



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

**Untersuchungsbericht 415/06**

**Schwerer Seeunfall**

**Kenterung des Lotsentenders ELBE 3  
während des Ablegens von  
MS DELTA ST. PETERSBURG  
am 23. August 2006  
nördlich Elbtonne 1**

**1. August 2007**

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.

Der vorliegende Bericht soll nicht in Gerichtsverfahren oder Verfahren der seeamtlichen Untersuchung verwendet werden. Auf § 19 Absatz 4 SUG wird hingewiesen.

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

Leiter : Jörg Kaufmann  
Tel.: +49 40 31908300, Fax.: +49 40 31908340  
[posteingang-bsu@bsh.de](mailto:posteingang-bsu@bsh.de) [www.bsu-bund.de](http://www.bsu-bund.de)

## Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG DES SEEUNFALLS.....	6
2	UNFALLORT .....	7
3	SCHIFFSDATEN.....	8
3.1	DELTA ST. PETERSBURG.....	8
3.2	Hauptdaten.....	8
3.3	Lotsentender ELBE 3 .....	9
3.4	Hauptdaten.....	9
4	UNFALLHERGANG .....	10
5	UNTERSUCHUNG.....	12
5.1	Wettergutachten DWD .....	12
5.2	Besatzungen .....	12
5.3	DELTA ST. PETERSBURG.....	12
5.3.1	Schiffsbesichtigung .....	12
5.3.2	Lotsenversetzrichtungen.....	13
5.4	Aufzeichnungen über den Seeunfall.....	13
5.4.1	Verkehrszentrale .....	14
5.4.2	Voyage Data Recorder (VDR).....	14
5.5	Lotsenversetzboot ELBE 3.....	18
5.5.1	Schiffsbesichtigung .....	18
5.5.2	Hydrostatik und Krängungsversuch.....	19
5.5.3	Aufrichtendes Moment.....	20
5.5.4	Einfluß von Wellenberg und Wellental.....	21
5.5.5	Verschlusszustand .....	22
5.5.6	Moment durch Ruderlegen.....	22
5.5.7	Selbstaufrichtendes Boot .....	22
5.5.8	Leckrechnung.....	25
5.6	Unfallhergang .....	27
5.6.1	Beschreibung der Unfallsituation.....	27
5.6.2	Krängende Momente.....	28
5.6.3	Beurteilung der Stabilität .....	30
6	ANALYSE DES SCHWEREN SEEUNFALLS .....	32
6.1	Lotsenversetzboot.....	32
6.2	DELTA ST. PETERSBURG.....	33
6.3	Datenaufzeichnung VDR.....	34

7	BEREITS DURCHGEFÜHRTE MAßNAHMEN .....	36
8	SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN .....	37
9	QUELLENANGABEN .....	39
10	ANHANG .....	40

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Seekarte .....	7
Abbildung 2: DELTA ST. PETERSBURG .....	8
Abbildung 3: Lotsenversetzboot ELBE 3 .....	9
Abbildung 4: Radarplot der Verkehrszentrale Cuxhaven .....	14
Abbildung 5: Plot vom Fahrtverlauf aus VDR DELTA ST. PETERSBURG .....	15
Abbildung 6: Geschwindigkeit und Kurs nach VDR .....	16
Abbildung 7: Ruderwinkel und Propellersteigung nach VDR .....	17
Abbildung 8: Seitenansicht ELBE 3 .....	18
Abbildung 9: Aufrichtende Hebelarmkurven mit verschiedenen Schiffsgewichten....	20
Abbildung 10: Wellenbild der DELTA ST. PETERSBURG .....	21
Abbildung 11: Überkopflage .....	22
Abbildung 12: Versuch mit Auftriebskörper.....	23
Abbildung 13: Vergleich der Hebelarmkurven .....	24
Abbildung 14: Schwimmlagen im Leckfall .....	26
Abbildung 15: Skizze Drehkreis.....	27
Abbildung 16: Havarie ELBE 2 .....	33

## 1 Zusammenfassung des Seeunfalls

Am 23.08.2006 gegen 12:15<sup>1</sup> Uhr, ca. 0,5 sm nördlich der Elbtonne 1, krängte das Lotsenversetzboot ELBE 3 beim Ablegen vom MS DELTA ST. PETERSBURG so stark nach Backbord über, dass es durchkenterte und kieloben schwamm.

Alle drei an Bord befindlichen Personen wurden abgeholt.  
Eine der Personen wurde verletzt und ins Stadtkrankenhaus Cuxhaven verbracht und stationär behandelt.

Das Lotsenversetzboot wurde geborgen und ist nach umfangreichen Reparaturen wieder im Einsatz.

An der DELTA ST. PETERSBURG war kein sichtbarer Schaden.  
Umweltschäden wurden nicht gemeldet.

---

<sup>1</sup> Alle Zeiten in MESZ – Mitteleuropäische Sommerzeit

## 2 Unfallort

Art des Ereignisses:      Schwere Seeunfall, eine verletzte Person  
 Datum/Uhrzeit:            23. August 2006, ca. 12:15 Uhr MESZ  
 Ort:                            Elbe, in Höhe Tonne 1  
 Breite/Länge:                 $\phi$  54°00,00'N  $\lambda$  008°13,02'E

Ausschnitt aus Seekarte 3014, Blatt 13 BSH

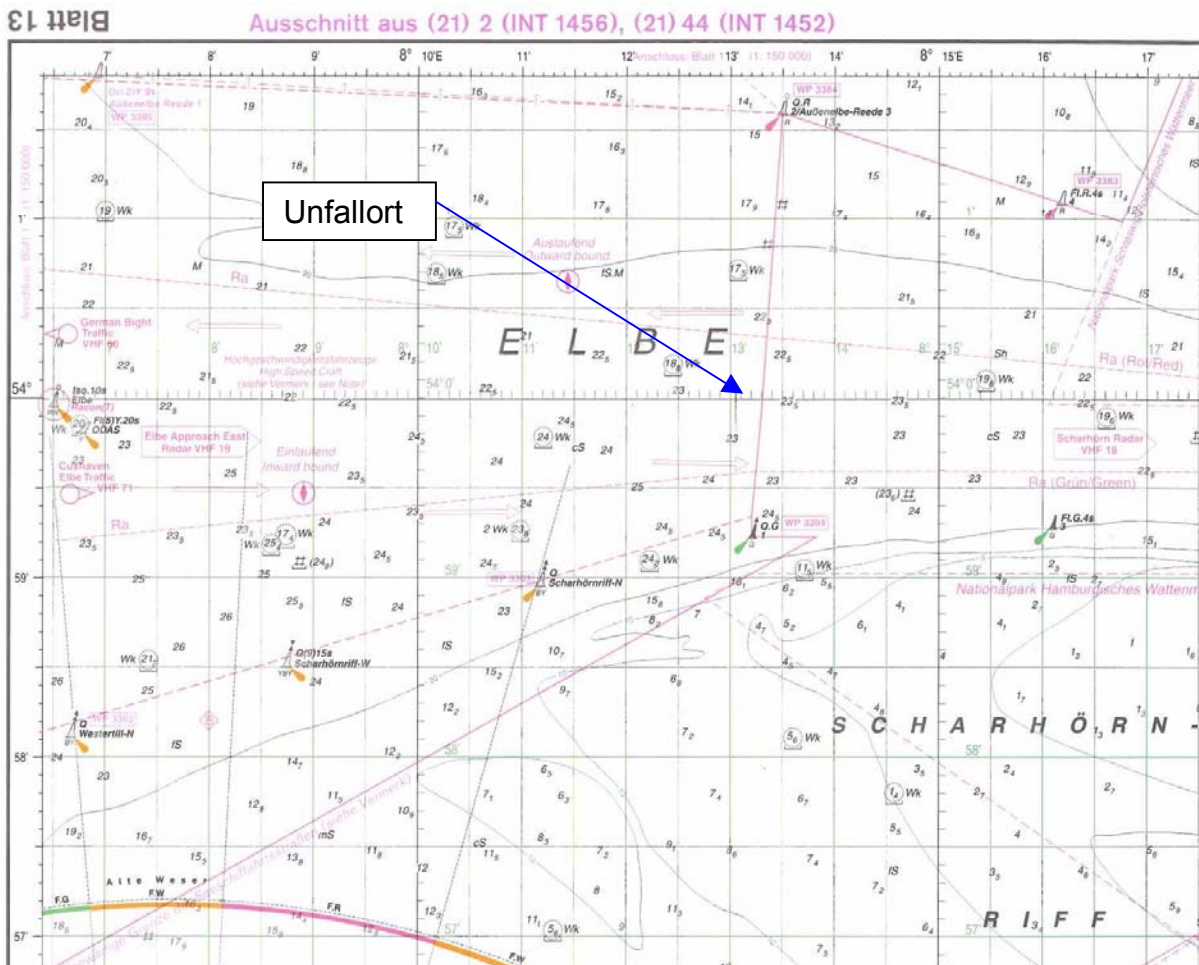


Abbildung 1: Seekarte

### 3 Schiffsdaten

#### 3.1 DELTA ST. PETERSBURG



Abbildung 2: DELTA ST. PETERSBURG

(Foto : Hasenpusch)

#### 3.2 Hauptdaten

Schiffsname:	DELTA ST. PETERSBURG
Schiffstyp:	Containerschiff
Nationalität/Flagge:	Gibraltar
Heimathafen:	Gibraltar
IMO-Nummer:	9301093
Unterscheidungssignal:	ZDHG 8
Reederei:	Beluga Shipping GmbH
Baujahr:	2006
Bauwerft/Bauort:	Vollharding Shipyards, Holland
Klassifikation:	Germanischer Lloyd
Länge über Alles:	154,85 m
Länge zwischen den Loten:	144,89 m
Breite über Alles:	21,50 m
Bruttoreaumzahl:	8.971
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	Tv = 6,70 m, Tm = 6,90 m, Th = 7,10 m
Verdrängung:	ca. 10.600 t
Dienstgeschwindigkeit:	18,7 kn
Maschinenleistung:	7.999 kW
Hauptmaschine:	MaK 8M 43 C
Ruder:	Flapruder, Typ Beckerruder
Anzahl der Besatzung:	15



### 3.3 Lotsentender ELBE 3



Abbildung 3: Lotsenversetzboot ELBE 3

### 3.4 Hauptdaten

Schiffsname:	ELBE 3
Schiffstyp:	Motorboot, Lotsenversetzboot
Nationalität/Flagge:	Deutsch
Heimathafen:	Cuxhaven
Reederei/ Betreiber:	Lotsbetriebsverein Hamburg e.V.
Baujahr:	2002
Bauwerft/Bauort:	Fr. Fassmer GmbH & Co.KG / Berne
Länge über Alles:	7,50 m
Breite über Alles:	2,60 m
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	ca. 1,00 m
Verdrängung:	ca. 4,8 t
Dienstgeschwindigkeit:	18 kn
Maschinenleistung:	157 kW
Hauptmaschine:	MTU 6 R099 TE 91
Anzahl der Besatzung:	2 + max. 5 Lotsen

## 4 Unfallhergang

Das Containerschiff MS DELTA ST. PETERSBURG fuhr am 23.8.2006 elbabwärts auf einer Reise von Hamburg nach Rotterdam. Eine Stunde vor Erreichen des Lotsen-Stationsschiffes ELBE wurde die DELTA ST. PETERSBURG darüber informiert, dass aufgrund des geringen Freibordes von 2 m das kleinere Lotsenversetzboot ELBE 3 zum Ausholen des Lotsen bestimmt sei.

In der Elbmündung herrschte ein WNW-Wind der Stärke 3 und leichter nordwestlicher Schwell, so dass die Lotsenleiter an der Backbord-Seite, der Leeseite des Schiffes, geriggt wurde. Bei Passage der Tonne 6 wurde das Stationsschiff ELBE über die beabsichtigte Ausholseite an Backbord informiert.

Kurz vor Erreichen des Stationsschiffes wurde der Kapitän der DELTA ST. PETERSBURG vom Lotsen angewiesen, die Geschwindigkeit für das bevorstehende Ausholmanöver auf ca. 6 kn zu reduzieren und nach der Passage des Stationsschiffes auf einen südlichen Kurs zu drehen, um Lee zu machen<sup>2</sup> und ein sicheres Ausholen zu gewährleisten.

