



**Situationsanalyse des Überholmanövers zwischen dem  
MS "COSCO Hamburg" und MS "P&O Nedlloyd Finland"  
im Elbefahrwasser**

**Abschlußbericht zum Werkvertrag:**

**Erstellung eines Systems zur Visualisierung von  
aufgezeichneten ECDIS-Daten in der Seeunfallsache  
MS 'COSCO Hamburg' und MS 'P&O Nedlloyd Finland'**

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil Benedict  
Bearbeiter: Dr.-Ing. M. Baldauf  
Dipl.-Ing. S. Fischer,  
Dipl.-Ing. S. Herberg  
Dipl.-Ing. M. Kirchhoff

Warnemünde, 31. August 2004

## Kurzfassung

Auftragnehmer: Forschungs-GmbH Wismar Bearbeiter: Hochschule Wismar Fachbereich Seefahrt Warnemünde	Auftragsnummer:  <p style="text-align: center;"><b>45/04</b></p>	
Vorhabensbezeichnung:  <p style="text-align: center;">Erstellung eines Systems zur Visualisierung von aufgezeichneten ECDIS-Daten in der Seeunfallsache MS 'COSCO Hamburg' und MS 'P&amp;O Nedlloyd Finland'</p>		
Laufzeit des Vorhabens:  <p style="text-align: center;">01.06.2004 bis 01.09.2004</p>		
Zusammenfassung:  <p>Zur Unterstützung der durch die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung durchzuführenden Untersuchungen der Kollision zwischen MS "COSCO Hamburg" und MS "P&amp;O Nedlloyd Finland" auf der Elbe am 1. März 2004 wurden aufgezeichnete ECDIS-Daten aufbereitet, analysiert und visualisiert. Mit Hilfe der parameterbasierten Analyse werden Basisdaten zum Situationsverlauf und Unfallhergang bereitgestellt.</p> <p>Die Visualisierung der Daten erfolgte in Form der Erstellung von Videosequenzen. Eine zweite Visualisierung wurde durch parameterbasierte Detailanalysen vorgenommen, deren Ergebnisse in Form von zeitlichen Parameterverläufen aufbereitet wurden. Zur Realisierung wurden die in gerätespezifischen Formaten vorliegenden ECDIS-Daten in entsprechenden Replaysystemen abgespielt und in ein einheitliches Format konvertiert. Für die weitere Bearbeitung erfolgte eine Zeitsynchronisierung und Speicherung der Datensätze in einem Analysedatenfile. Die parameterbasierten Detailanalysen wurden mit einer am Fachbereich Seefahrt entwickelten Software durchgeführt. Als Ergebnisse der Analysen werden die Track- und die zeitlichen Verläufe ausgewählter unfallrelevanter Parameter in Diagrammform zur Verfügung gestellt.</p> <p>Hinsichtlich des Unfallverlaufes veranschaulichen die ermittelten Ergebnisse eine kontinuierliche Annäherung der Tracks, wobei die 'COSCO Hamburg' einen Kurs nahezu parallel zur Radarlinie verfolgte, während die 'P&amp;O Nedlloyd Finland' sich dieser immer mehr näherte und schließlich zur wahrscheinlichen Unfallzeit überschritt. Aus den ausgewerteten Geschwindigkeitsdaten geht hervor, dass sich die Geschwindigkeit der 'P&amp;O Nedlloyd Finland' schrittweise an die Geschwindigkeit des Überholers annäherte. Ein sehr großer Geschwindigkeitssprung von rund 4 kn innerhalb von rund einer Minute vollzog sich kurz vor der wahrscheinlichen Unfallzeit. Da keine Datenaufzeichnungen der Maschinendrehzahlen und Ruderlagen vorliegen, kann die Hypothese, dass diese Geschwindigkeitserhöhung und die zur Kollision führende Annäherung der 'P&amp;O Nedlloyd Finland' and die 'COSCO Hamburg' durch hydrodynamische Interaktionen beim Überholvorgang verursacht wurden, nicht weiter untersucht werden.</p>		
Anz. der Seiten:	33	Hochschule Wismar Fachhochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung Fachbereich Seefahrt Warnemünde
Anz. der Anlagen:	2	
Anz. der Abbildungen:	25	
Anz. der Tabellen:	4	
Anz. der Lit.-quellen:	9	

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	2
Abbildungsverzeichnis	2
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>6</b>
1.1 Ausgangssituation .....	6
1.2 Zielstellung .....	6
1.3 Untersuchungsmethodik und - umfang .....	6
<b>2 Datengrundlagen</b> .....	<b>7</b>
2.1 Schiffsdaten .....	7
2.2 Bilddaten .....	8
2.3 ECDIS-Daten .....	10
2.4 Zeitsynchronisierung .....	11
<b>3 Datenanalyse</b> .....	<b>12</b>
3.1 Randbedingungen .....	12
3.2 Ergebnisse der Rohdatenanalyse .....	14
3.3 Ergebnisse der manuell zusätzlich synchronisierter Datensätze – Wahrscheinliches Unfallszenario .....	23
<b>4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen</b> .....	<b>27</b>
<b>5 Literatur und Referenzen</b> .....	<b>29</b>

## Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

Boa	Breite über alles (Schiffsabmessung)
COG	Kurs über Grund (Course over Ground)
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
(D)GPS	(Differential) Global Positioning System
RPM	Revolution per Minute
SOG	Geschwindigkeit über Grund (Speed over Ground)
Lat/Lon	Latitude/Longitude geografische Koordinaten
Loa	Länge über alles (Schiffsabmessung)

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Schiffsfoto der MS "Nedlloyd Finland" .....	7
Abb. 2:	Schiffsfoto der MS "COSCO Hamburg" .....	7
Abb. 3:	Foto von Bord der 'P&O Nedlloyd Finland' - Annäherung der Fahrzeuge während der letzten Phase des Überholvorganges .....	8
Abb. 4:	Foto von Bord der 'P&O Nedlloyd Finland' – zum wahrscheinlichen Unfallzeitpunkt, erste Berührung/Kollision etwa in Höhe des vorletzten 40' Containerstellplatzes der 'COSCO Hamburg' .....	9
Abb. 5:	Foto von Bord der 'P&O Nedlloyd Finland' – letzte Kollisionsphase; 'Nedlloyd' mit starker Stb-Schlagseite mit Bug noch am Heck des Überholers .....	9
Abb. 6:	Foto von Bord der 'P&O Nedlloyd Finland' – nach der Kollision; am Heck der COSCO sind deutlich Spuren der Berührung durch die 'Nedlloyd' zu erkennen (vgl. Abb. 3 und Abb. 4!) nahezu in Vorausrichtung erkennbar Leuchtfeuer Pagensand-Nord Front-LT .....	10
Abb. 7:	Auswertungsbeispiel zur Situationsanalyse des Überholvorgangs .....	14
Abb. 8:	Ausschnittsvergrößerung der visualisierten Trackverläufe zu Beginn der Analyseperiode .....	15
Abb. 9:	Geschwindigkeitsverläufe (über Grund) der beteiligten Fahrzeuge für den gesamten Analysezeitraum (blau - COSCO, rot - Nedlloyd) .....	15
Abb. 10:	Darstellung der aufgezeichneten Kreiselkursdaten (Heading (grün – COSCO, rot – Nedlloyd)) .....	16
Abb. 11:	Kursverläufe der beteiligten Fahrzeuge (Kurse über Grund; ( blau - COSCO, rot - Nedlloyd) .....	17
Abb. 12:	Momentaufnahme des Überholvorganges zum Zeitpunkt der dichtesten Annäherung der Sensorpositionen (Positionsdarstellung in Gauß-Krüger-Koordinaten) .....	18
Abb. 13:	Momentaufnahme des Überholvorganges zum Zeitpunkt der dichtesten Annäherung der Sensorpositionen (Diagrammdarstellung in geografischen Koordinaten (Lat/Lon)) .....	18
Abb. 14:	Momentaufnahme des Überholvorganges kurz vor der Kollision (Positionsdarstellung in Gauß-Krüger-Koordinaten) .....	19
Abb. 15:	Momentaufnahme des Überholvorganges kurz vor der Kollision (Positionsdarstellung in geografischen Koordinaten (Lat/Lon)) .....	19
Abb. 16:	Verlauf der berechneten dichtesten Abstände zwischen den Schiffskörpern der beteiligten Fahrzeuge (minimaler Abstand von Bordwand zu Bordwand) .....	21
Abb. 17:	Verlauf der berechneten dichtesten Abstände zwischen den Sensorpositionen der beteiligten Fahrzeuge (Abstand von Systemposition 'COSCO' zu GPS-Antenne 'Nedlloyd') .....	21
Abb. 18:	Zeitlicher Verlauf des absoluten Abstandes der Sensor- bzw. Systemposition der 'COSCO' zur Radarlinie .....	22
Abb. 19:	Zeitlicher Verlauf des absoluten Abstandes der Sensorposition der 'Nedlloyd' zur Radarlinie .....	22
Abb. 20:	Darstellung der wahrscheinlichen Situation kurz vor Unfalleintritt auf der Basis manuell synchronisierter Datensätze .....	23
Abb. 21:	Letzte Phase der Berührung zwischen den beteiligten Schiffen ca. 14:39:34 (Basis manuell synchronisierte Datensätze) .....	24
Abb. 22:	Situation kurz nach der Kollision (14:39:44) MS 'P&O Nedlloyd Finland' steht nahezu quer im Fahrwasser, Seezeichen an Backbordseite nahezu recht voraus .....	25

Abb. 23: Verlauf der berechneten dichtesten Abstände von Bordwand zu  
Bordwand für den angenommenen zeitsynchronisierten Situationsverlauf . 26

Abb. 24: Verlauf der berechneten Abstände von Sensorposition ('P&O Nedlloyd  
Finland') zu Systemposition ('COSCO Hamburg') für den  
angenommenen zeitsynchronisierten Situationsverlauf ..... 26

Abb. 25: Rekonstruktion des Seeunfalls am Schiffsführungssimulator auf der  
Grundlage zusätzlich zeitsynchronisierter Daten ..... 28

### **Tabellenverzeichnis**

Tab. 1: Charakteristische Schiffsdaten des MS "Nedlloyd Finland" ..... 7

Tab. 2: Charakteristische Schiffsdaten des MS "COSCO Hamburg" ..... 7

Tab. 3: Zusammenfassung der für die Datenanalyse verwendeten Rohdaten und  
Analyseergebnisse für die aus den Rohdaten berechneten Abstandswerte.... 31

Tab. 4: Zusammenfassung der für das zusätzlich zeitlich synchronisierte Szenario  
verwendeten Daten und Analyseergebnisse für die aus den korrigierten  
Datensätzen berechneten Abstandswerte..... 33

## **1 Einleitung**

### **1.1 Ausgangssituation**

Dieser Bericht gehört zum Werkvertrag über die "Erstellung eines Systems zur Visualisierung von aufgezeichneten ECDIS-Daten in der Seeunfallsache MS 'COSCO Hamburg' und MS 'P&O Nedlloyd Finland'" vom 10. Juni 2004 zwischen der Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung Hamburg und der Forschungs-GmbH Wismar der Hochschule Wismar, University of Technology, Business and Design.

Vertragsgemäß wurde dem Auftraggeber im Juli eine Compact Disc mit zwei Videosequenzen übergeben, in denen in unterschiedlichen Maßstäben und Abspielgeschwindigkeiten die Trackverläufe beider Unfallbeteiligten in einer ECDIS-Umgebung dargestellt werden.

In diesem Bericht werden die bei der detaillierten Datenanalyse bisher erzielten ersten und vorläufigen Ergebnisse zusammengefasst und zur Diskussion mit dem Auftraggeber vorgestellt.

### **1.2 Zielstellung**

Zielstellung der beauftragten Arbeiten ist die Lieferung von Basisdaten des Situationsverlaufs zur Unterstützung der durch die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung durchzuführenden Untersuchungen der Kollision zwischen MS "COSCO Hamburg" und MS "P&O Nedlloyd Finland" auf der Elbe am 1. März 2004.

### **1.3 Untersuchungsmethodik und -umfang**

Zur Realisierung der Videosequenzen und zur Durchführung der Videodateien werden die vom Auftraggeber in unterschiedlichen Herstellerspezifischen Formaten vorliegenden ECDIS-Daten in die jeweiligen Replay-Systeme geladen und abgespielt. Nachfolgend wurden die untersuchungsrelevanten Zeitabschnitte der aufgezeichneten Daten aus den beiden Replay-Systemen extrahiert und in 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 werden abschließend in ein Datenauswertungsfile transferiert und der Detailanalyse zugeführt.

