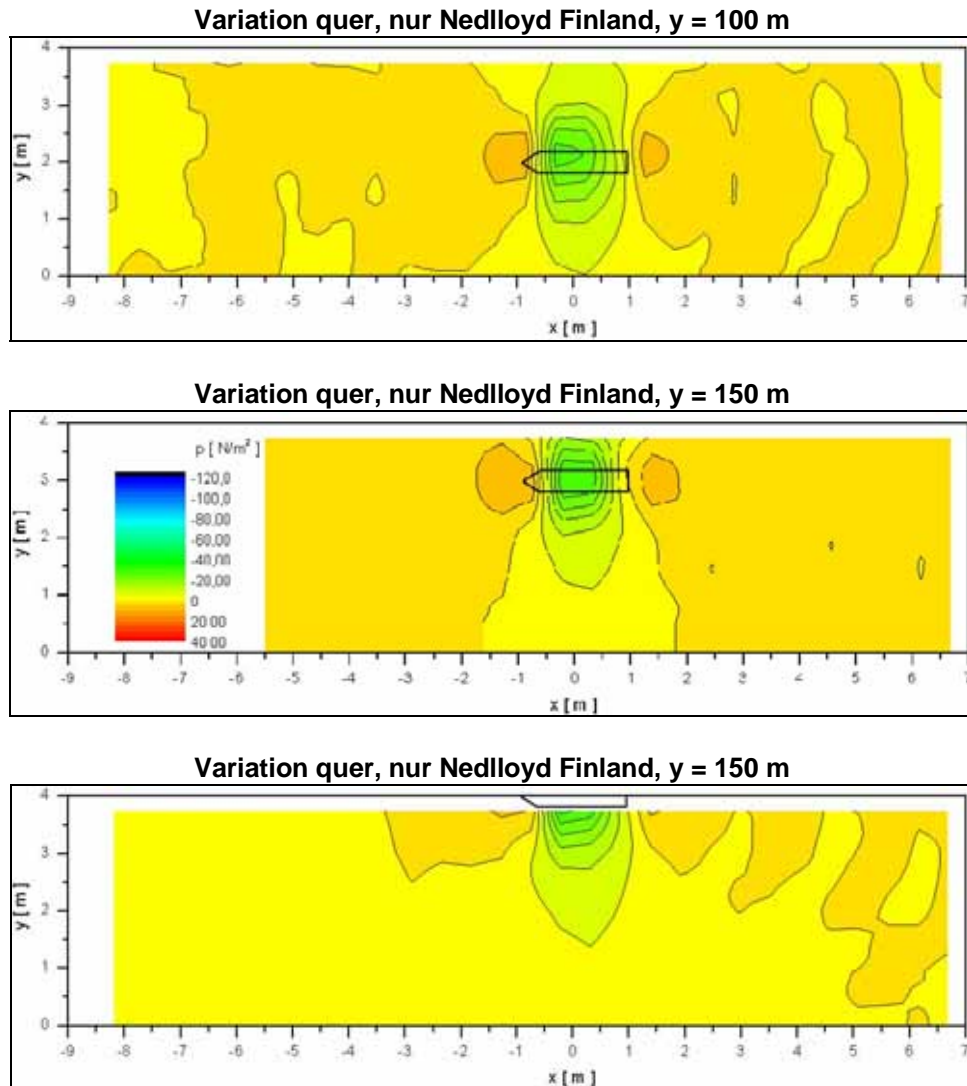


Abbildung 57: Variation der Querposition (nur NEDLLOYD FINLAND)

6.3.3.4.1.3 Kräfte und Schwimmlagen

Die Ergebnisse der Experimente für die stationären Messungen (gemittelte Werte) werden an dieser Stelle kommentarlos wiedergegeben, da es sich vor allem um Validierungsdaten für numerische Berechnungen handelt. Bei der Darstellung der instationären Messungen werden diese Daten jedoch in die Diagramme eingefügt und so mit den „echten“ Werten verglichen.

Die über den gesamten Verlauf *negativen* Längskräfte sind allein durch den Selbstpropulsionspunkt für $V = 12$ kn bei einer Versuchsgeschwindigkeit von 15 kn

bedingt.⁴⁶ Die instationären Messungen belegen dagegen, dass die Längskraft tatsächlich ihr Vorzeichen wechselt (vgl. unten Punkt 6.3.3.4.2.1 und Abb. 61).

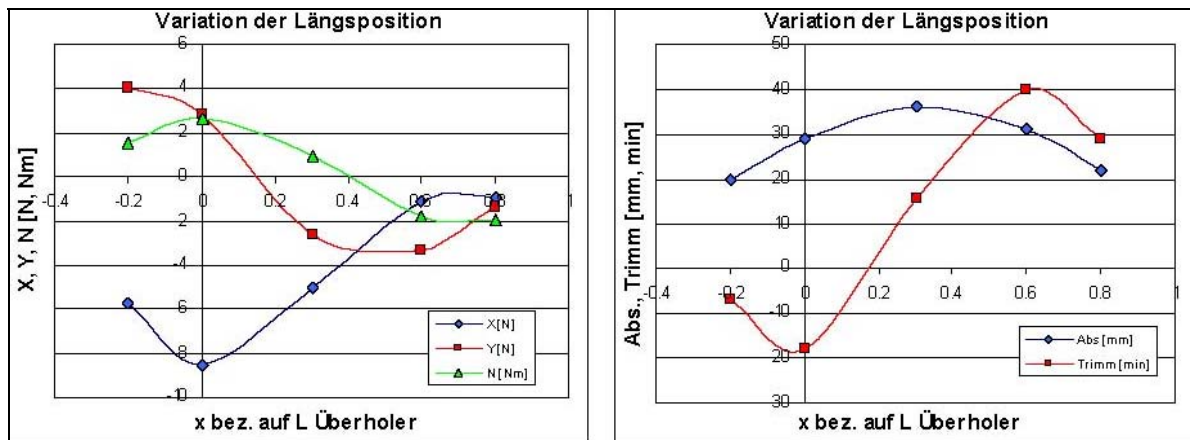


Abbildung 58: Kräfte, Momente und Schwimmlagen im stationären Versuch (Variation Längsposition)

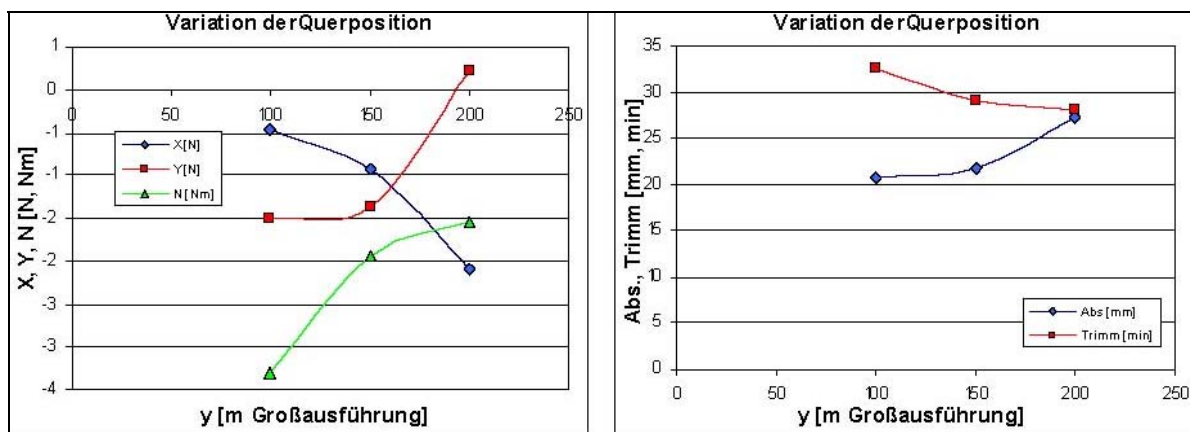


Abbildung 59: Kräfte, Momente und Schwimmlagen im stationären Versuch (Variation Querposition)

6.3.3.4.1.4 Ruder- und Driftwinkelversuche

Die Messungen der Kräfte und Momente am kleinen Modell bei Ruderlagen und Driftwinkeln wurden für die Ruderlagen 0°, 10° und 20° und für die Driftwinkel 0°, 5° und 10° durchgeführt. Bei den Ruderwinkeln befindet man sich im linearen Bereich (der ab ca. 30° verlassen wird), bei den Driftwinkeln wird der lineare Bereich für Beta = 10° schon geringfügig verlassen. Die folgenden Abbildungen geben die Ergebnisse dieser Experimente wieder.

⁴⁶ Anm.: Hier Nullpunkt für x = Zustand „Bug an Bug“

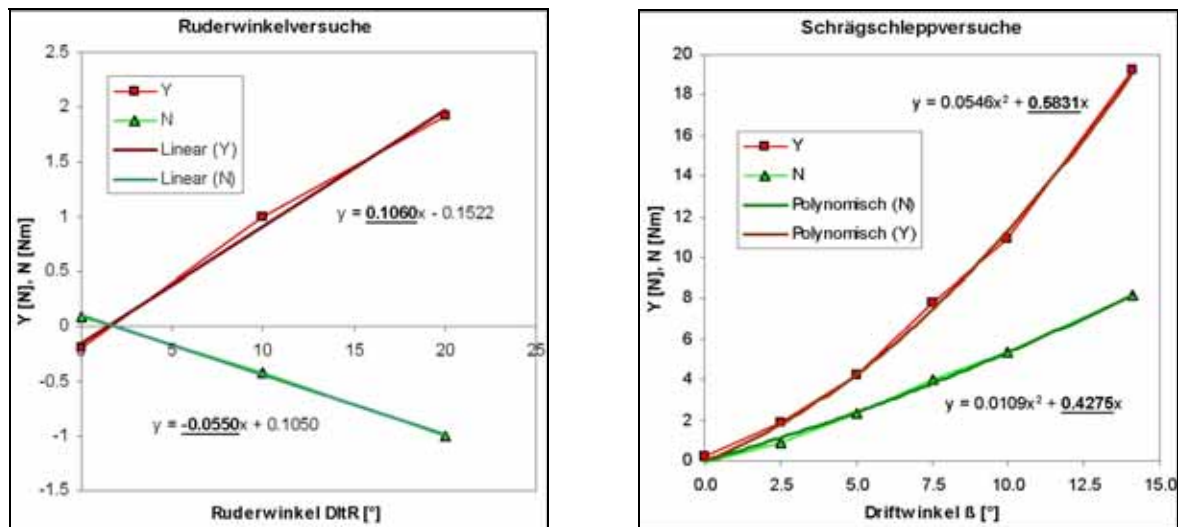


Abbildung 60: Ergebnisse der Ruder- und Driftwinkelversuche

Die hier dargestellten Steigungen der Geraden stellen die dimensionsbehafteten hydrodynamischen Koeffizienten Y_d , N_d , Y_v und N_v dar. Sie geben bei Multiplikation mit dem Ruder- bzw. Driftwinkel des Versuchs (in Grad) die Seitenkraft Y bzw. das Moment N wieder, die am Modell durch Y_v und Y_h gemessen worden sind.

Die Seitenkraft und das Moment am Schiff lassen sich bei rein linearer Betrachtung durch die hier ermittelten hydrodynamischen Koeffizienten unter Vorgabe des Ruder- und Driftwinkels bestimmen.

In den weiteren Auswertungen der instationären Versuche werden die berechneten Ruder- und Driftwinkel ohne Plausibilitätsprüfung konsequent mit angegeben.

Es ist zu beachten, dass für Ruderwinkel über ca. 30° und für Driftwinkel über 10° deutlich nichtlineares Verhalten auftritt. Dies ist beim Ruder darin begründet, dass ab etwa 30° die Strömung abreißt und die Kräfte und Momente nicht mehr proportional zum Ruderwinkel verlaufen, sondern zusammenbrechen. Außerdem sind deutlich größere Ruderwinkel nicht mehr einstellbar. Für den Driftwinkel bedeutet die Nichtlinearität, dass für Winkel ab ca. 10° oder darunter der Zuwachs ansteigt – es entstehen bei größeren Driftwinkeln größere Kräfte und Momente als nach dem linearen Ansatz.

Als Fazit dazu ist zu bemerken, dass ab ca. 10° der berechnete Driftwinkel zur Kompensation/Erzeugung größer ist, als der tatsächlich erforderliche, aber die angegebenen theoretisch ermittelten Ruderwinkel über einem Wert von ca. 35° nicht mehr verwertbar sind!

6.3.3.4.2 Instationäre Versuche

Sowohl die stationären als auch die instationären Versuche wurden durch eine Excel-Applikation ausgewertet, die automatisch alle hineinkopierten Daten (die vorher mit einem speziellen Programm von einer Taktrate von 100 Hz auf 10 Hz reduziert und bezüglich der Bodendrucke von mm Wassersäule auf N/m² umgerechnet wurden) bezüglich der Synchronisationssignale neu skaliert, filtert und für die relevanten x-Koordinaten gemittelte Werte ausgibt. Diese „signifikanten Resultate“ wurden dann in einer weiteren Excel-Anwendungen zu den Ergebnisdiagrammen aufbereitet.

6.3.3.4.2.1 Vergleich mit den stationären Versuchen

Die Ergebnisse der stationären Versuche auf der Spur (Bahn) $y = 150$ m wurden den instationären Messungen aus Fahrt 25 (überholtes Schiff $V = 12$ kn) gegenübergestellt. Hierbei wurden die relativen x-Koordinaten auf das neue Bezugssystem „0 = Hauptspant an Hauptspant“ umgerechnet.

Zum Verständnis der folgenden Darstellungen muss angemerkt werden, dass die Lichtschrankensignale für die oben in Pkt. 6.3.3.3.6 erläuterten Ereignisse hier als vertikale Striche dargestellt sind. Es wurden die dort eingeführten Abkürzungen verwendet. Die Skala der x-Achse ist immer auf L_{pp} des großen Schiffes bezogen, d.h. der Bereich von -0.5 bis $+0.5$ erstreckt sich auf die Situationen „Bug des Überholers an Hauptspant kleines Schiff“ bis „Heck des Überholers an Hauptspant kleines Schiff“. Die letztgenannte relative Position entspricht ungefähr der Definition „0.8 L“ aus den stationären Versuchen.

Für die Kräfte und Momente gibt die Gegenüberstellung im unten dargestellten Diagramm eine recht gute Übereinstimmung für Y und N wieder, zeigt jedoch einen deutlichen Versatz für X. Dies ist darin begründet, dass bei den stationären Versuchen auch das kleine Modell die Geschwindigkeit von 15 kn fuhr, die Propellerdrehzahl aber für 12 kn eingestellt war. Der fehlende Schub zeigt sich als Restwiderstand in einem negativen Versatz der blauen Rauten gegenüber dem Verlauf der Längskräfte.

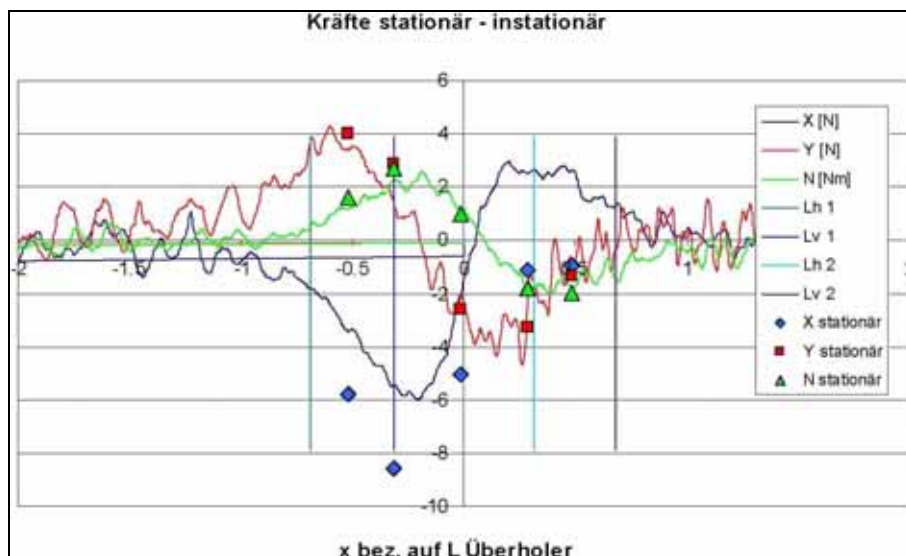


Abbildung 61: Vergleich X, Y und N stationär und instationär

Ähnliches gilt für die Schwimmelage des kleinen Schiffes. Durch die geringere Geschwindigkeit im instationären Versuch ist die Absenkung und in gewissem Umfang auch der Trimm geringer als im Fall von 15 kn bei den stationären Messungen.

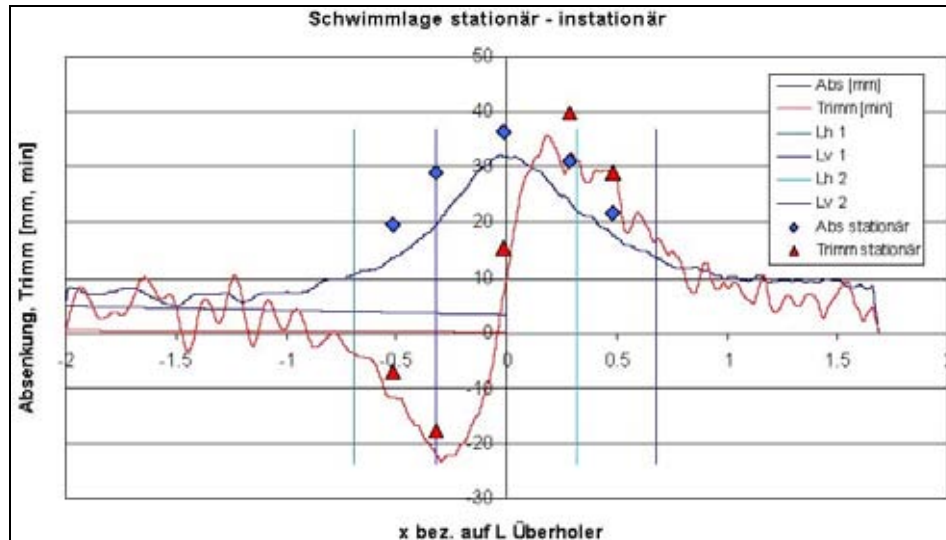


Abbildung 62: Vergleich Absenkung und Trimm stationär und instationär

Die Ruderwinkel und Driftwinkel zur Erzeugung / Kompensation der gemessenen Kräfte und Momente geben eine relativ gute Übereinstimmung der Hochrechnung aus den stationär gemessenen Daten mit den instationären Ergebnissen wieder. Es ist jedoch wiederum zu bemerken, dass es sich nicht um reale Einstellungen für ein Kompensationsmanöver handelt, sondern nur um die rechnerische Umsetzung des linearen Zusammenhangs zwischen der Kombination von Y und N mit den Bewegungs- und Steuergrößen v und d .