Die Fahrtstufe des Schiffes wurde reduziert, und bei Passieren des Stationsschiffes verabschiedete sich der Lotse und begab sich auf den Weg zum Hauptdeck. Als er sich auf der Backbordseite bei der Lotsenleiter befand, lag die DELTA ST. PETERSBURG schon auf südlichem Kurs mit gutem Lee.

Auf dem Hauptdeck an der Lotsenleiter befanden sich zwei Mann der Besatzung.

Das mit einem Bootsführer und einem Matrosen besetzte Lotsenversetzboot ELBE 3 kam in Höhe der Lotsenleiter längsseits, und der Lotse stieg ohne Probleme über und begab sich zusammen mit dem Matrosen in den vorderen Aufbau.

Der Kapitän der DELTA ST. PETERSBURG bekam zu diesem Zeitpunkt über Funk, Kanal 17, von einem seiner Männer an der Lotsenleiter die Information: "Pilot is off" und 5-15 Sekunden später von seinem 2. Offizier, der auf der Backbordseite der Brücke stand und das Ablegemanöver beobachtete, die Information: "Pilotboat away". Daraufhin erhöhte er die Propellersteigung und begann den Drehkreis über Steuerbordbug zu fahren, um auf seinen ausgehenden Kurs von 275° zu gelangen. Kurz danach kam die Information über Kanal 17 vom Hauptdeck, dass etwas mit dem Lotsenboot nicht in Ordnung sei, woraufhin er umgehend die Steigung wieder reduzierte.

Das Ablegen von der DELTA ST. PETERSBURG gestaltete sich diesmal für den Bootsführer von ELBE 3 schwierig, da das Lotsenversetzboot nicht von der Bordwand frei kam und nach einiger Zeit immer weiter unter zunehmender Schlagseite nach Backbord zum Heck des Containerschiffes rutschte. Der Bootsführer versuchte noch, durch "Vollgasgeben" und durch Ruderlegen von Bb. nach Stb. von der DELTA ST. PETERSBURG wegzukommen. Nach kurzer Zeit nahm die Backbord-Schlagseite jedoch erheblich zu, so dass die Personen im

---

<sup>2</sup> Das Schiff wird beim "Leemachen" quer zum Wind gelegt, damit an der windabgewandten Seite, der Leeseite, ein windgeschütztes Gebiet mit auch weniger Wellenhöhe entsteht.

Aufbau durch den Bootsführer durch Rufen aufgefordert wurden, den Innenraum zu verlassen. In diesem Moment kenterte das Lotsenversetzboot.

Der Innenraum lief schnell mit Seewasser voll. Während des Kenterns konnten sich der Matrose und der Lotse durch die Einstiegs Luke ziehen und an die Wasseroberfläche tauchen. An der Wasseroberfläche schwammen sie zu dem komplett durchgkenterten und kieloben liegenden Lotsenversetzboot, wobei sie dem ebenfalls an der Oberfläche schwimmenden Bootsführer halfen, den die Kräfte verließen und der aus der Rettungsweste zu rutschen drohte.

Der Kapitän der DELTA ST. PETERSBURG sah das gekenterte Lotsenversetzboot am Heck und gab daraufhin Generalalarm und informierte die Besatzung, um das Rettungsboot klarzumachen. Das Drehkreismanöver wurde wieder aufgenommen, um dem gekenterten Lotsenversetzboot zu helfen. Über Funk wurde diese Absicht dem Stationsschiff ELBE mitgeteilt. Diese Hilfe wurde vom Stationsschiff ELBE abgelehnt, da man das Kentern beobachtet und umgehend ein Schlauchboot ausgesetzt hatte, das die drei Personen ca. 8 min. nach der Kenterung an der Unglücksstelle aufnahm.

Die DELTA ST. PETERSBURG wurde angewiesen, das Drehkreismanöver zu beenden und die Position zu halten.

Alle drei im Wasser befindlichen Personen trugen automatisch aufblasbare Rettungswesten.

Das in einer stabilen Überkopfschwimmlage liegende Lotsenversetzboot wurde später von MS VOGELSAND aufgenommen und nach Cuxhaven verbracht.

## 5 Untersuchung

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung erhielt am 23. August 2006 um 18:45 Uhr per Fax von der WSP Cuxhaven Kenntnis von dem Unfall und nahm die Untersuchung umgehend auf.

### 5.1 Wettergutachten DWD

Im Auftrag der BSU wurde vom Deutschen Wetterdienst (DWD) ein amtliches Gutachten über die Wetter- und Seegangsverhältnisse erstellt.

Zwischen einem ostwärts ziehenden Tiefdruckgebiet über dem Baltikum sowie einem nordwestlich von Schottland erstreckte sich ein flacher Hochdruckkeil über die Nordsee. Die Bewölkung war wechselnd und teilweise aufgelockert, und es gab nur ganz vereinzelt leichte Regenschauer. Zum Unfallzeitpunkt herrschten westliche Winde (240° bis 280°) mit der Stärke von 3 bis 4 Bft vor. Die Wellenhöhe des Seegangs lag bei 1 m mit Seegangsperioden um 6 sec. und einer schwachen Dünung aus nördlicher Richtung. Um 12 Uhr lief ein Flutstrom aus westlicher Richtung mit ca. 1,2 kn. Die Lufttemperatur lag zwischen 13° und 14° und die Wassertemperatur bei 19°.

### 5.2 Besatzungen

Die Besatzung der DELTA ST. PETERSBURG hatte zum Unfallzeitpunkt alle erforderlichen Qualifikationen. Der deutsche Schiffsführer befährt diesen Streckenabschnitt der Elbe in der Regel zwei mal die Woche. An Bord waren 15 Besatzungsmitglieder.

Der Bootsführer der ELBE 3 ist im Besitz eines DDR- Befähigungszeugnisses Kapitän in der Ostseefischerei – B2 und ist seit 1999 beim Lotsbetriebsverein. Die Führung des Lotsenversetzbootes wird im Wechsel verantwortlich vom zweiten Besatzungsmitglied mit Matrosenbrief übernommen. Die Qualifikation zum Führen des Lotsenversetzbootes wird durch Dienstvorschrift vom Lotsbetriebsverein geregelt.

### 5.3 DELTA ST. PETERSBURG

#### 5.3.1 Schiffsbesichtigung

Die DELTA ST. PETERSBURG wurde erstmalig am 2. September 2006 in Hamburg von der BSU besichtigt.

Sichtbare Beschädigungen oder Farbabschürfungen wurden nicht festgestellt. Die DELTA ST. PETERBURG hat eine geschlossene Brücke. Die Sicht nach unten auf die Lotsenübergabestation ist durch entsprechend angeordnete Lichtgitter gut

möglich. Der Kapitän sagte aus, dass weder er noch ein Mitglied der Besatzung das Kentern des Lotsenversetzbootes direkt gesehen habe.

Bei anderen Lotsungen war es normal, dass das Lotsenfahrzeug nach vorne weg fuhr, nur dieses Mal sei es nach hinten "gesackt".

### 5.3.2 Lotsenversetzeinrichtungen

Die Vorgaben für Lotsenversetzeinrichtungen sind in SOLAS Kap. V, Regel 23 beschrieben. In Regel 23 unter 2.2 steht:

*"Das Ausbringen der Einrichtungen für das Versetzen von Lotsen und das An- und Vonbordgehen eines Lotsen müssen von einem verantwortlichen Offizier überwacht werden, der über eine Nachrichtenverbindung zur Kommandobrücke verfügt und außerdem dafür zu sorgen hat, dass der Lotse auf einem sicheren Weg zur Kommandobrücke und zurück begleitet wird"*

Zur Anordnung der Lotsenleiter ist unter 3.3. beschrieben:

*Für das sichere und bequeme Betreten und Verlassen des Schiffes muss Folgendes vorhanden sein:*

- 3.3.1 *eine Lotsenleiter, die den Aufstieg von mindestens 1,5 m und höchstens 9 m (von der Wasseroberfläche aus gerechnet) erfordert und die so angebracht und gesichert ist,*
- 3.3.1.1 *dass sie frei von etwaigen Abflussöffnungen des Schiffes ist;*
- 3.3.1.2 *dass sie sich innerhalb der Länge des Schiffskörpers, deren Seiten parallel verlaufen, und soweit durchführbar innerhalb der halben Länge des Schiffes im Mittschiffsbereich befindet; ...."*

Die Übergabestation mit der Lotsenleiter ist bei der DELTA ST. PETERSBURG weit achtern angeordnet. Vom Heckspiegel sind es etwa 1/5 der Schiffslänge (34 m) bis zur Lotsenleiter.

Die Außenhaut ist in diesem Bereich über der Wasseroberfläche eben noch parallel. Im Unterwasserbereich, und auch im Überwasserbereich wenige Meter nach hinten, fallen die Spantkonturen schon erheblich ein.

Die Anordnung der Lotsenleiter im geraden Mittschiffsteil auf halber Länge des Schiffes wäre bei ca. 77 m vom Heck.

### 5.4 Aufzeichnungen über den Seeunfall

Für die Auswertung des Seeunfalls wurden die Aufzeichnungen der Verkehrszentrale Cuxhaven und der an Bord der DELTA ST. PETERSBURG befindliche Schiffsdatenschreiber, der Voyage Data Recorder (VDR), herangezogen. Weitere Aufzeichnungen, z.B. VDR-Daten von anderen in der Nähe befindlichen Fahrzeugen oder AIS-Daten, standen nicht zur Verfügung.

### 5.4.1 Verkehrszentrale

Der Fahrtverlauf und der Funkverkehr der DELTA ST. PETERSBURG wurde anhand der aufgezeichneten Daten der Verkehrszentrale Cuxhaven ausgewertet. Der Fahrtverlauf der kleineren Fahrzeuge, wie z.B. das Lotsenversetzboot ELBE 3, wird nicht mitgeplottet und aufgezeichnet.

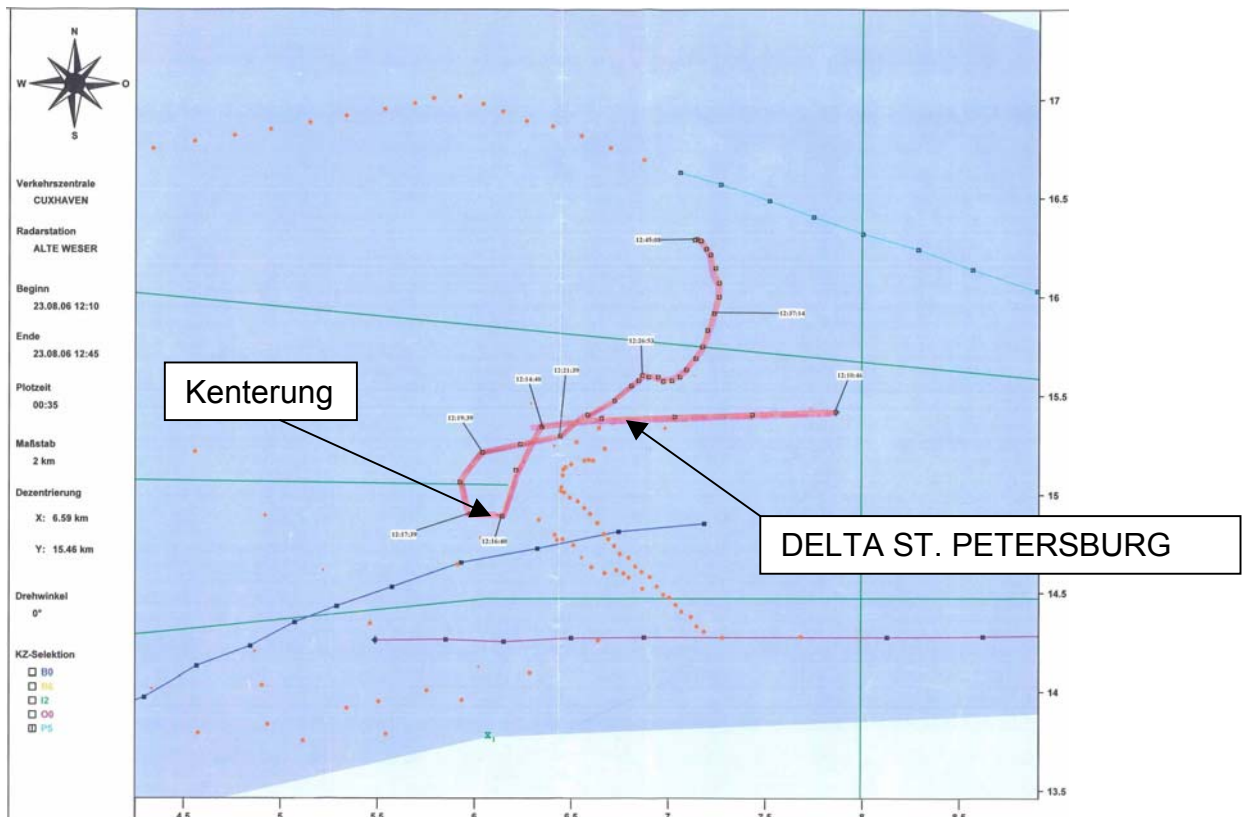


Abbildung 4: Radarplot der Verkehrszentrale Cuxhaven

Der Fahrtverlauf zeigt ab 12:14:40 einen deutlichen Südkurs und eine Geschwindigkeitsreduzierung bis auf 7,7 kn um 12:16:40 sowie anschließend einen engen Drehkreis über Stb.-Bug.

