



Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung
Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation
Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums
für Verkehr und digitale Infrastruktur

Untersuchungsbericht 276/14

Schwerer Seeunfall

**Kollision in der Kieler Förde
bei Friedrichsort zwischen
MS FRANCISCA und MS RMS BREMEN
am 5. September 2014**

4. September 2015

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, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 22. November 2011, BGBl. I S. 2279, 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 (§ 9 Abs. 2 SUG).

Der vorliegende Bericht soll nicht in Gerichtsverfahren oder Verfahren der seeamtlichen Untersuchung verwendet werden. Auf § 34 Absatz 4 SUG wird hingewiesen.

Bei der Auslegung des Untersuchungsberichtes ist die deutsche Fassung maßgebend.

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

Direktor: Volker Schellhammer
Tel.: +49 40 31908300
posteingang-bsu@bsh.de

Fax.: +49 40 31908340
www.bsu-bund.de

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	5
2	FAKTEN	6
2.1	Foto	6
2.2	Schiffsdaten.....	6
2.3	Reisedaten	7
2.4	Schiffsdaten.....	8
2.5	Reisedaten	9
2.6	Angaben zum Seeunfall oder Vorkommnis im Seeverkehr	10
2.7	Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen	11
3	UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG	12
3.1	Unfallhergang	12
3.2	Untersuchung	14
4	AUSWERTUNG	17
4.1	AIS-Datenanalyse Vesseltracker und BAW	18
4.2	GPS- Bewertung BSH	22
4.3	DGPS-Bewertung der Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken (Seezeichenversuchsfeld)	24
4.4	Strömungsverhältnisse Universität Kiel, BAW, BSH.....	26
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	31
6	SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN	34
6.1	Wasser- und Schifffahrtsamt Lübeck (WSA)	34
6.2	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)	34
6.3	Eigner, Betreiber- und Schiffsführungen der FRANCISCA und RMS BREMEN	34
7	QUELLENANGABEN.....	35

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schiffsfoto FRANCISCA	6
Abbildung 2: Schiffsfoto RMS BREMEN.....	8
Abbildung 3: Seekarte	10
Abbildung 4: ECS-RMS BREMEN, Kollisionsort 02:11:05 Uhr	13
Abbildung 5: ECS-FRANCISCA, Kollisionsort 02:11:00 Uhr.....	13
Abbildung 6: Skizze FRANCISCA, Kollisionswinkel 02:11 Uhr.....	14
Abbildung 7: Schäden FRANCISCA	15
Abbildung 8: Schäden RMS BREMEN	15
Abbildung 9 Grafik Vesseltracker mit Openstreetmap-Karte	18
Abbildung 10: Grafik Vesseltracker, Zeitraffer	18
Abbildung 11: Fahrtverlauf, Tabelle.....	20
Abbildung 12: AIS-Kollisionsort mit elektronischer Seekarte, BAW	21
Abbildung 13: GPS-Referenz Scheerhafen Kiel, BAW	21
Abbildung 14: Satellitenkonstellation	22
Abbildung 15: PDOP-Messung.....	23
Abbildung 16: HDOP-Messung.....	23
Abbildung 17: DGPS-Messung.....	25
Abbildung 18: Wind- und Pegelmessung.....	26
Abbildung 19: Strömungsmessung 4.05.2012 Friedrichsorter Enge.....	26
Abbildung 20: Temperaturmessung 4.05.2012 Friedrichsorter Enge	27
Abbildung 21: Salzgehaltsmessung 4.05.2012 Friedrichsorter Enge	27
Abbildung 22: BAW Gittermodell, Kieler Förde.....	28
Abbildung 23: BSH-Modell, berechnete Strömung	29

1 Zusammenfassung

Am 5. September 2014 um 02:11 Uhr¹ kollidierte die unter zyprischer Flagge ausgehende RMS BREMEN mit der unter Antigua & Barbuda Flagge einkommenden FRANCISCA auf der Höhe des Leuchtturms Friedrichsort in der Kieler Förde. Der genaue Kollisionsort bleibt unklar. Beide Fahrzeuge fahren nach den AIS-Aufzeichnungen der Verkehrszentrale deutlich aneinander vorbei. Auf beiden Fahrzeugen befand sich eine elektronische Seekarte des Herstellers und Typs TRANSAS 4000 an Bord. Auch nach diesen Aufzeichnungen fahren die Fahrzeuge aneinander vorbei.

¹ Alle Uhrzeiten im Bericht beziehen sich, soweit nicht anders vermerkt, auf Ortszeit = Mitteleuropäische Sommerzeit = UTC + 2 h

2 FAKTEN

2.1 Foto



Abbildung 1: Schiffsfoto FRANCISCA

2.2 Schiffsdaten

Schiffsname:	FRANCISCA
Schiffstyp:	Stückgutschiff
Nationalität/Flagge:	Antigua und Barbuda
Heimathafen:	St. John's
IMO-Nummer:	9148166
Unterscheidungssignal:	V2CR7
Reederei:	Juru Agentura Forsa UAB
Baujahr:	1997
Bauwerft/Baunummer:	Scheepswerf Peters B.V. / 449
Klassifikationsgesellschaft:	DNV GL
Länge ü.a.:	89,00 m
Breite ü.a.:	12,40 m
Bruttoreaumzahl:	2377
Tragfähigkeit:	3452 t
Tiefgang maximal:	4,9 m
Maschinenleistung:	1290 kW
Hauptmaschine:	Anglo Belgian 8MDZC-800-173
Geschwindigkeit:	11,0 kn
Werkstoff des Schiffskörpers:	Stahl
Schiffskörperkonstruktion:	Doppelboden
Mindestbesatzung:	6

2.3 Reisedaten

Abfahrtshafen:	Klaipeda
Anlaufhafen:	Nord Ostsee Kanal/Honfleur
Art der Fahrt:	Berufsschiffahrt International
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	5,1 m
Besatzung:	6
Lotse an Bord:	Nein



Abbildung 2: Schiffsfoto RMS BREMEN

2.4 Schiffsdaten

Schiffsname:	RMS BREMEN
Schiffstyp:	Mehrzwecktrockenfrachter
Nationalität/Flagge:	Zypern
Heimathafen:	Limassol
IMO-Nummer:	9617301
Unterscheidungssignal:	5BLX3
Reederei:	Hermann Lohmann Bereederungen
Baujahr:	2012
Bauwerft/Baunummer:	Slovenske Lodenice Komarno /3802
Klassifikationsgesellschaft:	DNV GL
Länge ü.a.:	89,88 m
Breite ü.a.:	12,80 m
Bruttoraumzahl:	2589
Tragfähigkeit:	3812 t
Tiefgang maximal:	5,5 m
Maschinenleistung:	1520 kW
Hauptmaschine:	Caterpillar 8M20C
Geschwindigkeit:	12 kn
Werkstoff des Schiffskörpers:	Stahl
Schiffskörperkonstruktion:	Doppelboden
Mindestbesatzung:	6

2.5 Reisedaten

Abfahrtshafen:	Auslaufend Nord Ostsee Kanal
Anlaufhafen:	Szczecin
Art der Fahrt:	Berufsschiffahrt International
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	5,6 m
Besatzung:	6
Lotse an Bord:	Nein

2.6 Angaben zum Seeunfall oder Vorkommnis im Seeverkehr

Art des Seeunfalls/Vorkommnis im Seeverkehr:	Schwerer Seeunfall, Kollision
Datum/Uhrzeit:	05.09.2014 02:11 Uhr
Ort:	Kieler Förde, Friedrichsort
Breite/Länge:	$\varphi 54^{\circ}23,3'N \ \lambda 010^{\circ}11,8'E$
Fahrtabschnitt:	Revierfahrt
Platz an Bord:	Vorschiffe
Menschlicher Faktor:	Ja, Verstoß
Folgen (für Mensch, Schiff, Ladung und Umwelt sowie sonstige Folgen):	Blebschäden an beiden Fahrzeugen keine