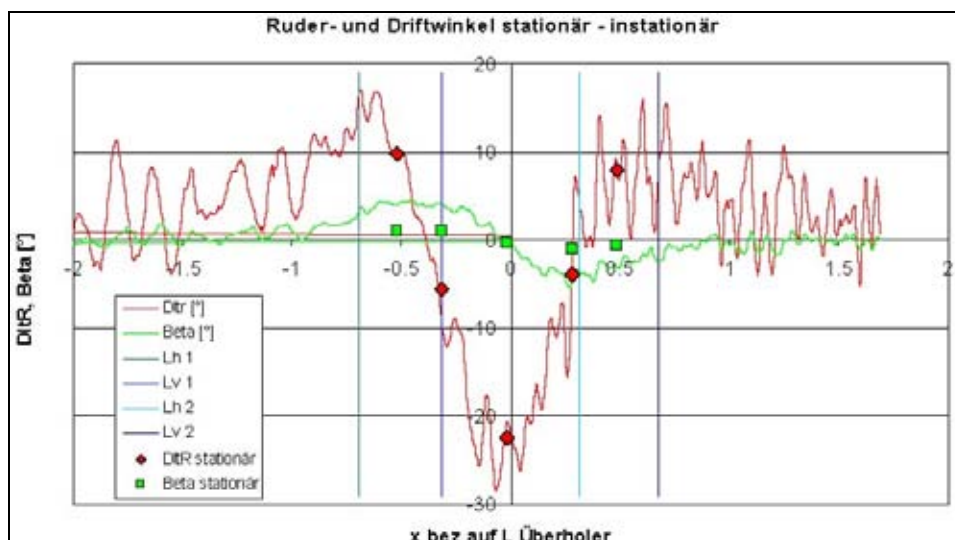
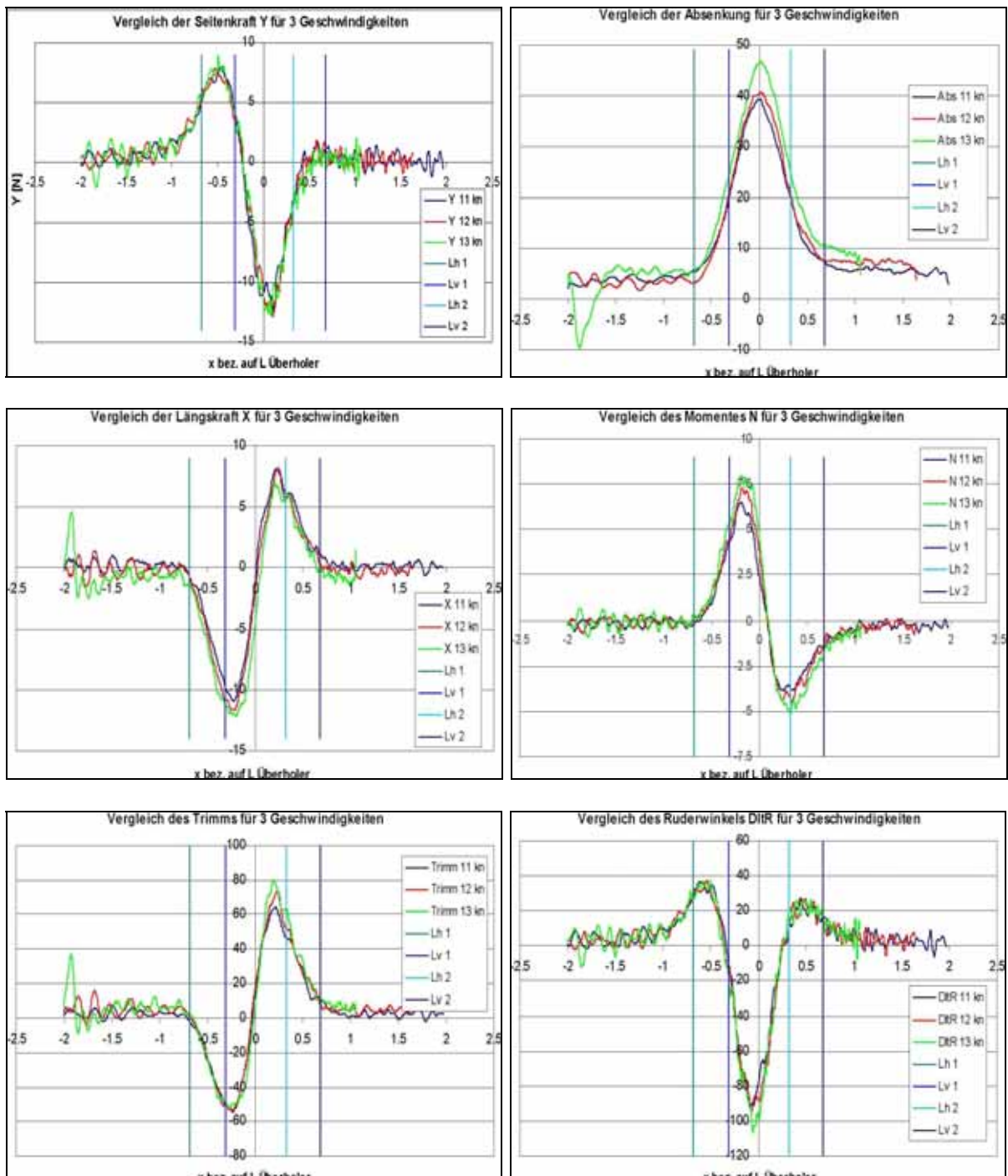


Abbildung 63: Vergleich Ruder- und Driftwinkel stationär und instationär

6.3.3.4.2.2 Vergleich der unterschiedlichen Geschwindigkeiten

Eine wichtige Frage für die Bewertung der durchgeführten Untersuchungen, aber auch für die Planung nachfolgender Forschungen, ist die nach dem Einfluss der Geschwindigkeit auf das Überholmanöver. Hierbei ist relevant, wie schnell das überholte Fahrzeug bei konstanter Geschwindigkeit des Überholers fuhr. Aus den vielen Fahrten mit unterschiedlicher Geschwindigkeit des kleinen Schiffes sind für den seitlichen Passierabstand von $y = 75$ m Diagramme der Seitenkraft, Längskraft, Absenkung, des Momentes, des Trimm- und des Driftwinkels dargestellt.



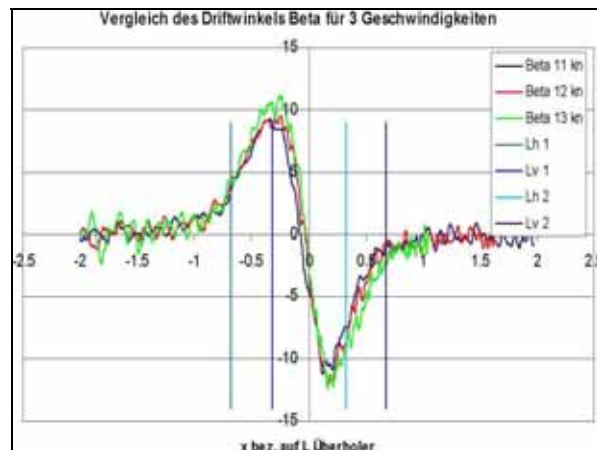


Abbildung 64: Vergleich der unterschiedlichen Geschwindigkeiten

Es zeigt sich, dass sich nach Umskalierung der Abszisse auf die Synchronisationssignale ein nahezu identischer Verlauf der Seitenkräfte ergibt. Einzig bei der Absenkung (und auch in geringem Maße beim Trimm) findet sich der Geschwindigkeitseinfluss wieder, da das kleinere Schiff ja auch sein eigenes durch die begrenzte Wassertiefe bedingtes geschwindigkeitsabhängiges Unterdruckfeld erzeugt. Daraus kann für spätere Untersuchungen geschlossen werden, dass der Geschwindigkeitsunterschied bei Überholmanövern in dieser Kombination von Schiffsgrößen, Seitenabständen und der Wassertiefe für die Bestimmung der Kräfte und Momente, die auf das überholte Schiff einwirken, vernachlässigt werden kann.⁴⁷ Für den Ausgleich dieser Kräfte durch Drift- und Ruderwinkel des überholten Schiffes sowie für die Bahnänderungen, welche diese Kräfte am überholten Schiff bewirken, ist die Geschwindigkeitsdifferenz dagegen wichtig.

6.3.3.4.2.3 Vergleich bei Variation der Längsposition

Die bei den Überholmanövern aufgezeichneten Daten wurden numerisch gefiltert und die an den Lichtschrankenpositionen und weiteren Zwischenwerten gemittelte signifikante Werte bestimmt (Datenreduktion).

In der untenstehenden Abbildung, die aus dem Überholmanöver bei $y = 50$ m Seitenabstand für 12 kn des kleinen Schiffes (Fahrt Nr. 37) stammt, sind beispielhaft für alle Fahrten die gefilterten Kräfte und Momente sowie die berechneten signifikanten Werte aufgetragen. Auf eine vollständige Wiedergabe aller Zeitschriebe wird aus Platzgründen verzichtet.

⁴⁷ Dies bedeutet nicht, dass er generell vernachlässigt werden kann, da hierfür die Daten nicht umfassend genug sind, um eine solche Aussage zu tätigen.

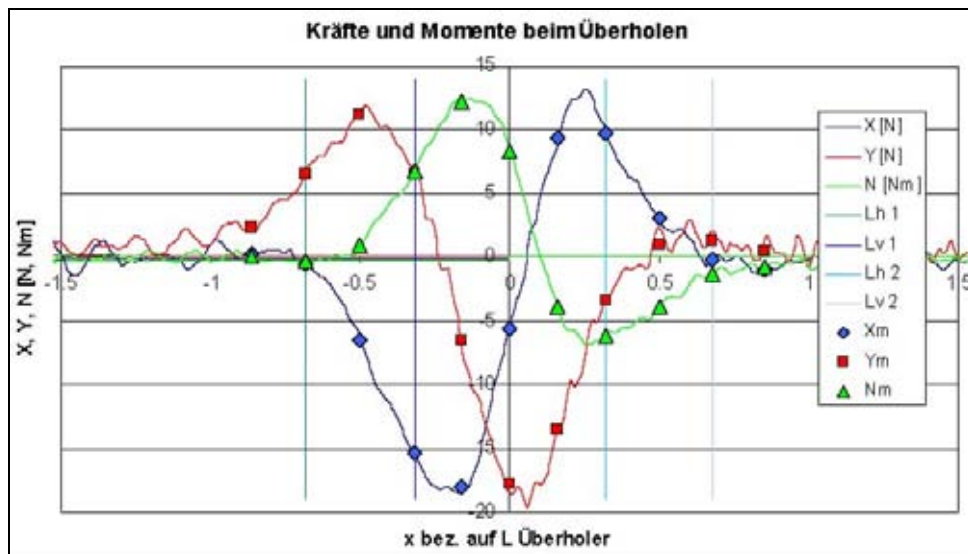


Abbildung 65: Gemittelte Daten bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen

Diese Mittelwerte für X, Y, N, Absenkung und Trimm wurden in Ergebniszeilen zusammengefasst, um sie über anderen Parametern, wie zum Beispiel dem Seitenabstand, auftragen zu können. Zur Veranschaulichung ist an dieser Stelle für den Fall „Relative Längsposition $x = -0.5 L$ “ die Darstellung der Kräfte und der Schwimmlagen wiedergegeben.

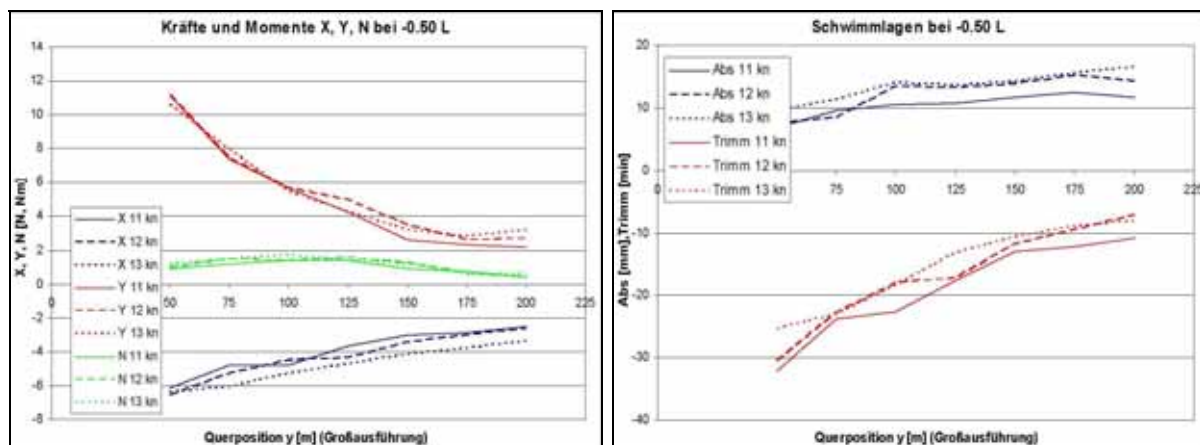


Abbildung 66: Kräfte, Momente und Schwimmlagen bei 3 unterschiedlichen Geschwindigkeiten

Auch in dieser Darstellung zeigt sich wieder die relativ geringe Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des überholten Schiffes. Bei anderen Positionen ist dies nicht immer so deutlich, da die Daten über dem Auftragsparameter Seitenabstand etwas streuen. Immerhin ist eine Staffelung der Kurven über den Variationsparameter V festzustellen, diese tritt jedoch über dem dominierenden Einfluss des Seitenabstandes in den Hintergrund.

Eine sehr aufschlussreiche Darstellung ist die Auftragung der zur Erzeugung / Kompensation erforderlichen Ruder- und Driftwinkel (vgl. Abb. 67). Es handelt sich hier um die maximalen während des Überholmanövers bestimmten Werte DltR und Beta. Diese sind nicht zeitgleich, sondern der absolute Maximalwert für DltR tritt ungefähr bei der Relativposition 0 L auf, wohingegen die größten absoluten Driftwinkel in der Nähe von $\pm 0.2 L$ zu finden sind.

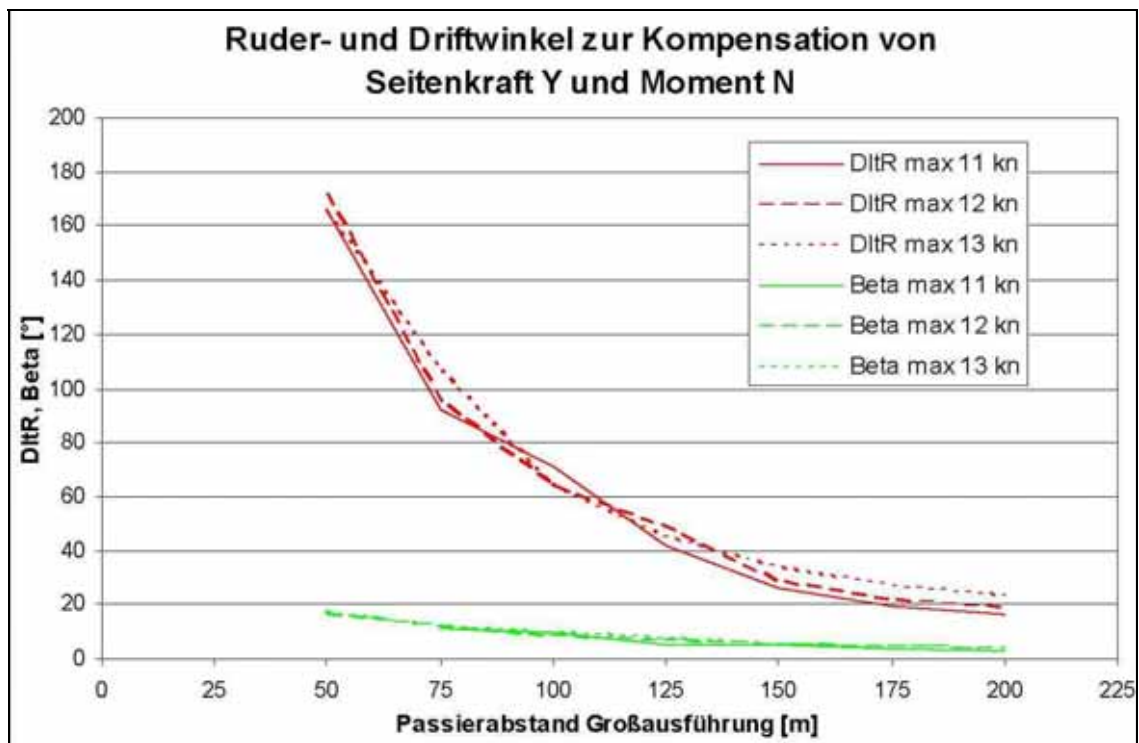


Abbildung 67: Theoretisch berechnete Ruder- und Driftwinkel bei 3 unterschiedlichen Geschwindigkeiten

Ab einem Seitenabstand von etwa 170 m wird der lineare Bereich der Ruderkräfte verlassen und schon vor Erreichen des Abstandes 130 m ist die maximale Ruderlage von üblicherweise 35° bis 40° überschritten.⁴⁸ Die Driftwinkel sind bei diesen Seitenabständen unproblematisch, da sie erstens noch annähernd linear und zweitens nicht begrenzt wie die Ruderlage sind.