Die parameterbasierte Analyse umfasst die folgende 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

## 2 Datengrundlagen

### 2.1 Schiffsdaten

Vom Auftraggeber wurden die Schiffsdaten und Fotos, der in die Kollision involvierten Fahrzeuge zur Verfügung gestellt:

- Abmessungen (Loa, Boa) der beteiligten Schiffe
- Sensorposition an Bord der jeweiligen Schiffe (Von vorn/achtern; Bb/Stb)
- Geografische Koordinaten der Eckpunkte der Baggerlinie und der Radarlinie im zu betrachtenden Revierabschnitt
- Geografische Koordinaten der Fahrwassertonnen im zu betrachtenden Revierabschnitt



Abb. 1: Schiffsfoto der MS "Nedlloyd Finland"

Schiffsdaten	
Vermessung / Kapazität	3.999 BRZ / 515 TEU
$L_{oa} / B_{oa}$	99,95 m / 18,20 m
Max. Tiefgang	6,55 m
$V_{max}$	15,5 kn
Baujahr	1996

Tab. 1: Charakteristische Schiffsdaten des MS "Nedlloyd Finland"



Abb. 2: Schiffsfoto der MS "COSCO Hamburg"

Schiffsdaten	
Vermessung / Kapazität	65.531 BRZ / 5.446 TEU
$L_{oa} / B_{oa}$	280,00 m / 39,80 m
Max. Tiefgang	14,0 m
$V_{max}$	24,5 kn
Baujahr	2001

Tab. 2: Charakteristische Schiffsdaten des MS "COSCO Hamburg"

## 2.2 Bilddaten

Vom Situationsverlauf des zu untersuchenden Überholvorganges wurde durch den Auftraggeber zusätzliches Bildmaterial zur Verfügung gestellt. In den Fotos sind die letzte Phase der Annäherung und die Berührung/Kollision der Schiffskörper zu erkennen. Weiterhin sind in der Bildfolge einige terrestrische Seezeichen sichtbar.



**Abb. 3:** Foto von Bord der 'P&O Nedlloyd Finland' - Annäherung der Fahrzeuge während der letzten Phase des Überholvorganges



**Abb. 4:** Foto von Bord der 'P&O Nedlloyd Finland' – zum wahrscheinlichen Unfallzeitpunkt, erste Berührung/Kollision etwa in Höhe der vorletzten 40' Containerstellplätze der 'COSCO Hamburg'



**Abb. 5:** Foto von Bord der 'P&O Nedlloyd Finland' – letzte Kollisionsphase; 'Nedlloyd' mit starker Stb-Schlagseite mit Bug noch am Heck des Überholers



**Abb. 6:** Foto von Bord der 'P&O Nedlloyd Finland' – nach der Kollision; am Heck der COSCO sind deutlich Spuren der Berührung durch die 'Nedlloyd' zu erkennen (vgl. **Abb. 3** und **Abb. 4!**) nahezu in Vorausrichtung erkennbar Leuchtfeuer Pagensand-Nord Front-LT

### **2.3 ECDIS-Daten**

Für den konkreten Seeunfall liegen mit ECDIS-Systemen unterschiedlicher Hersteller (TRANSAS und STN ATLAS) aufgezeichnete Sensordaten verschiedener Eigenschiffsdaten der beteiligten Schiffe vor. Für die Darstellung der Trackverläufe in einer ECDIS-Umgebung wurden durch den Auftraggeber vorläufige amtliche ECDIS-Daten des relevanten Revierabschnittes bereitgestellt. Sie wurden bereits für die Video- jedoch noch nicht für die durchgeführten Detailanalysen verwendet. Dazu muss das Format der ECDIS-Daten nochmals konvertiert werden. Ein einfacher visueller Vergleich der Kartendarstellungen lässt jedoch vermuten, dass bspw. die Radarlinie unverändert geblieben ist.

Die Umfänge und Inhalte der aufgezeichneten Daten sind voneinander verschieden. Übereinstimmung besteht lediglich hinsichtlich der aufgezeichneten Standarddatensätze Position, Kurs und Geschwindigkeit über Grund sowie Kreiselkurs (Heading).

Datensätze zum Einsatz der Steuer- und Vortriebseinrichtung sind nur für die MS "COSCO Hamburg" verfügbar (Ruderlage, Maschinendrehzahl und Rate of Turn). Für die MS "P&O Nedlloyd Finland" liegen keine vergleichbaren Daten vor. Die kontinuierliche Aufzeichnung von Ruderlagen und Drehraten ist beim verwendeten System offensichtlich nicht vorgesehen. Einträge im Datenfeld "RPM" liegen im gesamten untersuchten Zeitraum nicht vor.

#### **2.4 Zeitsynchronisierung**

Ein wesentlicher und untersuchungsrelevanter Unterschied der aufgezeichneten ECDIS-Datensätze besteht hinsichtlich der absoluten Aufzeichnungszeitpunkte. Nach den Zeitstempeln in den \*.log-Files der "P&O Nedlloyd Finland" erfolgte die Aufzeichnung in 10s - Intervallen jeweils beginnend ab 00:00:00.

Die Datensätze der "COSCO Hamburg" weisen nicht durchgehend 10s Zeitschritte aus. Die Zeitintervalle variieren zwischen 9s und 11s. Weiterhin beginnen die Zeitstempel nicht zur vollen Minute, sondern zum Teil erst 3 bis 4 s später. Vom Hersteller wurden bezüglich der Genauigkeit der Zeitstempel der aufgezeichneten Datensätze angegeben, dass in ungünstigen Fällen Verzögerungen von maximal 3 s auftreten könnten, dass heißt eine aufgezeichnete Position im schlechtesten Fall 3 s "alt" sein kann.

Nach den Zeitstempeln der aufgezeichneten Datensätze ergibt sich damit eine absolute Zeitdifferenz zwischen den Datensätzen der beiden Schiffe von absolut drei Sekunden. Zur Kompensation dieses Zeitunterschieds in den Datensätzen wurden für die Analysen jeweils die Positionsdaten der " P&O Nedlloyd Finland " unter Verwendung der Kurs- und Geschwindigkeitswerte auf die jeweilige Zeitpunkte der "COSCO Hamburg" voraus extrapoliert.

### 3 Datenanalyse

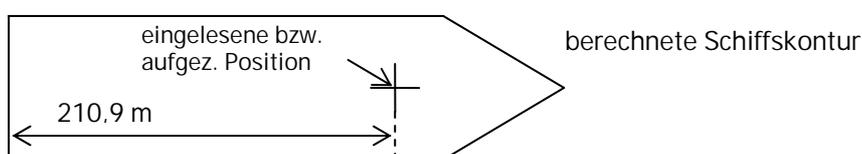
#### 3.1 Randbedingungen

Mit den erstellten Auswertungsdateien (fusionierte Trackdaten) wurde eine Detailanalyse mit einem speziellen vom Auftragnehmer entwickelten Software-Analysetool durchgeführt.

Alle in den folgenden Kapiteln dargestellten Ergebnisse beruhen auf Auswertungen dieser Daten.

Hinsichtlich der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der aufgezeichneten Daten sind folgende Sachverhalte zu berücksichtigen.

1. 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. In ungünstigen Fällen kann sich der Radius der Positionsgenauigkeit nahezu verfünffachen (siehe u.a. [4]).
2. Es liegen keine Informationen zu den an Bord installierten GPS-Empfängern sowie deren Konfigurationen zum Unfallzeitpunkt vor. Insofern ist zu berücksichtigen, dass sich die Genauigkeitsbereiche nicht nur von Fabrikat zu Fabrikat (z.B. herkömmlicher 3- oder 6-Kanalempfänger im Vergleich zu einem modernen 24-Kanal GPS/GLONASS Kombinationsempfänger) sondern auch von Hersteller zu Hersteller voneinander unterscheiden.
3. Unterschiedliche Genauigkeiten der von GPS-Empfängern gelieferten Positionslösung können weiterhin konfigurationsbedingt auftreten. Beispielsweise können 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 z.B. die Einstellung höherer oder niedrigerer S/N-Ratio, das Zulassen der Signale von Satelliten mit sehr kleinen Elevationswinkeln oder höheren PDOP-Werten.
4. Die Genauigkeit der aufgezeichneten Positionen kann weiterhin durch an Bord auftretende Mehrfachreflexionen, Abschattungen des Empfangsbereichs oder andere schiffsspezifische Ablenkungen verschlechtert sein.
5. Die aufgezeichneten Positionsdaten der "COSCO Hamburg" sind keine GPS-Rohdaten. Im verwendeten ECDIS-System wird vielmehr die so genannte Systemposition aufgezeichnet. Dabei wird das, vom an die ECDIS angeschlossene GPS-Empfänger, gesendete Positionsdatum auf die herstellerseitig festgelegte Systemposition, die mit der Position des Doppler-Log-Schwingers im Schiffsbug übereinstimmt, 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.



Weiterhin kann die aufgezeichnete Position noch mit einem Off-Set überlagert

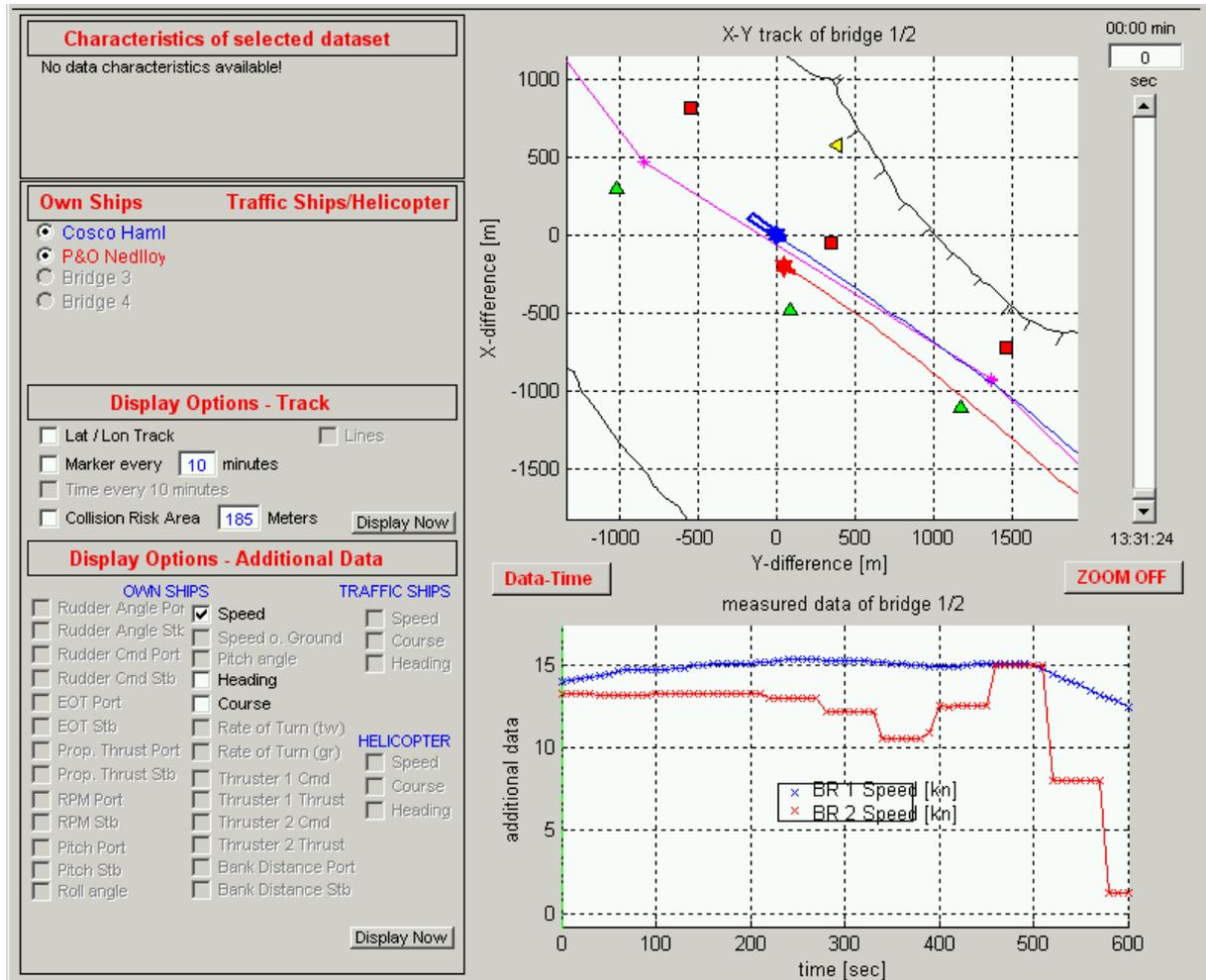
sein, welches durch den Anwender als manuelles "Adjustment" vorgenommen werden kann (siehe [1]).

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 wird daher diesbezüglich davon ausgegangen, dass kein manuelles Adjustment anzusetzen ist.