### 5.4.2 Voyage Data Recorder (VDR)

Die DELTA ST. PETERSBURG ist mit einem Schiffsdatenschreiber (VDR) einer deutschen Firma ausgerüstet. Nach dem Seeunfall wurde vom Kapitän sofort der Knopf zur Datenspeicherung gedrückt. Bei der Auswertung zeigte sich, dass die Aufzeichnung des Radargerätes wegen eines defekten Videoausgangs am Radargerät nicht funktionierte. Ebenso wurden keine Daten von der Fahrtmessanlage aufgezeichnet, da durch einen defekten Sensor fehlerhafte Werte

geliefert wurden. Die Audiodaten der 6 Brückenmikrofone waren infolge von Rauschen zur Auswertung nicht zu gebrauchen.

Das Echolot funktionierte, allerdings waren keine Daten aufgezeichnet, da dieses Gerät ausgeschaltet war. Weiterhin gab es noch Fehler in den Zuordnungswerten vom Ruder und Bugstrahler.

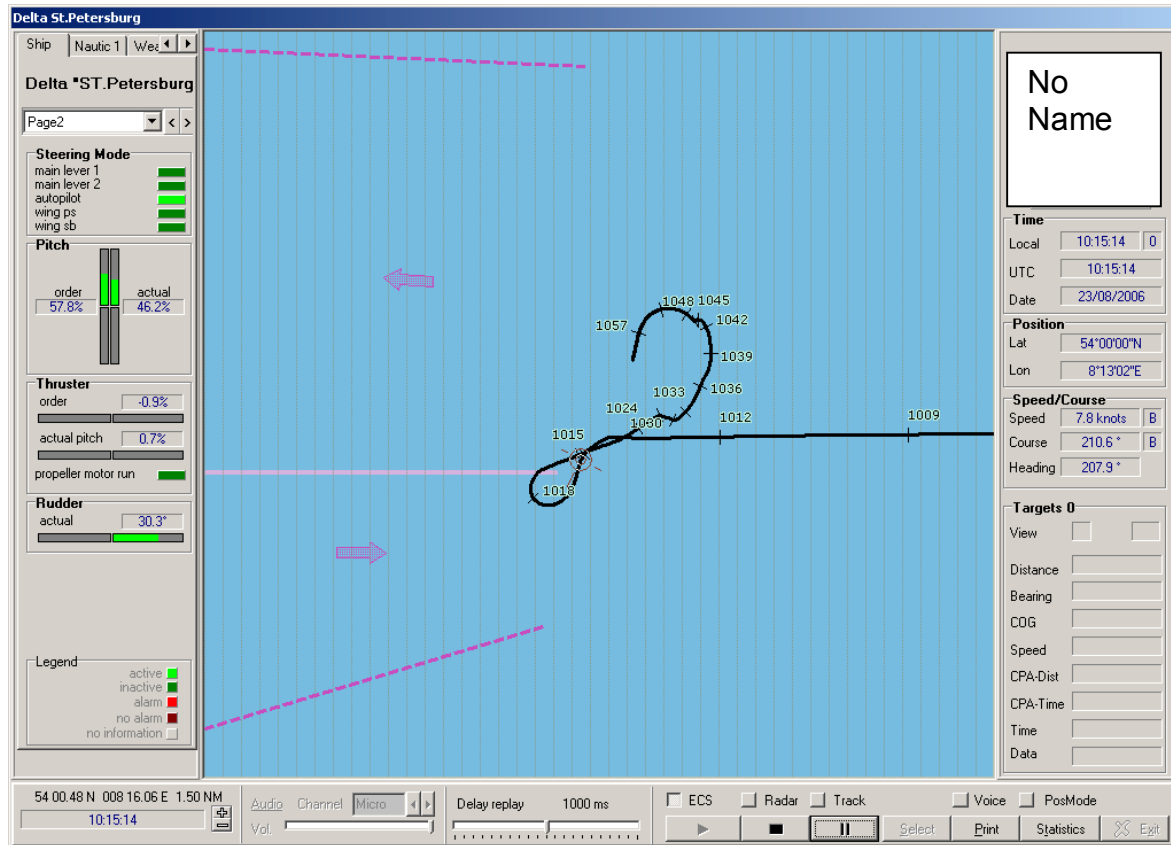


Abbildung 5: Plot vom Fahrtverlauf aus VDR DELTA ST. PETERSBURG

Der vom VDR aufgezeichnete und oben dargestellte Fahrtverlauf der DELTA ST. PETERSBURG ist nahezu identisch mit den Aufzeichnungen der Verkehrszentrale Cuxhaven. Bis ca. 10:15:12<sup>3</sup> wurde ein südsüdwestlicher Kurs gefahren, und die Geschwindigkeit über Grund nach den GPS-Daten nahm bis auf 7,8 kn ab. Anschließend wurde ein Drehkreis mit einem Durchmesser von 320 bis 360 m gefahren.

Die nachfolgenden Aufzeichnungen der VDR-Daten zeigen, dass um 10:15:30 die Geschwindigkeit zunahm und auch der Kurs sich mehr in westlicher und später in fast nördlicher Richtung veränderte. Als südlichster Kurs wurden 193,5° erreicht, und der gefahrene Drehkreis ist klar nach den GPS-Messungen aufgezeichnet worden. Die höchste Geschwindigkeit im Drehkreis wurde um 10:16:02 mit 8,9 kn über Grund erreicht.

<sup>3</sup> UTC = MESZ -2h

Az.: 415/06

Über den aufgezeichneten Funkkanal kam um 10:16:10 die Meldung, dass das Lotsenversetzboot gekentert sei.

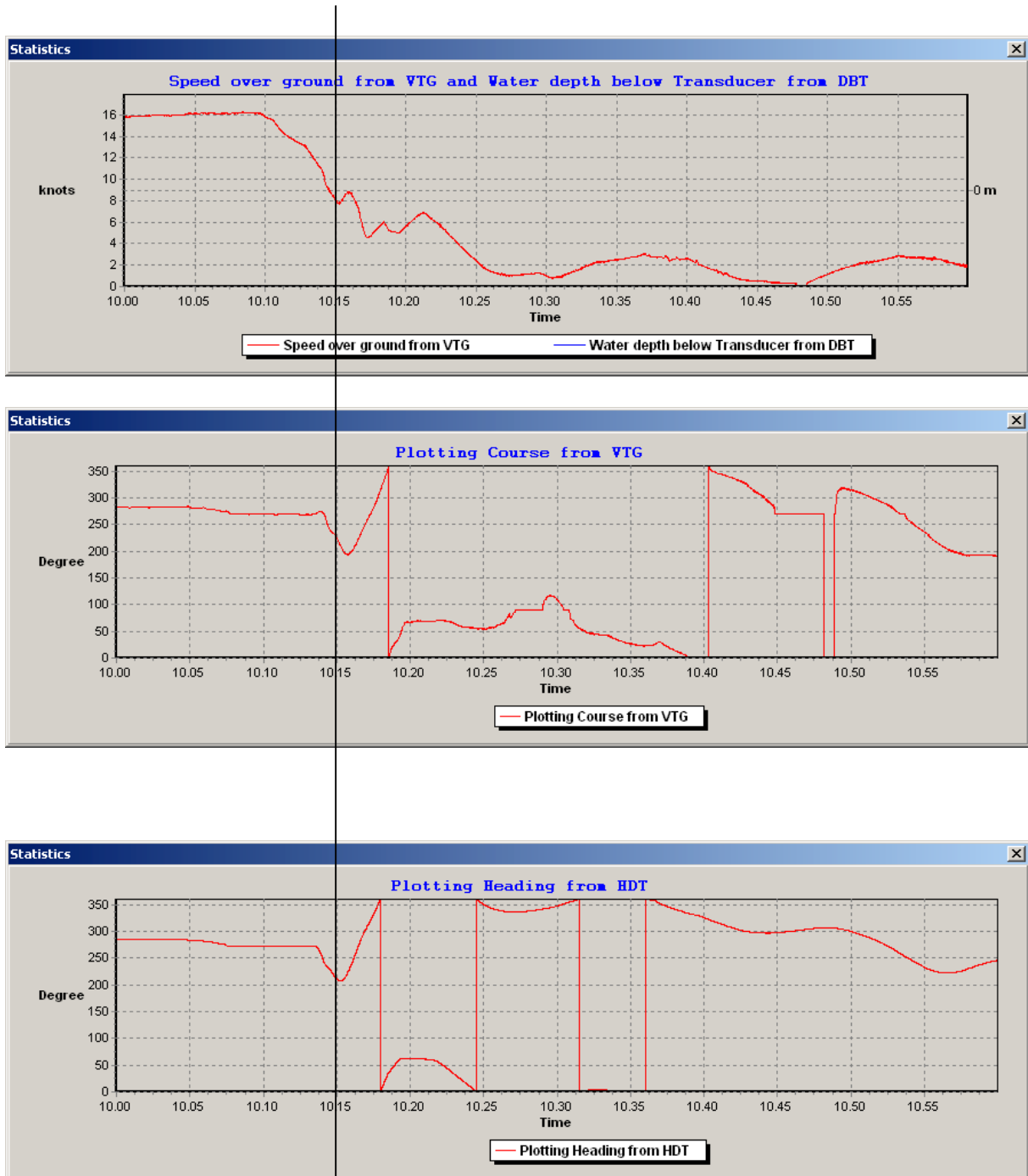
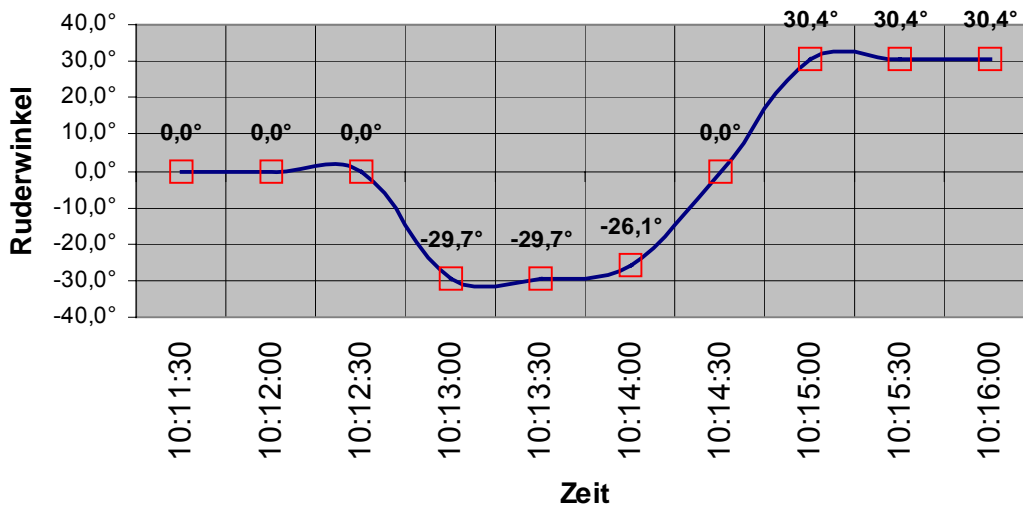


Abbildung 6: Geschwindigkeit und Kurs nach VDR



Der Ruderwinkel und die Veränderung der Propellersteigung wurden ebenfalls vom VDR aufgezeichnet und ausgewertet. Nach den Daten lag das Ruder bis 10:12:30 mittschiffs, dann für ca. 2 Minuten mit 29,7° nach Backbord und ab 10:15:00 mit 30,4° nach Steuerbord. Die Steigung wurde ab 10:12:30 reduziert auf 44,4 %, ab 10:14:30 bis ca. 10:14:45 weiter auf 25 % und ab 10:15:12 wurde mit 57,8 % Steigung gefahren. Die Steuerbordruderlage von 30,4° und die Steigung von 57,8 % wurden bis ca. 10:17:00, also bis nach der Meldung, dass das Lotsenversetzboot gekentert sei, gefahren.