6.3.3.4.2.4 Vergleich bei Variation der Querposition

Um den zeitlichen Verlauf der dargestellten Größen X, Y, N, Abs, Trimm, DltR und Beta angenähert wiedergeben zu können, wurden die oben erläuterten signifikanten Mittelwerte über den Relativpositionen x als Kurven aufgetragen. Diese Darstellungsform gibt nicht mehr exakt den Verlauf der Messgrößen wieder, da es sich um eine Reduktion auf 11 Punkte pro Messwert für das gesamte Überholmanöver handelt. Dafür ist aber eine übersichtliche Darstellung beispielsweise der Kräfte für jede Längs- und Seitenposition möglich.

⁴⁸ Vgl. hierzu auch die Ausführungen unten in Punkt 6.3.3.5.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass hier von der festgestellten Unabhängigkeit der Messwerte von der Geschwindigkeit des überholten Fahrzeugs Gebrauch gemacht wurde. Es handelt sich um die Daten der Geschwindigkeitsverhältnisse 15 kn / 11 kn. Für andere Geschwindigkeiten sehen die Ergebnisse fast gleich aus.

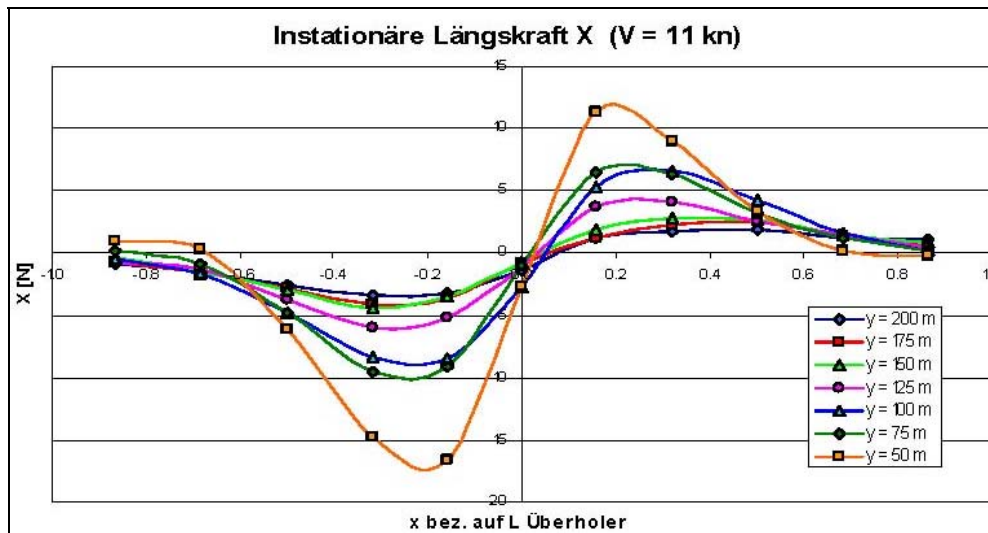


Abbildung 68: Längskraft bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen

Die Längskraft X zeigt annähernd punktsymmetrisches Verhalten zum Nullpunkt. Bei Beginn des Überholmanövers wird sie deutlich negativ, geht bei der Position Hauptspant an Hauptspant ungefähr durch Null und nimmt danach positive Wert (Kraft nach vorne!) an. Diese Kraftänderungen sind nicht durch den Propeller bewirkt, da er einen konstanten Schub liefert. Ein Vergleich mit dem Trimm weiter unten bringt Hinweise auf eine mögliche Erklärung. Die Trimmkurven haben einen nahezu identischen Verlauf wie die Längskraftkurven, was den Verdacht nahe legt, dass es sich hier zumindest zum Teil um eine Hangabtriebskraft handelt. Eine Überschlagsrechnung mit einem maximalen Trimm von 2° ($120'$) und einer Masse von 50 kg liefert: $F = m \times g \times \sin(\alpha) \approx 17 \text{ N}$! Dies entspricht relativ gut den maximalen Werten für die gemessenen Längskräfte in der Nähe von $\pm 0,2 L$ und liefert eine mögliche Erklärung für das Verzögern und das darauf folgende Beschleunigen des überholten Schiffes. Diese Gefällewirkung ist jedoch nur bei einem deutlichen Längenunterschied der beteiligten Schiffe (hier 1:2,5) zu erwarten, da erst dann das kleine Schiff der Mulde des Größeren folgen kann.

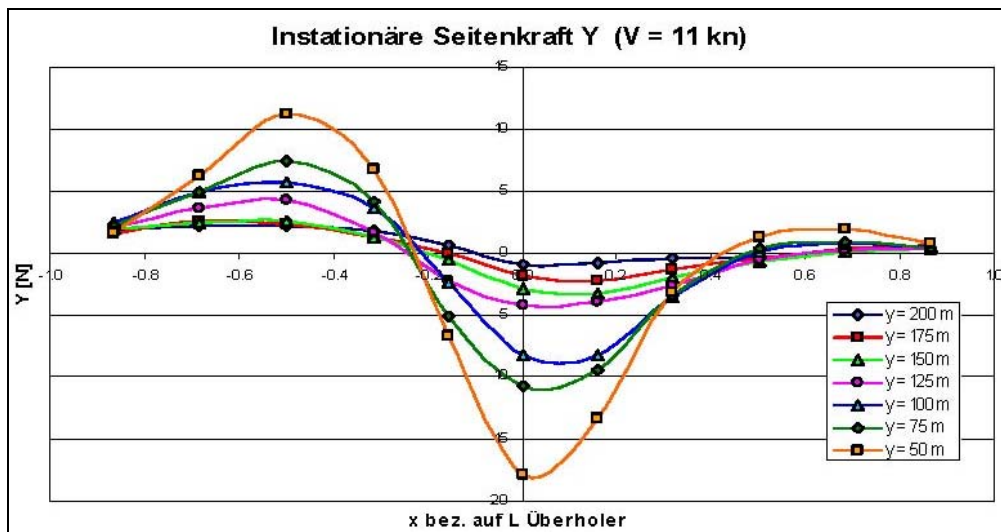


Abbildung 69: Seitenkraft bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen

Die Seitenkraft Y zeigt sich annähernd symmetrisch zur Y -Achse, wenn auch etwas in x versetzt. Bei Beginn der Überholung erfolgt eine Abstoßung (positiv nach Steuerbord) mit einer Kraft, die grob etwa $1/50$ der Masse des Modells entspricht (Gewichtskraft des Modells ≈ 500 N). Die darauf folgende Ansaugung in ungefähr der gleichen Größenordnung würde das Schiff auf die Ausgangsspur zurückbringen. In der dritten Phase (Überholer passiert das Heck) ist die seitliche Kraftwirkung gering. Da die Oberflächenneigung in Querrichtung sehr klein ist, sind hauptsächlich hydrodynamische Effekte für diese Kraftwirkung verantwortlich.

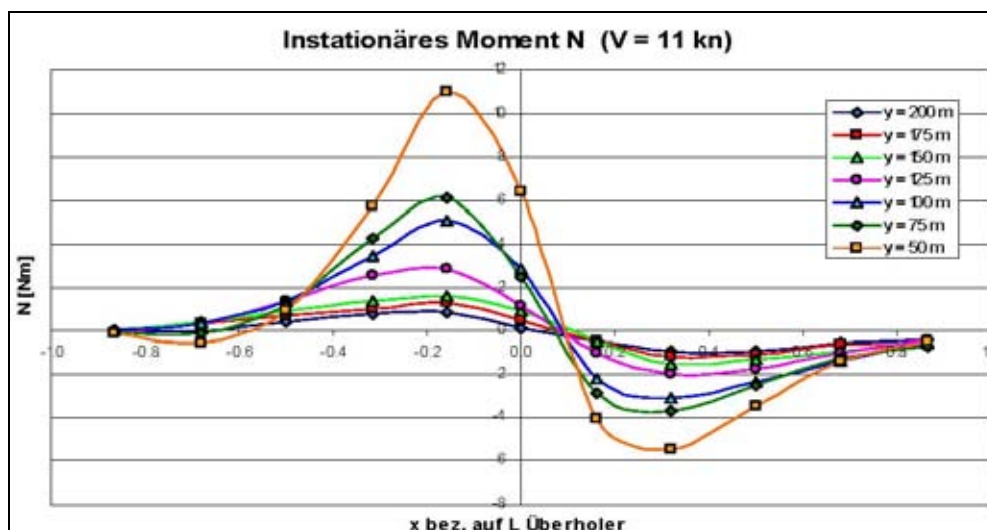


Abbildung 70: Drehmoment bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen

Bei Beginn des Überholvorgangs wirkt ein positives (rechtsdrehendes) Moment N auf das kleine Schiff. Dieses dreht es aus dem Ausgangskurs heraus weg vom Überholer.

Nach der Mittenposition kehrt sich das Drehmoment um und das Schiff wird wieder zum Überholer hin gezwungen.

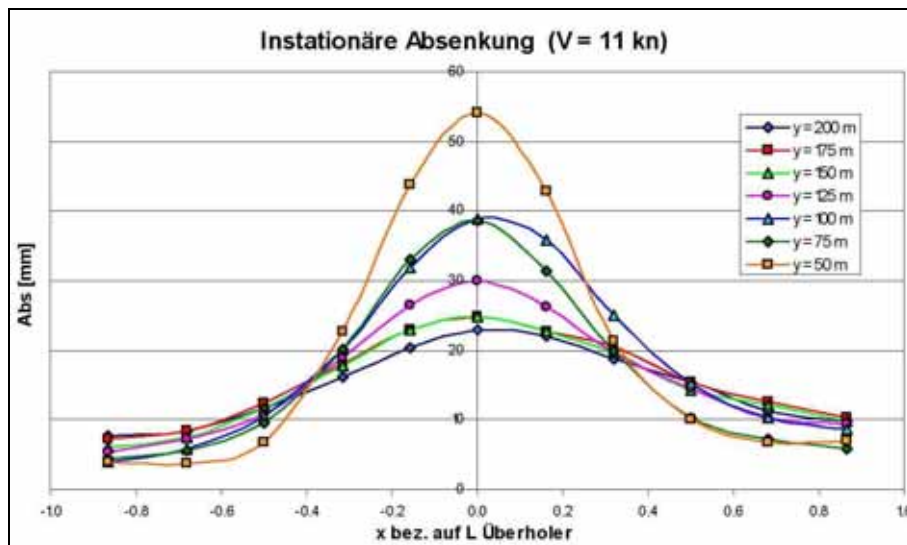


Abbildung 71: Absenkung bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen

Die Absenkung ist spiegelsymmetrisch zur Mittenposition. Das Modell befindet sich in der durch die Umströmung des großen Schiffes hervorgerufenen Mulde (Wasserspiegelabsenkung) und folgt ihr nach unten. Ein Vergleich mit den Bodendruckmessungen in Kapitel 6.3.3.4.1.2 bestätigt dies.

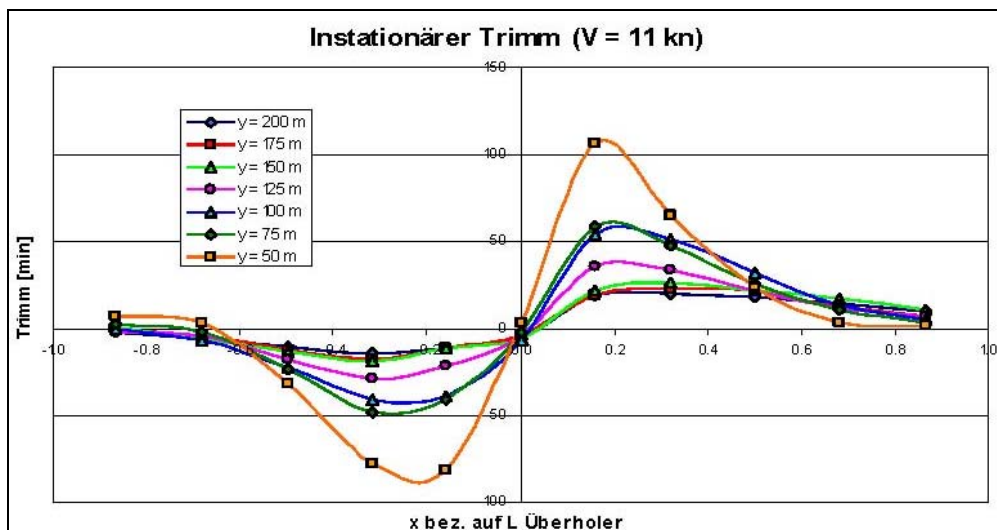


Abbildung 72: Trimm bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen

Der Trimm, der schon mit der Längskraft verglichen wurde, wird wie die Absenkung durch die vom Überholer erzeugte Mulde hervorgerufen, indem das Modell dieser schrägen Wasseroberfläche folgt. Ein Vergleich mit dem Surfen drängt sich hier auf, bei dem die Vortriebskraft aber auch die Bremskraft des Surfboards ganz allein von der Wellenschräge hervorgerufen werden.

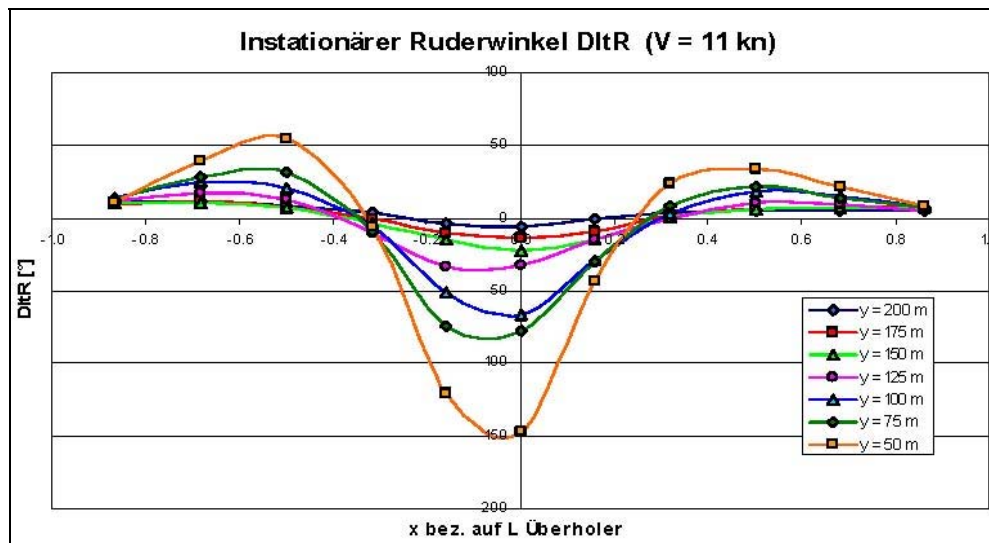


Abbildung 73: Theoretischer Ruderwinkel bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen

Der Verlauf des kompensierenden Ruderwinkels DltR ist ebenfalls spiegelsymmetrisch, hat aber im Gegensatz zur Absenkung 3 Maxima bzw. Minima. Da er aus der Kombination der gemessenen Seitenkraft Y und des Momentes N rein theoretisch errechnet wird, ist eine Rückführung auf das Überholmanöver direkt nicht möglich.

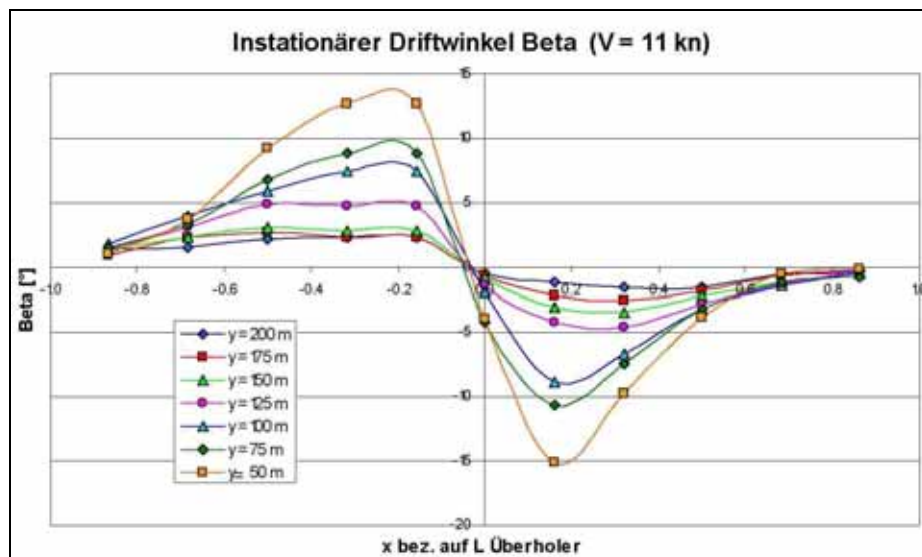


Abbildung 74: Theoretischer Driftwinkel bei den instationären Versuchen an ausgewählten Positionen

Dies gilt ebenso für den kompensierenden Driftwinkel Beta, der sich hier wieder punktsymmetrisch (mit x-Verschiebung) verhält.

6.3.3.5 Schlussbemerkungen zu den Experimenten

Der Einfluss der Böschung am rechten Ufer ist für den hier interessierenden Untersuchungsbereich des Passierabstandes nicht erheblich.

Verglichen mit dem Einfluss des seitlichen Abstandes ist der Einfluss der Geschwindigkeit des überholten Fahrzeugs bei konstanter Geschwindigkeit des Überholers auf die Wirkungen gering.

Die stationären Messungen lassen sich unter Berücksichtigung der physikalischen Unterschiede durchaus mit den instationären Daten vergleichen.

Bei einer seitlichen Annäherung unterhalb von ca. 130 m ist die zur Erzeugung / Kompensation der auftretenden Kräfte und Momente nach linearem Ansatz theoretisch berechnete erforderliche Ruderlage außerhalb des gültigen Ruderwinkelbereichs. Diese Aussage darf jedoch nicht überbewertet werden, denn die Errechnung dieser Winkel ist ein grobes Hilfsmittel und die gleichzeitige Einstellung einer bestimmten Kombination von Ruder- und Driftwinkel in der Praxis kaum möglich.

Das dominante Ereignis beim Überholen von Schiffen auf flachem Wasser ist neben den hydrodynamisch in der Ebene wirkenden Kräften und Momenten die Wasseroberflächenverformung (hauptsächlich primäres Wellensystem) durch die beteiligten Schiffe.