6. 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 ECDIS-Aktionen aufgezeichnet werden (siehe [2]).
7. Für den Unfallhergang eventuell relevante Informationen von aufgezeichneten Daten der Steuer- und Vortriebseinsichtungen liegen nur teilweise vor. Während für die "COSCO Hamburg" Ruderwinkel, aktuelle Maschinendrehzahl sowie darüber hinaus auch aktuelle Drehraten aufgezeichnet werden, könnten mit dem auf der 'Nedlloyd Finland' verwendeten ECDIS-System lediglich Maschinendrehzahlen aufgezeichnet werden. Im hier betrachteten Fall erfolgte aber weder eine manuelle Eintragung noch war das ECDIS-System mit dem entsprechenden Sensor verbunden.
8. Die vom Auftraggeber zusätzlich zur Verfügung gestellten aufgezeichneten Synthetikradardaten der Verkehrszentralen können, 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 Rohradarecho extrahierten und nach einem bestimmten Verfahren (z.B. Leading Edge; Center of Gravity o.ä.) berechneten Positionswert dessen Bezug zur tatsächlichen Schiffskontur nicht deterministisch ist. Andererseits ist der Aufzeichnungsintervall von 60 s zu groß um die Rekonstruktion des Unfallhergangs zu unterstützen.

### 3.2 Ergebnisse der Rohdatenanalyse

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



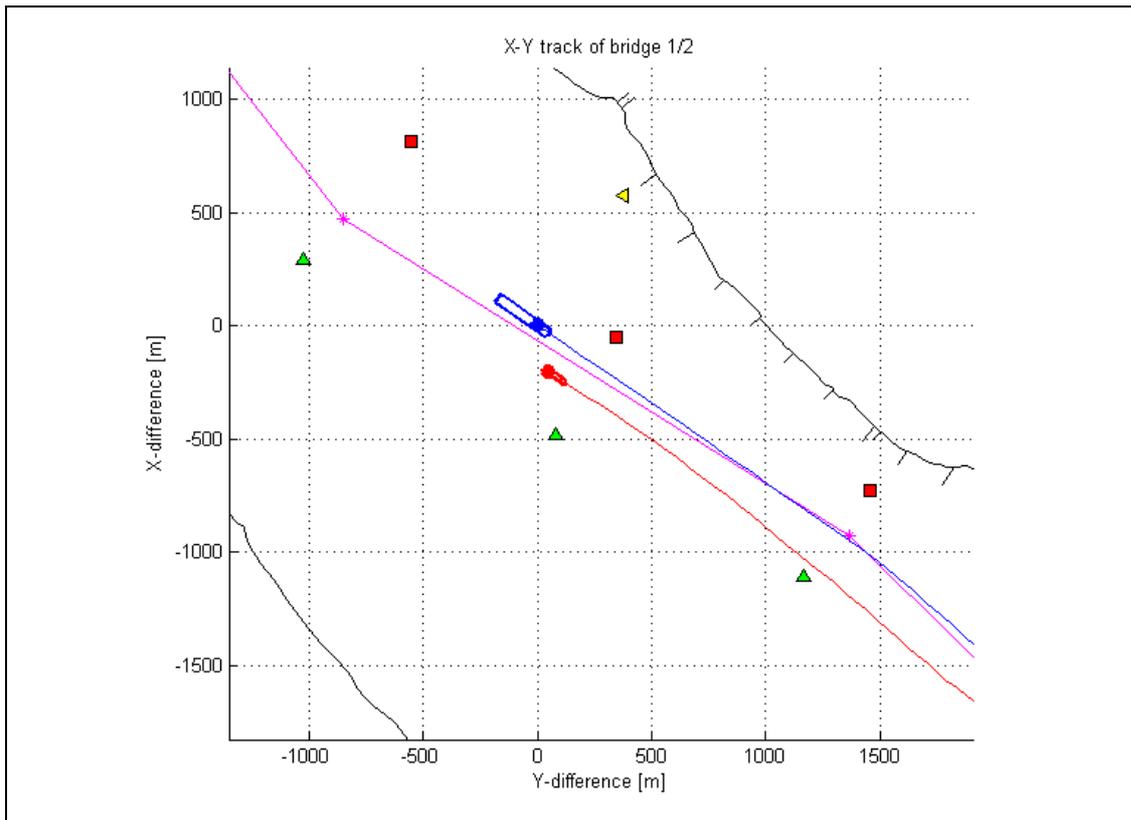
**Abb. 7:** Auswertungsbeispiel zur Situationsanalyse des Überholvorgangs

In Abb. 7 ist die Auswerteoberfläche der genutzten Software beispielhaft dargestellt. Die Diagrammdarstellungen im Bild links enthalten Visualisierungen der aufgezeichneten ECDIS-Daten.

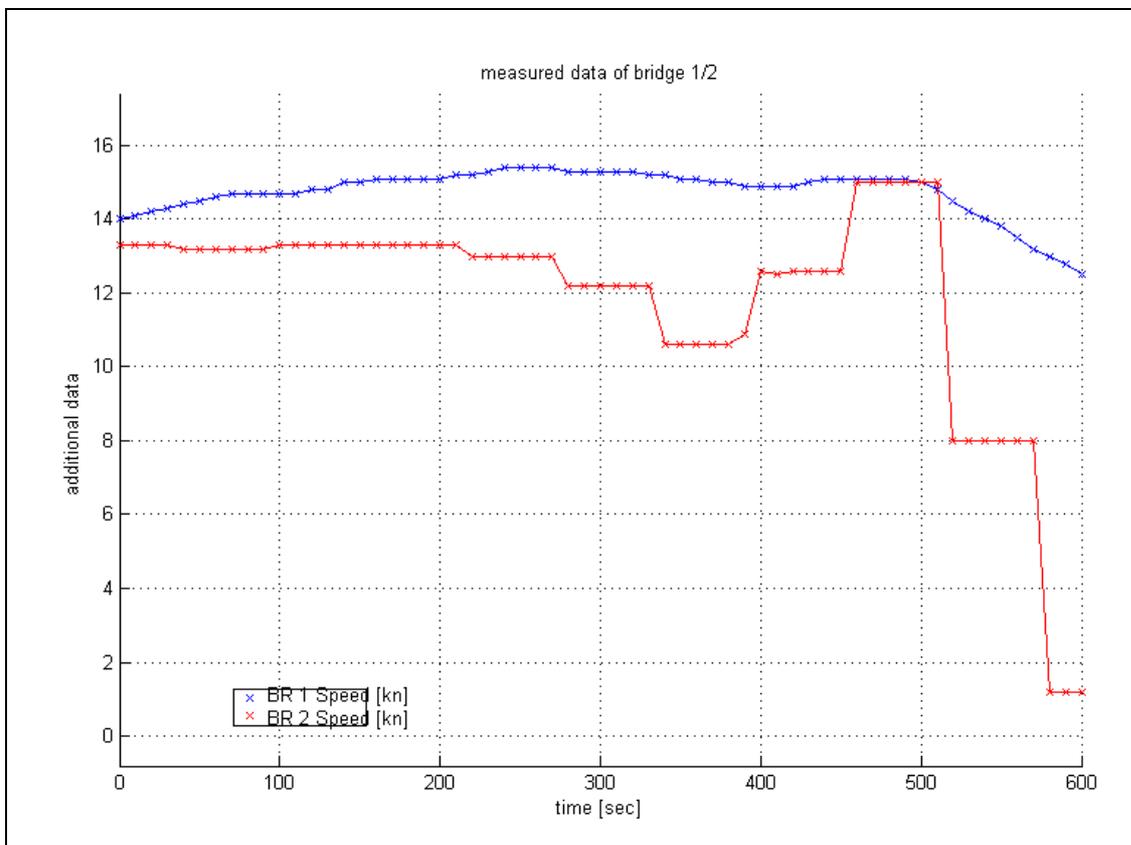
Im oberen Diagramm sind die Trackverläufe der beteiligten Schiffe (blau - COSCO Hamburg; rot – P&O Nedlloyd Finland) sowie deren maßstabsgerechte Schiffskonturen an der Position zum Zeitpunkt 13:31:24 Uhr zusammen mit ausgewählten aus der ECDIS extrahierten Seekartenobjekten (Landkonturen (schwarz), 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 SOG-Werte der beiden Schiffe über den gesamten betrachteten Analysezeitraum dargestellt. Der grün dargestellte Balken markiert den zur oben dargestellten Situation gehörenden Zeitpunkt (hier  $t_0 = 0s$ ).

Die folgenden Abbildungen enthalten vergrößerte Diagrammdarstellungen.



**Abb. 8:** Ausschnittsvergrößerung der visualisierten Trackverläufe zu Beginn der Analyseperiode

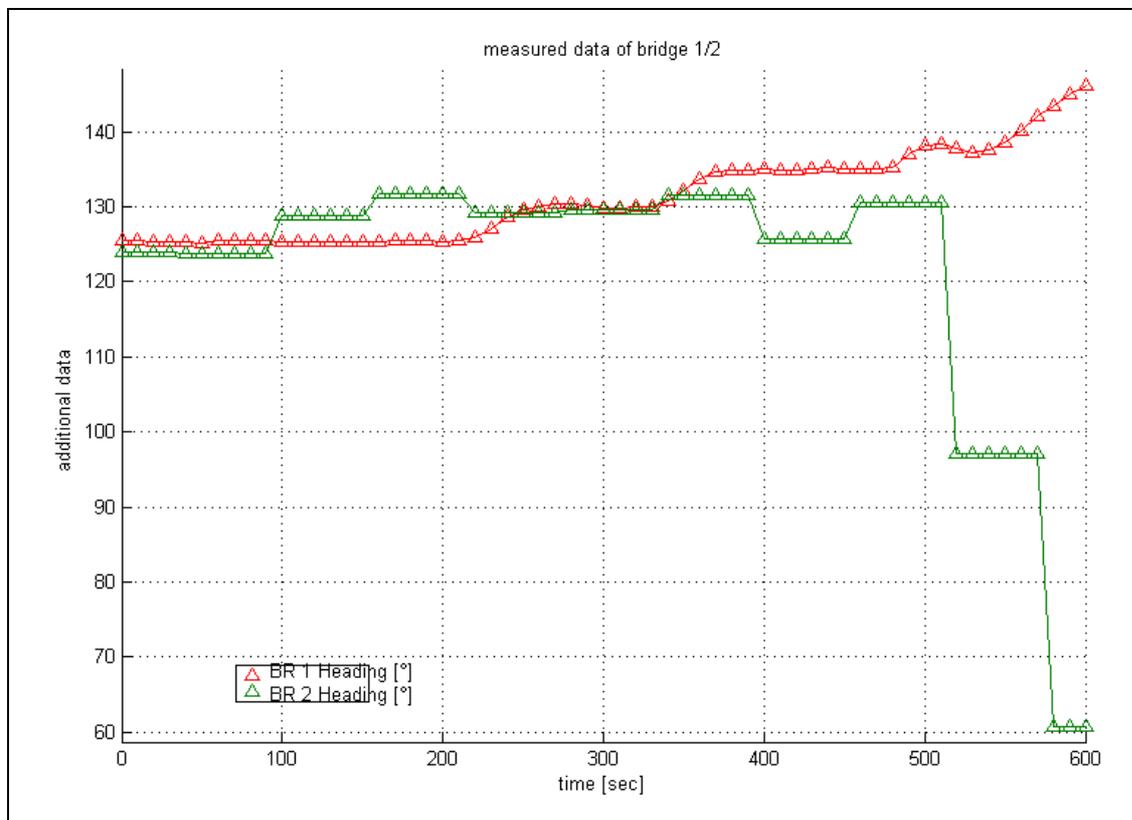


**Abb. 9:** Geschwindigkeitsverläufe (über Grund) der beteiligten Fahrzeuge für den gesamten Analysezeitraum (blau - COSCO, rot - Nedlloyd)

Die aufgezeichneten Geschwindigkeitsverläufe verdeutlichen die Annäherung der Geschwindigkeiten zueinander. Dabei scheint die Geschwindigkeit der 'COSCO' nahezu konstant zu sein, während die Geschwindigkeit der 'Nedlloyd' zunächst bis etwa  $t = 390$  s von rund 13,5 kn bis auf weniger als 11 kn leicht abnimmt, um danach in relativ kurzer Zeit von weniger als einer Minute (ca. 50 s) auf fast 15 kn anzusteigen.