Ausschnitt aus Seekarte 34, BSH

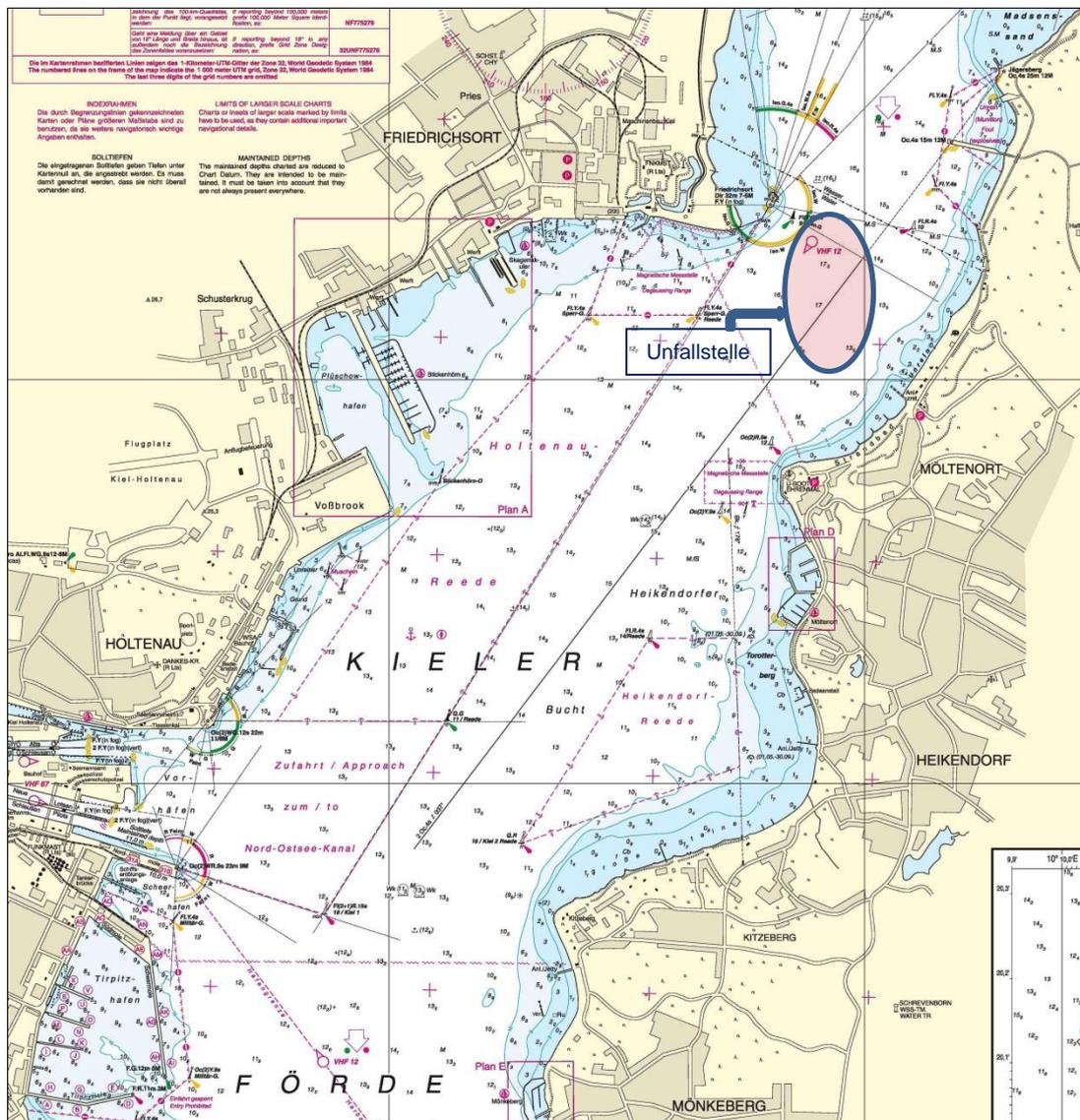


Abbildung 3: Seekarte

2.7 Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen

Beteiligte Stellen:	WSP Kiel
Eingesetzte Mittel:	keine
Ergriffene Maßnahmen:	Ankern
Ergebnisse:	Schadensaufnahme

3 UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG

3.1 Unfallhergang

Um 01:55 Uhr verließ die RMS BREMEN bei E-lichen Winden Bft 4, leicht bewegter See und guter Sicht die Neue Südschleuse des Nord-Ostsee-Kanals. Auf der Brücke haben sich der Kapitän als wachhabender Offizier (OOW) und der 1. Offizier als Rudergänger befunden. Um 01:58 Uhr sei der Kurs auf 078° und um 02:01 Uhr auf 037° bei einer Geschwindigkeit von 9 kn auf die Richtfeuerlinie geändert worden. Bei der Annäherung an die Friedrichsorter Enge sei die rote Leuchtonne dicht an Stb.-Seite angesteuert worden und als der Leuchtturm Friedrichsort querab war, die letzte Gelegenheit der FRANCISCA gewesen, die Kollision durch ein Manöver abzuwenden. Die FRANCISCA kam von Norden. Als sie an Bb.-Seite etwa 0,5 sm entfernt vom Leuchtturm Friedrichsort mit Topplichtern und grünem Seitenlicht gesichtet wurde, sei sie über UKW gerufen und ein Pfeifsignal gegeben worden. Von der FRANCISCA sei keine Reaktion gekommen. Auf der Höhe des Leuchtturms Friedrichsort kam es dann zur Kollision mit der FRANCISCA. Vor Friedrichsort sei es eng gewesen und eine Kursänderung der RMS BREMEN nach Stb. sei wegen des vermeintlich höheren Schadens im Bereich des Maschinenraums nicht in Frage gekommen. Die RMS BREMEN wurde zuerst an Bb.-Bug, dann mittschiffs und schließlich achtern an der Treppe beschädigt.

Die FRANCISCA steuerte Friedrichsort Leuchtturm von Norden an. Auf der Brücke habe sich während der Kollision nur der 1. Offizier befunden. Zwei Facharbeiter Deck (Matrosen) haben sich an Deck befunden und bereiteten das Einlaufen in die Kieler Schleuse vor. Der zweite Matrose sei etwa 5 Minuten vor der Kollision geweckt worden, um auf der Back zu helfen. Der Ausguck sei für die Seewache von 22:00 Uhr bis 02:00 Uhr eingeteilt gewesen. Um 01:45 Uhr sei er angewiesen worden, auf die Back zu gehen und die Festmacherleinen für Bb.-Seite klarzulegen. Als er die Luke auf der Back öffnete, habe er ein Fahrzeug mit zwei Topplichtern und einem roten Seitenlicht auf ihn zukommen sehen. Er habe seinen Kollegen gewarnt, der an Stb.-Seite an der Winde stand. Der Abstand zum Fahrzeug habe schnell abgenommen. Ein Matrose sei nach achtern gerannt. Beim Aufprall habe der andere Matrose hinter dem Vormast gestanden. Nach der Kollision habe sich der Kollisionsgegner ohne Licht- und Pfeifsignale zu geben entfernt, während der mittschiffs stehende Matrose zu seinem Kollegen auf die Back gegangen sei und ihn angesprochen habe. Er habe es gerade noch geschafft, hinter den Vormast zu springen und sei unverletzt geblieben. Er habe vor dem Aufprall keine Aufmerksamkeitssignale gehört. Danach haben beide Matrosen das Deck und den Laderaum auf Schäden untersucht. Die FRANCISCA sei dann mit 3 Schängel Kettenlänge auf Holtenau Reede vor Anker gegangen. Der 1. Offizier habe gerade querab von Friedrichsort Leuchtfeuer eine Kursänderung von 187° auf 213° gemacht und die Geschwindigkeit auf LANGSAM VORAUS reduziert, als um 02:11 Uhr die FRANCISCA auf der Position 54°23,355 N 010°11,887' E mit der RMS BREMEN kollidiert (s. Abb. 5,6) sei. Auf der RMS BREMEN sei nichts für ein sicheres Passieren unternommen, die Geschwindigkeit sei nicht reduziert und der Kurs nicht nach Stb. geändert worden. Sie habe sogar den Kurs zunächst nach Bb. geändert.

Keiner habe auf den UKW-Anruf der FRANCISCA reagiert. Beim Aufprall habe der Steuerkurs 232° betragen während die FRANCISCA weiter nach Stb. gedreht sei.