Für die Änderung der Längskräfte während des Überholvorgangs ist zumindest teilweise die Gefällekraft durch das Primärwellensystem des Überholers verantwortlich.

6.3.3.6 Ausblick

Die innerhalb der Untersuchung für die BSU durchgeführten Experimente umfassten ein Minimalprogramm für die Beurteilung der hydrodynamischen Effekte beim Überholen auf flachem Wasser. Trotzdem geben sie eindeutige Hinweise auf mögliche Vereinfachungen und Details, deren Untersuchung vertieft werden sollte. Darüber hinausgehend können noch weitere Untersuchungen vorgeschlagen werden, die angebracht sind, um die Problematik des Überholens eingehender zu erforschen und für künftige Bewertungen bessere Grundlagen und Werkzeuge zu liefern.

- Der Sog eines arbeitenden Propellers hat einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf das Druckfeld und die Wasseroberflächenverformung bei geringen seitlichen Abständen. Es ist zu empfehlen, dies anhand von Überholversuchen mit Eigenantrieb des Überholers quantitativ zu überprüfen.
- Die durchgeführten Kraftmessungen mit gefesselten Modellen eignen sich zur theoretischen Untersuchung der Physik des Überholvorganges. Die tatsächliche Reaktion des überholten Schiffes kann nur durch frei gefahrene (ferngesteuerte bzw. mit Autopilot geregelte) Modellversuche betrachtet werden. Die Möglichkeiten zur Durchführung derartiger Experimente sind im DST gegeben.
- In sehr geringem Umfang wurden hydrodynamische Koeffizienten bestimmt (dimensionsbehaftete lineare Derivativa bezüglich der Ruder- und Driftkräfte und -momente). Für eine realitätsnahe Simulation des Bewegungsverhaltens sind so genannte Planar-Motion-Versuche (Kraftmessungen am bewegten gefesselten Modell) erforderlich. Diese ergeben einen vollständigen nichtlinearen Koeffizientensatz, mit dem Simulationsrechnungen durchgeführt werden können.

Dies ist im DST möglich, es ist aber empfehlenswert, für das Modell des Überholers einen größeren Maßstab (1:16 bis 1:20) zu wählen.

- Bei Simulationen eines Überholmanövers ist es erforderlich, die auf das untersuchte Schiff wirkenden äußeren Kräfte und Momente, die durch den Überholer erzeugt werden, durch eine entsprechende mathematische Formulierung bereitzustellen. Eine Grundlage für das mathematische Kräftemodell des Einflusses des Überholers können die in 6.3.3.4.2.4 dargestellten Diagramme (X, Y, N in Abhängigkeit von x und y) bieten. In einem Forschungsprojekt für das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat das DST bereits ähnliche Modellierungen durchgeführt, indem die Fahrt eines Binnenschiffs unter Beeinflussung eines Buhnenfeldes erfolgreich simuliert werden konnte.

6.3.3.7 Symbolverzeichnis

Größe	Einheit	Erläuterung
Abs	m	mittlere Absenkung z (positiv nach unten)
Beta	°	Driftwinkel (hier verwendet statt der Schreibweise β)
Büa	m	Breite über alles
d	°	Ruderwinkel (eigentlich dimensionslos in rad)
DltR	°	Ruderwinkel (hier verwendet statt der Schreibweise δR) (positives Vorzeichen nach backbord)
L	m	hier als Kurzform verwendet für Lpp
Lüa	m	Länge über alles
Lpp	m	Länge zwischen den Loten
m	kg	Masse
N	Nm	Drehmoment (positiv im Uhrzeigersinn von oben)
Nd	N/°	Steigung der Momentenkurve über dem Ruderwinkel
Nv	N/°	Steigung der Momentenkurve über dem Driftwinkel
p	N/m ²	Druck
Q	Nm	Drehmoment der Propellerwelle
t	s	Zeit
T	N	Schub
T	m	Tiefgang
Tv	m	Tiefgang vorne
Th	m	Tiefgang hinten
Trimm	min	Trimmwinkel des Schiffes (kopflastig positiv) (hier verwendet statt der Schreibweise Θ)
v	°	Driftwinkel (eigentlich dimensionslose Quergeschwindigkeit)
V	m/s	Geschwindigkeit im Modellversuch
V	kn	Geschwindigkeit in der Großausführung
x	m	Längskoordinate
X	N	Längskraft (positiv nach vorne)
y	m	Querkoordinate
Y	N	Seitenkraft (positiv nach Steuerbord)
Yd	N/°	Steigung der Seitenkraftkurve über dem Ruderwinkel
Yh	N	hintere Seitenkraft
Yv	N	vordere Seitenkraft
Yv	N/°	Steigung der Seitenkraftkurve über dem Driftwinkel
z	m	Höhenkoordinate, auch Absenkung
V	m ³	Verdrängung (bei Süßwasser gleich der Masse in t)
Δx	m	Wegdifferenz

6.3.4 Vergleichende Betrachtungen der HSVA

Auf der Grundlage der durch die SVA Potsdam durchgeführten numerischen Untersuchung und der (zunächst) vorläufigen experimentell erzielten Resultate des DST (Stand: Dezember 2004) hat die Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt (HSVA) im Auftrag der BSU eine vergleichende Betrachtung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse vorgenommen und hierzu im Februar 2005 den Bericht Man198/05 mit dem Titel „Hydrodynamische Analyse des Überholvorgangs in begrenztem Fahrwasser“ vorgelegt. Ziel der anzustellenden Betrachtung war ein Vergleich und eine Bewertung der von den beteiligten Wissenschaftlern vorgelegten Gutachten. Darauf aufbauend sollte die HSVA anschließend die Möglichkeiten der Formulierung verallgemeinernder Sicherheitsempfehlungen zur Problematik des sicheren Passierabstandes prüfen und solche bei positivem Ausgang dieser Prüfung ausarbeiten.

Im Rahmen der Vergleichsbetrachtungen der HSVA wurde allerdings recht schnell deutlich, dass die Ergebnisse des DST und diejenigen der SVA Potsdam nicht in dem Maße übereinstimmten, das für eine verlässliche abschließende Bewertung der hydrodynamischen Vorgänge im Zusammenhang mit der Kollision der NEDLLOYD FINLAND mit der COSCO HAMBURG notwendig gewesen wäre. Da schon für den konkreten Einzelfall insoweit kein sicheres Ergebnis erzielt werden konnte, war zwangsläufig erst recht keine verallgemeinernde Aussage im oben erwähnten Sinne möglich.

Die ursprünglich sehr großen Diskrepanzen zwischen den berechneten und experimentell gewonnenen Kräften und Momenten konnten zwar in der Folgezeit durch zusätzlich durchgeführte Berechnungen und Experimente verringert werden. Gleichwohl konnten wegen der immer noch zu großen Unterschiede die mit der Beauftragung der HSVA angestrebten verallgemeinernden Empfehlungen zur Überholproblematik nicht erarbeitet werden.

7 Analyse

7.1 Bewertung des Kollisionsgeschehens

7.1.1 Bahnverlaufsanalyse nach ECS-Datenauswertung⁴⁹

Zeit (UTC)	Geschw. Cosco H. [kn]	Geschw. Nedlloyd F. [kn]	Kurs Cosco H. [°]	Kurs Nedlloyd F. [°]	Abstand Sensoren [m]	Abstände Schiffswand [m]
13:34:24	15.1	13.3	124.0	130.4	275.6	212.7
13:34:34	15.1	13.0	125.0	127.7	270.0	207.9
13:34:44	15.1	13.0	125.0	127.7	262.5	202.3
13:34:54	15.2	13.0	125.0	127.7	256.5	198.3
13:35:04	15.2	13.0	125.0	127.7	251.6	195.0
13:35:14	15.3	13.0	124.0	127.7	240.5	187.8
13:35:24	15.4	13.0	124.0	127.7	233.6	183.0
13:35:34	15.4	12.2	125.0	132.0	231.3	182.4
13:35:44	15.4	12.2	127.0	132.0	220.9	176.9
13:35:54	15.4	12.2	128.0	132.0	210.0	171.8
13:36:04	15.3	12.2	129.0	132.0	205.4	172.6
13:36:14	15.3	12.2	130.0	132.0	201.2	171.5
13:36:24	15.3	12.2	131.0	132.0	200.0	171.2
13:36:34	15.3	10.6	130.0	131.9	204.2	174.2
13:36:44	15.3	10.6	130.0	131.9	204.2	169.8
13:36:54	15.2	10.6	130.0	131.9	206.7	167.0
13:37:04	15.2	10.6	130.0	131.9	206.4	164.0
13:37:14	15.1	10.6	129.0	131.9	212.6	165.5
13:37:24	15.1	10.9	130.0	131.9	214.2	155.3
13:37:34	15.0	12.6	131.0	126.2	207.0	137.7
13:37:44	15.0	12.5	133.0	126.2	195.1	120.4
13:37:54	14.9	12.6	134.0	126.2	186.6	102.3
13:38:04	14.9	12.6	134.0	126.2	179.6	89.0
13:38:14	14.9	12.6	135.0	126.2	168.7	73.0
13:38:24	14.9	12.6	135.0	126.2	163.6	58.4
13:38:34	15.0	15.0	134.0	127.0	163.5	52.8
13:38:44	15.1	15.0	134.0	127.0	176.0	47.0
13:38:54	15.1	15.0	134.0	127.0	189.9	45.9
13:39:04	15.1	15.0	135.0	127.0	204.4	40.3
13:39:14	15.1	15.0	134.0	127.0	217.3	32.9
13:39:24	15.1	15.0	134.0	127.0	235.1	23.2
13:39:34	15.1	8.0	133.0	131.4	272.0	3.5
13:39:44	15.0	8.0	133.0	131.4	340.1	57.2
13:39:54	14.8	8.0	135.0	131.4	406.9	125.2

Ausschnitt aus Tabelle 2 (vgl. Pkt. 6.2.2.5)

⁴⁹ Quelle: FB Seefahrt.

Die in dem grau hinterlegten Tabellenauszug enthaltenen Werte kennzeichnen in etwa die für das Kollisionsgeschehen letztlich maßgeblichen Zeiträume. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich im Ergebnis um zeitsynchronisiert ermittelte Abstände handelt. Dies ändert aber nichts daran, dass die im Übrigen relativ sichere Datengrundlage eine eindeutige Tendenz erkennen lässt und nachfolgende Schlüsse ermöglicht:

Die mangels anderweitiger Anhaltspunkte höchstwahrscheinlich ausschließlich hydrodynamisch determinierte Annäherung der beiden Fahrzeuge setzte zu einem Zeitpunkt ein, als der geringste Abstand zwischen den Bordwänden der Schiffe noch mehr als 170 Meter betrug und der Bug der COSCO HAMBURG etwa auf der gleichen Höhe war, wie das Heck der NEDLLOYD FINLAND.⁵⁰ Mit einer zwischenzeitlich zunehmenden Geschwindigkeitsdifferenz (bis auf ca. 4,5 Knoten) schob sich die COSCO Hamburg anschließend pro Minute um etwa 140 Meter an der NEDLLOYD FINLAND vorbei. Die Brücken beider Fahrzeuge befanden sich demnach etwa ein bis zwei Minuten später auf der gleichen Höhe.⁵¹ Der seitliche Abstand zwischen den Bordwänden der NEDLLOYD FINLAND und der COSCO HAMBURG betrug nunmehr –auf den ersten Blick noch ausreichend erscheinend– ca. 90 Meter, nahm aber in der Folgezeit, wie aus der Tabelle 2 eindrucksvoll ablesbar, weiter kontinuierlich ab.

7.1.2 Hydrodynamische Betrachtungen

Ein Vergleich der erzielten Resultate der numerischen Begutachtung (SVA Potsdam) mit denjenigen der experimentellen Untersuchung (DST) ergibt, wie oben bereits angedeutet, dass zwar in der Tendenz die für den hydrodynamischen Aspekt der Kollisionsentwicklung ermittelten Kräfte und Momente einen gleichen bzw. ähnlichen Verlauf aufweisen, sie jedoch betragsmäßig teilweise deutlich divergieren. Von besonderer Bedeutung ist insoweit die Tatsache, dass die beteiligten Wissenschaftler aus Potsdam, Duisburg und Hamburg während der Erstellung ihrer Gutachten in ständigem Kontakt und Erfahrungsaustausch standen. Es war also sichergestellt, dass alle beteiligten Experten ihre wissenschaftlichen Untersuchungen auf der Grundlage einer weitestgehend einheitlichen Datenbasis vornehmen konnten.

Während die Berechnungen der SVA letztlich zu dem Ergebnis führten, dass für den vorwiegend betrachteten Passierabstand von 150 Metern nur relativ kleine, wenn auch sich mit dem Längsversatz der Schiffe ändernde Ruderwinkel erforderlich seien, um die auftretenden Ansaugeffekte zu beherrschen, haben die Experimente des DST ergeben, dass schon bei einem seitlichen Abstand von ca. 130 Metern, Ruderwinkel notwendig werden, die in dieser Größenordnung praktisch nicht mehr zur Verfügung stehen.

⁵⁰ Der relevante „Bug zu Heck – Zeitpunkt“ dürfte innerhalb des (zeitsynchronisierten) Bereiches zwischen 13:35:44 Uhr UTC und 13:36:34 Uhr UTC einzuordnen sei.

⁵¹ (Synchronisierter) Zeitpunkt „Brücke neben Brücke“ ca. 13:38 Uhr UTC.

7.1.3 Schlussfolgerungen

Am 21. Februar 2005 fand im Hause BSU eine Bestandsaufnahme zu den erzielten Untersuchungsergebnissen statt. Als Gäste der BSU nahmen an der Diskussionsrunde die Wissenschaftler der beauftragten Institute⁵² und ein erfahrener Kapitän⁵³ als Sachverständiger für die BSU teil.

Im Rahmen der Besprechung wurde deutlich, dass die vorliegenden Resultate der Experimente und Berechnungen nicht ausreichten, um die hydrodynamischen Aspekte des Unfallgeschehens abschließend bewerten zu können. Auch für die Formulierung allgemeingültiger Sicherheitsempfehlungen fehlte eine ausreichende Basis.

Insbesondere wegen der offensichtlichen Diskrepanzen bei den Untersuchungsergebnissen haben in der Folgezeit sowohl das DST als auch die SVA Potsdam über den jeweiligen ursprünglichen Untersuchungsauftrag teilweise deutlich hinausgehende Anstrengungen unternommen, um etwaige Fehler im Rahmen der eigenen Betrachtungen aufzudecken. Trotz all dieser Bemühungen blieben jedoch, abgesehen von der Klärung einiger Differenzen, die oben beschriebenen auseinandergehenden Ergebnisse letztlich bestehen.

Prof. Söding, der für die BSU eine abschließende Bewertung aller erzielten Resultate vorgenommen hat, tendiert in seiner Beurteilung dahin, dass die numerisch gewonnenen Ergebnisse verlässlicher seien. Im Einzelnen hat er in seinen schriftlichen Stellungnahmen unter anderem ausgeführt: *„...Ich fürchte, die Ergebnisse (gemeint sind diejenigen des DST; d. Verf.) sind nicht falsch, aber bezüglich der horizontalen Querkraft, vielleicht auch bezüglich der Längskraft ungenau. Die Übereinstimmung bezüglich des Giermoments zeigt meines Erachtens, dass die Rechnungen korrekt und recht genau sind. Bei Experimenten erscheint es gut möglich, dass das Moment richtig und die Kräfte ungenau gemessen werden; das kann zum Beispiel an ungenauer Ausrichtung des Modells in Längsrichtung liegen. Bei Rechnungen ist es aber extrem unwahrscheinlich, dass die Momente in allen Fällen korrekt sind und die Kräfte falsch...“*

Ein von Prof. Söding vorgenommener Vergleich der vom DST gemessenen Kräfte und Momente am Modell der NEDLLOYD FINLAND, allein in Abhängigkeit vom Ruder- und vom Driftwinkel (= Richtung der Bewegung relativ zur Schiffslängsachse) mit den entsprechenden Ergebnissen der Potsdamer Berechnungen hat folgende Diskrepanzen ergeben:

1. Seitenkraft abhängig vom Driftwinkel:
Messergebnis = 85% des Rechenergebnisses
2. Seitenkraft abhängig vom Ruderwinkel:
Messergebnis = 92% des Rechenergebnisses
3. Giermoment abhängig vom Driftwinkel:
Messergebnis = 89% des Rechenergebnisses
4. Giermoment abhängig vom Ruderwinkel:
Messergebnis = 50% des Rechenergebnisses

⁵² PD Dr.-Ing. T. Jiang, Dr.-Ing. A. Gronarz (beide für DST), Dr.-Ing. H. Weede (HSVA), Dr.-Ing. A. Cura Hochbaum (SVA Potsdam), Prof. em. Dr.-Ing. H. Söding (Berater BSU)

⁵³ Kapitän W. Heppner (Werftkapitän der Sietas-Werft)

Bei den ersten drei Werten stimmen demnach Messung und Rechnung brauchbar überein. Beim Wert Nr. 4 gilt dies allerdings nicht. Prof. Söding hält den Rechenwert für glaubhafter, weil das Verhältnis zwischen Giermoment und Seitenkraft (beide abhängig vom Ruderwinkel) bei der Rechnung erwartungsgemäß etwa 42% der Schiffslänge beträgt, während sich bei der Messung ein (für die vorhandene Wassertiefe) unerwartet kleiner Wert von 22% der Schiffslänge ergibt.

Die Diskrepanz der Werte zu Nr. 4 sei besonders deshalb von Bedeutung, weil gerade die Größe des Giermomentes in Abhängigkeit vom Ruderwinkel dafür maßgeblich ist, welcher Ruderwinkel nötig ist, um das kleine Schiff auf Kurs zu halten.

In den nachfolgenden Diagrammen hat Prof. Söding die experimentell bzw. numerisch ermittelten Werte für die Längskraft X , die Querkraft Y und das Giermoment N zur Veranschaulichung der Unterschiede in den erzielten Resultaten grafisch übereinander gelegt.