### Ruderwinkel



### Pitch Order

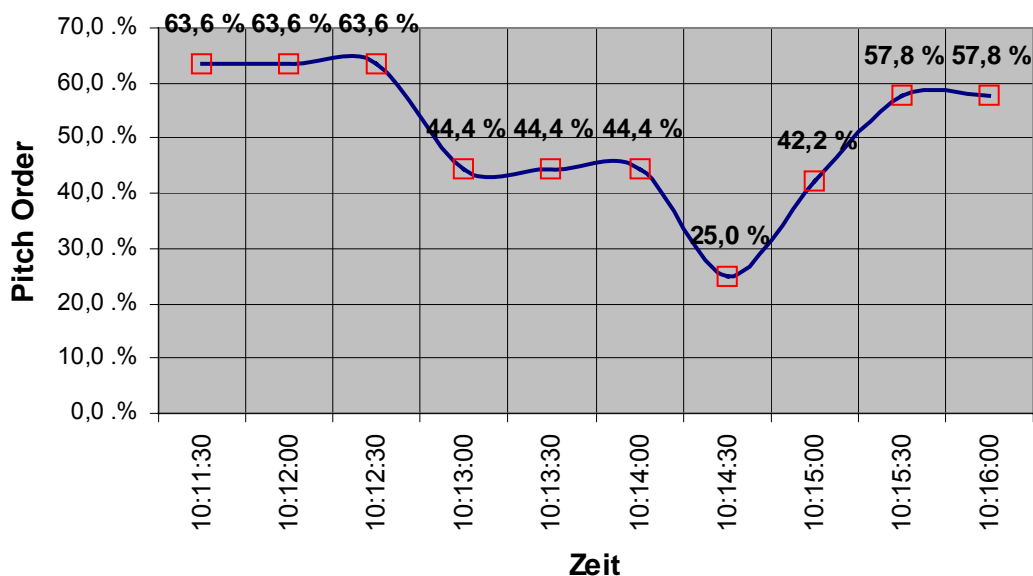


Abbildung 7: Ruderwinkel und Propellersteigung nach VDR

## 5.5 Lotsenversetzboot ELBE 3

### 5.5.1 Schiffsbesichtigung

Das Lotsenversetzboot ELBE 3 wurde in Cuxhaven am 29. August 2006, an Land in einer Halle liegend, besichtigt. Die erkennbaren Beschädigungen des Rumpfes und der umlaufenden Fenderung sind bei der Bergung bzw. vor dem Unfall beim Normalbetrieb entstanden und nicht im Zusammenhang mit der Kenterung zu sehen. Schäden am Fahrstand und an den Antennen, herrührend aus z.B. einem Kontakt mit der DELTA ST. PETERSBURG, waren nicht zu erkennen.

Das Lotsenversetzboot ELBE 3 ist als dritter Nachbau von "baugleichen" Fahrzeugen 2002 auf der Fassmer Werft als "Selbstaufrichter mit offenem Fahrstand" gebaut worden. Der Rumpf und die Maschinenanlage der Fahrzeuge sind baugleich. Lediglich die Aufbauten wurden entsprechend den Erkenntnissen aus den Arbeitseinsätzen modifiziert, um ein noch gefahrloseres Übersteigen der Lotsen zu ermöglichen.

Als eine grundsätzliche Anforderung der ausschreibenden Behörde an die Lotsenversetzboote wurde 1997 eine selbstaufrichtende und selbstlenzende Konstruktion gefordert. Das Boot musste danach positive Hebelarme über einen Bereich von 180° Stabilitätsumfang haben. Bei dem Ausschreibungstext 2001 zum Nachbau wurde diese Forderung in eine "unsinkbare Konstruktion" abgeändert. Mit aufgenommen wurde, dass eine ausreichende Befenderung zur Aufnahme der Aufprallenergie vorgesehen werden sollte, damit auch bei grober See ein Längsseitsgehen an Seeschiffen durchgeführt werden kann. Das Ruder sollte, wie bei den Prototypen ELBE 1 und ELBE 2, verlängert werden.

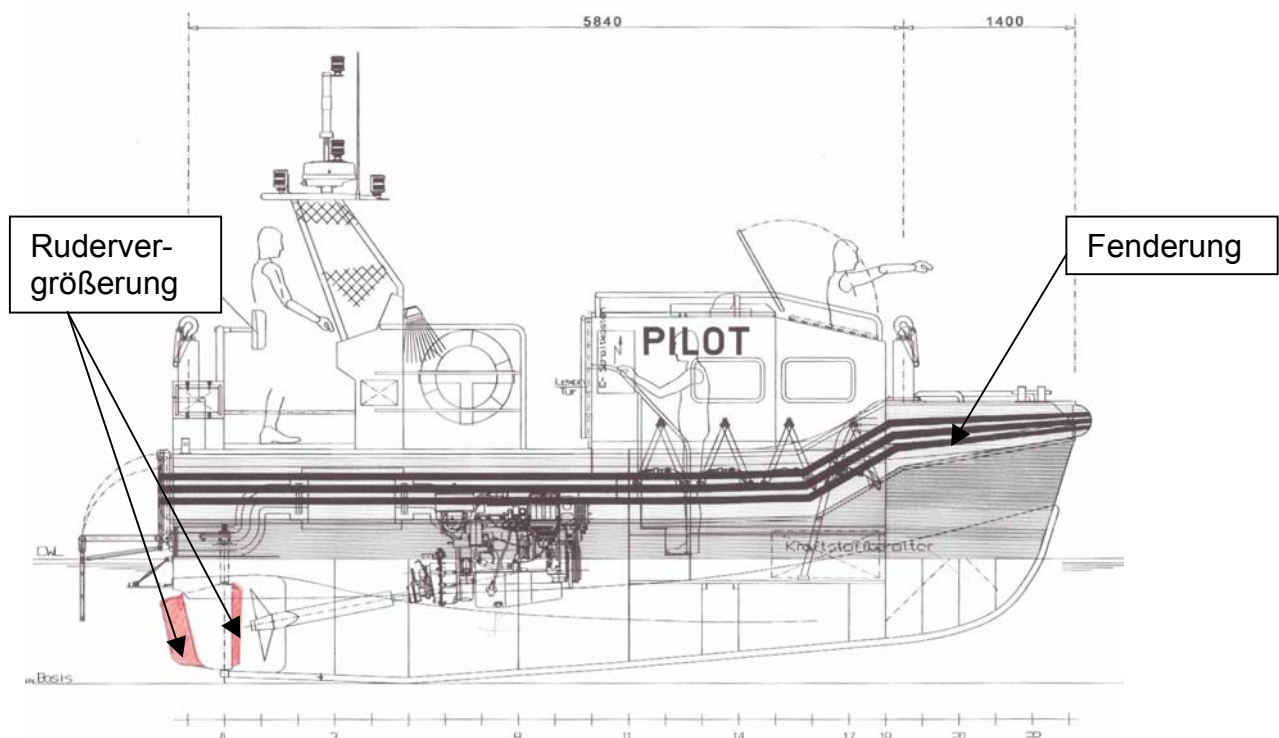


Abbildung 8: Seitenansicht ELBE 3

## 5.5.2 Hydrostatik und Krängungsversuch

Um verlässliche Aussagen über die Stabilität des Lotsenversetzbootes und den Unfallhergang zu erhalten, wurde an die Firma Ship Design & Consult GmbH (SDC) ein Gutachten in Auftrag gegeben. Die Schiffsförmung wurde anhand des Linienrisses digitalisiert und die hydrostatischen Formwerte mit dem Programmsystem "NAPA" berechnet. Die Berechnungen berücksichtigen freie Krängung, freien Trimm sowie den Effekt der freien Oberflächen in teilgefüllten Tanks. Der Vergleich der Daten von 1999 und 2002, die von zwei unterschiedlichen Firmen erstellt wurden, mit den jetzt erstellten Daten, ergab nur geringe Unterschiede in den Verdrängungs- und Schwerpunktwerten, die für die Berechnung zu vernachlässigen sind. Alle drei Firmen haben quasi mit dem gleichen Geometriemodell die Hydrostatikwerte berechnet.

Im Rahmen der weiteren Untersuchung wurde am 7.12.2006 in Cuxhaven ein Krängungsversuch mit ELBE 3 durchgeführt und ausgewertet.

Versuchsdatum	Schiff	Gewicht	VCG	LCG
16.12.1999	ELBE 1+2	4,3 t	1,43 m	2,60 m
(15.3.2002	ELBE 3	4,5 t	1,52 m	2,46 m)
07.12.2006	ELBE 3	5,0 t	1,51 m	2,43 m

Die Unterschiede in den Gewichten und den Schwerpunkten sind schon bemerkenswert. Beim Krängungsversuch 2002 wurde die Ermittlung des Schiffsgewichtes mittels einer Kranwaage vorgenommen und nicht über eine Tiefgangsablesung. Die Ergebnisse dieses Versuchs sind aufgrund dieser Durchführung und anderer Unstimmigkeiten daher in Klammern gesetzt worden.

Das Leerschiffsgewicht hat sich von den Vorbauten ELBE 1 und ELBE 2 zu ELBE 3 um 0,7 t erhöht, und der Gewichtsschwerpunkt VCG ist um 8 cm höher.

Diese Veränderung ist nachzuvollziehen und kann in den veränderten Aufbauten, der Vergrößerung des Ruders und dem späteren Anbau der Fenderung liegen.

Die Unterschiede in den Gewichten und Schwerpunkten ist für den Unfallhergang nicht entscheidend, da der maximale aufrichtende Hebelarm fast gleich groß ist, wenn auch deutlich bei einem anderen, kleineren Krängungswinkel.

Um beurteilen zu können, inwieweit eine Veränderung des Leerschiffsgewichtes, wie in obiger Tabelle dargestellt, die Stabilität beeinflusst, wurde der Ladefall zum Zeitpunkt des Unfalles einmal mit dem Leerschiffsgewicht von 1999 (,C01') und einmal mit dem 2006 ermittelten Leerschiffsgewicht (,C02') berechnet.

Dabei wird davon ausgegangen, dass sich zum Zeitpunkt des Unfalles ca. 20 l Treibstoff an Bord befanden, 2 Personen in der Kabine saßen und eine Person im Steuerstand stand.

Die Gegenüberstellung der beiden Ladefälle zeigt, dass durch die unterschiedlichen Leerschiffsgewichte die Charakteristiken der jeweiligen Hebelarmkurven unterschiedlich sind.

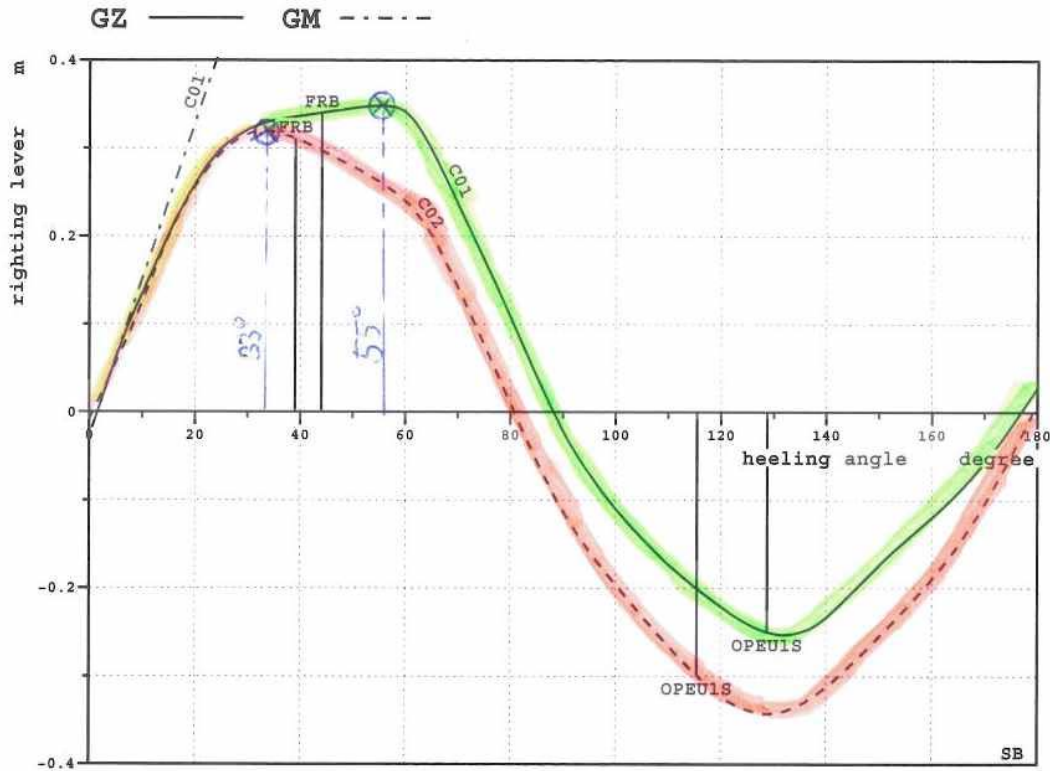


Abbildung 9: Aufrichtende Hebelarmkurven mit verschiedenen Schiffsgewichten

Das Maximum der Hebelarmkurve liegt im Fall C01 (Leerschiffsgewicht von 1999, grüne Kurve) bei ca. 55° und beträgt ca. 0,35 m.