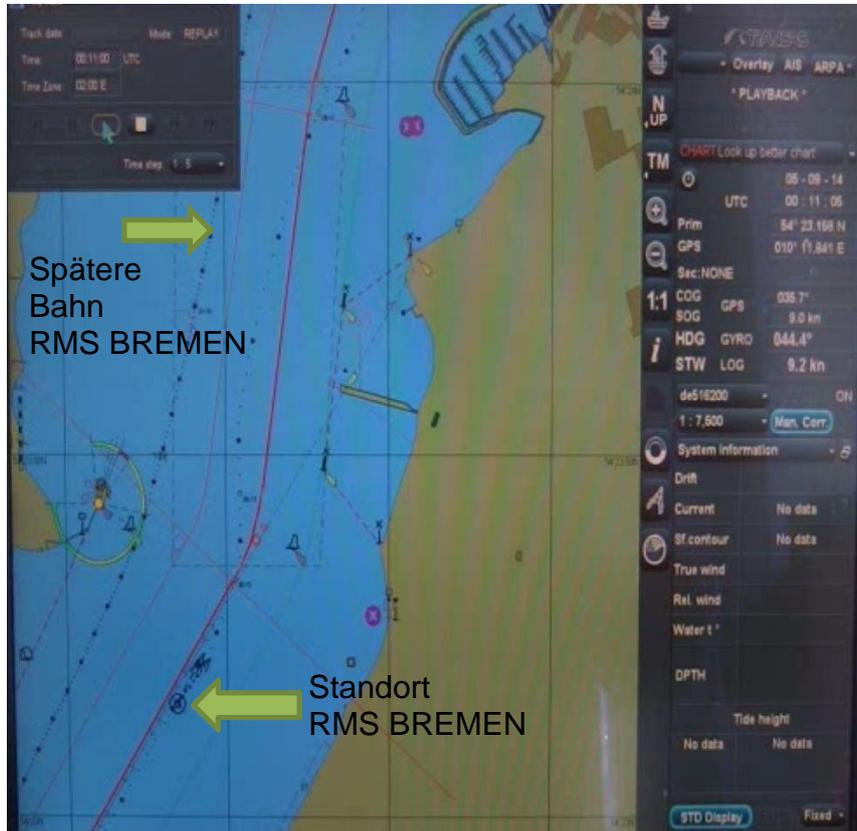


Abbildung 4: ECS-RMS BREMEN, Kollisionsort 02:11:05 Uhr

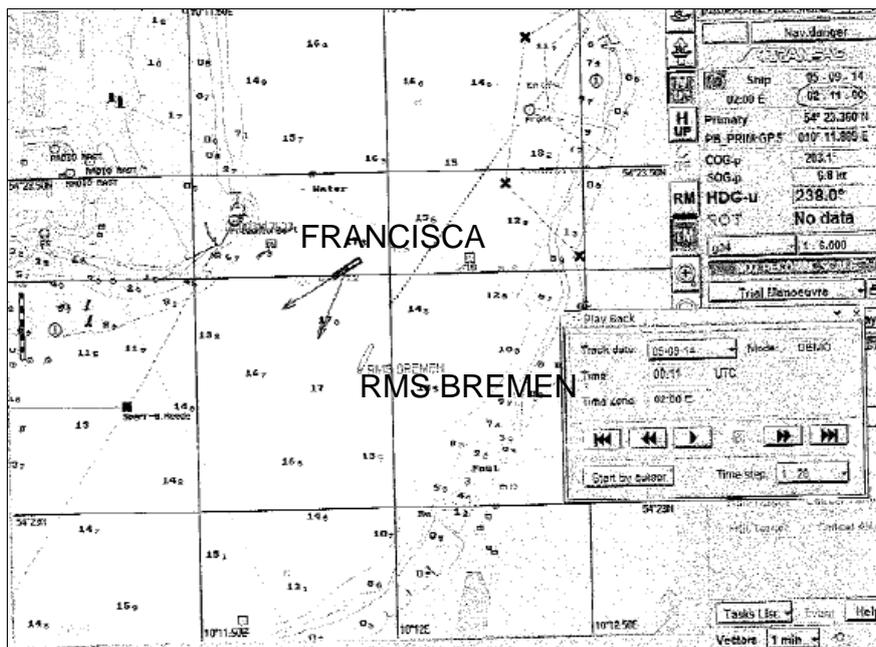


Abbildung 5: ECS-FRANCISCA, Kollisionsort 02:11:00 Uhr

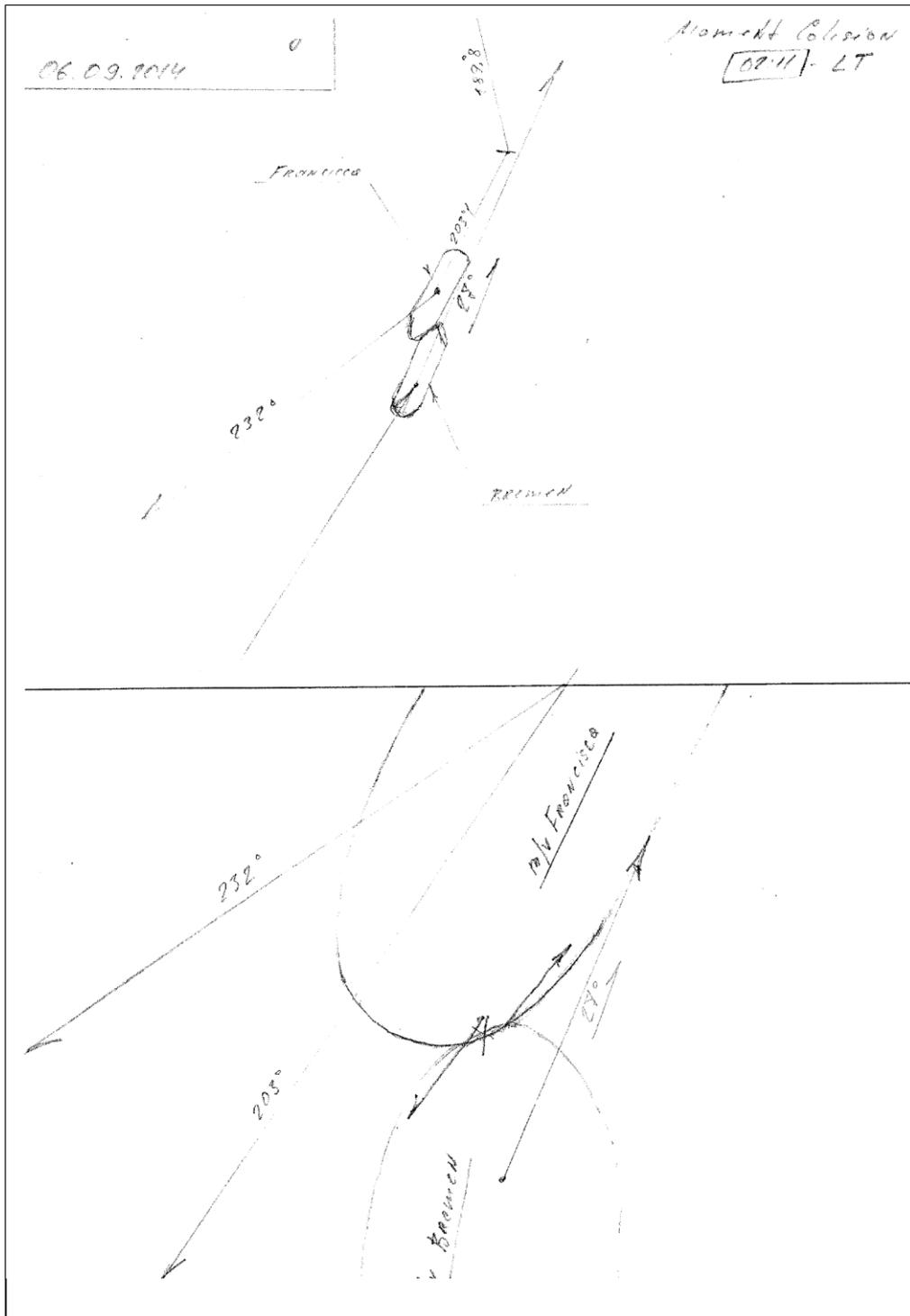


Abbildung 6: Skizze FRANCISCA, Kollisionswinkel 02:11 Uhr

3.2 Untersuchung

Weder die Wiedergabe der elektronischen Seekarten (ECS) noch die Skizze der FRANCISCA geben Aufschluss über den genauen Kollisionsort. Lediglich der Kollisionszeitpunkt ist identisch. Um 02:11:05 Uhr befindet sich die RMS BREMEN

weit SE-lich vom Leuchfeuer Friedrichsort entfernt, während auf der Skizze der FRANCISCA der Kollisionsort kurz nach der geplanten Kursänderung am Leuchfeuer eingezeichnet ist. Die BSU hat daraufhin Radar- und AIS-Aufzeichnungen bei der Verkehrszentrale Travemünde angefordert. Leider waren keine Radaraufzeichnungen mehr verfügbar. Sie werden nach ca. einem Monat im Ringspeicher gelöscht. Somit war kein zweites System zum Verifizieren der GPS- und AIS-Daten verfügbar. An Bord beider Fahrzeuge waren baumustergeprüfte GPS-Empfänger installiert. Die empfangenen GPS-Positionen haben eine Genauigkeit von 8-13 m. DGPS-Empfänger, welche die GPS-Positionen auf etwa 3 m verbessern können, waren nicht installiert. Die aufgezeichneten AIS-Daten der Verkehrszentrale wurden der Bundesanstalt für Wasserbau in Hamburg zur Auswertung übergeben. Sie bestätigten, dass nach der Datenlage keine Kollision zustande gekommen wäre. Die Fahrzeuge wären danach weiträumig aneinander vorbei gefahren.