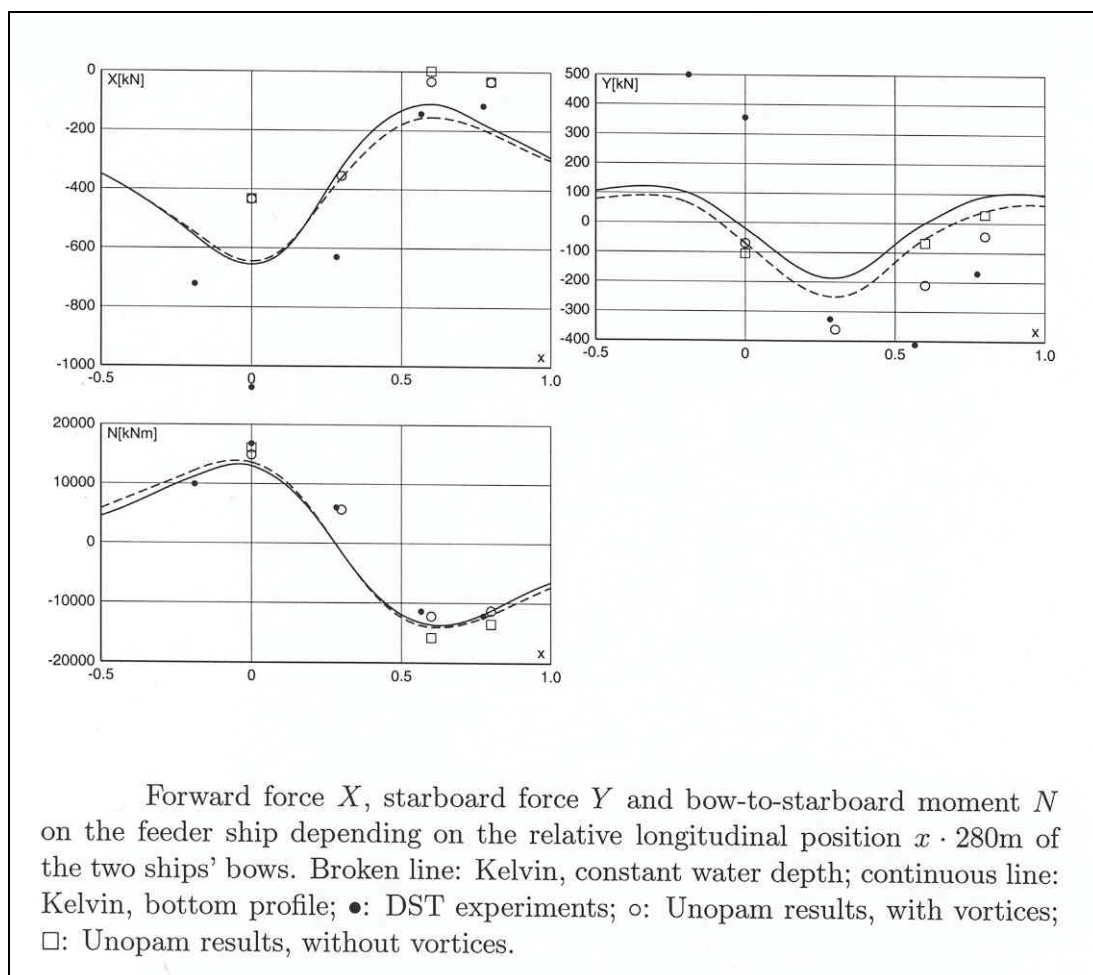


Abbildung 75: Gegenüberstellung der unterschiedlichen Rechen- und Messergebnisse⁵⁴

⁵⁴ Quelle: Prof. Söding für BSU, zugleich Manuskript Söding/Conrad: „Analysis of overtaking manoeuvres in a narrow waterway“ (Beitrag zur Hydman-Konferenz in Polen September 2005).

Abbildung 75 zeigt die auf die NEDLLOYD FINLAND an unterschiedlichen relativen Positionen beider Schiffe⁵⁵ einwirkende Längskraft X^{56} , Querkraft Y^{57} und das Giermoment N^{58} bei einem Seitenabstand von 150 Metern und einer Geschwindigkeit von 15 Knoten.

Zu den verwendeten Rechenmethoden ist anzumerken, dass das von der SVA Potsdam genutzte Programm KELVIN nichtlineare Quell-Methoden nutzt, wobei die kinetischen und dynamischen Randbedingungen an der verformten Wasseroberfläche erfüllt werden. Die vollzogenen Berechnungen wurden ohne Berücksichtigung von Wirbeleffekten unter Vernachlässigung der Kutta-Bedingungen über die Strömungsablösung an den achteren Enden und den Ruderblättern beider Schiffe durchgeführt. Propellereinflüsse wurden ebenfalls nicht in die Berechnung einbezogen. Die Reibungskräfte an den Schiffsrümpfen wurden an Hand der ITTC-Richtlinien geschätzt.

Prof. Söding hat zusätzlich Berechnungen mit dem Programm UNOPAM⁵⁹ durchgeführt. Bei diesem Rechenmodell kommt eine andere, auf der Patch-Methode basierende nichtlineare Rankine-Quell-Methode zur Anwendung, die sich in zahlreichen Einzelheiten von „Kelvin“ unterscheidet. Hier wurden Berechnungen mit und ohne Berücksichtigung von Wirbeleinflüssen am Schiffsrumpf der NEDLLOYD FINLAND angestellt.

Als Fazit aus den durchgeführten Experimenten und diversen Berechnungen ergibt sich also, dass eine eindeutige, zweifelsfreie Herleitung der Unfallursachen und insbesondere eine genaue Abbildung der das Kollisionsgeschehen zwischen der COSCO HAMBURG und der NEDLLOYD FINLAND begleitenden hydrodynamischen Interaktionen nicht möglich war. Zwar deuten die Berechnungen der SVA Potsdam und deren Bewertung durch Prof. Söding darauf hin, dass bei einem anfänglichen Seitenabstand von etwa 150 Metern die Steuerfähigkeit der NEDLLOYD FINLAND zur Vermeidung der Kollision noch ausgereicht haben müsste, um drohenden Sogeffekten zu entgehen. Andererseits stimmen die Ergebnisse des DST weitgehend mit den plausiblen Aussagen der Augenzeugen des Unfallgeschehens und auch mit den Auswertungen des FB Seefahrt überein, nach denen die NEDLLOYD FINLAND auf das Heck der COSCO HAMBURG zugelaufen sei, ohne dass dies für die NEDLLOYD FINLAND letztlich vermeidbar gewesen wäre.

Bedeutsam ist im Übrigen die Feststellung, dass für das „theoretische“ Halten eines minimierten sicheren Passierabstandes sich während des Verlaufs des Überholvorgangs ändernde Ruderwinkel eingestellt werden müssten. Verwiesen sei in diesem Zusammenhang auf die Ergebnisse der Berechnungen der SVA Potsdam. Unabhängig davon, dass die errechneten Werte ihren Beträgen nach nicht mit den

⁵⁵ Längsversatz x (vgl. Abzisse) ist Null, wenn die Bugspitzen beider Schiffe auf gleicher Höhe sind; x ist 1.0, wenn der Bug der NEDLLOYD FINLAND 280 Meter (= ungefähre Loa der COSCO HAMBURG) hinter dem Bug des Überholers ist.

⁵⁶ Positives Vorzeichen bedeutet nach voraus gerichtete Kraft. Positive Werte für X werden hier nur deshalb nicht erreicht, weil die Schubkraft des Propellers der NEDLLOYD FINLAND innerhalb der Berechnungen vernachlässigt wurde (quasistationäre Betrachtungsweise).

⁵⁷ Positives Vorzeichen bedeutet nach Steuerbord gerichtete Kraft.

⁵⁸ Positives Vorzeichen bedeutet Drehrichtung des Bugs weg vom Überholer.

⁵⁹ UNOPAM = Unsteady NOlinear PAnel Method.

Messergebnissen des DST und den ermittelten Bahnverläufen des FB Seefahrt sowie den Zeugenaussagen in Einklang zu bringen sind, bestätigen die unten auszugsweise dargestellten Ruderwinkel die bekannten Thesen, nach denen zur Einhaltung seiner Bahn und eines Mindestabstandes das kleinere Fahrzeug zunächst (moderat) auf den Überholer zusteuern muss und grundsätzlich erst in der letzten Phase des Überholvorganges von ihm wegdrehen darf.

Längs- versatz L	Seiten- abstand [m]	Ruder- winkel δ [°]
-0.2	150	4.7
0.	150	7.7
0.3	150	2.2
0.6	150	-7.8
0.8	150	-7.7
0.6	100	-13.7
0.6	200	-4.7

Auszug aus Tabelle 5 (vgl. Pkt. 6.3.2.7)

Eine solche, theoretisch optimale Vorgehensweise ist allerdings in der Praxis kaum umsetzbar. Der Sachverständige der BSU Kapitän Heppner hat in der oben erwähnten Diskussionsrunde vom 21. Februar 2005 auf die Schwierigkeiten hingewiesen, die der Praktiker mit der Bestimmung der zwischen den Fahrzeugen wirkenden Kräfte und Momente naturgemäß hat. Die entsprechenden Kenngrößen an Bord sind nicht bekannt oder kurzfristig bestimmbar. Wichtigstes Mittel der Gefahrvermeidung im Bereich von Überholvorgängen ist deshalb derzeit die rechtzeitige und umfassende Verständigung zwischen den beteiligten Schiffsführungen und Lotsen. Der zu Überholende müsse außerdem aktiv am Überholvorgang teilnehmen.

Aus der Tatsache, dass schon für diesen konkret zu untersuchenden Seeunfall trotz Vorliegens fast aller wichtigen relevanten Daten keine fundierte Aussage darüber getroffen werden konnte, bei welchem Seitenabstand die Steuerfähigkeit der NEDLLOYD FINLAND praktisch aufgehoben war, ergibt sich, dass auch und erst recht eine von der BSU ursprünglich angestrebte allgemeine Aussage zur Frage des sicheren Passierabstandes im begrenzten Fahrwasser nicht getroffen werden kann. Die gewonnenen Erkenntnisse stützen allerdings vollumfänglich die bereits am 1. Oktober 2004 veröffentlichte Sicherheitsempfehlung zur Problematik des sicheren Passierabstandes.⁶⁰ In der genannten Empfehlung war bereits darauf hingewiesen worden, dass allgemeingültige Empfehlungen zu der gesamten Problematik zum gegenwärtigen Zeitpunkt kaum festlegbar erscheinen. Diese Befürchtung hat sich nunmehr leider bestätigt. Kritischen Äußerungen zu der Empfehlung⁶¹, die insbesondere Pauschalisierungen der BSU für wenig hilfreich ansahen, ist entgegenzuhalten, dass der derzeitige Stand der Wissenschaft zu der außerordentlich bedeutsamen und komplizierten Problematik sicherer Passierabstände beim

⁶⁰ Vgl. hierzu den am Ende des Berichtes abgedruckten Originaltext der Empfehlung.

⁶¹ Vgl. stellvertretend Prof. W. Huth, in Schiff & Hafen, Dezember 2004, S. 57 f.

Überholen in der Tat unbefriedigend ist. Gleichwohl sah und sieht es die BSU als ihre Pflicht an, auf das hohe Gefahrenpotential von Ansaugeffekten im Rahmen von Überholmanövern hinzuweisen und hält in diesem Zusammenhang eine „pauschalisierende“ Sicherheitsempfehlung in jedem Falle für besser, als sich gänzlich aus der notwendigen Diskussion der Problematik herauszuhalten.

Zusammenfassend lassen sich folgende Feststellungen treffen:⁶²

- Die bisher durchgeführten Untersuchungen erlauben es noch nicht, verbesserte (also konkreter gefasste) Empfehlungen für das Überholen von Seeschiffen im begrenzten Fahrwasser zu geben.
- In Anbetracht der wachsenden Schiffsgrößen sind verbesserte Empfehlungen unerlässlich.
- In den bisher erschienenen Publikationen wurden überwiegend die Kräfte quer zur Bahn und das Giermoment untersucht, welche die Schiffe aufeinander ausüben. Es erscheint aber ebenso wichtig, die nach vorn gerichtete Längskraft auf das überholte Schiff gegen Ende des Überholvorgangs zu berücksichtigen. (Der Bug des Überholten befindet sich dann in einer „Mulde“, die der Überholer neben sich erzeugt, während das Heck auf wenig gestörtem oder sogar über das Ruhe-Niveau gehobenem Wasserspiegel hinter der „Mulde“ schwimmt. Die dadurch auf das überholte Schiff wirkende, nach vorn gerichtete „Hangabtriebskraft“ verringert dessen Propellerbelastung und damit dessen Ruderwirksamkeit. Außerdem kann sie das anfangs langsamere Schiff bis auf die Geschwindigkeit des Überholers beschleunigen und den Überholvorgang durch den entstehenden „Surfeffekt“ geradezu unmöglich machen. Es besteht dann die Gefahr, dass die Schiffsführung mit dem Ziel der Beendigung des „Mitziehens“ die Steigung/Drehzahl des Propellers vermindert, wodurch wiederum die Ruderwirksamkeit weiter reduziert wird. Dadurch steigt zwangsläufig das Risiko, dass die Drehung des Bugs hin zum Heck des Überholers (Giermoment) nicht mehr ausgeglichen werden kann.)
- Die Geschwindigkeitsdifferenz beim Überholen ist ebenso wichtig, wie ein ausreichender Querabstand. (Die Schiffe müssen beim Beginn des Überholvorgangs eine so große Geschwindigkeitsdifferenz haben, dass das überholte Schiff nicht auf die Geschwindigkeit des Überholers beschleunigt wird, wenn Drehzahl/Propellersteigung auf dem überholten Schiff konstant gefahren werden.)
- Sichere Abstände setzen voraus, dass das überholte Schiff steuerfähig bleibt, d.h. der zum Kurshalten erforderliche Ruderwinkel kleiner als der maximale Ruderwinkel ist.
- Im Rahmen der Ausarbeitung von allgemein gültigen Empfehlungen zur Ermittlung des sicheren Passierabstandes hat deren uneingeschränkte Praxis-tauglichkeit oberste Priorität. Bei der Festlegung sicherer Abstände sollte deshalb vorrangig ein passives Kursverhalten des zu Überholenden vorausgesetzt werden. Anweisungen, nach denen beispielsweise in verschiedenen Phasen des Überholvorganges der zu Überholende verschiedene Rudermanöver auszuführen

⁶² Nachfolgende Feststellungen wurden inhaltlich zum Teil einer Stellungnahme von Prof. Söding für die BSU entnommen. Auch die Hinweise des Sachverständigen Kapitän Heppner wurden berücksichtigt.

- hätte, wären insoweit also wenig praktikabel und würden keinen spürbaren Sicherheitsgewinn bedeuten.
- Allgemein gültige Empfehlungen, die etwa für bestimmte Reviere in Abhängigkeit der beteiligten Fahrzeuge (differenziert nach Abmessungen, Völligkeit, Tiefgang), der zur Verfügung stehenden Fahrwasserbreiten und –tiefen und der Fahrzeuggeschwindigkeiten Auskunft darüber geben, welche Passierabstände und/oder Geschwindigkeitsdifferenzen einzuhalten sind, um ein sicheres Überholmanöver zu gewährleisten, erfordern umfangreiche Untersuchungen vieler Fälle mit einer weit gestreuten Variation der vorgenannten sowie weiterer Parameter (z. B. Bauweise der Steuer- und Vortriebseinrichtung; Bodentopographie).
 - Dem Training von Überholvorgängen an Schiffsführungssimulatoren kommt eine herausgehobene Bedeutung zu. Insoweit muss allerdings sichergestellt werden, dass die entsprechenden Systeme die in der jeweiligen Situation auftretenden Kräfte und Momente tatsächlich realitätsnah abbilden. Ziel wissenschaftlicher Untersuchungen muss daher in erster Linie eine Optimierung der den Simulationsanlagen insoweit zu Grunde liegenden Rechenprogramme sein.

Anmerkung: In seiner Stellungnahme zu dem Entwurf des vorliegenden Untersuchungsberichtes hat Prof. Söding darauf hingewiesen, dass sowohl die Experimente des DST als auch die Berechnungen der SVA Potsdam unter der Annahme einer Geschwindigkeit der COSCO HAMBURG von 15 Knoten durchgeführt wurden. Diese Geschwindigkeit stelle nach vorliegenden Erkenntnissen jedoch die hydrodynamisch irrelevante Geschwindigkeit *über Grund* dar. Es sei demgegenüber zu beachten, dass wegen des zum Unfallzeitpunkt vorherrschenden starken Ebbstroms (ca. 2 Knoten⁶³) die COSCO HAMBURG mit einer für die auftretenden Kräfte maßgeblichen Geschwindigkeit *durchs Wasser* von ca. 17 Knoten gefahren sein müsse. Bei einer solchen Geschwindigkeit könnten sich an der NEDLLOYD FINLAND 1,5 bis 2-fach so groß Kräfte und erforderliche Ruderwinkel ergeben, wie für eine Fahrt durchs Wasser von 15 Knoten.

Auch die SVA Potsdam hat in ihrer Stellungnahme betont, dass Kräfte und Momente auf das überholte Schiff sehr stark von der Geschwindigkeit des Überholers durch das Wasser abhängen.

Der mitgeteilte Aspekt ändert nichts an der grundsätzlichen Aussage der gefundenen Ergebnisse, insbesondere der Tatsache, dass die rechnerischen und die experimentell ermittelten Ruderwinkel trotz gleicher Ausgangsdaten nicht übereinstimmen. Der Hinweis, dass eine um etwa 2 Knoten höhere Geschwindigkeit durchs Wasser zu einem starken Anstieg der Kräfte und Momente und damit der erforderlichen Ruderwinkel führt, ist aber insbesondere deshalb von Bedeutung, weil dadurch die große Diskrepanz zwischen den Zeugenaussagen und den Ergebnissen des FB Seefahrt auf der einen Seite (Sogeffekte schon ab 170 Meter Seitenabstand!) und den rechnerisch vorhergesagten Werten der SVA (Beherrschbarkeit der Situation auch noch bei 100 Metern Seitenabstand) andererseits, zumindest relativiert wird.