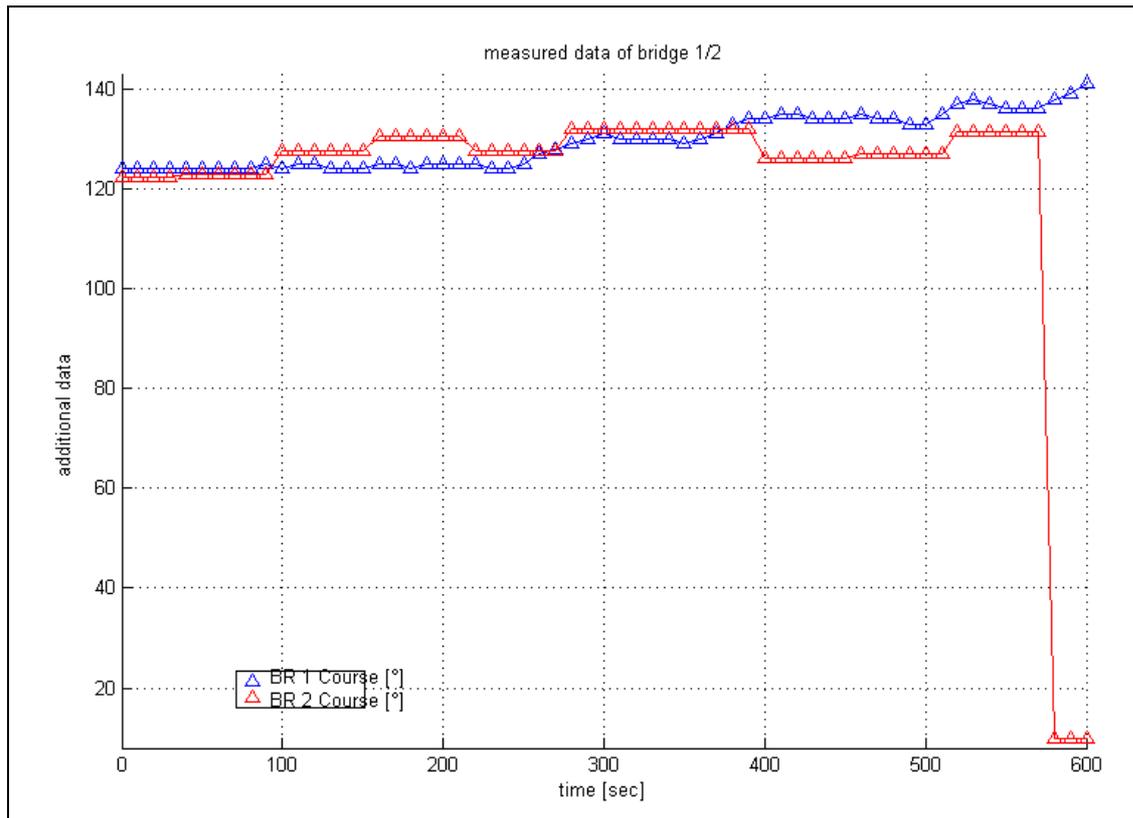
Nach der Berührung der Schiffskörper (wahrscheinliche Zeit  $t = 490 \dots 505$  s) nehmen die Geschwindigkeiten beider Schiffe stark ab.

In den folgenden beiden Abbildungen sind die aufgezeichneten Kursverläufe durch das Wasser (Abb. 10 - Kreiselkurs bzw. Heading) und über Grund (Abb. 11) dargestellt. Das Heading des MS 'Nedlloyd' verringert sich kurz nach  $t = 500$  s schlagartig von  $130^\circ$  auf fast  $90^\circ$  und schließlich  $60^\circ$ . Das Schiff liegt zu diesem Zeitpunkt quer im Fahrwasser.



**Abb. 10:** Darstellung der aufgezeichneten Kreiselkursdaten (Heading (grün – COSCO, rot – Nedlloyd))

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' um nahezu  $90^\circ$ . Der zeitlich Versatz zwischen den Änderungen der Kurswerte (über Grund und Heading) kann darauf zurückgeführt werden, dass sich die 'Nedlloyd' wie auf der Fotoserie vom Unfallhergang zu erkennen, erst auf noch parallelen Kursen an die 'COSCO' annäherte und nach der Berührung des Hecks der 'COSCO' quer schlug.

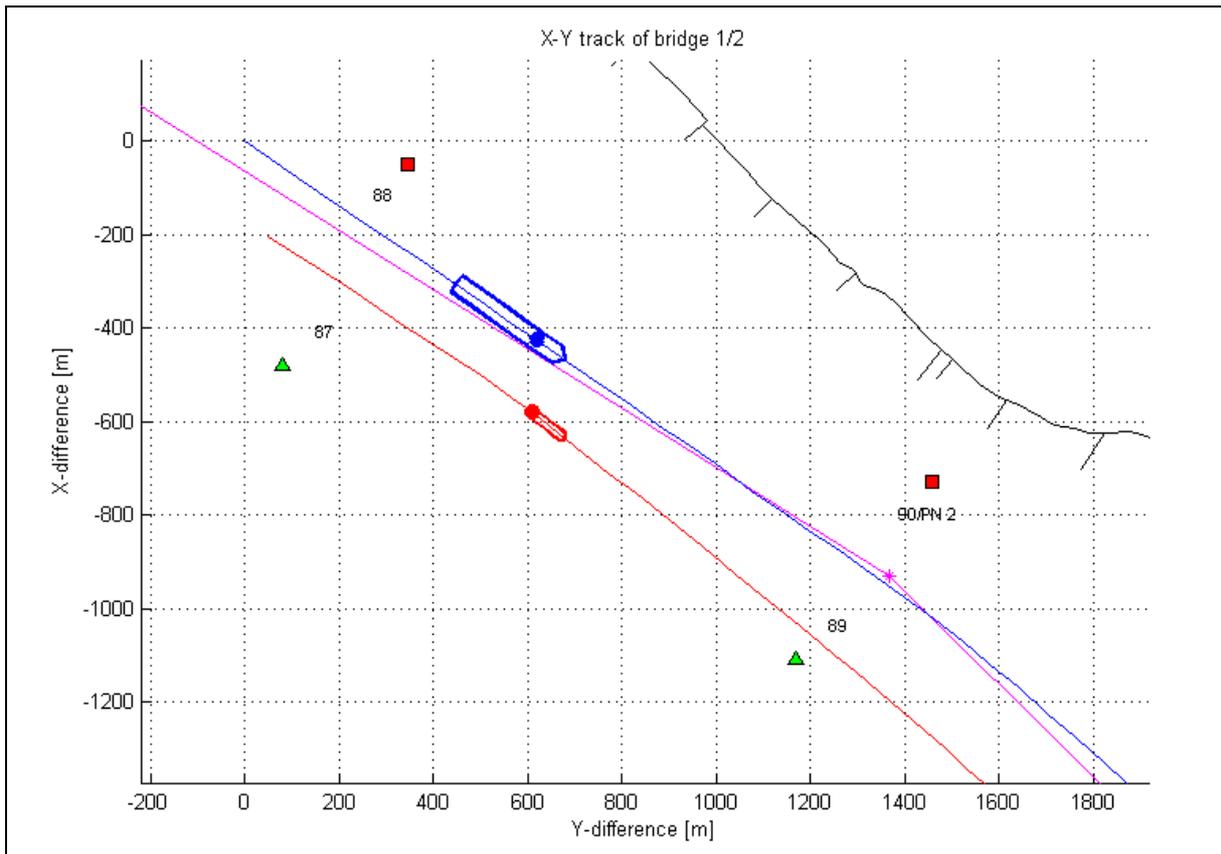


**Abb. 11:** Kursverläufe der beteiligten Fahrzeuge (Kurse über Grund; (blau - COSCO, rot - Nedlloyd)

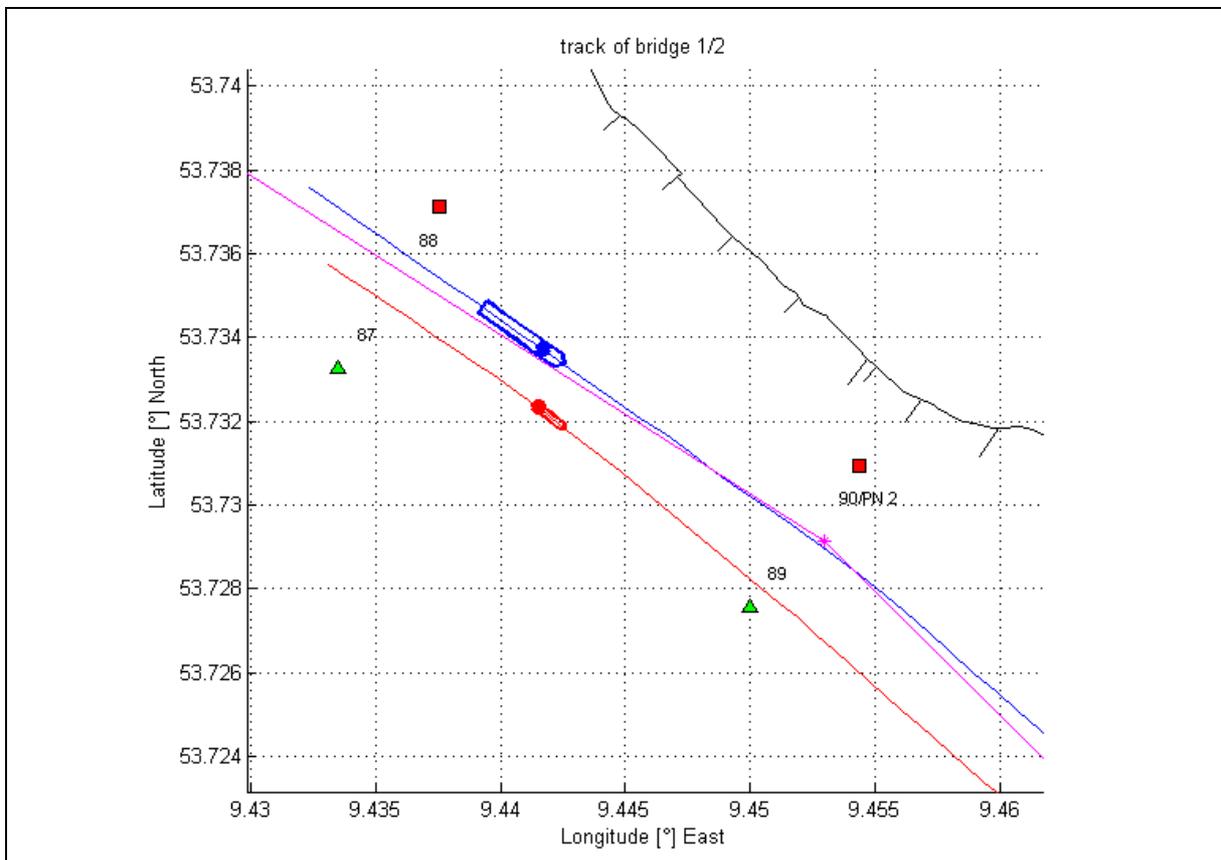
Die Abbildungen Abb. 12 bis Abb. 15 zeigen auf der Basis der aufgezeichneten Daten weitere ermittelte Situationsbilder des Überholvorgangs. In den Abb. 12 und Abb. 13 (nächste Seite) ist die Lage der Fahrzeuge zueinander etwa zu Beginn des Überholvorgangs dargestellt (Darstellung Abb. 12 in Gauß-Krüger-Koordinaten; Darstellung in Abb. 13 in geografischen Koordinaten). 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. 17). Nach dieser dichtesten Annäherung entfernen sich die Sensorpositionen weiter immer voneinander. Zum wahrscheinlichen Kollisionszeitpunkt, bei  $t = 6,5 \dots 7,5$  min ist der Abstand zwischen den Sensorpositionen etwa konstant und vergrößert sich dann weiter.

Ein erstes Minimum erreicht zu diesem Zeitpunkt  $t = 1,5$  min auch der Abstand zwischen den Schiffskörpern (siehe dazu auch Diagramm in Abb. 16). Zur Berechnung des jeweils minimalen Abstandes von Bordwand zu Bordwand wurde eine zusätzliche Funktion in das Analysetool implementiert, welche durch Punkt Betrachtungen von der Bordwand des einen Schiffes zum anderen jeweils den geringsten Abstand ermittelt. Als "Messpunkte" werden dabei einerseits die Eckpunkte der Schiffskonturen selbst sowie drei weitere Punkte entlang Bordwand bei 25%, 50% und 75% der Schiffslänge verwendet. Zur Ermittlung des minimalen Abstandes wurden für alle Messzeiten alle Eckpunkt-Kombinationen berechnet und ausgewertet.