Die durch die Wasserschutzpolizei in Kiel veranlasste Datenauswertung von Vesseltracker lieferte die gleichen Ergebnisse wie die BAW. Offensichtlich handelte es sich um einen GPS-Fehler. Die Schäden weisen auf einen spitzen Kollisionswinkel beider Vorschiffe hin. Die FRANCISCA schrammte an Bb.-Seite der RMS entlang.



Abbildung 7: Schäden FRANCISCA



Abbildung 8: Schäden RMS BREMEN

Beide Fahrzeuge wurden nach der Kollision von der Klassifikationsgesellschaft DNV-GL besichtigt, und die BG Verkehr, Dienststelle Schiffssicherheit, führte eine Flaggenstaatkontrolle nach dem Paris Memorandum of Understanding durch. Die FRANCISCA erhielt eine Festhalteverfügung und die RMS BREMEN durfte unter Auflagen innerhalb der inneren Gewässer eine Werft ansteuern.

Auf dem Vorschiff der FRANCISCA wurden oberhalb der Wasserlinie zwischen dem Bug und Spant Nr. 130 Risse, Beulen und Dellen an der Außenhaut sowie an Bb.-Seite Verformungen des Schanzkleids festgestellt. Die Wasserdichtigkeit am Vorschiff war beeinträchtigt. Die Festhalteverfügung wurde erlassen, weil bei den Wachoffizieren die Ruhezeiten nicht eingehalten, in den Arbeitszeitznachweisen die Sicherheitsübungen nicht aufgeführt waren und es Inkonsistenzen zwischen dem Wachplan der Ausgucke und den Hafendarbeitszeiten gab. Bei einem Rhythmus von 6 um 6 Stunden seien im Zweiwachensystem keine auskömmlichen Ruhezeiten, davon eine von mindestens 6 durchgehenden Stunden, für den Kapitän und 1. Offizier möglich. Am 1.8, 2.8, 23.8 und 24.8.2014 waren die Ruhezeiten eines Matrosen dreimal unterbrochen und weniger als 6 Std. lang. Die Ruhezeiten an Tagen für Feuerschutzübungen und Bootsmanöver wurden gar nicht erfasst. Es fehlte ein Audit des Flaggenstaats nach dem Sicherheitsmanagementsystem und dem ISM-Code. Ein Notausgang zum achteren Wetterdeck war verriegelt und ließ sich nicht öffnen. Die Festhalteverfügung wurde am 15. September 2014 aufgehoben und die FRANCISCA durfte unter Auflagen eine Werft in den inneren Gewässern ansteuern.

Das Vorschiff der RMS Bremen war oberhalb der Wasserlinie zwischen dem Bug und Spant Nr. 113 an Bb.-Seite an der Verschanzung und Außenhaut durch Beulen und Risse beschädigt. Die Verschlüsse und Luftrohre der Tanks waren verbogen, eingerissen oder zerstört. Zwischen den Spanten 68 und 72 war das Deck verbeult und ein Poller an der Schweißnaht zum Deck beschädigt. Auf dem Achterdeck zwischen den Spanten 11 und 20 war das Deck verbeult und eingerissen. Die Reling war an Bb.-Seite über die gesamte Länge zerstört. Das Bugstrahlruder war beschädigt und die Wasserdichtigkeit im Vorschiff, Bugstrahlruderraum und den Aufbauten beeinträchtigt. Die RMS BREMEN durfte ihre Fahrt unter Auflagen in den inneren Gewässern zur nächsten Werft fortsetzen. Im Gegensatz zur FRANCISCA war auf der RMS BREMEN ein 5 um 7 Stunden Wachplan etabliert. Damit konnten die Ruhezeiten bei gleicher Besatzungsstärke wie die FRANCISCA formal eingehalten werden.²

² Der Wachplan muss konform mit der Konvention über Arbeitszeiten von Seeleuten und Besatzungsstärke der Schiffe sein. Die Begrenzung der Arbeitsstunden sind wie folgt: (a) die maximale Arbeitszeit sollte folgende Begrenzungen nicht überschreiten: (i) 14 Stunden in einem Zeitraum von 24 Stunden, und (ii) 72 Stunden innerhalb von sieben Tagen; oder (b) die Mindestruhezeit sollte mindestens (i) zehn Stunden in einem Zeitraum von 24 Stunden, und (ii) 77 Stunden innerhalb von sieben Tagen betragen. Ruhezeiten dürfen in höchstens zwei Abschnitte unterteilt werden, wobei einer die Dauer von mindestens sechs Stunden nicht unterschreiten darf; die Intervalle zwischen den aufeinanderfolgenden Ruhezeiten dürfen 14 Stunden nicht überschreiten.

4 AUSWERTUNG

Durch die fehlenden Radaraufzeichnungen der Verkehrszentrale war eine Verifizierung der GPS-Daten durch ein zweites unabhängiges System nicht möglich. Deshalb wurden die AIS-Daten von zwei unterschiedlichen Dienst Anbietern, der Firma Vesseltracker in Hamburg und der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) in Brunsbüttel ausgewertet. Beide verfügen über eigenständige Empfangsstationen. Die AIS-Daten der WSP (Gemeinsame Leitstelle der Wasserschutzpolizeien der Küstenländer) in Cuxhaven standen diesmal aufgrund einer defekten Datenleitung nicht zur Verfügung. Sie hätten den WSV-Daten entsprochen, wie ein Besuch der BSU bei der Leitstelle am 28.01.2015 ergab. Ein von früher der BSU bekannter Zeitfehler in den empfangenen AIS-Daten wurde inzwischen durch die Installation eines Zeitervers behoben. Beim AIS-Datenprotokoll ist zu beachten, dass lediglich der Sekundenanteil gesendet wird. Beim Empfang und Speichern von AIS-Daten muss daher ein vollständiger Zeitstempel generiert werden, um Daten später zuordnen zu können. Etwa 4 Stunden nach der Kollision befanden sich beide Schiffe in der Nähe des Kollisionsortes an der Pier im Scheerhafen von Kiel. Dort konnten bei der Auswertung durch die BAW keine wesentlichen Anomalien festgestellt werden.

4.1 AIS-Datenanalyse Vesseltracker und BAW

Der Kollisionsort korreliert nicht mit der Uhrzeit. Um 02:11 Uhr, zum Zeitpunkt der Kollision, waren die S-wärts gehende FRANCISCA und die N-wärts gehende RMS BREMEN nach den AIS-Aufzeichnungen weit voneinander entfernt und passierten aneinander, ohne sich zu berühren.