⁶³ Nach den der BSU vorliegenden technischen Aufzeichnungen des WSA Hamburg und des BSH betrug der Ebbstrom im Bereich des Unfallortes zum Unfallzeitpunkt etwa 1,65 bis 1,75 Knoten.

Für Schiffsführungen und Lotsen überholender Fahrzeuge ergibt sich aus den vorgenannten Erwägungen Folgendes:

- Im Rahmen der Festlegung einer sicheren Überholgeschwindigkeit kommt der Fahrt *durchs Wasser* besondere Relevanz zu, da die Kräfte und Momente zwischen den Fahrzeugen neben dem Seitenabstand maßgeblich durch diesen „Geschwindigkeitstyp“ bestimmt werden.
- GPS-basierte Geschwindigkeitsangaben, die als so genannte Fahrt *über Grund* für die Navigation regelmäßig von größerer Bedeutung sind, liefern für sich allein betrachtet keine ausreichende Grundlage für die Wahl der sicheren Überholgeschwindigkeit, sondern müssen hierfür zunächst um etwaige Strömungs- und Windeffekte bereinigt werden.
- Bei entgegenlaufendem Strom besteht die besondere Schwierigkeit, dass einerseits eine ausreichende Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den Fahrzeugen erforderlich ist, um den Zeitbedarf des Überholvorgangs zu verringern. Andererseits potenzieren sich die auftretenden Kräfte bei einer Erhöhung der Geschwindigkeit *durchs Wasser* und begünstigen dadurch die Entstehung nicht beherrschbarer Situationen.

Dr. Ing. Andreas Gronarz vom DST hat der BSU in einer abschließenden Stellungnahme über den notwendigen Forschungsbedarf folgende Überlegungen mitgeteilt:

„...Durch experimentelle und numerische Untersuchungen können Aussagen über die wirkenden Kräfte und Momente sowohl des Überholers als auch des überholten Schiffes getroffen werden. Aus den Ergebnissen kann indirekt auf die Kontrollierbarkeit geschlossen werden, wenn die Steuereigenschaften (hydrodynamische Koeffizienten) bekannt sind.

Es kann jedoch nicht der zeitliche Verlauf eines Überholmanövers bestimmt werden. Dies ist nur mit dem Mittel der numerischen Bewegungssimulation möglich. Dazu sind die vollständigen hydrodynamischen Beiwerte des betrachteten Fahrzeuges erforderlich und zusätzlich eine mathematische Formulierung der Kräfte und Momente auf das Schiff infolge der Interaktion mit dem anderen Fahrzeug. Dabei sollten möglichst viele der oben angedeuteten Parameter berücksichtigt werden, um mit dem Mittel der Simulation eine Vielzahl von möglichen Fällen untersuchen zu können.

Bisher ist eine derartige Simulation nicht möglich, da es keine mathematische Beschreibung der Interaktionskräfte gibt. Verschiedene Untersuchungen sind veröffentlicht, aber die Ergebnisse reichen nicht für eine realitätsnahe Simulation von Überholmanövern aus. Wünschenswert wäre eine Simulation auf einem Schiffsführungssimulator. Diese Anlagen, die neben der Berechnung der Bewegung des Eigenschiffes auch eine realitätsnahe Darstellung der Umgebung liefern, werden von kommerziellen Herstellern geliefert und ermöglichen in den wenigsten Fällen einen Eingriff in die Simulationssoftware. Genau dies aber ist erforderlich, um ein Interaktionsmodell zu implementieren und die Wirkung der zusätzlich durch den Überholvorgang wirkenden Kräfte und Momente zu berücksichtigen.

Als Alternative bleibt der Verzicht auf die Visualisierung auf einer Brücke und die Simulation auf einem PC mit spezieller Software, die dem Zugriff durch den Programmierer offen ist. Es ist aber auch die Zusammenarbeit mit einem Hersteller denkbar, der dann den Eingriff in die Software ermöglicht und an der Simulation von

Überholvorgängen mitarbeitet. Mögliche Partner bei einem gemeinsamen Forschungsvorhaben könnten Versuchsanstalten oder andere Forschungseinrichtungen sein, sowie Betreiber/Hersteller von Simulatoren, vorausgesetzt, sie ermöglichen die notwendigen Eingriffe in die Software. ...“

Abschließend kann festgestellt werden, dass die Diskussionen der BSU mit den verschiedenen Forschungseinrichtungen unter Beteiligung von deren wichtigsten wissenschaftlichen Kapazitäten ergeben haben, dass im Detail durchaus unterschiedliche Auffassungen über das Ob, Wie und die (derzeitigen) Grenzen der Festlegung/Festlegbarkeit allgemeingültiger Empfehlungen zum sicheren Passierabstand von Fahrzeugen im begrenzten Fahrwasser bestehen. Jedoch herrschte Einigkeit darüber, dass weitergehende Betrachtungen unerlässlich sind, um die Sicherheit der Seefahrt in dem fraglichen Bereich wirksam zu erhöhen.

Hierzu ist es notwendig, entsprechende Forschungsvorhaben zu initiieren. Diese haben wegen der (qualitativ und quantitativ zunehmenden) Gefahren und möglicher wirtschaftlicher und ökologischer Folgen durch hydrodynamische Interaktionen im Rahmen von Überholmanövern, eine sehr hohe volkswirtschaftliche Bedeutung.

7.2 Zulässigkeit von Lascharbeiten auf fahrenden Containerschiffen

Wie bereits oben dargestellt, fiel infolge der Kollision zwischen den beiden Schiffen der an Deck der NEDLLOYD FINLAND tätige philippinische Matrose (P.) über Bord und konnte später nur noch tot geborgen werden. Diesen tragischen Unglücksfall nimmt die BSU zum Anlass, sich im Sinne einer umfassenden Unfallanalyse auch näher mit der Frage zu befassen, ob beziehungsweise unter welchen Voraussetzungen Lascharbeiten auf fahrenden Containerschiffen zulässig sind.

Große Bedeutung hat diese Frage insbesondere im Feederdienst, da hier

- eine Minimierung der Liegeplatz- und Hafendurchlaufzeiten besonderes Gewicht hat,
- die Anzahl der am jeweiligen Umschlagplatz zu bewegenden Container im Allgemeinen eher gering ist und
- die Schiffsdimensionen und insbesondere die Höhe der Stacks⁶⁴ ein für Lascharbeiten notwendiges Besteigen der Deckscontainerladung in einem Maße ermöglichen, wie es auf Großcontainerschiffen regelmäßig nicht in Betracht kommt.

Die Tatsache, dass *reguläre* Lascharbeiten⁶⁵ an Bord von Feederschiffen während des Versegelns beispielsweise auf der Elbe oder der Weser an der Tagesordnung sind, Seeleute dabei ohne besondere Sicherheitsvorkehrungen tätig werden und es sich insoweit keineswegs um Einzelfälle handelt, ist allgemein bekannt.⁶⁶

⁶⁴ stack = engl. für Stapel = eingedeutschte Fachbezeichnung für Containerstapel.

⁶⁵ Anmerkung: Die Betrachtungen der BSU beziehen sich nicht auf die Fälle, in denen an Bord in Notsituationen kurzfristig außerplanmäßige Maßnahmen zur Sicherung von Ladung ergriffen werden müssen (so genanntes Nachlaschen).

⁶⁶ Vgl. zur Gesamtproblematik den Aufsatz von Prof. W. Huth „Lascharbeiten auf Feederschiffen auf der Elbe bzw. Weser“, Schiff & Hafen 2/2005, S. 59 f.

Auch an Bord der NEDLLOYD FINLAND wurde nicht mehr und nicht weniger, als im Rahmen dieser gängigen Praxis gehandelt. Im Anschluss an die Darstellung des fraglichen Geschehensablaufs am Unfalltag (Pkt. 7.2.1) erfolgt deshalb eine allgemeine Bestandsaufnahme der maßgeblichen Vorschriften und Regeln (7.2.2), bevor abschließend die eingangs aufgeworfene Frage hinsichtlich der Zulässigkeit der Lascharbeiten beantwortet wird (Pkt. 7.2.3).

7.2.1 Ausgangssituation

7.2.1.1 Zeugenaussage

Das spätere Unfallopfer P. war zusammen mit einem weiteren philippinischen Matrosen gegen 14.30 Uhr vom 1. Offizier zum Entlaschen von Containern eingeteilt worden. Dieser Matrose wurde einen Tag nach dem Unfall von der Wasserschutzpolizei Hamburg zu seinen Wahrnehmungen befragt.

Nach seinen Angaben habe er selbst mit dem Entlaschen bei Bay 1⁶⁷ begonnen, P. bei den Bays 3/5. Man habe sich gemeinsam nach achtern vorgearbeitet. Als der Zeuge bei den Bays 7/9 vorbeigekommen sei, habe P. dort gerade ungefähr beim dritten Container von Steuerbord aus die Laschings gelöst. Der Zeuge habe seinerseits bei den Bays 11/13 weitermachen wollen. Er habe die Annäherung des eigenen Schiffes an das Heck der COSCO HAMBURG wahrgenommen und P. zugerufen, er solle aufpassen. Eine Antwort von P., zu dem er keinen Sichtkontakt hatte, habe er nicht erhalten. Der Zeuge habe beobachtet, was passieren würde und sich gut festgehalten. Beim Zusammenstoß hätten die Container gewankt. Erst nach einer geraumen Weile sei das Schiff freigekommen und in seine alte Lage zurückgekehrt. Der Zeuge habe sich zu den Bays 7/9 begeben, aber P. nicht finden können. Nachdem ihm auch andere Besatzungsmitglieder keine Auskunft über den Verbleib von P. hätten geben können, habe er sofort die Schiffsleitung informiert.

Auf die Frage, ob bei solchen Lascharbeiten Sicherheitsgurte und aufblasbare Arbeitswesten eingesetzt würden, antwortete der Zeuge, dass dies normalerweise nicht der Fall sei. Ein Sicherheitsgurt würde nur getragen, wenn auf hoher See bei schlechtem Wetter nachgelascht wird. Rettungswesten seien bei solchen Arbeiten unüblich.

7.2.1.2 Containerstauung an Deck der NEDLLOYD FINLAND am Unfalltag

Die nachfolgende Darstellung zeigt die Anordnung der Containerladung oberhalb des Hauptdecks der NEDLLOYD FINLAND am Unfalltag. An Deck waren Container bis maximal zur vierten Lage⁶⁸ gestaut.

(Den 40-Fuß-Containern und Sondergrößen wurde zur besseren Veranschaulichung der jeweiligen Ladungseinheit die Farbe blau oder grün zugewiesen. Für 20-Fuß-Container wurden die Farben rot und gelb gewählt. Die unbesetzten Positionen sind farblos dargestellt.)

⁶⁷ „Bay“ = jeweils eine Containerreihe (kompletter Stapel) in Querschiffsrichtung von Bordwand zu Bordwand; Zählweise von vorn nach achtern, wobei die Querstapel der 20-Fuß-Container mit jeweils ungeraden Zahlen nummeriert werden (1, 3, 5, ...) während diejenigen der 40-Fuß-Container mit geraden Zahlen gekennzeichnet sind (2, 4, 6, ...). Die beschriebene Zählweise hat zur Folge, dass der Bay 2 standortmäßig die Bays 1 und 3 (kurz 1/3) entsprechen.

⁶⁸ Der englische Fachbegriff für Containerlage lautet „Tier“.

4. Containerlage

3. Containerlage

2. Containerlage (Position des über Bord gegangenen Containers geschwärzt)

1. Containerlage (Position des in das Gangbord gestürzten Containers geschwärzt)

23	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3	1
12		10		8		6		4		2	

Zählweise der Bays (Letzter bekannter Aufenthaltsbereich von P. grau dargestellt)

7.2.2 Rechtliche Vorgaben

Normen, die (auch) die rechtliche Beurteilung der Laschproblematik auf fahrenden Containerschiffen berühren, finden sich in Kapitel VI SOLAS 74/88⁶⁹ sowie in den berufsgenossenschaftlichen Unfallverhütungsvorschriften.

7.2.2.1 SOLAS-Übereinkommen

7.2.2.1.1 Allgemeine Regeln

In *Regel 5* (Stauung und Sicherung) des *Kapitels VI* (Beförderung von Ladung) heißt es in *Absatz 1*:

„Auf oder unter Deck beförderte Ladung, Ladungseinheiten oder Beförderungseinheiten sind so zu laden, zu stauen und zu sichern, dass während der gesamten Reise Schäden oder Gefahren für das Schiff und die Personen an Bord sowie das Überbordgehen von Ladung soweit wie möglich verhindert werden.“⁷⁰

Für die Umsetzung dieser Verpflichtung stellt das ordnungsgemäße Laschen, also die Sicherung der Ladung für die Reise zwangsläufig eine der wichtigsten Maßnahmen dar. Insbesondere aber auch die Laschtätigkeit selbst unterliegt als Arbeitsprozess an Bord dem Schutzbereich der zitierten SOLAS-Vorschrift. Auch insoweit ist sicherzustellen, dass Gefahren für das Schiff und die Personen an Bord weitestgehend verhindert werden.

Daraus folgt, dass sowohl nicht gerechtfertigte Risiken im Rahmen der Lascharbeiten als auch das Entlaschen von Ladung vor dem Erreichen des Liegeplatzes, also die vorzeitige Aufhebung von Sicherungsmaßnahmen, in jedem Fall als Verstöße gegen die Anforderungen der oben zitierten Regel 5 Abs. 1 anzusehen sind. Mit dem Entlaschen von Containern auf der NEDLLOYD FINLAND noch während der Fahrt zum Liegeplatz im Hafen Hamburg wurde somit unzweifelhaft gegen die genannte SOLAS-Regel verstoßen.

An dieser grundsätzlichen Feststellung ändert auch der Norminhalt von *Absatz 6* der fraglichen *Regel 5* nichts. Dort heißt es wörtlich:

„Alle Ladungen mit Ausnahme fester oder flüssiger Massengüter, alle Ladungseinheiten und Beförderungseinheiten sind während der gesamten Reise nach Maßgabe des von der Verwaltung genehmigten Ladungssicherungshandbuchs zu laden, zu stauen und zu sichern. Auf Schiffen mit Ro-Ro-Laderäumen im Sinne der Regel II-2/3.41 muss die Sicherung solcher Ladung, Ladungseinheiten und Beförderungseinheiten nach Maßgabe des Ladungssicherungshandbuchs vor dem Auslaufen des Schiffes abgeschlossen sein. Die bei der Abfassung des Ladungssicherungshandbuchs zu berücksichtigenden Anforderungen müssen mindestens den von der Organisation ausgearbeiteten Richtlinien gleichwertig sein.“⁷¹

⁶⁹ Internationales Übereinkommen von 1974 zum Schutze des menschlichen Lebens auf See, geändert durch das Protokoll von 1988 (in Deutschland verbindlich in Verbindung mit § 1 Abs. 2 Schiffssicherheitsgesetz, BGBl I 1998, 2860; zuletzt geändert durch Art. 3 Gesetz v. 25. 6. 2004 BGBl I, 1389).

⁷⁰ Unterstreichungen durch den Verfasser des Berichtes.

⁷¹ Vgl. Fn. 69 f.

Die letztgenannte Bestimmung, die in Satz 2 für Ro-Ro-Ladung ausdrücklich fordert, dass deren Sicherung vor dem Auslaufen des Schiffes abgeschlossen sein müsse, darf nicht in dem Sinne missverstanden werden, dass das für alle (sonstigen) Ladungsarten statuierte allgemeine Erfordernis einer sicheren Ladung und Stauung während der gesamten Reise im Sinne von Regel 5 Abs. 1 weniger strikt zu beachten sei. Aus Absatz 6 Satz 2 kann insbesondere nicht in Umkehrung der dortigen Festlegung gefolgert werden, dass außer für Ro-Ro-Ladung auf eine umfassende Sicherung der Ladung am Anfang der Reise oder noch weitergehend bereits vor deren Beendigung grundsätzlich verzichtet werden dürfe.

Der hier zu untersuchende Unfall hat deutlich gezeigt, dass sich die spezifischen Gefahren einer Seereise, die im Zusammenhang mit nicht ordnungsgemäß geladener, gestauter oder gesicherter (sonstiger) Ladung stehen, zu jedem beliebigen Zeitpunkt zwischen dem Verlassen des alten und dem Erreichen des neuen Liegeplatzes, also auch noch unmittelbar vor dem An- bzw. schon kurz nach dem Ablegen, verwirklichen können. Die in Regel 5 Absatz 6 Satz 2 gesondert niedergelegte Verpflichtung, dass die Sicherung von Ro-Ro-Ladung vor dem Auslaufen abgeschlossen sein muss, trägt allein dem besonders hohen Gefahrenpotential „rollender“ Ladung Rechnung. Hieraus kann jedoch keinesfalls verallgemeinernd gefolgert werden, das Sicherungserfordernis für sonstige Ladung sei nachrangig.

Zweifelhaft ist im Übrigen, ob überhaupt aus der besonderen Anordnung, die Sicherung „rollender“ Ladung müsse vor dem Auslaufen abgeschlossen sein, der grundsätzliche Schluss gezogen werden kann, die endgültige Sicherung sonstiger Ladung dürfe regelmäßig auch nach dem Ablegen fortgesetzt werden. Eine dem Sinn und Zweck der gesamten Regel 5 entsprechende Auslegung ergibt vielmehr, dass die besondere Betonung der Sicherungserfordernisse für „rollende“ Ladung vor allem deshalb erfolgt ist, um für dieses sensible Ladungsgut von vorn herein klarzustellen, dass ein Beenden der Lascharbeiten erst nach dem Auslaufen in jedem Falle (also auch ausnahmsweise) unzulässig ist. Die ausdrückliche Statuierung des entsprechenden Verbots dürfte dabei in erster Linie der Klarstellung und Abgrenzung dienen, gegenüber der historisch gewachsenen, die konventionelle Stückgutfahrt betreffende, abweichenden Bordpraxis. Aus der Tatsache, dass es im Bordbetrieb, praktischen Erfordernissen geschuldet, insbesondere in der Vergangenheit üblich war, die zum Teil zeitaufwändigen Lascharbeiten an diversen Stückgütern nach dem Ablegen fortzusetzen bzw. zu beenden, ergibt sich jedoch keine tragfähige Begründung, für das standardisierte Laschen von Containern allgemein auf das Festliegen eines Schiffes am Liegeplatz zu verzichten. Außerdem ist zu bedenken, dass es vorliegend nicht um den in Ausnahmefällen grundsätzlich zulässigen Abschluss von Lascharbeiten nach dem Ablegen geht, sondern um die vorzeitige Aufhebung von Sicherungsmaßnahmen bereits vor dem Anlegen. Schon aus diesem Grund ist ein Umkehrschluss im Sinne der oben angedeuteten Art und Weise mangels Vergleichbarkeit der jeweiligen Sachverhalte unzulässig.