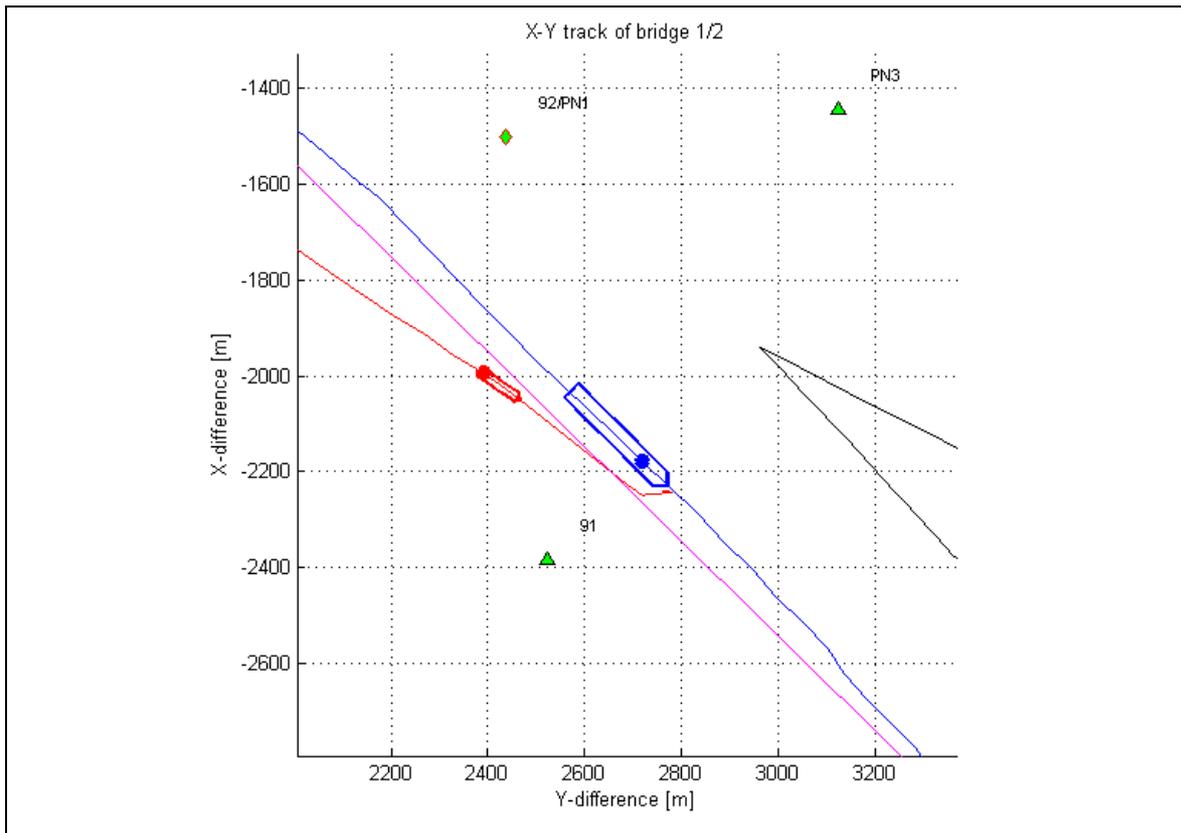
Die Trackdarstellungen in den Diagramme in Abb. 14 und Abb. 15 zeigen die Trackverläufe des letzten Auswertungsabschnittes von unmittelbar vor bis nach der Berührung der Schiffe. Die durch die Schiffskonturen markierten Positionen sind für den Zeitpunkt der zweiten dichtesten Annäherung eingeblendet.



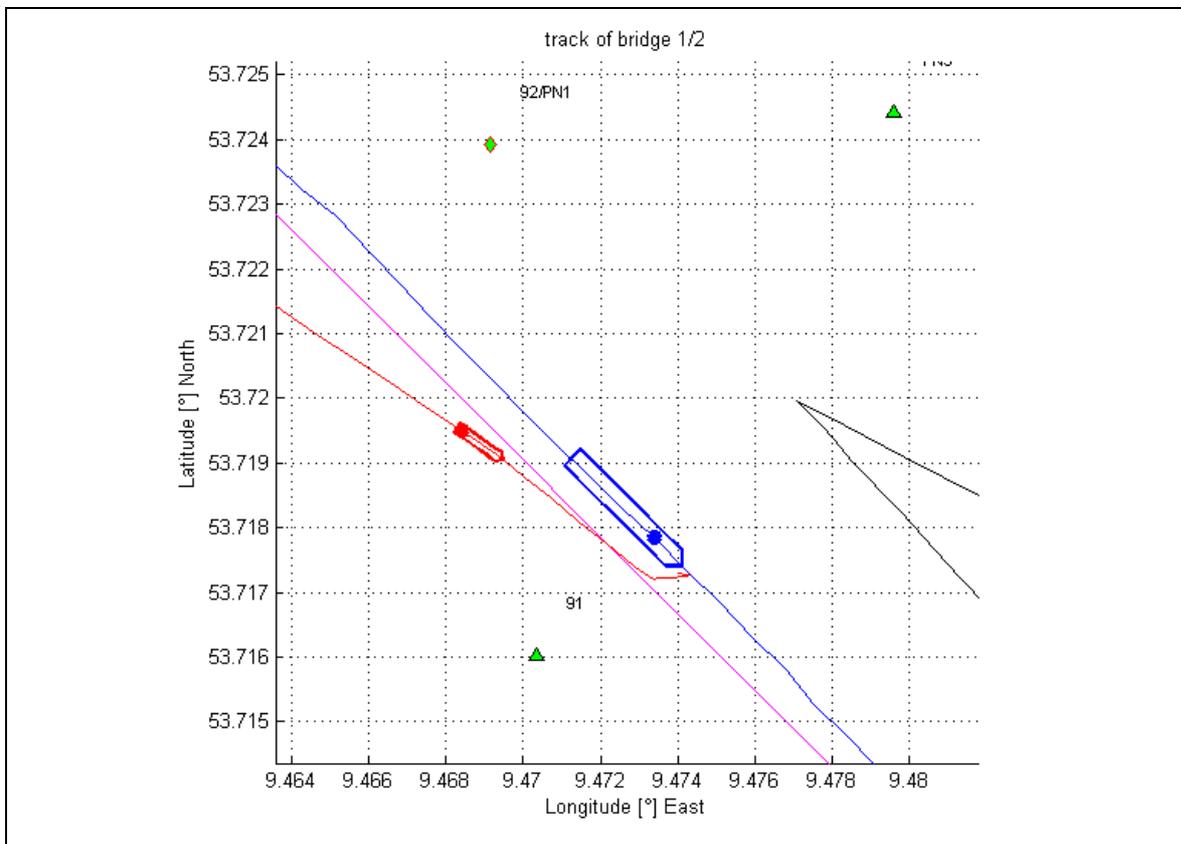
**Abb. 12:** Momentaufnahme des Überholvorganges zum Zeitpunkt der dichtesten Annäherung der Sensorpositionen (Positionsdarstellung in Gauß-Krüger-Koordinaten)



**Abb. 13:** Momentaufnahme des Überholvorganges zum Zeitpunkt der dichtesten Annäherung der Sensorpositionen (Diagrammdarstellung in geografischen Koordinaten (Lat/Lon))



**Abb. 14:** Momentaufnahme des Überholvorganges kurz vor der Kollision (Positionsdarstellung in Gauß-Krüger-Koordinaten)

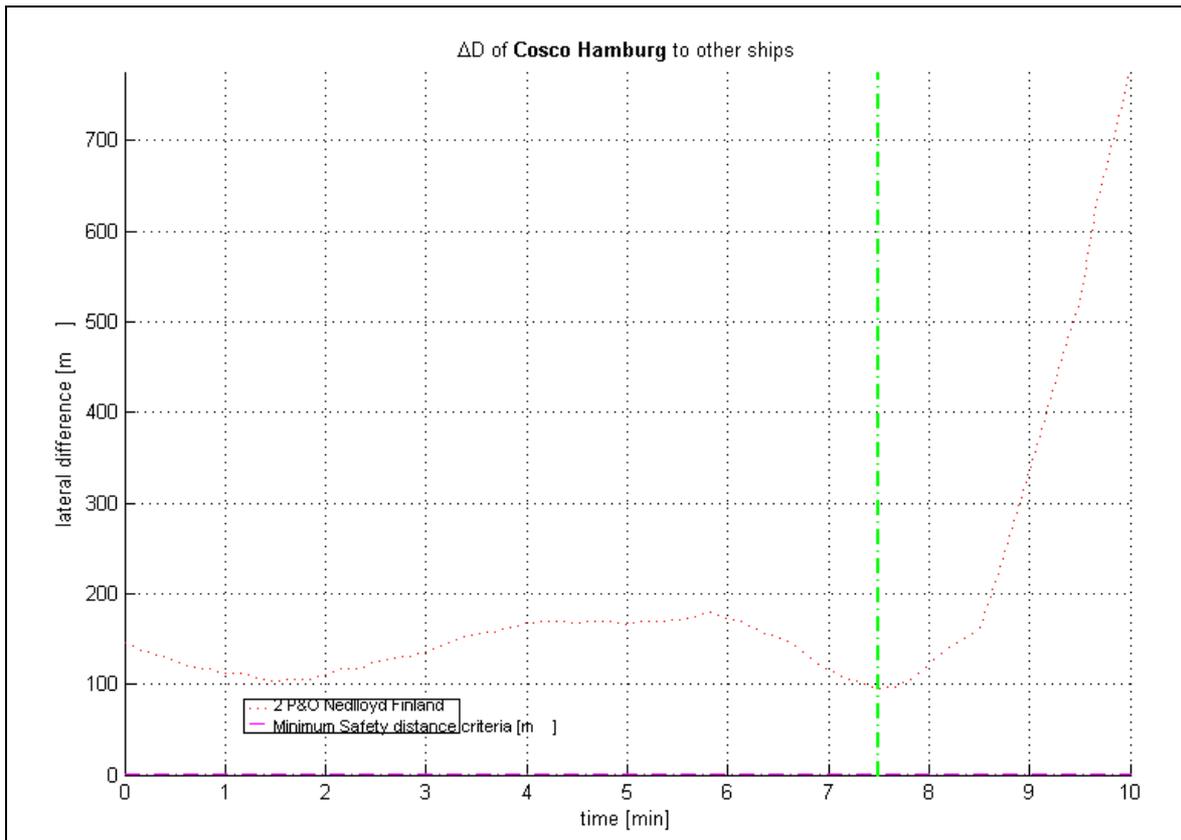


**Abb. 15:** Momentaufnahme des Überholvorganges kurz vor der Kollision (Positionsdarstellung in geografischen Koordinaten (Lat/Lon))

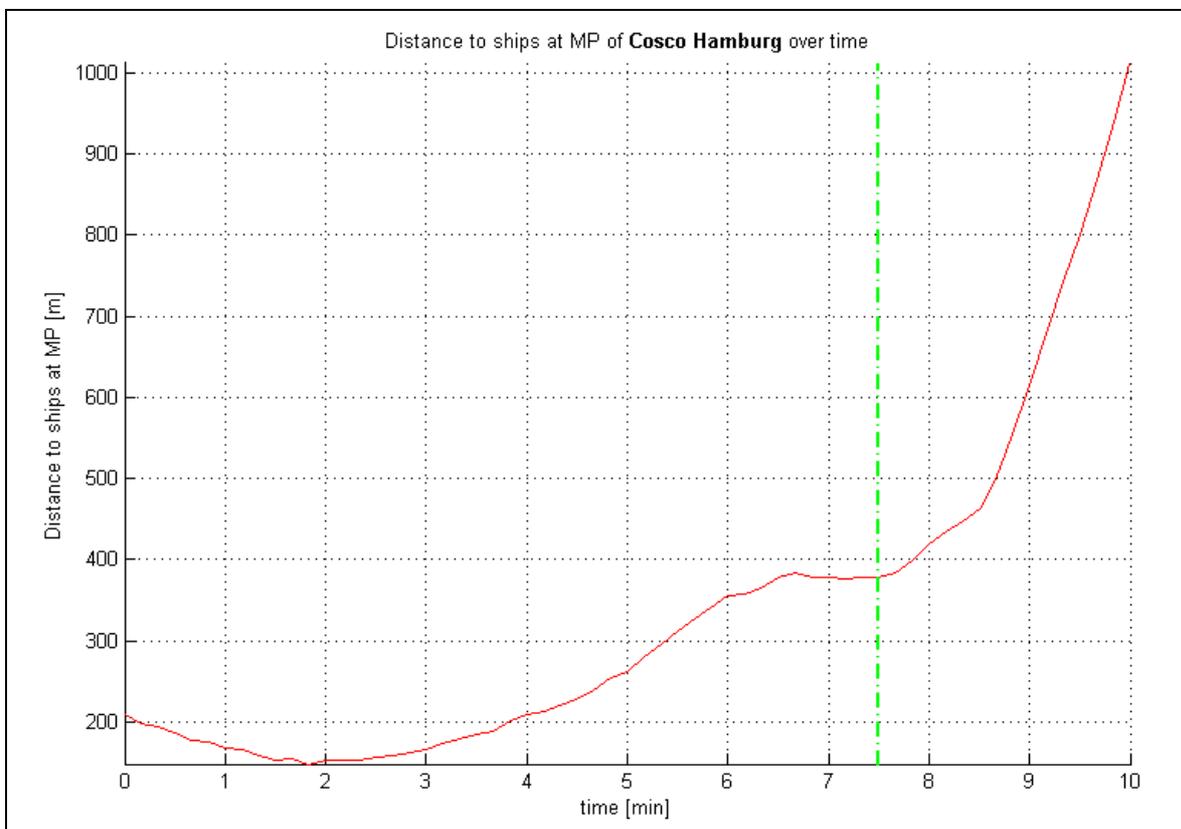
Aus der durchgeführten Datenanalyse und den Abbildungen wird ersichtlich, dass sich die Berührung der beiden Schiffskörper nahe der Radarlinie ereignete. Der aufgezeichnete Track der 'P&O Nedlloyd Finland' zeigt eine deutliche Tendenz auf die Radarlinie und den Track der 'COSCO Hamburg' zu. Aus den Trackverläufen 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 (siehe Abb. 18 'COSCO Hamburg' und Abb. 19 ' P&O Nedlloyd Finland ') zu entnehmen ist, hatte die 'COCSO Hamburg' insbesondere in den letzten Minuten vor der Kollision einen deutlichen Seitenabstand zur Radarlinie und lief auf nahezu parallelem Kurs, während sich die Annäherung der ' P&O Nedlloyd Finland ' an die Radarlinie nahezu kontinuierlich und ohne in den Datensätzen erkennbare Kurskorrektur vollzog.