Abbildung 9 Grafik Vesseltracker mit Openstreetmap-Karte

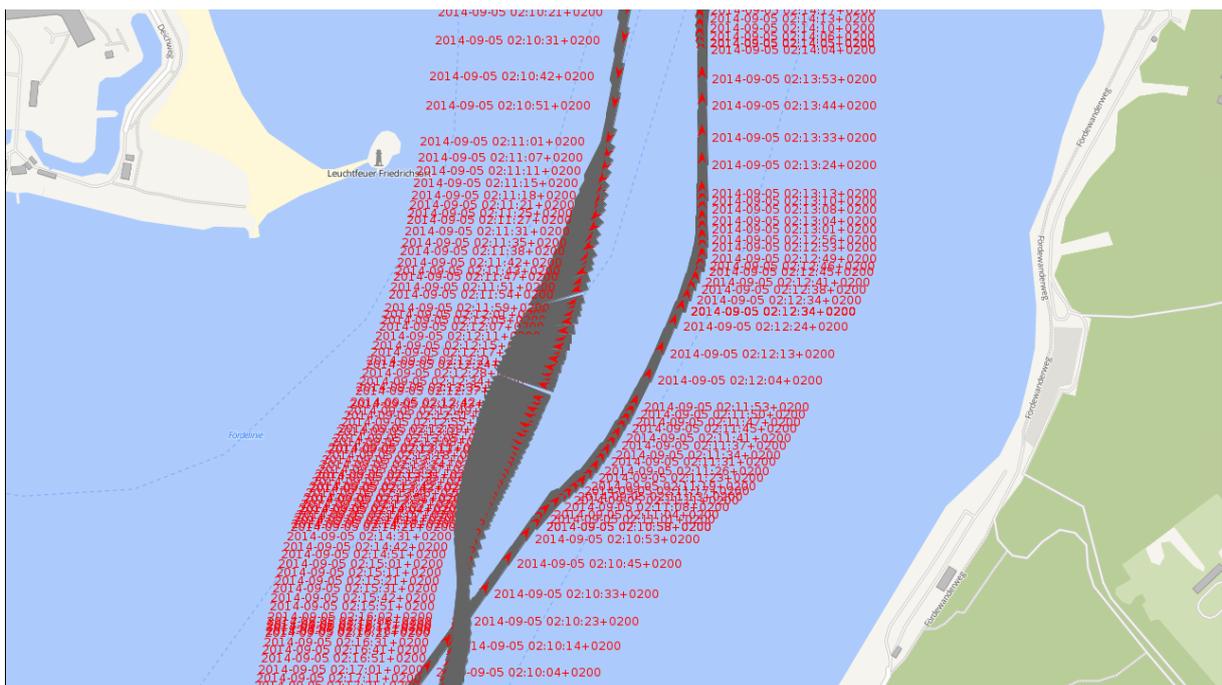


Abbildung 10: Grafik Vesseltracker, Zeitraffer

Die folgende Tabelle bezieht sich auf die Auswertung der empfangenen AIS-Daten von Vesseltracker. Der Kollisionszeitpunkt ist rot markiert. Die Positionen in Grad/Dezimal liegen weit auseinander. SOG (kn) bezieht sich auf die Fahrt über Grund, COG auf den Kurs über Grund und HDG auf den Steuerkurs. Die Kollision findet nach den Kurs- und Geschwindigkeitsdaten um 02:11:01 Uhr statt. Bei der RMS BREMEN ändert sich der Steuerkurs (HDG) um 3° und bei der FRANCISCA um 15°. Die Geschwindigkeit über Grund ändert sich bei der FRANCISCA merklich um 0,3 kn. Der rechnerische Abstand zwischen den GPS-Antennen der beiden Fahrzeuge beträgt 566 m. Die Kurse über Grund beziehen sich auf die GPS-Empfänger und verändern sich kaum.

RMS BREMEN						FRANCISCA					
UTC+2	Breite N	Länge E	SOG	COG	HDG	UTC+2	Breite N	Länge E	SOG	COG	HDG
02:06:04	54,375110	10,183492	9,6	38	37	02:06:01	54,403873	10,200657	9,6	184	181
02:06:14	54,375495	10,184010	9,6	38	36	02:06:11	54,403475	10,200585	9,6	184	182
02:06:23	54,375810	10,184427	9,6	37	36	02:06:22	54,402988	10,200503	9,6	183	183
02:06:33	54,376165	10,184887	9,6	36	36	02:06:31	54,402590	10,200438	9,6	183	184
02:06:43	54,376520	10,185347	9,6	36	35	02:06:40	54,402192	10,200377	9,6	183	185
02:06:53	54,376882	10,185808	9,6	36	35	02:06:51	54,401660	10,200295	9,6	184	181
02:07:04	54,377288	10,186302	9,6	36	35	02:07:01	54,401218	10,200222	9,7	185	177
02:07:14	54,377652	10,186750	9,6	35	35	02:07:07	54,400997	10,200185	9,6	185	175
02:07:23	54,377978	10,187153	9,6	36	36	02:07:11	54,400775	10,200150	9,6	184	173
02:07:34	54,378343	10,187610	9,6	36	36	02:07:15	54,400642	10,200130	9,6	183	173
02:07:43	54,378700	10,188063	9,7	36	36	02:07:17	54,400510	10,200110	9,6	183	172
02:07:53	54,379058	10,188520	9,7	36	35	02:07:21	54,400377	10,200092	9,6	182	172
02:08:04	54,379453	10,189020	9,7	36	35	02:07:25	54,400200	10,200068	9,6	181	172
02:08:14	54,379815	10,189475	9,7	36	35	02:07:27	54,400112	10,200058	9,6	181	171
02:08:23	54,380143	10,189882	9,7	35	35	02:07:31	54,399890	10,200033	9,6	180	171
02:08:33	54,380507	10,190337	9,7	35	35	02:07:42	54,399403	10,199990	9,5	178	173
02:08:44	54,380903	10,190833	9,7	35	35	02:07:51	54,399005	10,199968	9,5	176	178
02:08:53	54,381230	10,191242	9,7	35	35	02:08:01	54,398607	10,199957	9,5	175	186
02:09:04	54,381630	10,191742	9,7	35	35	02:08:08	54,398297	10,199950	9,4	176	191
02:09:14	54,381993	10,192193	9,7	36	36	02:08:11	54,398122	10,199947	9,4	176	193
02:09:23	54,382318	10,192597	9,7	36	36	02:08:14	54,398033	10,199945	9,4	177	194
02:09:33	54,382675	10,193053	9,7	36	36	02:08:18	54,397858	10,199940	9,3	178	196
02:09:44	54,383068	10,193560	9,7	36	36	02:08:21	54,397727	10,199935	9,3	179	196
02:09:53	54,383390	10,193975	9,7	36	36	02:08:25	54,397552	10,199927	9,3	181	197
02:10:04	54,383788	10,194475	9,7	36	36	02:08:27	54,397420	10,199918	9,2	182	197
02:10:14	54,384148	10,194933	9,7	36	35	02:08:31	54,397245	10,199905	9,2	184	197
02:10:23	54,384472	10,195343	9,7	36	35	02:08:34	54,397158	10,199897	9,2	185	197
02:10:33	54,384830	10,195795	9,7	36	35	02:08:38	54,396983	10,199880	9,1	186	196
02:10:45	54,385227	10,196293	9,6	36	35	02:08:41	54,396810	10,199860	9,1	188	195
02:10:53	54,385557	10,196707	9,6	36	35	02:08:43	54,396723	10,199848	9,1	189	194
02:10:58	54,385713	10,196962	9,3	41	41	02:08:51	54,396378	10,199797	9,1	191	191
02:10:58	54,385713	10,196962	9,3	41	41	02:09:01	54,395993	10,199725	9,2	192	186
02:11:01	54,385823	10,197058	9,0	35	44	02:09:08	54,395652	10,199655	9,2	192	184
02:11:04	54,385887	10,197147	8,9	36	44	02:09:11	54,395523	10,199628	9,2	192	184
02:11:08	54,385977	10,197372	8,6	47	42	02:09:14	54,395438	10,199610	9,2	191	183
02:11:11	54,386063	10,197580	8,5	50	40	02:09:17	54,395310	10,199582	9,2	191	183
02:11:13	54,386115	10,197673	8,4	49	37	02:09:21	54,395138	10,199545	9,2	190	183
02:11:17	54,386188	10,197822	8,4	49	35	02:09:25	54,394967	10,199508	9,2	190	183

02:11:19	54,386260	10,197973	8,4	50	33	02:09:28	54,394797	10,199473	9,2	189	183
02:11:23	54,386370	10,198155	8,3	46	31	02:09:31	54,394668	10,199447	9,2	189	183
02:11:26	54,386455	10,198273	8,2	44	29	02:09:42	54,394240	10,199362	9,2	187	184
02:11:31	54,386575	10,198428	8,1	41	28	02:09:51	54,393813	10,199280	9,3	186	186
02:11:34	54,386667	10,198537	8,0	38	27	02:10:01	54,393428	10,199207	9,3	186	189
02:11:37	54,386792	10,198667	8,0	34	27	02:10:11	54,392958	10,199118	9,3	186	191
02:11:41	54,386888	10,198762	8,0	33	27	02:10:21	54,392532	10,199033	9,4	187	192
02:11:45	54,387013	10,198893	8,0	31	26	02:10:31	54,392147	10,198950	9,4	189	192
02:11:47	54,387107	10,198992	8,0	31	26	02:10:42	54,391673	10,198840	9,4	190	191
02:11:50	54,387208	10,199085	8,0	31	26	02:10:51	54,391285	10,198745	9,5	190	192
02:11:53	54,387310	10,199175	8,1	30	25	02:11:01	54,390812	10,198623	9,2	190	207
02:12:04	54,387653	10,199480	8,2	28	23	02:11:07	54,390600	10,198568	8,9	191	211
02:12:13	54,388008	10,199757	8,3	26	22	02:11:11	54,390433	10,198522	8,6	192	215
02:12:24	54,388363	10,200045	8,4	26	19	02:11:15	54,390267	10,198473	8,4	194	218
02:12:34	54,388572	10,200237	8,4	27	15	02:11:18	54,390103	10,198423	8,2	195	221
02:12:34	54,388572	10,200237	8,4	27	15	02:11:21	54,389983	10,198385	8,0	196	223
02:12:34	54,388572	10,200237	8,4	27	14	02:11:25	54,389863	10,198345	7,8	197	226
02:12:34	54,388712	10,200352	8,4	26	12	02:11:27	54,389785	10,198318	7,6	199	227
02:12:38	54,388855	10,200465	8,4	25	8	02:11:31	54,389628	10,198263	7,3	200	231
02:12:41	54,388953	10,200538	8,4	24	5	02:11:35	54,389477	10,198207	7,0	202	234
02:12:45	54,389093	10,200623	8,3	21	0	02:11:38	54,389363	10,198162	6,9	202	236

Abbildung 11: Fahrtverlauf, Tabelle

Die BAW-Auswertung zeigt die COG/SOG Vektoren zum Kollisionszeitpunkt. Die GPS-Empfänger beider Fahrzeuge haben ordnungsgemäß funktioniert, wie die Referenzpositionen in Abb. 13 mit elektronischer Seekarte zeigen.