Das grundsätzliche, aus SOLAS Kap. VI Regel 5 Abs. 1 folgende Gebot, die Ladung während der gesamten Reise zu sichern, wird also durch dessen besondere Betonung, soweit es um die Sicherung von Ro-Ro-Ladung geht (Regel 5 Abs. 6 Satz 2), nicht abgeschwächt.

Anmerkung: Die See-Berufsgenossenschaft (See-BG) hat in ihrer Stellungnahme zu dem Entwurf des vorliegenden Untersuchungsberichtes mitgeteilt, dass die dargestellte (extensive) Auslegung der Regel 5 Abs. 1 SOLAS ihrer Ansicht nach nicht haltbar sei. Von der Ladung seien keine Gefahren für Personen an Bord ausgegangen. Die Ladung der NEDLLOYD FINLAND sei im Übrigen „*wahrscheinlich ausreichend genug gesichert (gewesen), um damit ein Gewässer, hier die Elbe, zu befahren, auf dem Seegang ausgeschlossen ist.*“ Auch die Auslegung von Regel 5 Abs. 6 Satz 2 sei nicht nachvollziehbar, weil sie dem Gedanken des SOLAS-Übereinkommens, ausschließlich für Ro-Ro-Ladung eine spezielle Regelung treffen zu wollen, widerspreche.

Die BSU hat die vorgebrachten Argumente geprüft, hält jedoch vollumfänglich an ihrer dargestellten Auffassung fest. Dass von ungesicherter Ladung in Folge deren Herabstürzens große Gefahren für Personen an Deck ausgehen können, unterliegt nach Auffassung der BSU keinen vernünftigen Zweifeln. Auch die Tatsache, dass unabhängig davon, dass ein ruhiges Gewässer wie die Elbe befahren wird, Gefahren durch sich lösende Ladungsteile ausgehen können, belegt der hier zu betrachtende Unfall auf überzeugende Art und Weise. Dass im untersuchten Unfall zur Verwirklichung dieser spezifischen Gefahren außergewöhnliche, allerdings aber auch nicht fern liegende Umstände, hinzugetreten sind, ändert nichts an dieser grundsätzlichen Feststellung. Der Schutzbereich von Regel 5 Abs. 1 SOLAS kann bei Beachtung von Sinn und Zweck der Vorschrift nicht dahingehend verengt werden, dass die ausreichende Sicherung während der (gesamten!) Reise allein vor Gefahren durch „regulären“ Seegang schützen solle.

Die BSU erkennt im Übrigen nicht, dass es sich bei Regel 5 Abs. 6 Satz 2 SOLAS um eine speziell für Ro-Ro-Ladung erlassene Vorschrift handelt. Vielmehr dienen die insoweit dargestellten Erwägungen allein dem Zweck, zu verhindern, dass von Normadressaten aus der Existenz dieser Spezialregelung voreilig unzulässige (Umkehr-)Schlüsse für sonstige Ladungsgüter gezogen werden.

7.2.2.1.2 Ladungssicherungshandbuch der NEDLLOYD FINLAND

Die oben zunächst unter Zugrundelegung allgemeiner rechtlicher und tatsächlicher Erwägungen dargestellten Anforderungen an die Ladungssicherung auf fahrenden Containerschiffen werden für die NEDLLOYD FINLAND durch die Vorgaben des von der Verwaltung im Sinne von Regel 5 Absatz 6 Satz 1 SOLAS für dieses Schiff genehmigten Ladungssicherungshandbuches explizit bestätigt. Auf Seite 13 des Handbuches heißt es in Kapitel 3 (Überschrift: „Stowage and Securing of Containers“) in Unterpunkt 3.1 (Überschrift: „Handling and safety instructions“) unter anderem: *„Any securing or unsecuring of containers must be carried out during the ship's stay at a berth.“*

7.2.2.2 Unfallverhütungsvorschriften

Innerhalb der Unfallverhütungsvorschriften der See-Berufsgenossenschaft (UVV See) ist die Frage, ob oder unter welchen Voraussetzungen Lascharbeiten auf fahrenden (Container-)Schiffen zulässig sind, nicht speziell geregelt. Neben der sehr allgemein formulierten Regelung in § 9 UVV See, die den Unternehmer verpflichtet, für gefährliche Arbeiten alle nach den Erfordernissen des Einzelfalles notwendigen Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, wurde allerdings von der See-BG das Merkblatt E 2 verfasst und veröffentlicht, das wichtige Hinweise für das Laschen von Containern durch die Schiffsbesatzung enthält:

„E 2 - Merkblatt für das Laschen von Containern durch die Schiffsbesatzung

Zum Schutz der Versicherten auf Containerschiffen erlässt die See-Berufsgenossenschaft das nachfolgende Merkblatt für das Laschen von Containern durch die Schiffsbesatzung.

- 1. Laschgräben müssen auch nach Setzen aller im Cargo Securing Manual vorgesehenen Laschstangen sicher begehbar sein (vgl. UVV See § 92).**
- 2. Bei Dunkelheit ist für ausreichende Beleuchtung zu sorgen. Die Beleuchtung darf nicht blenden (vgl. UVV See § 139).**
- 3. Bei Lascharbeiten ist die entsprechende persönliche Schutzausrüstung, wie Schutzschuhe, Helm und Handschuhe, zu tragen (vgl. UVV See § 19).**
- 4. Das Setzen oder Entfernen der Laschstangen darf nur unter Mithilfe einer zweiten Person geschehen.**
- 5. Bei Arbeiten auf der ersten Lage Container oder höher sind Sicherheitsgeschirre anzulegen.**
- 6. Die Benutzung des Spreaders zur Personenbeförderung ist nicht gestattet, es sei denn, der Spreader verfügt über eine für diesen Einsatz vorgesehene, gesicherte Plattform (vgl. UVV See § 20).**
- 7. Bei Einsatz einer Leiter ist diese zu sichern. Die Gefahr des Rutschens der Leiter bei nassen Luken oder Containern ist zu beachten. Das Besteigen eines Containers ohne Leiter ist nicht gestattet (vgl. UVV See § 9 und Merkblatt F 8).**
- 8. Lascharbeiten während des Ladens oder Löschens in den gleichen oder angrenzenden Bays sind wegen der Gefahr von herunterfallenden Teilen nicht gestattet (vgl. UVV See § 22). Die Koordination übernimmt der Aufsichtsführende.**
- 9. Auf See ist eine Überprüfung der Containerlaschings und gegebenenfalls ein Nachlaschen erforderlich, insbesondere bei Annäherung an oder in Schlechtwettergebieten. Das Nachlaschen auf Containern ist dabei zu vermeiden und nur in dringenden Fällen anzuordnen.**
- 10. Beim Nachlaschen auf See sind die Bewegungen des Schiffes durch geeignete Wahl von Kurs und Geschwindigkeit auf ein Minimum zu beschränken. Das Nachlaschen bei starken Bewegungen des Schiffes im Seegang ist unter größter Vorsicht durchzuführen, um Quetschungen und ähnliche Verletzungen zu vermeiden.**

Bei Arbeiten an den äußeren Stacks ist ein Sicherheitsgeschirr anzulegen. Das gleiche gilt, wenn unumgängliche Sicherungsarbeiten auf den Containern durchzuführen sind.

- 11. UVV See § 9 (4) über das Umstauen von Ladung auf See mit Bordgeschirr ist zu beachten.⁷²**

⁷² Wird nach Inkrafttreten des § 9 Abs. 4 UVV See hinzugefügt.

Die Frage, ob das Laschen/Entlaschen auf fahrenden Containerschiffen unter arbeitsschutzrechtlichen Gesichtspunkten zulässig ist, wird durch das Merkblatt aber nicht direkt beantwortet. Allerdings ergeben sich aus den Punkten 9 und 10 (Nachlaschen auf See) wichtige Anhaltspunkte, die die oben dargestellte extensive Auslegung von SOLAS Kap. VI Regel 5 Abs. 1 stützen. Bedeutsam ist insoweit die Tatsache, dass innerhalb des Merkblattes der Aspekt der Ladungssicherung auf See einzig und allein im Zusammenhang mit gegebenenfalls erforderlich werdenden Nachlascharbeiten angesprochen, also als regelungsbedürftig eingestuft wird. Diese „Beschränkung“ des Merkblattes E 2 lässt sich nur damit sinnvoll begründen, dass im Gegensatz zu notwendigen Nachlascharbeiten stehende und nicht besonderen Umständen sondern allein ökonomischen Faktoren geschuldete gewöhnliche Lasch- und Entlascharbeiten auf fahrenden Schiffen grundsätzlich unzulässig sind.

Ebenfalls nur indirekt, aber trotzdem überzeugend, lässt sich das grundsätzliche Verbot von Lasch-/Entlascharbeiten auf fahrenden Containerschiffen aus der Tatsache ableiten, dass die für solche Arbeiten vorgeschriebene Sicherung des beauftragten Besatzungsmitgliedes durch das Bordpersonal praktisch kaum geleistet werden kann. Punkt 5 des Merkblattes E 2 verlangt für das Arbeiten auf der ersten Containerlage oder höher den Einsatz von Sicherheitsgeschirren. Deren Verwendung setzt jedoch voraus, dass die jeweiligen Sicherungsmittel ihrerseits ohne Gefährdung des damit zu beauftragenden Seemanns wirksam fixiert werden. Solche Sicherungsmaßnahmen können jedoch mit Bordmitteln auf fahrenden Schiffen in aller Regel nicht durchgeführt werden.

Die hohen Anforderungen an die Sicherung der mit Containerlascharbeiten beauftragten Beschäftigten werden im Übrigen auch durch § 11 der Unfallverhütungsvorschrift Hafenarbeit⁷³ belegt. Dort heißt es unter der Überschrift *Aufenthalt auf Stapeln und Ladungen*:

- „(1) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Sicherungen gegen Absturz getroffen werden, wenn
1. beim Aufenthalt auf Containern die Fallhöhe mehr als eine Containerhöhe,
 2. beim Aufenthalt auf Stapeln oder auf der Ladung von Schiffen oder Fahrzeugen die Fallhöhe mehr als 2 m beträgt.⁷⁴
- (2) Versicherte dürfen Container, Stapel oder Ladungen erst betreten, wenn Sicherungen gegen Absturz nach Absatz 1 getroffen sind. Dies gilt nicht für die Durchführung dieser Sicherungsarbeiten, sofern ein Betreten von Containern, Stapeln oder Ladungen hierfür notwendig ist und diese Arbeiten von fachlich qualifizierten Versicherten nach Unterweisung und unter Aufsicht durchgeführt werden.
- (3) Durch den Aufenthalt auf Stapeln oder Ladungen darf deren Standsicherheit nicht beeinträchtigt werden.

⁷³ Vgl. Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit BGV C21 (vorherige VBG 75) vom 1. Oktober 1995, in der Fassung vom 1. April 2001.

⁷⁴ Hervorhebungen vom Verfasser des Berichtes.

- (4) Gegenstände dürfen von Containern, Stapeln oder Ladungen nicht herabgeworfen werden.“

Ergänzend fordert § 43 Abs. 6 der genannten UVV für Arbeitsplätze auf Schiffen:

„Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass gegen das Abstürzen von Versicherten Schutzmaßnahmen getroffen werden, wenn die Fallhöhe mehr als 2 m beträgt. Bei Containern sind Schutzmaßnahmen zu treffen, wenn mehr als ein Container hoch gestaut ist oder die Fallhöhe mehr als eine Containerhöhe beträgt.“

Die Geltung dieser Vorschriften auch in Unternehmen der Seefahrt ergibt sich aus § 3 Abs. 1 UVV See. Gemäß dieser Norm hat der Unternehmer Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren sowie für eine wirksame Erste Hilfe zu treffen. Er hat insbesondere Einrichtungen bereitzustellen und Anordnungen zu treffen, die den Bestimmungen der UVV See, *den für ihn sonst geltenden Unfallverhütungsvorschriften* und im Übrigen den allgemeinen anerkannten sicherheitstechnischen und arbeitsmedizinischen Regeln entsprechen. In der Durchführungsbestimmung zu dieser Vorschrift wird darauf hingewiesen, dass allgemein anerkannte sicherheitstechnische Regeln insbesondere in den von anderen Berufsgenossenschaften übereinstimmend erlassenen Unfallverhütungsvorschriften niedergelegt sind. Auf diese Unfallverhütungsvorschriften sei an Bord zurückzugreifen, soweit die UVV See keine eigenen Regelungen enthielten.

Da, wie oben dargestellt, innerhalb der UVV See die mit Ladungssicherungsarbeiten im Zusammenhang stehenden arbeitsschutzrechtlichen Anforderungen eher allgemein, jedenfalls aber nicht abschließend, definiert sind, gelten die Anforderungen der §§ 11 und 43 Abs. 6 UVV Hafenarbeit ergänzend. Eine Betrachtungsweise, die für das Bordpersonal andere, im Zweifel niedrigere Sicherheitsmaßstäbe in Ansatz bringen würde, ist unzulässig. Der Normzweck von §§ 11 und 43, die für Hafenarbeiter mit dem Aufenthalt auf Stapeln und Ladung verbundenen Absturzrisiken zu senken, hat für Seeleute an Bord eine gleichermaßen hohe, wenn nicht sogar noch größere Relevanz. Dies wird besonders deutlich, wenn man berücksichtigt, dass die bestehenden Absturzgefahren durch die nur zum Teil kalkulierbaren Bewegungen eines in Fahrt befindlichen Schiffes zusätzlich erhöht werden.

7.2.3 Zusammenfassung

Die insbesondere im Bereich der Feederschifffahrt und am Unfalltag auch an Bord der NEDLLOYD FINLAND praktizierten Laschtätigkeiten an Bord fahrender Containerschiffe verstoßen, soweit sie über das beispielsweise witterungsbedingt unerlässliche Maß hinausgehen (so genanntes Nachlaschen), sowohl gegen die allgemein in SOLAS Kapitel VI Regel 5 aufgestellten international verbindlichen rechtlichen Vorgaben als auch gegen die ausdrücklichen Bestimmungen des Ladungssicherungshandbuchs der NEDLLOYD FINLAND. Darüber hinaus stellen sie einen Verstoß gegen die deutschen Unfallverhütungsvorschriften See (§ 9; Merkblatt E 2) und Hafenarbeit (§§ 11, 43 in Verbindung mit § 3 Abs. 1 UVV See) dar.

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung verbindet mit dieser Feststellung allerdings ausdrücklich nicht die Schlussfolgerung, dass die genannten Verstöße und die damit einhergehenden Gefahren (durch sich lösende Ladung bzw. durch ungesicherten Aufenthalt in der Höhe) für den Unfalltod des Matrosen P. kausal gewesen sein müssen. Der entsprechende Nachweis konnte nicht erbracht werden, da die genaue Position des Matrosen P. zum Zeitpunkt seines Sturzes über Bord nicht mehr ermittelt werden konnte. Nicht auszuschließen ist demgemäß, dass P. sich zum Zeitpunkt der Kollision auf dem Hauptdeck (in einem Bereich zwischen möglicherweise noch gesicherten Containern) befunden hat. Einer besonderen Personensicherung hätte er für diesen Fall nicht bedurft.

Dies ändert aber nichts an der grundsätzlichen Feststellung, dass das Entsichern (Entlaschen) von Containern auf einem in Fahrt befindlichen Schiff regelwidrig im Sinne der oben genannten Bestimmungen ist.

8 Sicherheitsempfehlungen

8.1 Sicherheitsempfehlung vom 1. Oktober 2004

Die BSU hat bereits während der noch laufenden umfangreichen Untersuchungen wegen der besonderen Gefahr im Verzug zur Verhütung künftiger Unfälle aus gleichem oder ähnlichem Anlass eine Sicherheitsempfehlung herausgegeben. Diese hat auch nach dem Abschluss der Untersuchung vollumfänglich Bestand und wird deshalb an dieser Stelle wiederholt:

„Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung (BSU) gibt gemäß § 9 Abs. 2 Nr. 2; § 15 Abs. 1 und 10 Seesicherheits-Untersuchungs-Gesetz (SUG) vom 16. Juni 2002 in Verbindung mit § 19 Flug-Unfall-Untersuchungs-Gesetz (FIUUG) vom 26. August 1998 die nachfolgenden Sicherheitsempfehlungen heraus:

Die Bundesstelle untersucht die Kollision zwischen einem in Hongkong registrierten Containerschiff und einem deutschen Feederschiff auf der Elbe bei Tonne 91 am 1. März 2004, bei dem ein philippinischer Seemann ums Leben kam. Die Untersuchung des Seeunfalls ist noch nicht abgeschlossen. Nach dem derzeitigen Ermittlungsstand ist allerdings davon auszugehen, dass das Feederschiff (Länge ü. a.: 101 m) beim Überholmanöver durch das Containerschiff (Länge ü. a.: 280 m) in dessen Sog geriet. Der hydrodynamische Ansaugeneffekt war so stark, dass der Bug des Feederschiffes Steuerbord achtern das Containerschiff berührte.

Das Unfallgeschehen gibt Anlass, Schiffsführungen und Lotsen auf Folgendes hinzuweisen:

Hydrodynamisch bedingte Ansaugeneffekte, die beim Überholen insbesondere von großen auf kleinere Fahrzeuge wirken, dürfen keinesfalls unterschätzt werden. Passierabstände beim Überholen oder Begegnen müssen unbedingt so bemessen werden, dass kein gefährlicher Sog entsteht. In diesem Zusammenhang macht die BSU darauf aufmerksam, dass die von den Seeämtern, dem Bundesoberseeamt und einigen Gerichten in der Vergangenheit vertretene Auffassung, bei einem Passierabstand von 100 m trete keine Sogwirkung mehr auf bzw. sei diese jedenfalls beherrschbar, in ihrer Grundsätzlichkeit nicht mehr aufrecht erhalten werden kann.