Aus den Darstellungen in den vorhergehenden Abb. 14 und Abb. 15 wird allerdings auch ersichtlich, dass sich aus den aufgezeichneten "Roh"-Daten der Situationsverlauf ohne weitere Korrekturen nicht exakt rekonstruieren lässt. Die auf den Fotos zur Unfallserie deutlich erkennbare Berührung der Schiffskörper ergibt sich bei der Analyse der aufgezeichneten und zeitsynchronisierten Daten nicht.

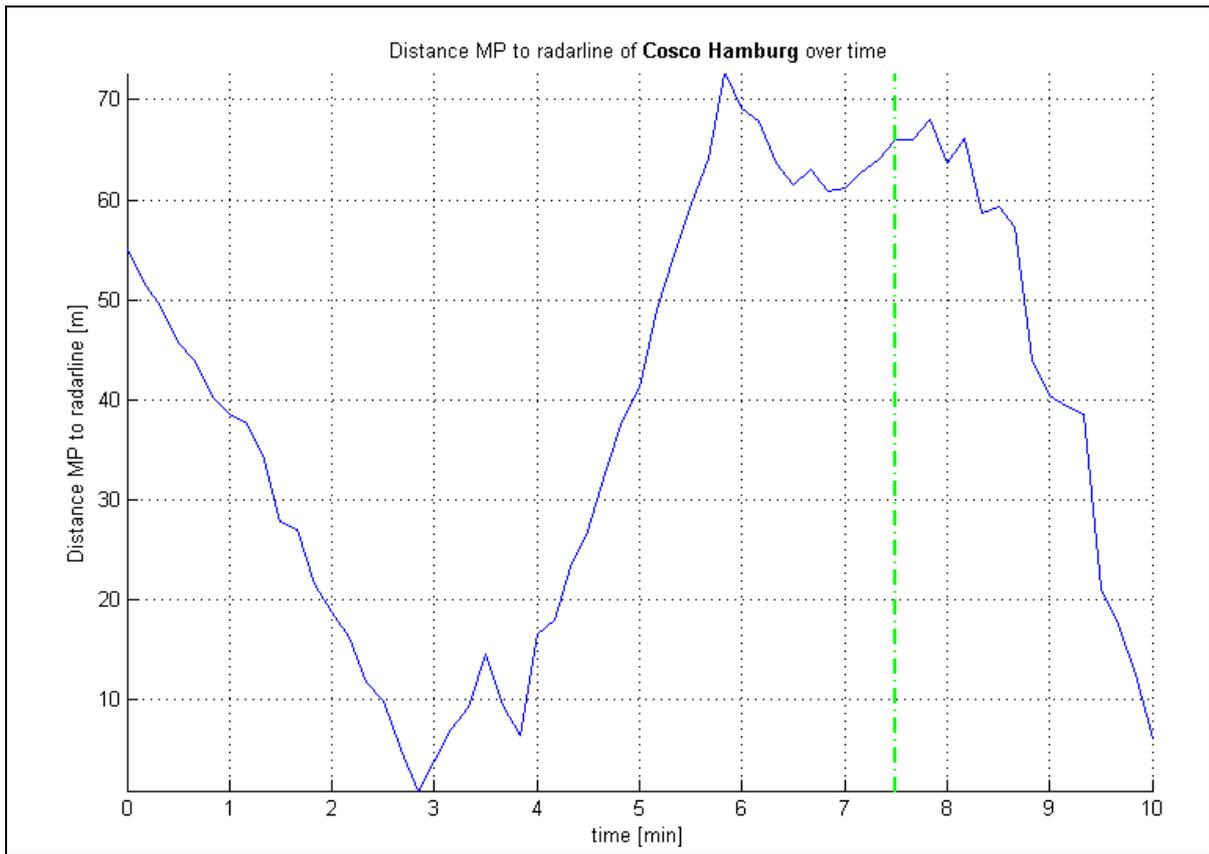
Ausgehend von der vorliegenden Fotoserie zum Unfall könnte beispielsweise angenommen werden, dass die relative Annäherung zueinander korrekt ist. In diesem Fall müssten entweder die Positionen der 'COSCO' auf dem eigenen Track zeitlich weiter zurückgesetzt bzw. die Positionen der 'Nedlloyd' zeitlich weiter noch vorn verschoben werden. Entsprechende Korrekturen sind prinzipiell realisierbar und beispielhaft durchgeführt worden. Erläuterungen dazu enthält das folgende Kapitel.



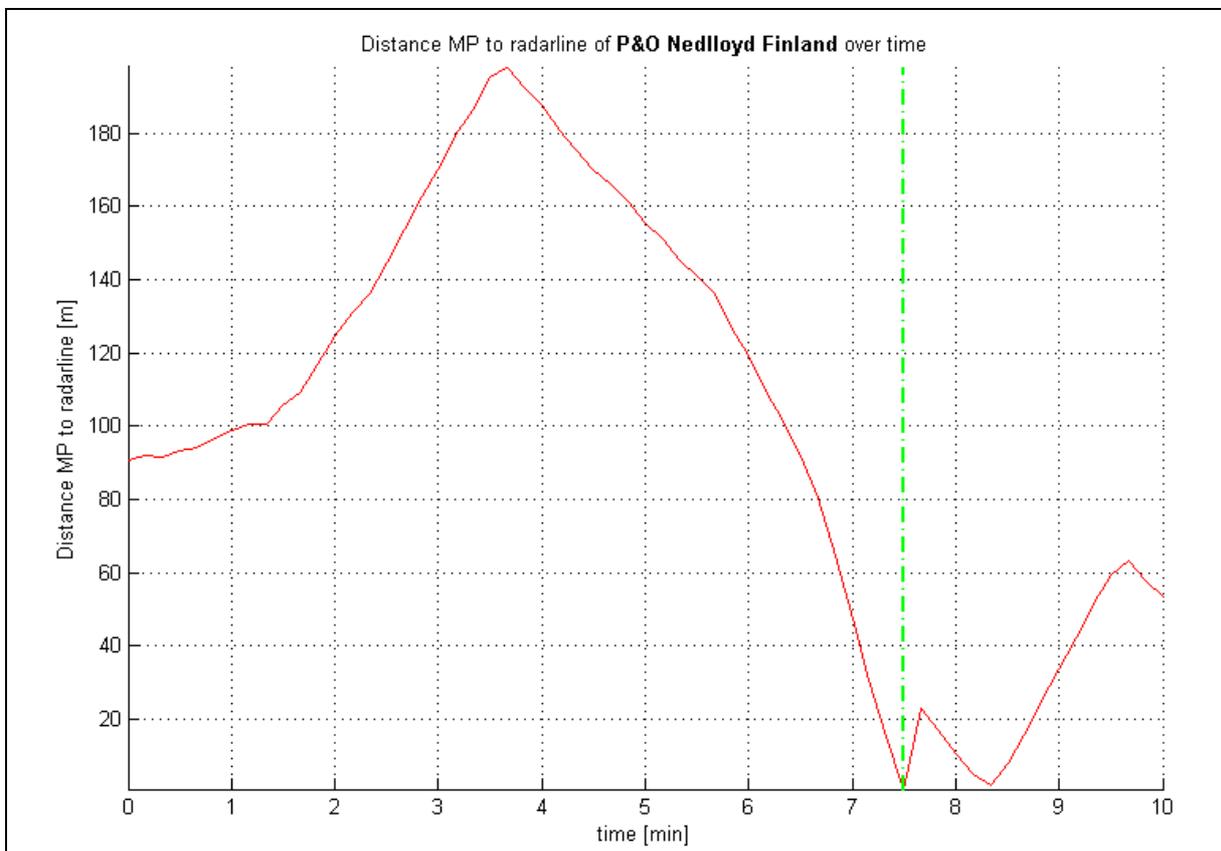
**Abb. 16:** Verlauf der berechneten dichtesten Abstände zwischen den Schiffskörpern der beteiligten Fahrzeuge (minimaler Abstand von Bordwand zu Bordwand)



**Abb. 17:** Verlauf der berechneten dichtesten Abstände zwischen den Sensorpositionen der beteiligten Fahrzeuge (Abstand von Systemposition 'COSCO' zu GPS-Antenne 'Nedlloyd')



**Abb. 18:** Zeitlicher Verlauf des absoluten Abstandes der Sensor- bzw. Systemposition der 'COSCO' zur Radarlinie



**Abb. 19:** Zeitlicher Verlauf des absoluten Abstandes der Sensorposition der 'Nedlloyd' zur Radarlinie

### 3.3 Ergebnisse der manuell zusätzlich synchronisierter Datensätze – Wahrscheinliches Unfallszenario

In diesem Kapitel werden Betrachtungen zum wahrscheinlichen Situationsverlauf angestellt. Dazu wurde eine Synchronisation der Datensätze auf der Grundlage der verfügbaren Fotoserie vorgenommen. Die untenstehende Abbildung zeigt eine resultierende Momentaufnahme kurz vor dem angenommenen Unfallzeitpunkt.