Das Maximum der Hebelarmkurve liegt im Fall C02 (Leerschiffsgewicht von 2006, rote Kurve) bei ca. 33° und beträgt ca. 0,32 m.

Der Unterschied von 3 cm im aufrichtenden Hebelarm ist nicht ausschlaggebend für die Stabilität. Wohl aber, dass sich das Maximum der Hebelarmkurve von 55° auf 33° verschoben und der Stabilitätsumfang auf 80° verringert hat.

Die beiden Fälle erfüllen aber immer noch alle Stabilitätskriterien nach IMO Res. A167.

Die Modifikationen vom Aufbau und sonstige Veränderungen beim Nachbau des Schiffes und die daraus resultierende Erhöhung von Leerschiffsgewicht und Höhenschwerpunkt können als Ursache für den Unfall ausgeschlossen werden.

### 5.5.3 Aufrichtendes Moment

Das aufrichtende Moment des Bootes zum Zeitpunkt des Unfalles berechnet sich wie folgt:

$$M_a = G_{z\max} \cdot \text{Disp}$$

Für den Ladefall C01 ergibt sich  $4,56 \text{ t} \cdot 0,35 \text{ m} = 1,6 \text{ tm}$

Für den Ladefall C02 ergibt sich  $5,22 \text{ t} * 0,32 \text{ m} = 1,7 \text{ tm}$

Trotz der unterschiedlichen Hebelarmkurven ergibt sich fast derselbe Wert für das maximale aufrichtende Moment.

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass ein äußeres Moment größer als 1,7 tm oder 16 KNm das Boot zum Kentern bringen würde.

#### 5.5.4 Einfluß von Wellenberg und Wellental

Es wurde der Einfluss der Heckwelle der DELTA ST. PETERSBURG auf die Hebelarmkurve vom Lotsenversetzboot ELBE 3 untersucht.

Um einen ungefähren Eindruck über das Wellenbild zu bekommen, wurde am 21. 11. 2006 auf der Elbe in der Höhe von Blankenese das Auslaufen der DELTA ST. PETERSBURG gefilmt. Bei der Gelegenheit wurde gleichzeitig die Funktion des VDR an Bord überprüft.



Abbildung 10: Wellenbild der DELTA ST. PETERSBURG

Bei den Videoaufnahmen von der Fahrt der DELTA ST. PETERSBURG ist bei einer Fahrt von ca. 8 bis 9 kn über Grund die Länge der Welle an der hinteren Schulter mindestens die doppelte Schiffslänge des Lotsenbootes und max. 0,4 m hoch.

Damit ergibt sich ein berechneter Unterschied des maximalen aufrichtenden Hebelarmes zwischen Wellenberg und Wellental von nicht mehr als 2 cm.

Selbst wenn die Welle nur der Schiffslänge des Lotsenbootes entspräche, was dem schlechtesten Fall entspricht, ergibt sich nur ein Unterschied von ca. 4 cm.

Zusätzlich wurden die bei der Hamburgischen Schiffbau- Versuchsanstalt (HSVA) noch vorhandenen Filmaufnahmen von den Modellschleppversuchen gesichtet. Auf diesen Aufnahmen war auch bei viel höheren Geschwindigkeiten kein abnormales Wellenbild im Heckbereich zu erkennen.

Die Heckwelle der DELTA ST. PETERSBURG kann damit als Hauptursache für den Unfall ausgeschlossen werden.

### 5.5.5 Verschlusszustand

Der Niedergang zum vorderen Aufbau ist auf der Steuerbordseite angeordnet und wird mittels einer nicht wasserdichten Lexan (Plexiglas) Tür mit zwei Riegeln und einer Lexan Schiebeluke verschlossen. Zum Zeitpunkt des Unfalls war dieser Niedergang offen. Für den Unfall ist dieser nicht seefeste Verschlusszustand nicht ursächlich, da der Niedergang erst ab einem Krängungswinkel größer  $100^\circ$  zu Wasser kommt, der positive Stabilitätsumfang aber nur ca.  $80^\circ$  beträgt.

### 5.5.6 Moment durch Ruderlegen

Das Lotsenversetzboot ELBE 3 hat eine installierte Maschinenleistung von 157 kW. Beim Ruderlegen wird eine Kraft erzeugt, die sich aus der Umlenkung des Propellerstrahls ergibt. Sie ist abhängig von der Wirksamkeit des Ruders (Ruderwinkel und Fläche des Ruderblattes) und dem Propellerschub (Maschinenleistung).

Die überschlägige Berechnung zeigt, dass das Moment, verursacht durch das Ruderlegen des Lotsenbootes, in keinem berechneten Fall das aufrichtende Moment von 16 KNm überschreitet. Daraus kann man folgern, dass die Vergrößerung der Ruderfläche und des Ruderlegens nicht die Ursache der Kenterung gewesen sein kann.

### 5.5.7 Selbstaufrichtendes Boot

Das Lotsenversetzboot ist beim Unfall komplett gekentert und in einer stabilen Überkopflage liegen geblieben. Durch diesen Unfall sind die theoretischen Berechnungen bestätigt worden, dass sich das Boot nicht selbst aufrichtet und stabil über Kopf liegen bleibt.



Abbildung 11: Überkopflage

Die Sicherheit des Bootes kann erhöht werden, wenn das Boot sich nach einer Kenterung wieder selbst aufrichten würde.

Um dieses Boot zu einem selbstaufrichtenden Boot umzubauen, müssten Maßnahmen ergriffen werden, die dafür Sorge tragen, dass die Hebelarmkurve bis 180 ° immer im positiven Bereich bleibt.

Praktische Versuche zu einem Umbau als selbstaufrichtendes Boot wurden vom Lotsbetriebsverein in Cuxhaven am 13.10.2006 durchgeführt. Dabei wurden mehrere Auftriebskörper auf dem Kajütdach installiert und das Boot mit einem Kran um 180 ° gedreht.

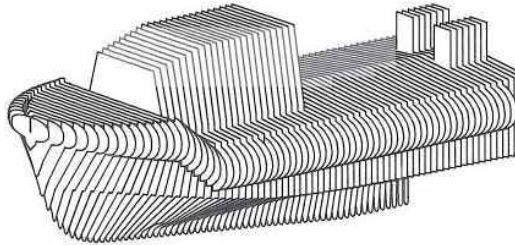


Abbildung 12: Versuch mit Auftriebskörper

Rechnerisch wurden die folgenden Ergebnisse von der Firma SDC ermittelt: Installiert man ein Auftriebsvolumen von ca. 3,0 m<sup>3</sup> auf dem Kabinendach und 0,4 m<sup>3</sup> auf dem Signalmast, das sich bei Wasserdruck aufbläht, erreicht man einen positiven aufrichtenden Hebelarm bis 180°. Bei dieser Betrachtung ist jedoch nicht berücksichtigt, dass diese Auftriebskörper ebenfalls ein Gewicht haben und den Höhenschwerpunkt des gesamten Bootes nach oben ziehen. Auf der anderen Seite wird die Stabilität verbessert, wenn die Pressluftflaschen und Auslösevorrichtung für die Auftriebskörper unterhalb des Gewichtsschwerpunktes installiert werden.

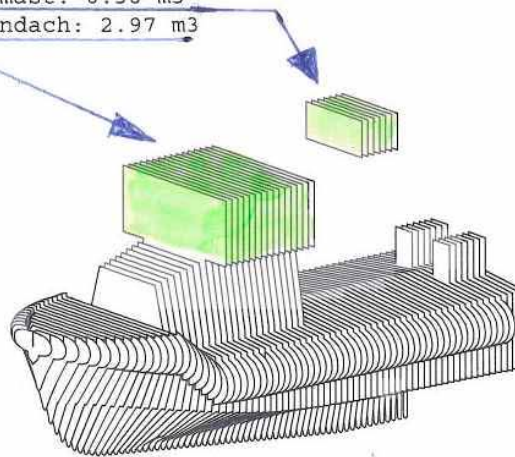
Voraussetzung ist auch, dass der wasserdichte Verschlusszustand des gesamten Bootes gewährleistet ist.

Boot im jetzigen Zustand:



Beispiel als Selbststaufrichter:

Volumen auf dem Signalmast: 0.36 m<sup>3</sup>  
 Volumen auf dem Kabinendach: 2.97 m<sup>3</sup>



Vergleich der Hebelarmkurven:

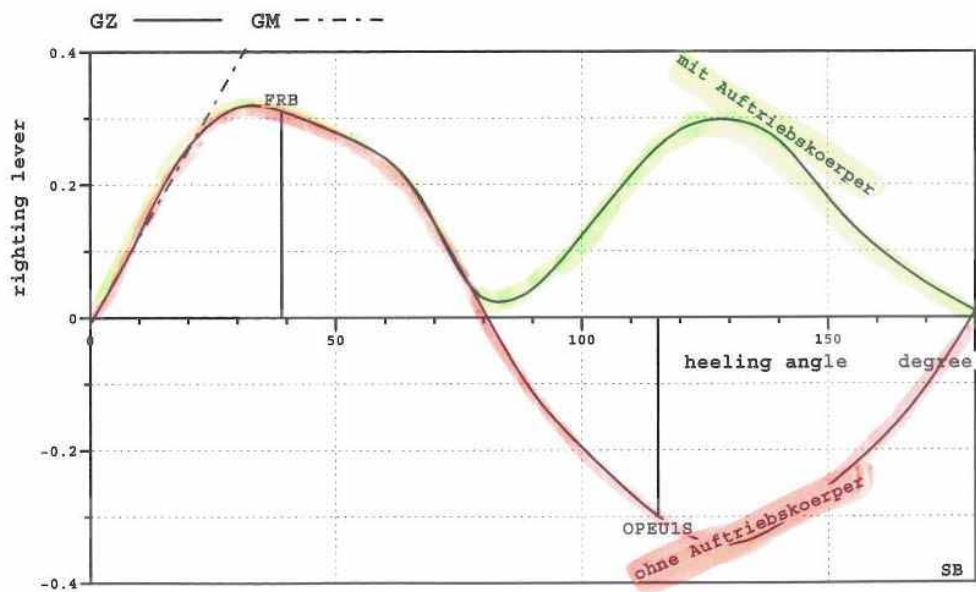


Abbildung 13: Vergleich der Hebelarmkurven



### 5.5.8 Leckrechnung

Auch wenn es für die Ursachenfindung nicht notwendig ist, soll im Rahmen dieser Untersuchung die Leckstabilität des Lotsenbootes untersucht werden.

Das Boot ist bei Bauspant Nr. 11 durch ein Schott in zwei wasserdichte Abteilungen unterteilt.

Für die hier berechnete Leckstabilität wurde die hintere Abteilung, der Maschinenraum, mit einer Flutbarkeit von 0,85, die vordere Abteilung, die Kabine, mit einer Flutbarkeit von 0,95 angenommen.

Die Berechnungen basieren auf dem Ladefall C02, d.h. mit Beladung wie zum Unfallzeitpunkt und Leerschiffsgewicht nach Krängungsversuch in 2006.

Die Leckstabilitätsberechnungen der Fa. Fassmer berücksichtigen einen Auftriebskörper von 1,0 m<sup>3</sup>, der aber aus den vorliegenden Plänen nicht ersichtlich ist.