Bei Zugrundelegung der heutigen Verkehrssituation (immer größere, schnellere und tiefer gehende Schiffe) ist davon auszugehen, dass selbst bei Passierabständen von deutlich mehr als 150 m gefährliche Sogwirkungen nicht auszuschließen sind.

Die BSU prüft derzeit, ob zukünftig konkrete betragsmäßige Empfehlungen für sichere Passierabstände abgegeben werden können. Zu bedenken ist aber, dass solche Empfehlungen von vielen Faktoren abhängig sein werden (Größe, Tiefgang, Geschwindigkeit und Manöviereigenschaften der Schiffe, Wassertiefe, Fahrwassereffekte) und demgemäß jedenfalls zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur sehr schwer allgemeingültig festlegbar erscheinen.

Herausgehobene Bedeutung bei der Vermeidung von Sogeffekten haben deshalb wegen des Fehlens konkreter Richtwerte für Passierabstände beim Überholen nach wie vor die Kommunikation der beteiligten Schiffsführungen und insbesondere die Unterstützung des Überholvorganges durch das zu überholende Fahrzeug. Die BSU erinnert in diesem Zusammenhang an die für die Bundeswasserstraßen statuierte Verpflichtung des zu

überholenden Fahrzeuges, den Überholvorgang so weit wie möglich zu erleichtern (vgl. § 23 Abs. 2 SeeSchStrO). Auch international besteht die rechtlich bindende Regel, dass das zu überholende Fahrzeug Maßnahmen für ein sicheres Passieren zu treffen hat (vgl. Regel 9 Buchstabe e KVR).

Bei der Wahl der geeigneten Maßnahmen im vorgenannten Sinne ist daher des Weiteren zu beachten, dass

- **beim Begegnen und Überholen zwischen einem kleinen und einem großen Schiff (z. B. Längenverhältnis 2:1) das große Schiff nicht wesentlich vom Kurs abgelenkt wird, während für das kleinere Schiff die Gefahr besteht, aus dem Ruder zu laufen,**
- **die Kräfte, die an dem kleinen Schiff während des Passiervorgangs auftreten, in erster Linie von der Geschwindigkeit des größeren Schiffes durch das Wasser abhängen und nur wenig von der Geschwindigkeit des kleineren Schiffes,**
- **die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den Fahrzeugen hinsichtlich der wirkenden Kräfte nicht entscheidend ist.**

Für das zu überholende Fahrzeug ergibt sich aus alledem die Notwendigkeit, die Fahrt vor Beginn des Überholmanövers zu reduzieren, falls bei dem sich abzeichnenden (oder möglichen) Passierabstand das Entstehen von Sogeffekten nicht sicher ausgeschlossen werden kann. Dies hat einerseits den Vorteil, dass die Wirkdauer der sich zwischen den Schiffskörpern aufbauenden Kräfte minimiert werden kann. Im Übrigen wird das zu überholende Fahrzeug dadurch in die Lage versetzt, in einer späteren Phase des Passiervorgangs, durch kurzfristige Erhöhung der Fahrtstufe seine Steuerfähigkeit zu erhöhen, um ggf. einsetzenden Sogeffekten noch wirksam begegnen zu können.

Zu betonen ist aber, dass die Reduzierung der Geschwindigkeit durch das kleine Fahrzeug zu einem Zeitpunkt, in dem sich ein Sogeffekt bereits bemerkbar zu machen beginnt, unbedingt vermieden werden muss, da die Verringerung der Fahrtstufe die Steuerfähigkeit grundsätzlich negativ beeinflusst. Hinzu kommt, dass je nach Ausführung der Schiffsschraube(n) (Fest-/Verstellpropeller, links-/rechtsdrehend) deren direkte und indirekte Steuerwirkungen insbesondere bei Zurück-Manövern ein Zudrehen zum potenziellen Kollisionsgegner hin noch verstärken können.

Die Analyse des Seeunfalls hat außerdem ergeben, dass mit den von den elektronischen Seekartensystemen jeweils verarbeiteten GPS-Positionen eine Kollision der Schiffe nicht nachvollzogen werden konnte. Hinsichtlich der Erfassung/Verarbeitung der GPS-Signale muss mithin bei mindestens einem der beiden Schiffe ein system- und/oder konfigurationsbedingter Fehler aufgetreten sein. Dieser war allerdings nicht unfallursächlich.

Die BSU weist darauf hin, dass durch die Betreiber der Schiffe, die Hersteller der entsprechenden Systeme, die Aufsichtsorgane und die Schiffsführungen jeweils entsprechend der ihnen zugewiesenen Aufgaben, Eingriffs- und Kontrollmöglichkeiten sichergestellt werden muss, dass schiffsintern mit korrekten Parametern operiert wird. Diese Forderung gewinnt zusätzlich an Gewicht, wenn man berücksichtigt, dass über das an Bedeutung zunehmende automatische Schiffsidentifizierungssystem (AIS) widrigenfalls falsche Daten verbreitet würden. Fehlerhafte Bewertungen der Verkehrslage durch die Empfänger der Daten könnten die Folge sein.

Abschließend betont die Bundesstelle, dass diese Sicherheitsempfehlung keinesfalls als Vorwegnahme des Untersuchungsergebnisses zum Unfall vom 1. März 2004 missverstanden werden darf. Eine Bewertung des Kollisionsgeschehens ist mit ihr ausdrücklich nicht verbunden, vielmehr dient die Empfehlung allein dem gesetzlich zugewiesenen Zweck, künftige Unfälle aus gleichem oder ähnlichem Anlass zu verhüten.

Für die Beurteilung des Unfalls wird auf den vollständigen Untersuchungsbericht verwiesen, den die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung nach Fertigstellung veröffentlichen wird.⁷⁵

8.2 Weitere Empfehlungen

1. Ergänzend zu dem in der Empfehlung 8.1 enthaltenen Hinweis, dass der sichere Passierabstand maßgeblich von der Geschwindigkeit des Überholers *durch das Wasser* abhängt, werden **Schiffsführungen und Lotsen** von Seeschiffen darauf aufmerksam gemacht, dass GPS-basierte Geschwindigkeitsinformationen an Bord, die die Fahrt *über Grund* abbilden, isoliert betrachtet keine ausreichende Grundlage für die Festlegung einer sicheren Überholgeschwindigkeit bilden. Vielmehr müssen die entsprechenden Angaben um die unter Umständen bedeutenden Einflüsse von Strömung und Wind bereinigt werden.
2. **Schiffsführungen und Lotsen** von Seeschiffen werden darauf hingewiesen, dass Überholvorgänge im (engen) Fahrwasser, die aus Sicherheitsgründen der Mitwirkung des zu überholenden Fahrzeuges bedürfen, nur dann zulässig sind, wenn das zu überholende Fahrzeug zuvor auf eine entsprechende Anfrage des Überholers hin dem Überholvorgang eindeutig zugestimmt hat (vgl. § 23 Abs. 4 Satz 1 Seeschiffverkehrsstraßen-Ordnung für den nationalen und Regel 9 Buchstabe e Ziffer (i) für den internationalen Bereich).
Schiffsführung und Lotse des zu überholenden Fahrzeuges haben dementsprechend das Recht und die Pflicht, die Zustimmung zu dem Überholvorgang im Einzelfall zu verweigern, wenn sie zu der Auffassung gelangen, dass trotz Ausschöpfung aller zumutbaren Mitwirkungsbeiträge eine sichere Durchführung des Überholvorgangs nicht zweifelsfrei sichergestellt werden kann.
3. Den **Schiffsführungen und Lotsen**, insbesondere von **-vom jeweils zuständigen Wasser- und Schifffahrtsamt näher zu bezeichnenden- großen Fahrzeugen**, wird dringend empfohlen, einen beabsichtigten Überholvorgang rechtzeitig bei der zuständigen Verkehrszentrale (VKZ) anzumelden. Für die beabsichtigten Manöver ist neben der direkten Kommunikation zwischen den beteiligten Fahrzeugen (vgl. oben Nr. 2) eine Abstimmung mit der VKZ hinsichtlich der Verkehrssituation sowie der örtlichen und tatsächlichen Gegebenheiten geboten. Die Koordination der Verkehrszentrale ist vor allem auch im Interesse der Sicherheit des übrigen Schiffsverkehrs beispielsweise dann unverzichtbar, wenn zum Erreichen eines sicheren Passierabstandes von einem oder beiden beteiligten Fahrzeugen ein kurzzeitiges Überschreiten des vorgegebenen Fahrwassers in Betracht gezogen wird.

⁷⁵ Der in grau gedruckte Textteil ist nunmehr gegenstandslos.

4. Die **Bundesministerien für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung** (BMVBS) und **für Wirtschaft und Technologie** (BMWi) werden aufgefordert, im Hinblick auf eine wirksame Verbesserung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs die Möglichkeiten zur Vergabe von Forschungsmitteln zu prüfen, um durch **Schiffbauversuchsanstalten** und sonstige geeignete wissenschaftliche Institutionen (beispielsweise **Seefahrtsschulen, Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der Hersteller und Betreiber von Schiffsführungs-simulatoren**) derzeit nicht existente verlässliche und möglichst allgemeingültige **Empfehlungen zur Problematik „Sicherer Passierabstand bei Annäherungen von Fahrzeugen im begrenzten Fahrwasser“** erarbeiten zu lassen.

Ziel entsprechender Forschungsaufträge muss es sein, den Schiffsführungen und Lotsen an Bord für die jeweiligen Reviere **praktikable Instrumentarien**, beispielsweise in Form von Tabellen oder Rechenprogrammen, zur Verfügung zu stellen, um hydrodynamisch bedingte Gefahren im Zusammenhang mit Überhol- und Begegnungssituationen wirksam erkennen und ihnen rechtzeitig entgegenwirken zu können.

Ein erster wichtiger Schritt auf diesem Weg, der den Anforderungen der Praxis in besonderem Maße entgegenkommen würde und bereits mittelfristig umsetzbar sein dürfte, wäre die Bereitstellung verbesserter Rechenprogramme für bestehende und neu zu errichtende Schiffsführungssimulatoren. Schiffsführungen und Lotsen könnten dadurch noch besser als bisher hydrodynamisch bedingte Grenzsituationen „erfahren“ und trainieren.

Der skizzierte Forschungsbedarf ist wegen der mit Schiffsunfällen regelmäßig verbundenen drohenden Gefahren für Menschen und Umwelt von hoher volkswirtschaftlicher Bedeutung. Er gewinnt besonderes Gewicht durch die Tatsache, dass die Risiken für schwere Unfälle auf Grund gefährlicher und nicht mehr beherrschbarer Annäherungen zukünftig wegen der immer größer werdenden Schiffseinheiten deutlich zunehmen werden.

5. Die derzeit verfügbaren Schiffsführungssimulatoren sind zum Teil in der Lage, hydrodynamische Effekte zumindest ansatzweise abzubilden. Sie bieten damit trotz ihrer insoweit bestehenden technischen Grenzen und unabhängig von dem unter Nr. 4 skizzierten Forschungsbedarf bereits jetzt eine wertvolle Möglichkeit, Nahbereichssituationen zu trainieren. Den für das **Lotswesen** zuständigen **Aufsichtsbehörden** und den **Betreibern** von **Seeschiffen** wird empfohlen, den in ihren Verantwortungsbereichen tätigen Lotsen beziehungsweise Schiffsführungen ausreichende Trainingsmöglichkeiten an den zur Verfügung stehenden Simulationseinrichtungen zu eröffnen.
6. **Eigner** und **Betreiber** sowie **Schiffsführungen** von Seeschiffen werden darauf hingewiesen, dass jede Art von Lasch- und Entlaschtätigkeit an Bord fahrender Schiffe, soweit sie über das beispielsweise witterungsbedingt unerlässliche Maß hinausgeht (so genanntes Nachlaschen), sowohl gegen die in SOLAS Kapitel VI Regel 5 aufgestellten international verbindlichen rechtlichen Vorgaben als auch gegen die deutschen Unfallverhütungsvorschriften See (§ 9; Merkblatt E 2) und Hafenarbeit (§§ 11, 43 in Verbindung mit § 3 Abs. 1 UVV See) verstößt. **Schiffsführungen** werden demgemäß aufgefordert, Matrosen an Bord *fahrender* Schiffe nicht mit entsprechenden Arbeiten zu betrauen.

7. **Charterer** und **Vercharterer** von Feederschiffen werden darauf hingewiesen, dass Klauseln in Charterverträgen, nach denen die Schiffe mit entlaschten Containern am Terminal ankommen müssen, gegen zwingendes nationales und internationales Recht verstoßen (vgl. Nr. 6) und deshalb unwirksam sind.

8. Die **See-Berufsgenossenschaft** und die **Wasserschutzpolizeien der Länder** werden aufgefordert, innerhalb ihrer Verantwortungsbereiche und ihrer rechtlichen und tatsächlichen Möglichkeiten auf die Einhaltung der unter Nr. 6 genannten rechtlichen Vorgaben hinzuwirken.
In diesem Zusammenhang wird der **See-Berufsgenossenschaft** empfohlen, das von ihr herausgegebene Merkblatt E 2 um einen klarstellenden Hinweis auf das Verbot von Lasch-/Entlaschtätigkeiten an Bord fahrender Schiffe zu erweitern.

9 Quellenangaben

- Zeugenaussagen/Stellungnahmen/Berichte/Korrespondenz
 - Reederei MS „VERA“ Wilfried Rambow KG
 - Kapitän MS P&O NEDLLOYD FINLAND
 - 1. Offizier MS P&O NEDLLOYD FINLAND
 - Lotse MS P&O NEDLLOYD FINLAND
 - Passagierin MS P&O NEDLLOYD FINLAND
 - Reederei COSCO MARITIME
 - Kapitän MS COSCO HAMBURG
 - Lotse MS COSCO HAMBURG
- Fotoserie vom Kollisionsgeschehen, aufgenommen mit einer analogen Sucherkamera (Typ: RICOH TF-900; 35/70 mm) veröffentlicht mit freundlicher Genehmigung der Urheberin Frau Dr. Brigitte Karin Becker, 69190 Walldorf
- Schiffsfotos von Hasenpusch Photo-Productions Hamburg
- Werftunterlagen MS P&O NEDLLOYD FINLAND; J. J. Sietas KG Schiffswerft GmbH & Co.
- Unterlagen und technische Unterstützung des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH):
 - Seekarten und Datensätze der elektronischen Seekarte vom Unfallort
 - Stromberechnungen
 - technische Bearbeitung von Linienrissen
- Informationen der Marine Accident Investigation Section (MAIS), Hong Kong SAR
- Aufzeichnungen der Verkehrszentrale Brunsbüttel
- Angaben des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg (Stromberechnungen, Peilpläne)
- Ermittlungsergebnisse/Protokolle der Wasserschutzpolizei Hamburg
- Schriftliche Unterlagen, elektronische Aufzeichnungen, Ausdrucke von Bord MS COSCO HAMBURG
- Schriftliche Unterlagen, elektronische Aufzeichnungen, Ausdrucke von Bord MS P&O NEDLLOYD FINLAND
- Abschlussbericht „Situationsanalyse des Überholmanövers zwischen dem MS COSCO HAMBURG und MS P&O NEDLLOYD FINLAND im Elbefahrwasser“ vom 31. August 2004; Hochschule Wismar, Fachbereich Seefahrt Warnemünde; Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil Benedict, Bearbeiter: Dr.-Ing. M. Baldauf, Dipl.-Ing. S. Fischer, Dipl.-Ing. S. Herberg, Dipl.-Ing. M. Kirchhoff

- Bericht Nr. 3048 „Numerische Untersuchung eines Überholvorganges in beschränktem Wasser“, Potsdam Dezember 2004; Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam GmbH; Bearbeiter: Dr.-Ing. A. Cura Hochbaum, Dipl.-Ing. F. Conrad, Dipl.-Ing. L. Lübke, Dipl.-Ing. M. Steinwand
- Bericht Nr. 1759 „Untersuchung des Überholvorgangs zwischen zwei Schiffen auf flachem Gewässer“, Dezember 2004/Mai 2005, Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e.V. DST – Development Centre for Ship Technology and Transport Systems; Projektleiter: PD Dr.-Ing. T. Jiang, Bearbeiter: Dr.-Ing. A. Gronarz
- Bericht Man198/05 „Hydrodynamische Analyse des Überholvorgangs in begrenztem Fahrwasser“, Februar 2005, Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt, Dr.-Ing. H. Weede
- Vortragsmanuskript „Analysis of overtaking manoeuvres in a narrow waterway“, Prof. em. Dr.-Ing. H. Söding und Dipl.-Ing. F. Conrad; Beitrag zur Hydman-Konferenz, September 2005 (Polen)
- MTI-Stellungnahme zum Thema „Aus-dem-Ruder-laufen“ von Schiffen: Sog- und Gierbeeinflussungen bei Passiervorgängen, Kapt. Dr.-Ing. J. Brix, Hamburg, in HANSA 1979, S. 1383 ff.
- „Lascharbeiten auf Feederschiffen auf der Elbe bzw. Weser“, Prof. Kpt. W. Huth, Hamburg, in Schiff & Hafen 2/2005, S. 59 f.
- „Überholmanöver – Sicherheitsempfehlungen“, Prof. Kpt. W. Huth, Hamburg, in Schiff & Hafen 12/2004, S. 57 ff.
- Korrespondenz mit Prof. em. Dr.-Ing. H. Söding, PD Dr.-Ing. T. Jiang, Dr.-Ing. A. Gronarz, Dr.-Ing. A. Cura Hochbaum, Dr.-Ing. M. Baldauf, Dr.-Ing. H. Weede
- Kontakt mit dem Amt für Arbeitsschutz Hamburg (Herrn Kpt. D. Boels, Herrn Kpt. O. Ulrich); vgl. insoweit auch Komnet-Datenbank (zu erreichen über www.komnet.hamburg.de), Kategorie „Sicherer Transport“, Beitrag zum Thema Ladungssicherung auf Containerschiffen