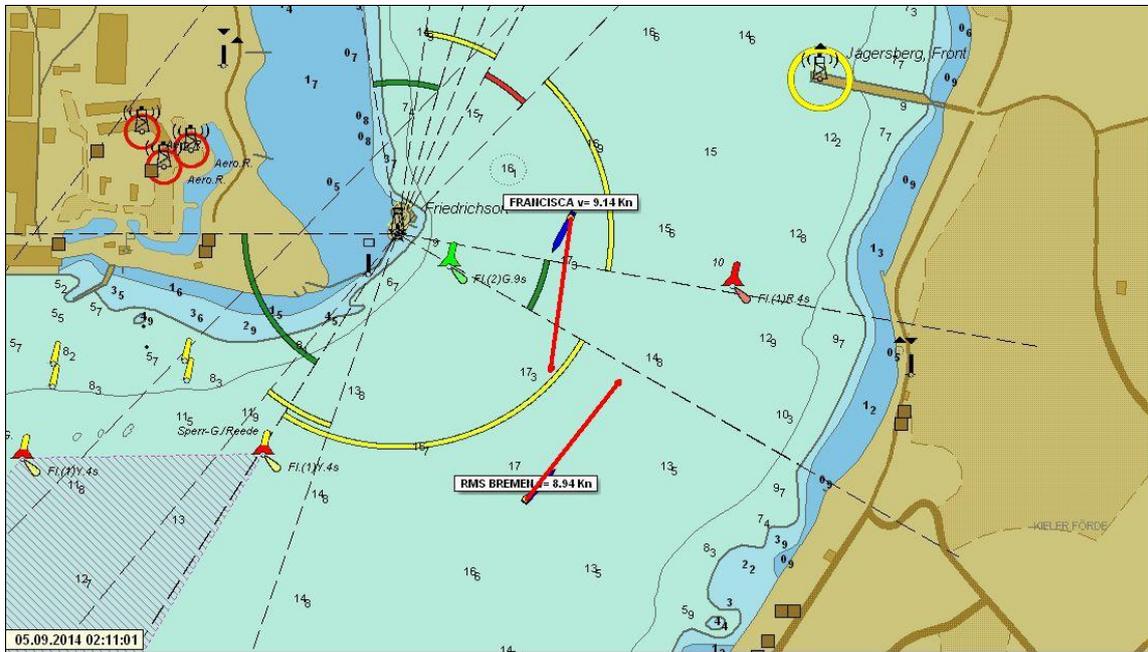


Abbildung 12: AIS-Kollisionsort mit elektronischer Seekarte, BAW

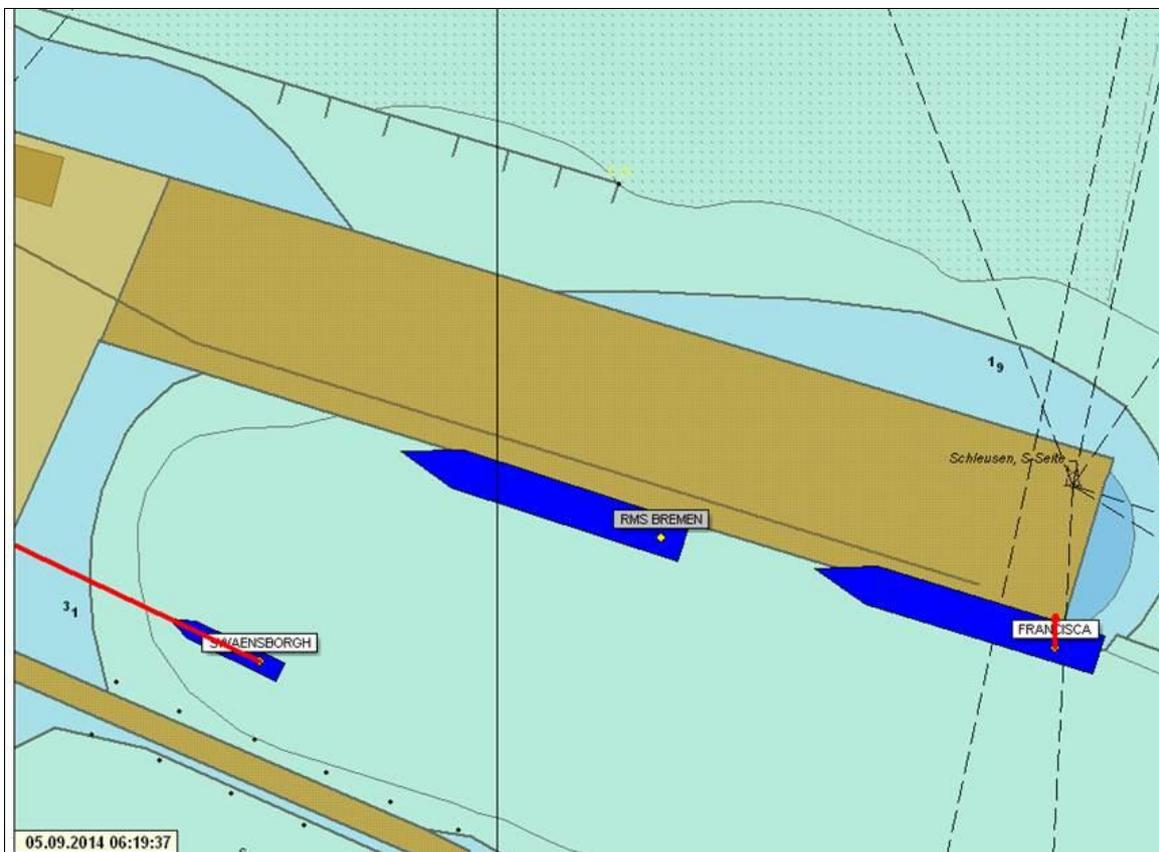
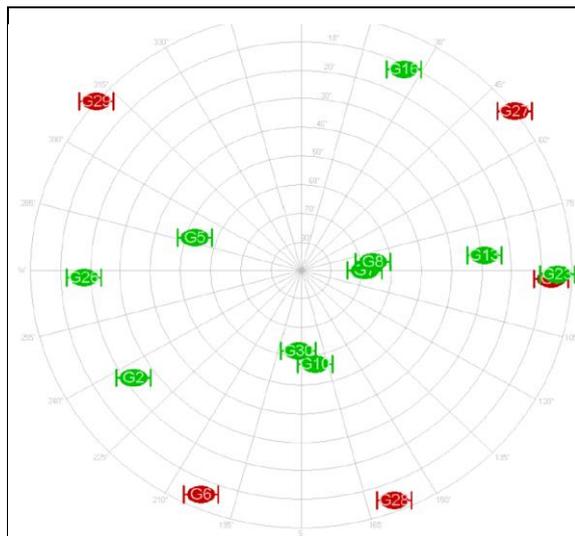


Abbildung 13: GPS-Referenz Scheerhafen Kiel, BAW

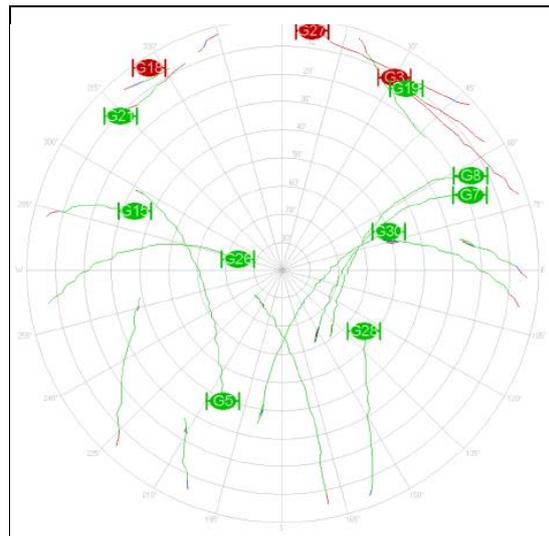
4.2 GPS- Bewertung BSH

Das BSH hat für die BSU die Satellitenkonstellation für den Unfallort und –zeitpunkt an ihrem für die Baumusterprüfung von GPS-Empfängern genutzten Simulator nachgestellt und analysiert.

Abbildung 14: Satellitenkonstellation



GPS-Satellitenkonstellation
am 05.09.14 um 00:00 UTC



GPS-Satellitenkonstellation
am 05.09.14 um 02:00 UTC

Simulierte Situation des Unfallortes auf Basis des GPS Observation Archive der amerikanischen Küstenwache USCG-NavCen, GPS Satellitalmanach vom 4./5.09.2014 (<http://www.navcen.uscg.gov>). Die rot markierten Satelliten haben eine Höhe von kleiner als 10° über dem Horizont.