Bei der 1. Besichtigung des Lotsenversetzbootes an Land wurden ausgebaute Auftriebskörper, bestehend aus Bauschaum, unter dem Rumpf liegend gefunden. Das Volumen und die evtl. Anordnung im Schiffsrumpf wurden von der BSU nicht ermittelt.

In der ersten Berechnung wird dieser Auftrieb daher nicht berücksichtigt. Ferner wurde in den Berechnungen der Fa. Fassmer das wasserdichte Schott bei Spant 10 angenommen. In der Berechnung der Firma SDC ist das Schott bei Spant 11, wie es in den hier vorliegenden Plänen dargestellt wird und auch tatsächlich eingebaut war. Eine Veränderung des Schotts auf Spant 10 wurde ebenfalls noch berechnet.

Für die zweite Berechnung wurde ein Auftriebsvolumen von 1,0 m<sup>3</sup>, angeordnet im Maschinenraum am Spiegel, unabhängig von der technischen Machbarkeit, in die Berechnungen mit einbezogen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Berechnungen können wie folgt zusammengefasst werden:

#### Fall Flutung Maschinenraum:

- Ohne zusätzlichen Auftrieb im Maschinenraum trimmt das Boot nahezu 90° und schwimmt dabei auf der Luke zum Niedergang (die z.Zt. nicht wasserdicht ausgeführt ist).
- Mit zusätzlichem Auftrieb im Maschinenraum ist das Deck achtern nur wenig unter Wasser.
- Die Annahme Schott auf Spant 10 oder 11 hat keine großen Auswirkungen auf das Leckrechnungsergebnis.

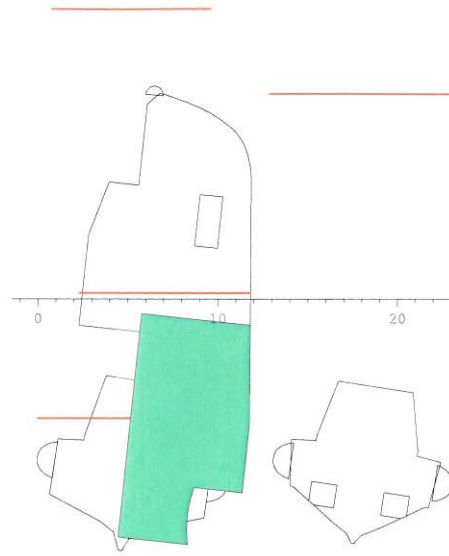
#### Fall Flutung Kabine:

- Die Flutung der Kabine führt zu einer vorlichen Vertrimmung, jedoch ohne dass das Deck zu Wasser kommt.

Ladefall C02, Leckfall MR geflutet:

RESULTS

CASE	STAGE	T m	TR m degree	HEEL m degree
I1/D1	1	0.929	-71.765	-8.6



Ladefall C02, Leckfall MR geflutet, 1m3 Auftrieb:

RESULTS

CASE	STAGE	T m	TR m degree	HEEL m degree
I1/D1.2	1	1.211	-1.517	-0.7

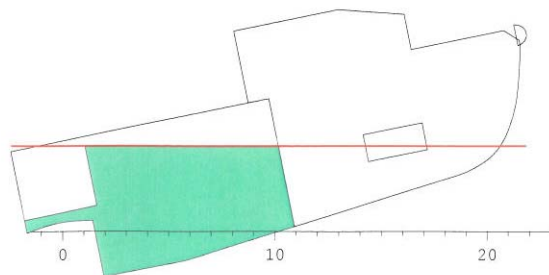


Abbildung 14: Schwimmlagen im Leckfall

## 5.6 Unfallhergang

### 5.6.1 Beschreibung der Unfallsituation

Ein 7,5 m langes Lotsenversetzboot fährt neben einem 155 m langen Containerschiff ungefähr auf 34 m von achtern. Die Schiffe berühren einander, beschleunigen und das große Schiff legt Ruder, beginnt einen Drehkreis und drückt mit dem Heck gegen das Lotsenversetzboot.

Die Aussagen der Zeugen, dass die Kenterung ca. 1 Minute, nachdem der Lotse übergestiegen war, eintrat, bestätigen die Annahme, dass das Schiff schon im Drehkreis gewesen sein kann. Aus den Plots der Verkehrszentrale Cuxhaven ist ersichtlich, dass das Schiff spätestens um 12:16:40 Uhr in den Drehkreis ging. Diese Daten werden durch die VDR Aufzeichnungen vom Fahrtverlauf bestätigt. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Schiffe zum Zeitpunkt der Kenterung bereits im Drehkreis gefahren sind.

Die Situation in der Drehkreisfahrt ist hydrodynamisch äußerst komplex und kann im Rahmen dieser Untersuchung nicht numerisch gelöst werden.

Um jedoch einen Anhalt für die Unfallursache zu ermitteln, wurde die Situation mathematisch stark vereinfacht.

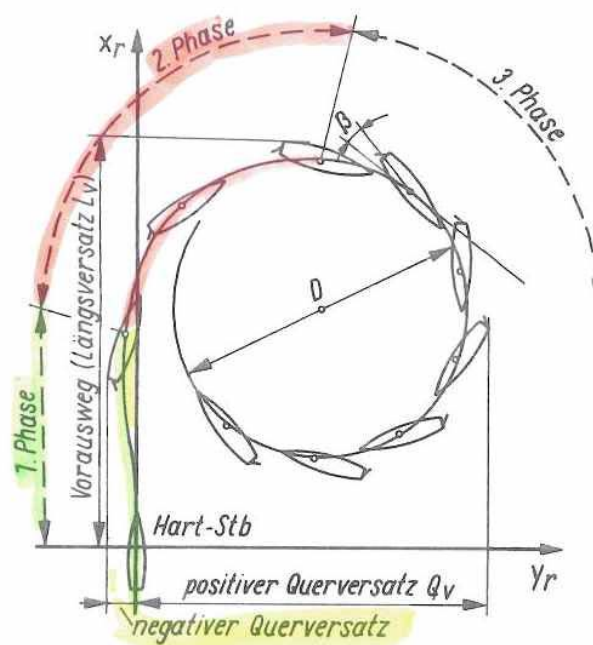


Abbildung 15: Skizze Drehkreis<sup>4</sup>

In der 1. Phase der Drehkreisfahrt beginnt das Schiff wegen der Massenträgheit und der hydrodynamischen Masse nicht sofort bemerkbar anzudrehen. In der oberen Skizze ist zu sehen, dass zunächst ein „negativer Querversatz“ des Schiffsmittelpunktes einsetzt. Obwohl Steuerbord Ruder gelegt wurde, wandert das Schiff erst einmal nach Backbord aus, der Querversatz kann bis über zwei

<sup>4</sup> Aus Seemannschaft 3, Verlag für Verkehrswesen

Schiffsbreiten betragen. In dieser 1. Phase wandert das Heck der DELTA ST. PETERSBURG ca. 40 bis 50 m nach Backbord aus.

In der 2. Phase, die quasi instationär ist, nimmt der Schiebewinkel  $\beta$  infolge der einsetzenden Zentrifugalkräfte zu. Die Kursänderungsgeschwindigkeit oder Bahnkrümmung wächst an, während die Schiffsgeschwindigkeit abnimmt.

Die 3. Phase der Drehkreisfahrt ist stationär. Der Schiebewinkel  $\beta$ , die Kursänderungsgeschwindigkeit und die Schiffsgeschwindigkeit sind nahezu konstant.

Die Auswirkung der Beschleunigung der Schiffe bei Drehkreisbeginn wird vernachlässigt.

Die Zentrifugalkräfte sind abhängig von der Schiffsgeschwindigkeit und nehmen mit steigender Schiffsgeschwindigkeit quadratisch zu.

Die Auswertungen der Angaben aus der Verkehrszentrale in Cuxhaven und der VDR-Daten haben ergeben, dass eine Geschwindigkeit der DELTA ST. PETERSBURG zum Zeitpunkt des Unfalles von ca. 8 kn über Grund gemessen wurde. Dabei ist zu bemerken, dass es sich um eine Kreisbahn und nicht um den direkten Weg handelt.

## 5.6.2 Krängende Momente

Die Berechnung der krängenden Momente erfolgt nach den unten stehenden Überschlagsformeln.

Es wird davon ausgegangen, dass sich das Gesamtkrängungsmoment  $M_k$  aus drei Komponenten zusammensetzt:

### Querwiderstand

Das Moment, erzeugt durch die reine Quergeschwindigkeit des Lotsenversetzbootes, verursacht durch das Schieben des großen Schiffes im Drehkreis. Diese Kraft ist vom Quadrat der Quergeschwindigkeit abhängig ( $\sim V_y^2$ ).

### Quertrieb, Lift

Das Moment, erzeugt durch die Schräganströmung des Lotsenversetzbootes, was einem Driften entspricht, und ebenfalls verursacht wird durch das Schieben des großen Schiffes im Drehkreis. Diese Querkraft ist abhängig vom Produkt  $V_x \cdot V_y$ .

### Propeller-/Rudermoment

Das Moment, verursacht durch das Ruderlegen des Lotsenversetzbootes, ist abhängig vom Propellerschub und dem Ruderwinkel.

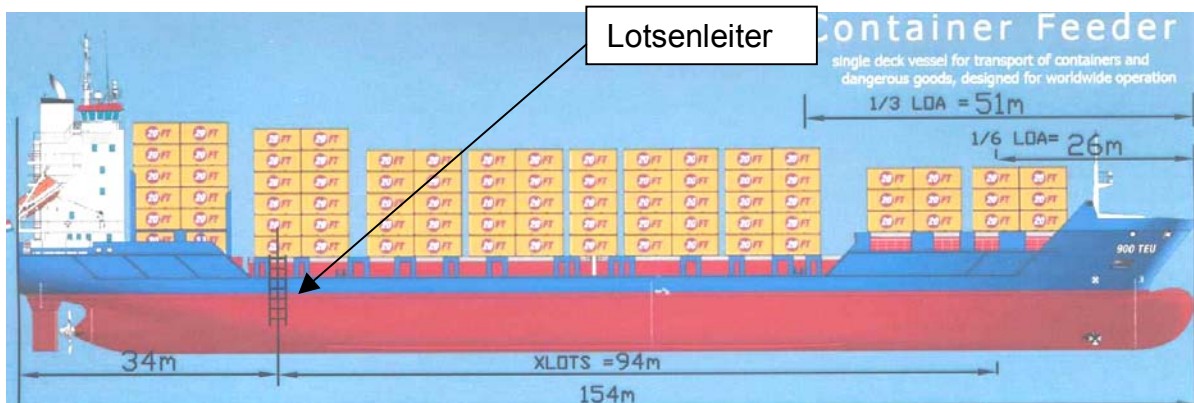
Die Tatsache, dass die vorhandene Quergeschwindigkeit, die auf das Boot wirkt, durch die Anwesenheit des großen Schiffes sehr viel kleiner ist als geometrisch ermittelt, wird durch eine Staukorrektur  $k_{ST}$  überschlägig berücksichtigt.