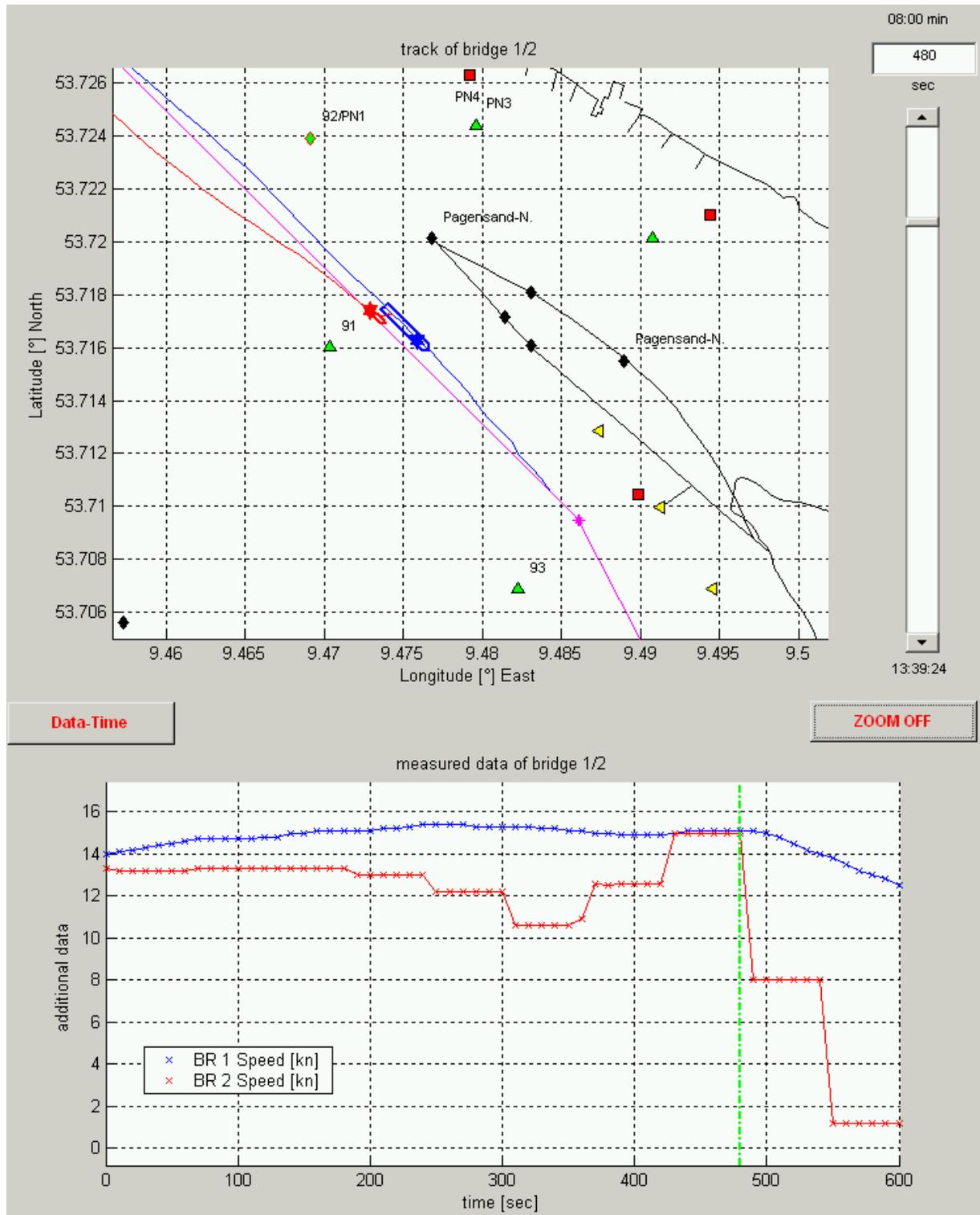
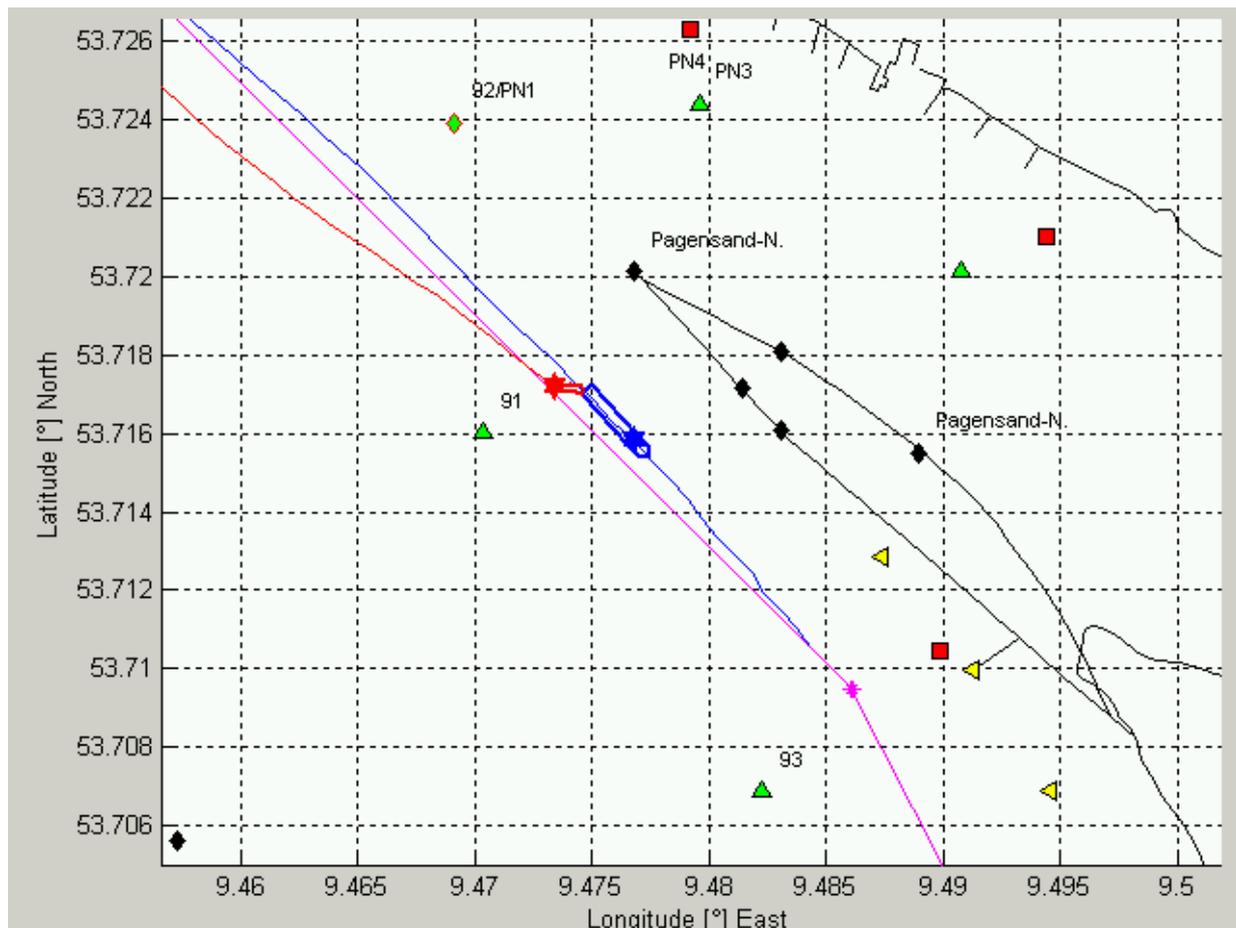


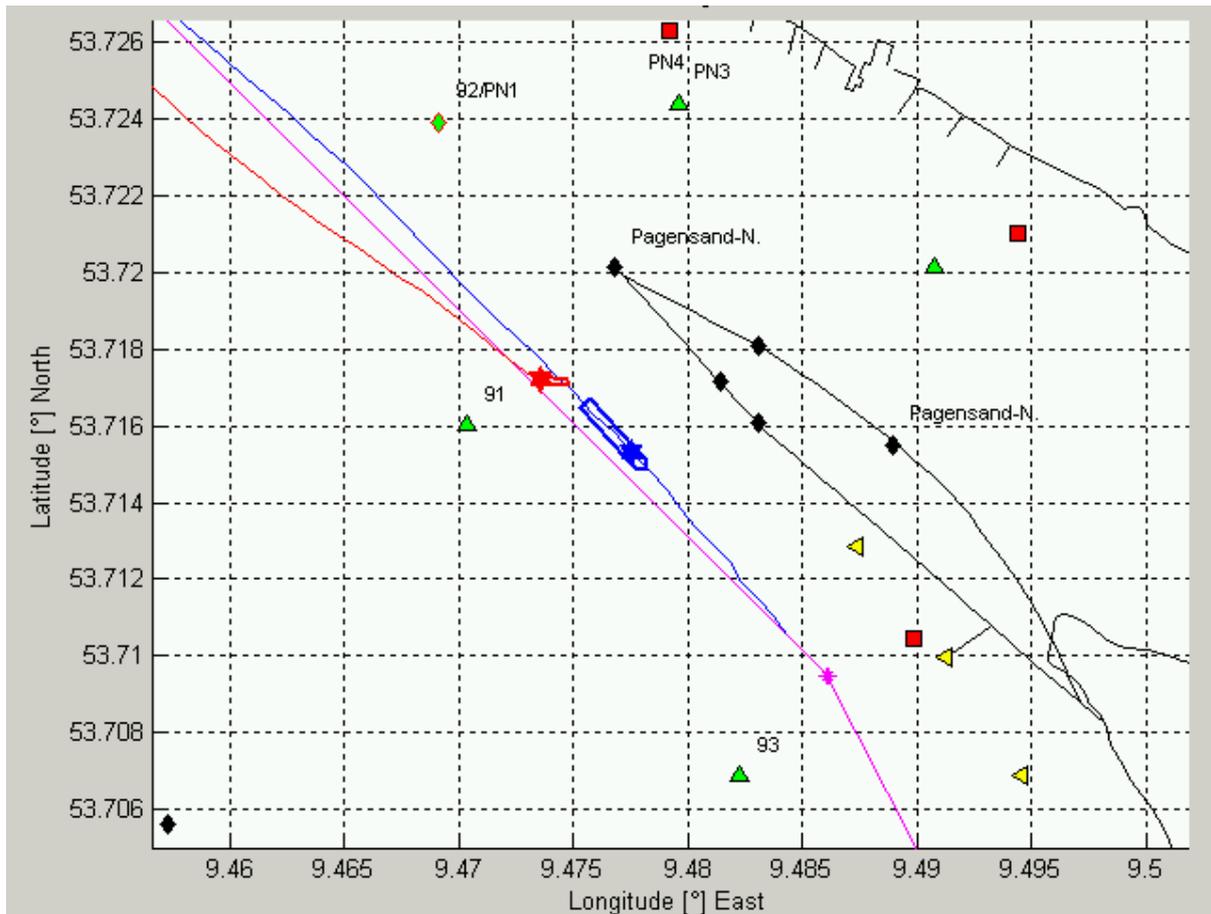
Abb. 20: Darstellung der wahrscheinlichen Situation kurz vor Unfalleintritt auf der Basis manuell synchronisierter Datensätze

In Abb. 20 sind die unveränderten Trackverläufe der beiden Fahrzeuge sowie die Schiffskonturen für den Zeitpunkt 14:39:24 in Relation zu den aus der ECDIS-Datenbank entnommenen Fahrwassergrenzen und Seezeichen dargestellt. Während die Position der 'P&O Nedlloyd Finland' weiterhin den Rohdatensätzen entnommen ist, wurde die Position der 'COSCO Hamburg' um 30 s zurückgesetzt. Grundlage dieser zusätzlichen Synchronisierung ist die in Abb. 6 dokumentierte Lage der Schiffe unmittelbar nach der Kollision. Im Foto liegt von der 'P&O Nedlloyd Finland' aus gesehen "Pagensand-Nord Front-Lt" nahezu recht voraus, während sich das Heck der 'COSCO Hamburg' bereits in geringem Abstand befindet.

Da auf der 'P&O Nedlloyd Finland' GPS-Rohdaten ohne weitere Umrechnung aufgezeichnet werden, wird unterstellt, dass Position und Zeitpunkt der Aufzeichnung dem tatsächlichen Unfallzeitpunkt in etwa entsprechen. Es wird weiter angenommen, dass der Trackverlauf der 'COSCO Hamburg' dem tatsächlichen Verlauf entspricht. Aus den Fotos geht weiter hervor, dass die Berührung des Schiffsbugs der 'P&O Nedlloyd Finland' im achteren Bereich etwa in Höhe der letzten beiden 40'-Container-Bays erfolgte. Zur Rekonstruktion der Berührung wurden nun die Datensätze der 'COSCO Hamburg' zeitlich in den verfügbaren aufgezeichneten Zeitschritten zurückgesetzt, bis die Berührung der Schiffskörper ergab. Der in dieser Weise rekonstruierte weitere Situationsverlauf ist in den folgenden Abbildungen dargestellt.



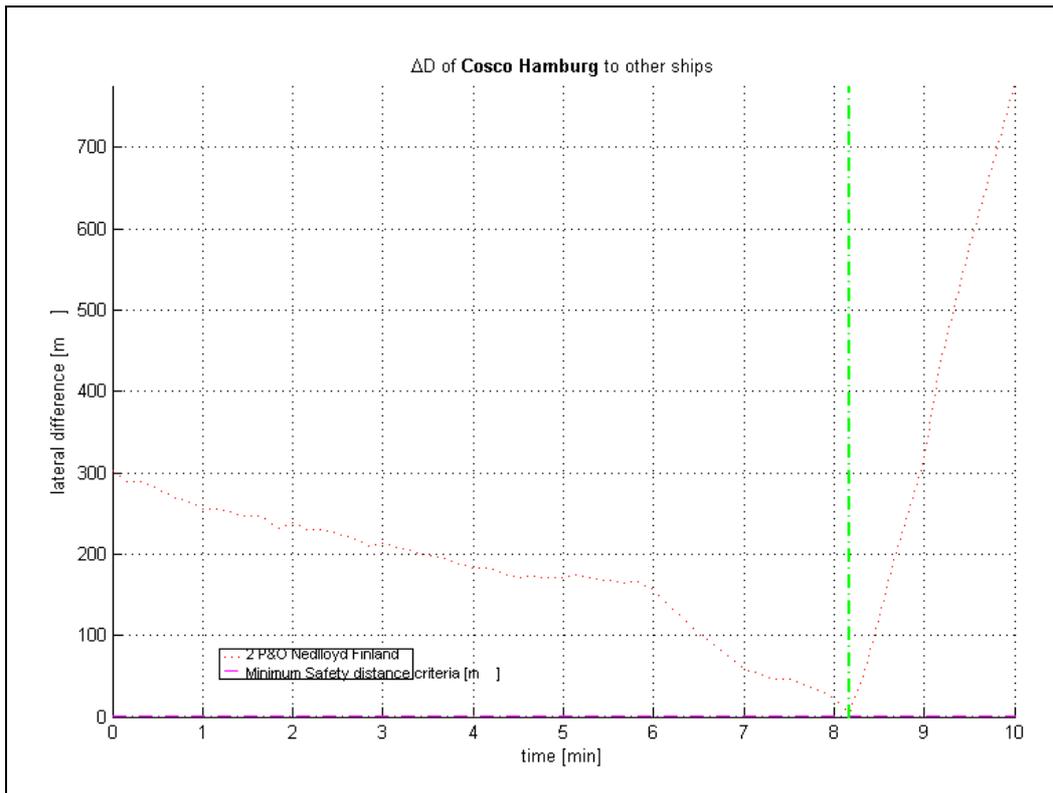
**Abb. 21:** Letzte Phase der Berührung zwischen den beteiligten Schiffen ca. 14:39:34 (Basis manuell synchronisierte Datensätze)