Für den 5.9.2014 ist folgende allgemeine Meldung der Küstenwache (USCG) über die Nutzbarkeit des GPS Satelliten SVN35/PRN03 bekannt gegeben worden:

NOTICE ADVISORY TO NAVSTAR USERS (NANU) 2014069 NANU TYPE: GENERAL
 *** GENERAL MESSAGE TO ALL GPS USERS ***
 ON APPROXIMATELY 05 SEP 2014 SVN35 WILL RESUME TRANSMITTING L-BAND
 UTILIZING PRN03. AT L-BAND ACTIVATION, SVN35/PRN03 WILL BE UNUSABLE UNTIL
 FURTHER NOTICE. ADDITIONALLY, NO BROADCAST ALMANACS WILL INCLUDE
 SVN35/PRN03 UNTIL FURTHER NOTICE.
 *** GENERAL MESSAGE TO ALL GPS USERS ***

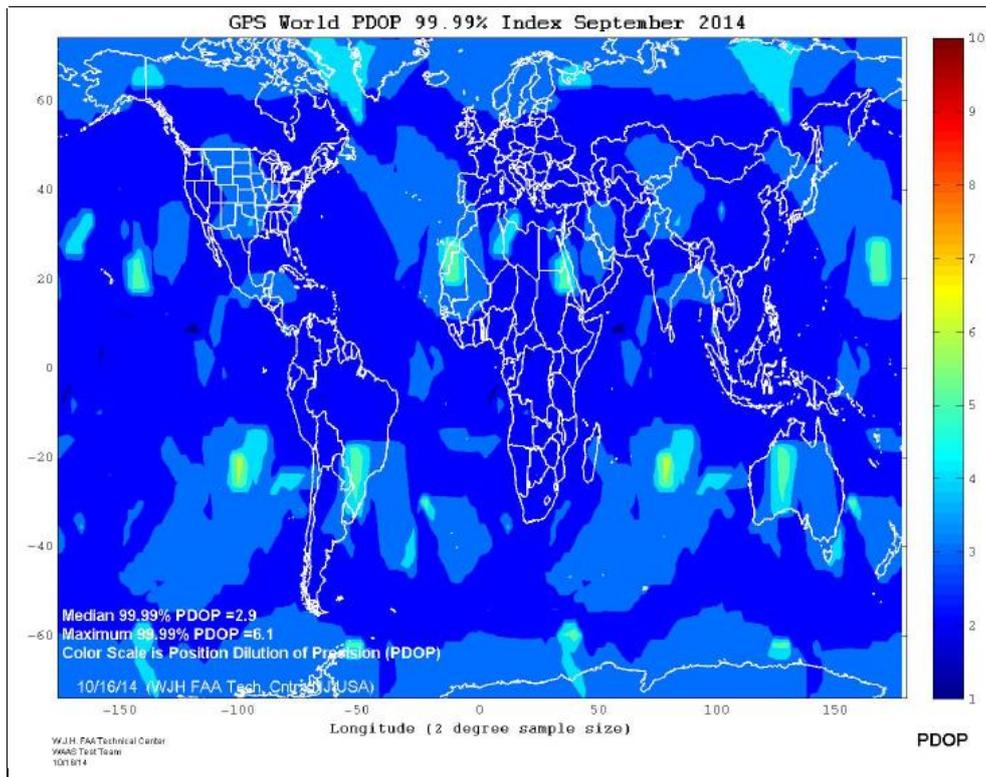


Abbildung 15: PDOP-Messung

Position dilution of precision (PDOP) Weltkarte, (Parameter zur Beurteilung der Genauigkeit einer dreidimensionalen GPS-Messung). Für die Kieler Förde liegt der PDOP-Wert zwischen 1 und 2, d.h. die Genauigkeit war hoch.

HDOP (Horizontal dilution of precision, Parameter zur Beurteilung der Genauigkeit einer zweidimensionalen GPS-Messung), 5.09.2014 – 00:00 – 03:00 UTC (Aufzeichnung Hemisphere GNSS Empfänger). Zum Zeitpunkt der Kollision lag der HDOP-Wert bei 0,8, d.h. die Genauigkeit an der Unfallstelle war hoch.

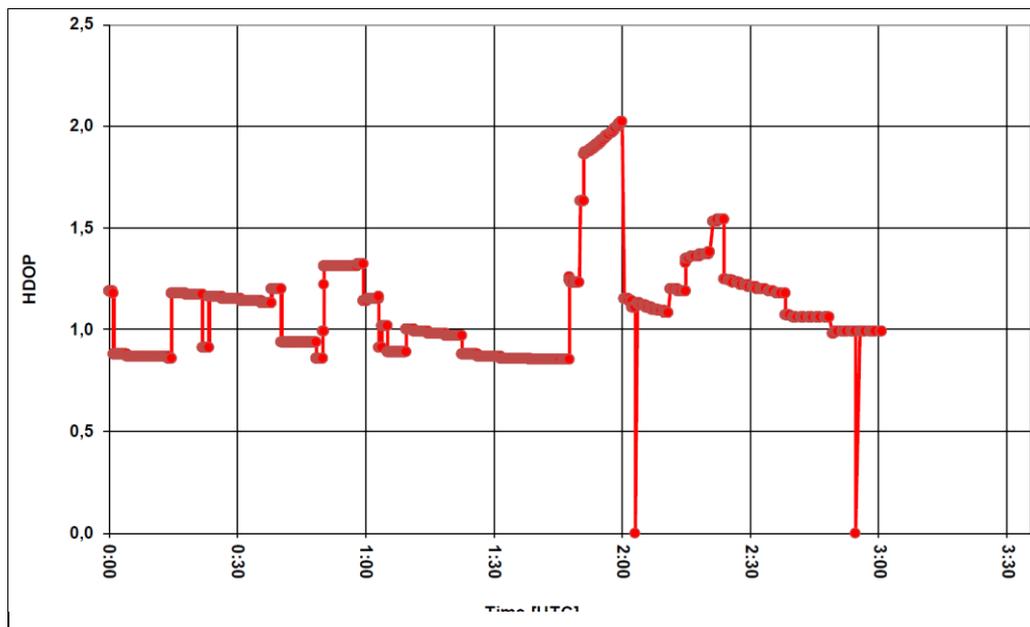


Abbildung 16: HDOP-Messung

Es ist eine leichte Verschlechterung der verfügbaren Satellitenkonstellation gegen 02:00 UTC im Bereich der Unfallstelle in der Simulation erkennbar. Sie ist jedoch nicht ausreichend, um Abweichungen von mehr als 20 m zu erklären. Zwei für die Seeschifffahrt baumustergeprüfte GPS-Empfänger zeigten keine Ausfälle oder Auffälligkeiten.

Eine andere Fehlerquelle wäre, dass bei der zugrundeliegenden Satellitenkonstellation eine Abschattung der GPS-Schiffsantenne, z.B. durch den Schornstein oder Aufbauten, eine weitere signifikante Verschlechterung herbeiführen könnte. Für die Schifffahrt zugelassene GPS-Empfänger warnen den Nutzer bei einer Verschlechterung der Satellitenkonstellation und einem Überschreiten eines HDOP von 4 mit einem Alarm. Ohne Zugriff auf GPS-Ausgangsdaten ist eine weitere Eingrenzung unmöglich. Wenn VDR-Aufzeichnungen zur Verfügung ständen, wären die Daten aus dem GPS-Empfänger verfügbar. Alle standardmäßig genutzten NMEA-Datensätze des GPS enthalten Werte zum HDOP und die Anzahl der genutzten Satelliten. Somit könnten angestellte Vermutungen über eventuelle Abschattungen und daraus resultierende Positionsfehler nachvollzogen werden.

Die Daten, die der Simulation zugrunde liegen, beschreiben lediglich den GPS-Systemzustand mit seiner Satellitenkonstellation und den nutzbaren Satelliten über der Kieler Förde in der Nacht vom 4. auf den 5. September 2014, jedoch nicht die Empfangsverhältnisse am Antennenort des Schiffes zum Zeitpunkt des Unfalls. Diese Daten sind nur im betroffenen GPS-Empfänger mit seinen vernetzten Ausgabestationen, wie einem VDR verfügbar. Dann wäre auch erkennbar, ob der GPS-Empfänger eine Nutzungswarnung ausgegeben hatte.