Die Berechnung der Summe der Krängungsmomente erfolgt also nach den folgenden Überschlagsformeln:

Krängungsmoment beim Abdrehen von Schiff und Boot					
Schiff:		Lotsenboot:		Annahmen:	
Loa	154 m (FT-AT)	L	7.5 m	H <sub>Rud</sub>	0.7 m
X <sub>Lots-AT</sub>	34 m fom AT	T	1.0 m	D <sub>Prop</sub>	0.6 m
X <sub>Takt</sub>	128 m from FT	A <sub>Lat</sub>	4.9 m <sup>2</sup>	1-t	0.9
X <sub>Lots</sub>	94 m	A <sub>Rud</sub>	0.5 m <sup>2</sup>	η <sub>D</sub>	0.7
R <sub>Drehkr</sub>	180 m			P <sub>D</sub>	157 kW
V <sub>s</sub>	8.5 kts			δ <sub>R</sub>	30 °
				k <sub>Quer</sub>	0.7
				C <sub>dy</sub>	1.0
				k <sub>St</sub> =	0.5 Staukor.
<b>Geschwindigkeiten:</b>				<b>Hebelarme:</b>	
Längsgeschw.	V <sub>x</sub> = V <sub>s</sub> =	4.4 m/s		h <sub>Fender-Rumpf</sub>	1.5 m
Drehgeschw.	ω = V <sub>x</sub> /R =	0.024 1/s		h <sub>Fender-Prop</sub>	1.0 m
Quergeschw.	V <sub>y</sub> = ω * X <sub>Lots</sub> =	2.3 m/s			
Propellerschub	T <sub>p</sub> = P <sub>d</sub> η <sub>d</sub> / (V <sub>x</sub> (1-t)) =	27.9 kN			
<b>Querkräfte:</b>				<b>Krängungsmomente:</b>	
Querwiderstand	D <sub>y</sub> = ρ/2 k <sub>St</sub> <sup>2</sup> V <sub>y</sub> <sup>2</sup> A <sub>Lat</sub> C <sub>dy</sub> =	3.2 kN		D <sub>y</sub> * h <sub>FR</sub> =	4.8 kNm
Quertrieb	C <sub>y</sub> = ρ V <sub>x</sub> k <sub>St</sub> V <sub>y</sub> π/2 T <sup>2</sup> =	7.9 kN		C <sub>y</sub> * h <sub>FR</sub> =	11.8 kNm
Querschub	T <sub>py</sub> = T <sub>p</sub> sin(δ <sub>r</sub> ) k <sub>Quer</sub> =	9.8 kN		T <sub>py</sub> * h <sub>FP</sub> =	9.8 kNm
Summe Querkräfte	F <sub>x</sub> = D <sub>y</sub> + C <sub>y</sub> + T <sub>py</sub> =	20.9 kN		ΣM <sub>k</sub> =	26.4 kNm

Die Länge X<sub>Lots</sub> ist der Abstand zwischen der x-Position der Lotsenleiter, an der auch das Lotsenboot angenommen wird und dem sogenannten taktischen Drehpunkt, um den sich das Schiff scheinbar dreht.

Dieser Punkt kann zwischen 1/3 und 1/6 der Schiffslänge von vorne liegen und wird hier bei 1/6, wie auf der nachfolgenden Skizze ersichtlich, angenommen.



### 5.6.3 Beurteilung der Stabilität

Aus der Gegenüberstellung der Summe der krängenden Momente aus oben beschriebener Berechnung und dem aufrichtenden Moment aus 5.5.3 von 16 kNm kann gefolgert werden, dass die Querkräfte in jedem Fall immer groß genug waren, das Lotsenversetzboot zum Kentern zu bringen.

Da unterschiedliche Daten über die Vorausgeschwindigkeit (Schiffsgeschwindigkeit) und Unterschiede im Drehkreisdurchmesser aufgezeichnet wurden, sind die zwei Eingangsparameter Vorausgeschwindigkeit und Drehkreisradius in der Berechnung der krängenden Momente variiert worden:

(Die roten Zahlen in der vorherigen Tabelle sind die variablen Eingangsparameter.)

$k_{ST}=0.5$

V [kn]	$R_{\text{Drehkreis}} = 180$ m	$R_{\text{Drehkreis}} = 160$ m
8.5	26.4 kNm	29.2 kNm
7.5	24.0 kNm	26.2 kNm
6.5	22.5 kNm	24.1 kNm
5.5	22.1 kNm	23.2 kNm

Es ist nach der obigen Tabelle ersichtlich, dass auch deutlich kleinere Geschwindigkeiten ausgereicht hätten, um das Lotsenversetzboot unter den oben genannten Bedingungen zum Kentern zu bringen.

Die Tabelle zeigt aber auch, dass der Drehkreis, sprich die Ruderlage der DELTA ST. PETERSBURG, einen sehr großen Einfluss auf das krängende Moment, besonders auch bei größeren Geschwindigkeiten, hat.

Zusätzlich wurde dann der Staukorrekturfaktor von 0,5 auf 0,3 reduziert, d.h. es wirken aufgrund der Anwesenheit der DELTA ST. PETERSBURG neben dem Lotsenversetzboot ELBE 3 nur 30 % statt 50 % von Quergeschwindigkeit/ Querwiderstand auf das kleinere Fahrzeug.

für  $k_{ST}=0.3$

V [kn]	$R_{\text{Drehkreis}} = 180$ m	$R_{\text{Drehkreis}} = 160$ m
8.5	18.6 kNm	19.9 kNm
7.5	17.9 kNm	19.0 kNm
6.5	17.9 kNm	18.7 kNm
5.5	18.8 kNm	19.4 kNm

Die durch Querwiderstand und Quertrieb aufgebrachten Momente sind aber auch hier die entscheidenden Größen, ohne die das Boot nach dieser Berechnung nicht gekentert wäre.

Bei kleineren Geschwindigkeiten wäre das Lotsenversetzboot ebenfalls gekentert.

Die im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführten Berechnungen zur Ermittlung der krängenden Momente müssen vorsichtig betrachtet werden, da die Unfallsituation stark vereinfacht wurde und die hydrodynamischen Effekte nur überschlägig berücksichtigt/angenommen wurden. Eine genauere numerische Berechnung, z.B. mit einem RANS<sup>5</sup>-Simulationsverfahren, für beide Fahrzeuge in einer stationären Drehkreisfahrt mit instationären Vorgängen könnte weitergehende Schlussfolgerungen zulassen und mehr Sicherheit bringen. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde darauf verzichtet, da das Ergebnis lediglich die Genauigkeit der Berechnungen erhöhen, am tatsächlichen Unfallablauf sowie der ermittelten Unfallursache sich jedoch nichts ändern würde.

---

<sup>5</sup> **Reynolds Averaged Navier-Stokes** = Statistisches Turbulenzmodell aus der numerischen Strömungsmechanik, bei dem alle Turbulenzskalen mit einem stationären Verfahren modelliert und nicht direkt berechnet werden.

## 6 Analyse des schweren Seeunfalls

### 6.1 Lotsenversetzboot

Die Stabilität des Lotsenversetzbootes entspricht den Stabilitätskriterien der IMO Res.A167. Die Stabilität ist ausreichend für dieses Fahrzeug, und freifahrend war es bei Probefahrten nicht in stabilitätsgefährdende Situationen geraten.

Das "Vollgasgeben" und hart Ruderlegen alleine, in der beschriebenen Situation, lässt das Boot nach diesen Berechnungen nicht kentern.

Die Stabilitätsberechnungen haben auch ergeben, dass ein Fahrfehler des Bootsführers daher auszuschliessen ist.

Die Manöver der Lotsenversetzboote erfordern einiges Geschick an die Bootsführer, für deren Qualifikation und Einsatz der Lotsbetriebsverein eigenverantwortlich zuständig ist. Die Boote werden nicht mit Leinen an den zu lotsenden Fahrzeugen festgemacht, sondern hautnah herangefahren, damit der Lotse gefahrlos übersteigen kann. Für dieses Manöver ist ein Bootsrumpf mit einer langen, weitestgehend geraden Anlegefläche von Vorteil. Zum Ablegen vom anderen Fahrzeug ist hingegen ein zum Heck hin eingezogener Bootsrumpf, bei dem die Anlegefläche deutlich vor der Ruderachse endet und damit ein Abklappen erleichtert, besser.

Das Lotsenversetzboot ist kein selbstaufrichtendes Fahrzeug. Im Gegenteil, die Stabilitätskurve und auch die Schwimmelage am Unfalltag zeigen, dass bei der "Überkopfschwimmlage" die Stabilität mehr als doppelt so groß ist wie in der aufrechten Schwimmlage. Die zusätzliche Installation von selbstaufblasbaren Schwimmkörpern, die im Kenterfall wirksam werden, schafft eine Selbstaufrichtung des Bootes. Der Schwerpunkt des Schiffes wird dabei allerdings negativ beeinflusst und das Schiffsgewicht erhöht, so dass sich die Stabilitätskurve für die aufrechte Schwimmlage noch mehr verschlechtern würde.

Die Berechnungen haben ergeben, dass die Leckstabilität und Lecksicherheit nur mit der Installation von ca. 1 m<sup>3</sup> zusätzlichen Auftriebskörpern im Maschinenraum hergestellt werden kann. Dieser Auftrieb ist insofern auch dringend erforderlich, wenn z.B. die 3 mm dicke Aluminium Außenhaut bei einer Kollision beschädigt wird, wie bei dem Unfall am 16.12.2002 mit dem Lotsenversetzboot ELBE 2 (BSU Az. 209/02).





Abbildung 16: Havarie ELBE 2

Nach diesem Unfall hatte das Lotsenversetzboot ELBE 2 noch rechtzeitig den Hafen erreicht und konnte durch Sichern an Land, wie auf dem obigen Foto zu sehen ist, vor dem Untergang bewahrt werden.

Die BSU hat in einem Schreiben vom 1. September 2006 an den Lotsenbetriebsverein darauf hingewiesen, dass die Lotsenversetzboote bei ähnlichen Manövrier-Seegangs- und Windverhältnissen nur mit der gebotenen Vorsicht eingesetzt werden sollten.

## 6.2 DELTA ST. PETERSBURG

Die DELTA ST. PETERSBURG wurde eben vor dem Verkehrstrennungsgebiet (VTG) "ELBE Approach" vom Lotsen auf einen südlichen Kurs zum "Leemachen" aufgefordert. Dabei fuhr das Schiff in den von Westen kommenden südlichen Einbahnweg ein und durchfuhr später während des Drehkreises die Trennlinie/Trennzone von Süd nach Nord, um wieder auf den alten, auslaufenden Kurs von 275° zu kommen.

Die Untersuchungen und Berechnungen haben ergeben, dass ursächlich für die Kenterung des Lotsenversetzbootes die Kursänderung in die Drehkreisfahrt in Verbindung mit der weit achtern angeordneten Lotsenübergabestation war.

Die Sicht auf die Lotsenübergabestation war trotz der geschlossenen Brücke uneingeschränkt möglich. Eine Nachrichtenverbindung von der Lotsenübergabestation zur Brücke bestand.

Die Anordnung der Lotsenleiter im hinteren Teil entspricht nicht den Vorschriften von SOLAS Kap.V, Regel 23.

### 6.3 Datenaufzeichnung VDR

Nach den IMO Performance Standards zur Entwicklung von VDR-Geräten muss mindestens ein Video-Kanal einer Radaranlage vom VDR aufgezeichnet werden können. Im vorliegenden Fall wurden die Bilder zwar vom Radar abgegriffen, jedoch in solch schlechter Qualität, dass ein Auswerten der Bilder nicht möglich war. Laut Hersteller des VDR war ein defekter Videoausgang im Radar die Ursache. Zur Behebung des Problems wurde die Videokarte im Radar durch den Hersteller des Radars ausgetauscht.

Die Audio-Daten von den Brückenmikrofonen sind, vom Unfalltag und auch von der Fahrtmessung auf der Elbe am 21.11.2006, nachdem der Techniker an Bord war, in einer äußerst schlechten Qualität vorhanden.

Die BSU hat bereits am 15. Juli 2005 unter dem Aktenzeichen 343/04 konkrete Empfehlungen an den Hersteller dieses VDR und an das BSH, als zuständiger Stelle zur Prüfung des Systems, gegeben. Bei dem damaligen Seeunfall wurden ähnliche bzw. die gleichen Probleme bei der VDR-Auswertung angemahnt.

Bei einem weiteren Seeunfall mit der Auswertung desselben VDR-Herstellers wurden ebenfalls Probleme festgestellt.

Das Problem der schlechten Audio-Qualität wurde in der Vergangenheit auch von anderen Untersuchungsbehörden angedeutet. Dabei scheint die schlechte Qualität in allen Fällen an Störgeräuschen zu liegen, welche durch Vibrationen in den Kabelschächten und Brückenverkleidungen entstehen. Diese Vibrationen treten natürlich nicht so stark auf, wenn bei entsprechenden Tests die Schiffsmaschine zwar läuft, das Schiff sich jedoch nicht in Fahrt befindet.

Die Überprüfung der Mikrofone der DELTA ST. PETERSBURG hat bei stillstehender Hauptmaschine stattgefunden, dabei war die Qualität in Ordnung und entsprechend den Performance Standards. Dass in der Praxis eine Abnahme der Audioaufzeichnungen im Seebetrieb, z.B. während der Probefahrt, aus Zeitgründen nicht immer möglich ist, ist nachvollziehbar. In diesen Fällen bietet sich alternativ jedoch die Nutzung der beim VDR vorhandenen Aufzeichnungs- und Wiedergabemöglichkeiten an. Eine im "Echtbetrieb" gefertigte Datenspeicherung kann hier verlässliche Aussagen zur Qualität der aufgezeichneten Sensorinformationen, insbesondere der Audioqualität, liefern.