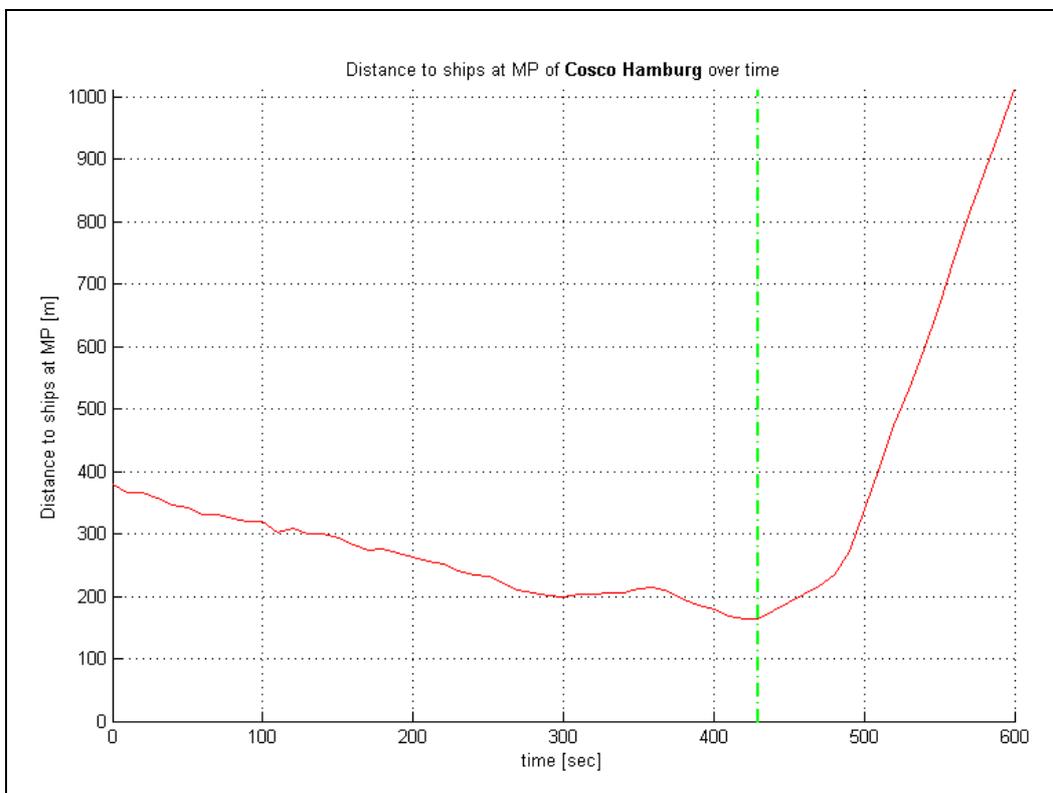
**Abb. 22:** Situation kurz nach der Kollision (14:39:44) MS 'P&O Nedlloyd Finland' steht nahezu quer im Fahrwasser, Seezeichen an Backbordseite nahezu recht voraus

Die in den letzten beiden Abbildungen dargestellten Konstellationen sind ähnlich zu der im Foto in Abb. 6 dargestellten Lage der Schiffe zueinander. Wird diese Zeitsynchronisierung für die Datenauswertung zugrunde gelegt ergeben sich die nachfolgend dargestellten Abstandsverläufe (siehe Abbildungen nächste Seite).

Im Vergleich zu den aus den Rohdaten ermittelten Abstandsverläufen ergibt sich bei Betrachtung des Abstandes von Bordwand zu Bordwand ein Minimalwert von 0 m zum Zeitpunkt der angenommenen Kollision.



**Abb. 23:** Verlauf der berechneten dichtesten Abstände von Bordwand zu Bordwand für den angenommenen zeitsynchronisierten Situationsverlauf



**Abb. 24:** Verlauf der berechneten Abstände von Sensorposition ('P&O Nedlloyd Finland') zu Systemposition ('COSCO Hamburg') für den angenommenen zeitsynchronisierten Situationsverlauf

#### **4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen**

Aus den Trackverläufen und der Auswertung der Lage der Schiffe (Heading) zueinander kann die Situation der Kollision qualitativ gut nachvollzogen werden.

Es wird allerdings auch ersichtlich, dass sich aus den aufgezeichneten "Roh"-Daten der Situationsverlauf ohne weitere Korrekturen nicht exakt rekonstruieren lässt. Die auf den Fotos zur Unfallserie deutlich erkennbare Berührung der Schiffskörper ergibt sich bei der Analyse der aufgezeichneten und zeitsynchronisierten Daten nicht.

Entsprechende Korrekturen für ein verbessertes Nachvollziehen des Unfalles sind prinzipiell realisierbar, wie ein Kurztest im Shiphandlingsimulator des MSCW zeigte. In diesem Fall müssten entweder die Positionen der 'COSCO' auf dem eigenen Track zeitlich weiter zurückgesetzt bzw. die Positionen der 'Nedlloyd' zeitlich weiter noch vorn verschoben werden, solche Korrekturen sollten jedoch vor weiteren Untersuchungen abgestimmt werden

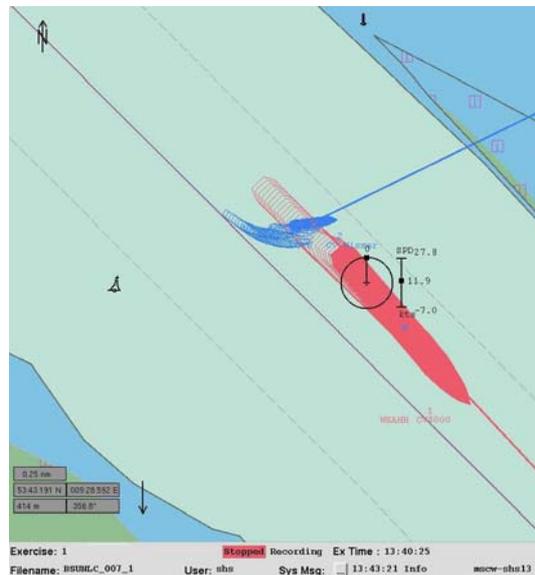
Aus den Geschwindigkeitsverläufen ist deutlich ein Konvergieren der Geschwindigkeiten zu erkennen. Einerseits können durchaus Maschinenmanöver der 'Nedlloyd' als eine mögliche Ursache des Geschwindigkeitsanstiegs angesehen werden. Diese Hypothese kann allerdings nicht im Rahmen dieser Betrachtungen belegt werden, da Angaben zu aktuellen Maschinendrehzahlen nicht vorliegen. Möglicherweise können noch Ausdrücke des Maschinentelegrafen beschafft werden. Anhand der Manöverunterlagen (insbesondere Acceleration-Tests) könnte zumindest geprüft werden, ob mit Hilfe einer Drehzahlerhöhung entsprechende Beschleunigungen für eine Geschwindigkeitserhöhung um fast 3 kn in weniger als einer Minute überhaupt technisch realisierbar wären. Insbesondere unter Berücksichtigung der Fahrt in flachem Wasser und den damit verbundenen erhöhten Fahrtwiderständen erscheint diese Hypothese allerdings weniger wahrscheinlich.

Da nur die Annäherung der Fahrt über Grund der 'Nedlloyd' an die Fahrt der 'COSCO' registriert wurde, wird vielmehr vermutet, dass die Geschwindigkeitserhöhung auf die hydrodynamischen Interaktionen (Sogwirkung) zurückzuführen ist. Für die Hypothese, dass hydrodynamische Interaktionen den Situationsverlauf maßgeblich beeinflussten, sprechen insbesondere auch die bisher aus anderen Untersuchungen bekannten theoretischen Erkenntnisse (siehe u.a. [5] - [9]).

Aus den aufgezeichneten und zeitsynchronisierten Positionsdaten (Trackverläufe) kann zwar die Kollision nicht exakt nachgebildet werden, allerdings lassen sich aus den Bewegungstendenzen entsprechende Korrekturen für einen wahrscheinlichen Unfallzeitpunkt und den wahrscheinlichen Unfallort ermitteln. Entsprechende Betrachtungen wurden 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.

Darüber hinaus wurden auch vereinfachende Simulatorläufe mit vergleichbaren Fahrzeugen etwa vergleichbarer Dimensionen durchgeführt. Diese durchgeführten Voruntersuchungen zur Rekonstruktion des Situationsverlaufes am Schiffsführungssimulator (siehe Abb. 25) zeigten bei vorgenommener zusätzlicher Synchronisierung der Position des MS "COSCO Hamburg" eine gute Reproduzierbarkeit des

Sogeffektes. Weiterführende detailliertere Untersuchungen (Szenariostudien) würden die aus der Datenanalyse erzielten Ergebnisse mit großer Wahrscheinlichkeit weiter stützen.



**Abb. 25:** Rekonstruktion des Seeunfalls am Schiffsführungssimulator auf der Grundlage zusätzlich zeitsynchronisierter Daten

Darüber hinaus können mit Simulationsdaten zumindest zusätzliche Vergleichsdaten geliefert werden, die weitere Rückschlüsse auf den Unfallhergang ermöglichen können und die Gewinnung von empfehlenden Aussagen zur Vermeidung ähnlicher Situationen fundiert unterstützen.

## 5 Literatur und Referenzen

- [1] Operating Instructions Chartplot 9330; ECDIS, Conning Displays. SAM Electronics Hamburg, 10.07.2003
- [2] Navi Sailor 3000 User Manual, TRANSAS Hamburg, May 2001
- [3] Baldauf, M.; Benedict, K.; Felsenstein, Ch.; Kirchhoff, M.:  
**Computer-based Support for the Evaluation of Ship Handling Exercise Results.**  
Paper presented at the International Conference on Marine Simulation and Ship Manoeuvrability, MARSIM '03, Kananzawa, Japan, 25.-28. August 2003
- [4] Fiedler, R.; Gluch, M.; Schmidt, C.:  
**Einsatz integrierter Navigationssysteme zur hochgenauen Ortsbestimmung, Bahnplanung und Bahnführung in der Seeschifffahrt.** Abschlussbericht des FuE-Projektes Integrierte Navigation in der Seeschifffahrt (INIS). Rostock, April 1998
- [5] Baldauf, M.:  
**Landgestützte Erkennung von Kollisionsgefahren im Schiffsverkehr.**  
Dissertation A, Bergische Universität Wuppertal, Februar 1999
- [6] Brix, J. et al:  
**Manoeuvring Technical Manual.** Seehafen Verlag Hamburg, 1993
- [7] Brix, J.:  
**Sog- und Gierbewegungen bei Passiervorgängen,** MTJ-Stellungnahme zum Thema: "Aus-dem-Ruder-laufen von Schiffen". HANSA, Hamburg 116(1979)180
- [8] Müller, E.:  
**Manövrieren bei Fahrwasserbeschränkung.** in Handbuch der Werften, Bd. XVIII, Teil 1, 1986
- [9] Müller, E.:  
**Manövrieren in engen Fahrwassern.** Vortrag beim 3. SVA-Forum "Manövrieren mit Modell und Großausführung", Potsdam, 11. Oktober 1995

## Anlage 1: Datensätze Rohdaten und Analysedaten

Zeit	Geschwind. Cosco [kn]	Geschw. Nedlloyd [kn]	Kurs Cosco [°]	Kurs Nedlloyd [°]	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
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

Zeit	Geschwind. Cosco [kn]	Geschw. Nedlloyd [kn]	Kurs Cosco [°]	Kurs Nedlloyd [°]	Abstand Sensoren [m]	Abstände Schiffswand [m]
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

**Tab. 3:** Zusammenfassung der für die Datenanalyse verwendeten Rohdaten und Analyseergebnisse für die aus den Rohdaten berechneten Abstandswerte

## Anlage 2: Datensätze für das zusätzlich manuell zeitlich synchronisierte Szenario und Analysedaten

Zeit	Geschwind. Cosco [kn]	Geschw. Nedlloyd [kn]	Kurs Cosco [°]	Kurs Nedlloyd [°]	Abstand Sensoren [m]	Abstand 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
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

Zeit	Geschwind. Cosco [kn]	Geschw. Nedlloyd [kn]	Kurs Cosco [°]	Kurs Nedlloyd [°]	Abstand Sensoren [m]	Abstand Schiffswand [m]
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
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

**Tab. 4:** Zusammenfassung der für das zusätzlich zeitlich synchronisierte Szenario verwendeten Daten und Analyseergebnisse für die aus den korrigierten Datensätzen berechneten Abstandswerte