Eine deutlich bessere Auswertung der Audio-Daten könnte dadurch erzielt werden, wenn das Auswählen einzelner Audio-Kanäle möglich wäre.

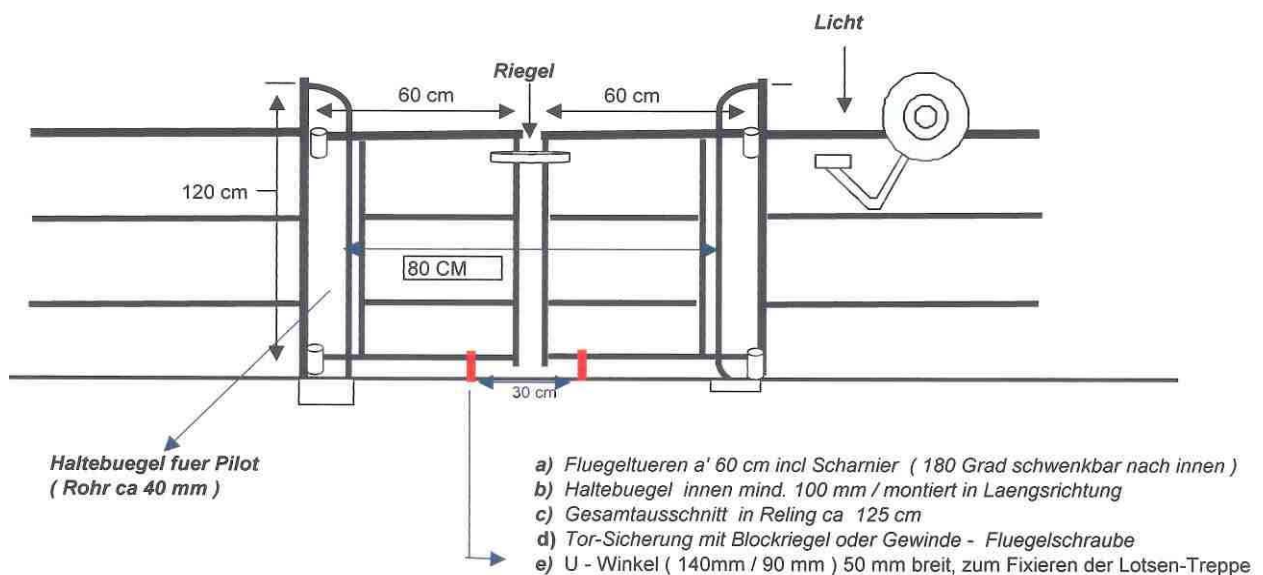
Nach den IMO-Vorschriften sollen VDR-Geräte auf Schiffen installiert werden, um eine qualifizierte und umfangreiche Auswertung eines bestimmten Vorfalles durch eine autorisierte Untersuchungsorganisation zu ermöglichen und somit Empfehlungen zur Vermeidung ähnlicher Vorfälle in der Zukunft geben zu können. Diese Forderung wird durch die oben beschriebenen Probleme bei dem hier beschriebenen VDR erschwert.

Die Häufung der Probleme bei Auswertungen durch Untersuchungsbehörden eines VDR dieses Herstellers lässt darauf schließen, dass diese Geräte, obschon etliche Verbesserungen insbesondere auch hinsichtlich des Audioteils vorgenommen wurden, die Forderungen der IMO Performance Standards nicht vollständig erfüllen.

## 7 Bereits durchgeführte Maßnahmen

Im Entwurf zu dem vorliegenden Bericht hatte die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung der Reederei der DELTA ST. PETERSBURG empfohlen, die Anordnung der Lotsenübergabestation bei den Fahrzeugen mehr zum Schiffsdrehpunkt, auf halber Schiffslänge, zu verlegen.

Die Reederei teilte der BSU in Ihrer Stellungnahme hierzu mit, dass ein Entwurf für eine Lotsenleiter zur Prüfung beim Germanischen Lloyd eingereicht wurde. Das nachfolgende Foto zeigt die Anordnung der Lotsenpforte mittschiffs:



Nach Genehmigung der Zeichnung soll die Modifikation an allen 4 Schiffen der "M-Klasse" der Reederei durchgeführt werden. Die neue Lotsenstation würde sich dann in der Mitte des Schiffes, wo die Scheuerleisten unterbrochen sind, befinden.

Auch die SeeBG sieht, nicht nur in Bezug auf den Seeunfall der DELTA ST. PETERSBURG, Handlungsbedarf hinsichtlich der Anordnung der Versetzungseinrichtungen. Hier sind, unter dem Hinweis auf die einzuhaltenden Vorschriften des SOLAS-Übereinkommens, auch die Flaggenstaatsverwaltungen und Klassifikationsgesellschaften gefordert. Die See-BG wird sich daher an die anerkannten Klassifikationsgesellschaften wenden, um eine generelle Lösung für das Problem zu finden.

## 8 Sicherheitsempfehlungen

Die BSU empfiehlt der für die Beschaffung zuständigen Behörde, bei Neubeschaffung oder Umbau der Lotsenversetzfahrzeuge dafür Sorge zu tragen, dass die Intaktabilität und die Schwimmfähigkeit im Leckfall den Erfordernissen an den Einsatz in der Elbmündung genügt. Es sollte geprüft werden, ob durch Veränderung der Schiffsform ein großer positiver Stabilitätsumfang bis 180° erreicht werden kann oder zumindest eine weitestgehende Selbstaufrichtung der Fahrzeuge durch geeignete technische Maßnahmen hergestellt werden kann.

Diese Empfehlungen sind insbesondere vor dem Hintergrund zu betrachten, wenn diese Fahrzeuge in das Rettungskonzept des Stationsschiffes mit eingebunden werden.

Die BSU empfiehlt den Lotsen, bei der Schiffsberatung noch intensiver darauf hinzuweisen, dass der vom Lotsen vorgegebene Kurs und die Geschwindigkeit solange beibehalten werden, bis der Lotse sicher auf das Lotsenversetzfahrzeug übergestiegen ist und dieses klar von der Bordwand, mindestens 2 bis 3 Bootsbreiten, abgelegt hat.

Die Empfehlung eines Kurses setzt unbedingt genügend Seeraum und ausreichend Platz zu anderen Fahrzeugen oder Schifffahrtszeichen voraus.

Die BSU empfiehlt dem Hersteller der VDR-Anlage, an Bord der DELTA ST. PETERSBURG die Hard- und Software dahingehend zu optimieren, dass die aufgezeichneten Daten nach Seeunfällen in ausreichender Qualität vorhanden sind und ausgewertet werden können.

Die nachfolgenden Empfehlungen aus dem Untersuchungsbericht 343/04 zu der VDR-Anlage werden nochmals zur Erinnerung abgedruckt:

*Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt dem Hersteller des Schiffsdatenschreiber-Systems in enger Zusammenarbeit mit dem für die Baumusterprüfung für Schiffe unter deutscher Flagge zuständigen Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, die aufgetretenen technischen Unzulänglichkeiten des Gerätes auszuwerten und für die Zukunft die volle Funktionalität des Systems sowie die geforderte Qualität der aufzuzeichnenden Daten in Übereinstimmung mit den Anforderungen der IMO sowie der Europäischen Norm sicherzustellen. Darüber hinaus sollte die Möglichkeit einer geeigneten Benachrichtigung der Schiffsführung bei geräteinternen Unzulänglichkeiten geprüft und gegebenenfalls in die Praxis umgesetzt werden. Dies gilt insbesondere für das Fehlen von zur Aufzeichnung vorgeschriebenen Sensordaten.*

*Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie als zuständiger Stelle, bei der Prüfung des Systems vor Verwendung an Bord, die im Seebetrieb aufzuzeichnenden Audiodaten hinsichtlich der Wiedergabequalität verstärkt auf Überlagerungen und auf Störgeräusche zu überprüfen.*

*Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung bittet das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen<sup>6</sup>, in den entsprechenden Gremien der IMO anzuregen, in den VDR-Leistungsanforderungen für jedes Mikrofon eine separate Audiospur vorzuschreiben<sup>7</sup>.*

Die vorstehenden Sicherheitsempfehlungen stellen weder nach Art, Anzahl noch Reihenfolge eine Vermutung hinsichtlich Schuld oder Haftung dar.

---

<sup>6</sup> Jetzt : Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

<sup>7</sup> Bezugnehmend auf die Empfehlungen an BMVBS und BSH wurde in 4/2007 ein entsprechender Vorschlag zur Ergänzung des IMO-Performance Standards für das Sub-Committee NAV 53 der IMO eingereicht (s. Anhang)

## 9 Quellenangaben

- Ermittlungen der Wasserschutzpolizei (WSP)
- Aufzeichnungen der VKZ Cuxhaven
- Amtliches Wettergutachten Deutscher Wetterdienst (DWD)
- Seekarten des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- VDR-Daten von Bord der DELTA ST. PETERSBURG
- Zeugenaussagen
- Berechnungen der Firma Ship Design & Consult GmbH (SDC), Hamburg
- Fotos Hasenpusch Schenefeld, WSP, BSU
- Seemannschaft 3, Schiff und Manöver,  
Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen

## 10 Anhang

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION



IMO

*E*

SUB-COMMITTEE ON SAFETY OF  
NAVIGATION  
53<sup>rd</sup> session  
Agenda item 17

NAV 53\*\*\*  
\*\* May 2007  
Original: ENGLISH

### Any Other Business

#### Amendment of the Performance Standards for VDR and S-VDR

Submitted by Germany

#### SUMMARY

*Executive summary:* Evaluation of data retrieved from VDR/S-VDR has shown that in many cases the Audio recordings are of bad quality and sensors are not recorded because their failure has not been recognised during operation. An improvement of the VDR performance standard is proposed.

*Action to be taken:* Paragraph 9

*Related documents:* Resolution A.861(20), MSC.163(78)

#### Introduction

1 The purpose of a voyage data recorder is to maintain a store, in a secure and retrievable form, of information concerning the position, movement, physical status, command and control of a vessel over the period leading up to and following an incident having an impact thereon. This information is for use during any subsequent investigation to identify the cause(s) of the incident.

2 Evaluation of data retrieved from existing VDR installations has shown that in many cases the Audio recordings are of bad quality and sensors are not recorded because their failure has not been recognised during operation. This can in certain cases make it impossible to use the stored data for the intended purpose.

#### Audio recordings

3 A typical reason for poor audio recordings is that in practice more than one microphone (normally 3 ... 5) is connected to the VDR to cover the bridge area using one common recording track for ALL microphones. If only one microphone is interfered due to bridge noise, vibrations etc the whole audio recording is degraded significantly. This can be minimised if separate audio recording tracks are used at least for the microphones covering the main conning position(s).



4 It is proposed to amend Resolution A.861(20) and MSC.163(78) as follows:

5.4.5 Two or more microphones positioned on the bridge should be placed so that conversation at or near the conning stations, radar displays, chart tables, etc., are adequately recorded. As far as practicable, the positioning of microphones should also capture intercom, public address systems and audible alarms on the bridge.

Two separate recording tracks should be provided for two microphones installed near the conning stations; additional microphones should use at least one separate track.

#### **Sensor failure**

5 Data retrieval failed in several cases because sensors had not been recorded due to their failure was not recognised during operation. As an example, after RADAR maintenance the video connection to the VDR had not been re-installed properly. Because there is no requirement for an internal integrity test and appropriate alarms, this had not been brought to the attention of the user. After an incident the data evaluation of the recorded RADAR data failed.

6 It is proposed to amend Resolution A.861(20) and MSC.163(78) as follows:

Add new para 7.2:

A clear indication should be given to the user if the interface to a connected sensor fails or if data are unavailable.

#### **AIS recordings**

7 Recording of AIS data is not required for the VDR and a possible addition to radar recordings for the S-VDR. AIS is a reliable data source for other ship's data and can also act as own ships information source providing data in digital form that is easy to store and retrieve.

8 It is proposed to amend Resolution A.861(20) and MSC.163(78) as follows:

Add new para 5.4.16 to A.861(20) / modify para 5.4.8 of MSC.163(78):

AIS target data should be recorded as a source of information regarding other ship's. If AIS also provides own ship data, this may replace the connection of dedicated sensors.

#### **Action requested of the Sub-Committee**

9 The Committee is invited to note the above information and decide as deemed appropriate.