4.3 DGPS-Bewertung der Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken (Seezeichenversuchsfeld)

Das Seezeichenversuchsfeld hat für die BSU eine Bewertung der aufgezeichneten AIS-Daten der Fahrzeuge am Unfallort mit den Referenzstationen der WSV für DGPS (Differentielles globales Positionssystem) auf Basis der Korrekturwerte vorgenommen. Es konnte lediglich überprüft werden, ob es Fehlfunktionen von GPS an den Monitorstationen am Nord-Ostsee-Kanal bzw. an der Referenzstation in Zeven gab. Hierzu wurden die permanent aufgezeichneten Daten der Monitorstationen Groß Königsförde am NOK ausgewertet.

Eine Überprüfung der auf den Schiffen empfangenen GPS-Signale ist im Nachhinein ohne weitere Messwerte **nicht** mehr möglich. Es werden zwar auf Seiten der Referenzstationen die GPS- Korrekturdaten der empfangenen Satelliten aufgezeichnet, diese könnten in der Nachbearbeitung aber nur dann angewendet werden, wenn auch bei den Unfallschiffen eine Aufzeichnung der dort empfangenen sogenannten Pseudorange³ zu jedem Satelliten durchgeführt worden wäre. Anhand

³ Pseudorange (Pseudoentfernung) bezeichnet die erste Näherung der Distanz zwischen einem GPS-Sender und einem GPS-Empfänger aus der Laufzeit des Funksignals.

der berechneten und aufgezeichneten Positionen alleine kann daher keine Überprüfung durchgeführt werden.

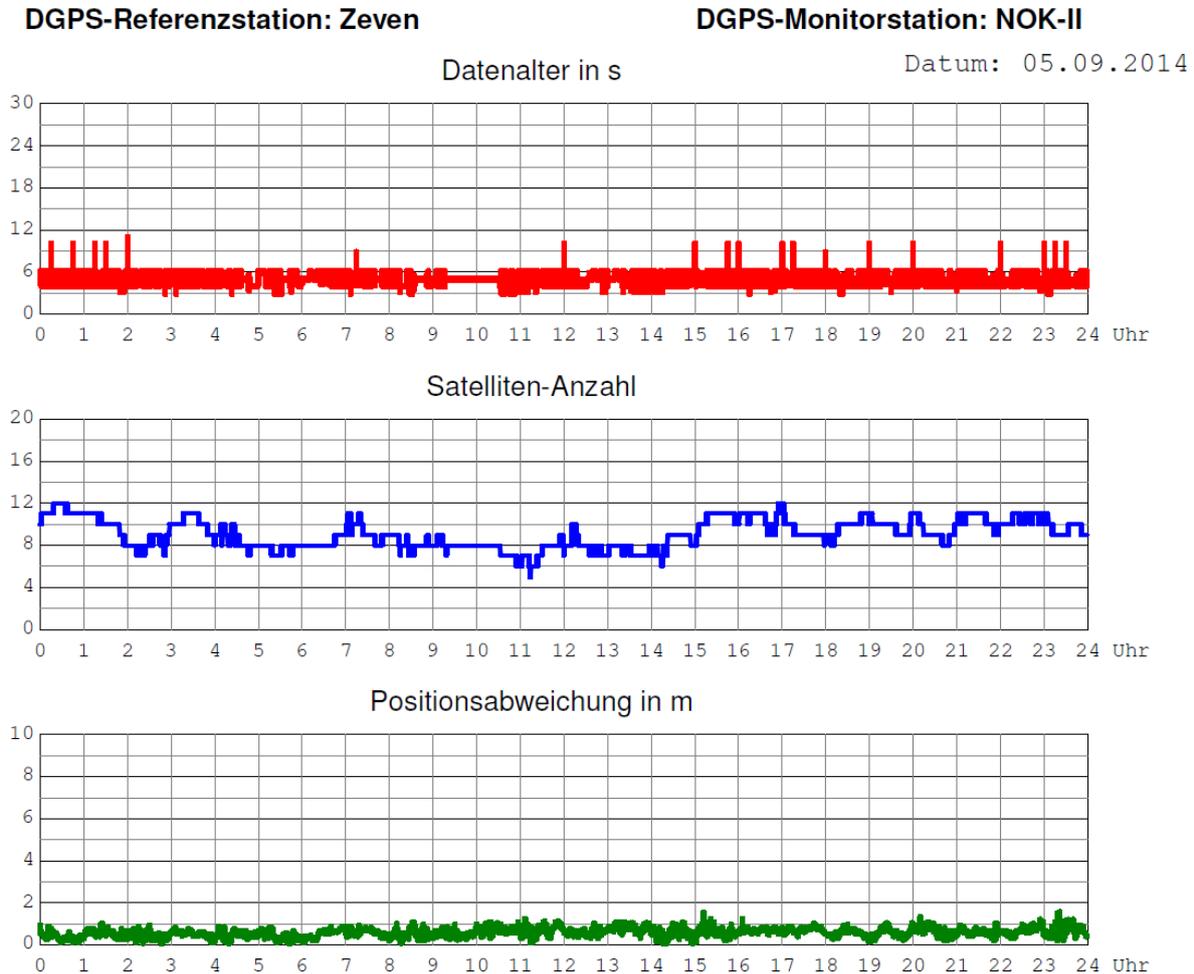


Abbildung 17: DGPS-Messung

Die Auswertungen zeigen einen typischen Tagesverlauf von DGPS-Messungen an einem üblichen Nutzerempfänger. Es sind keine Auffälligkeiten zu erkennen. Die maximale Positionsabweichung (Scatterplot) betrug am 05.09.2014 nur 1,58 m.

Während des 05.09.2014 wurden auch an den weiter vom Unfallort gelegenen Monitorstationen keine Anomalitäten des Satellitennavigationssystems GPS festgestellt. Störungen, etwa durch Sonnenwinde oder mutwillig herbeigeführte Manipulationen⁴ konnten nicht nachgewiesen werden.

⁴ Sonnenwinde und mutwillig herbeigeführte Manipulationen durch Störsignale (jamming) können zu einem Totalausfall des Systems führen oder gezielt für eine Positionsverfälschung (spoofing) eingesetzt werden. Ein GNSS (Global Navigation Satellite System) arbeitet auf einer Frequenz von etwa 1,5 GHz und sendet pro Satellit etwa mit 50 Watt Leistung, die bis zum Empfänger am Boden bis in den Mikrowatt-Bereich abschwächt. Eine geringe Leistung reicht, um ein GNSS zu stören. Zum Vergleich, ein terrestrisches Navigationssystem wie Loran arbeitet auf der Frequenz 100 kHz und sendet etwa mit 250 kW Leistung.

4.4 Strömungsverhältnisse Universität Kiel, BAW, BSH

Im September 2013 veröffentlichte die Universität Kiel den Abschlussbericht zu morphologisch- sedimentologischen sowie hydrologischen Naturuntersuchungen in der Kieler Förde. Die nachfolgend aufgeführten Messungen an der Friedrichsorter Enge fanden am 4.05.2013 statt.

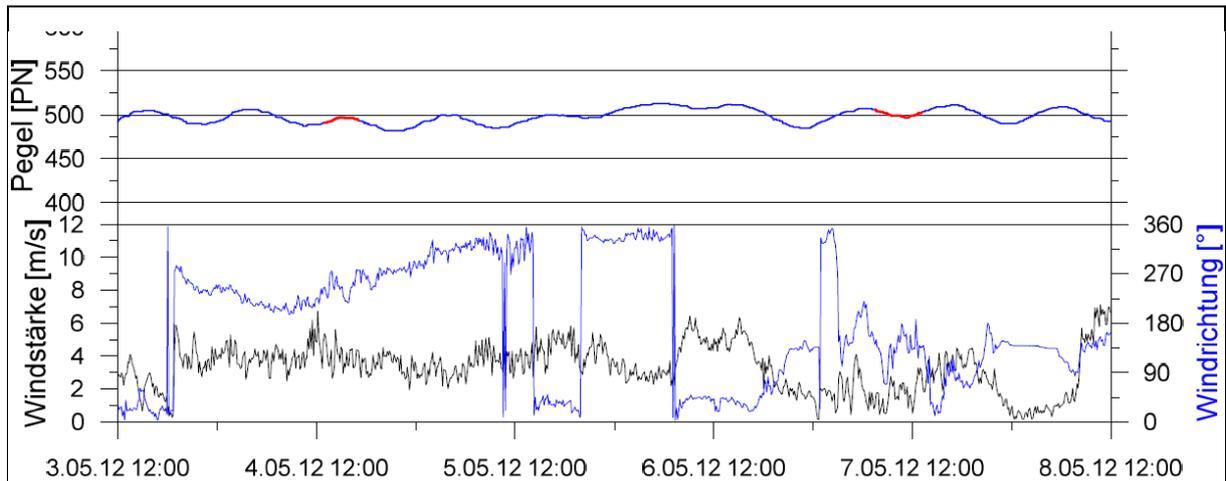


Abbildung 18: Wind- und Pegelmessung

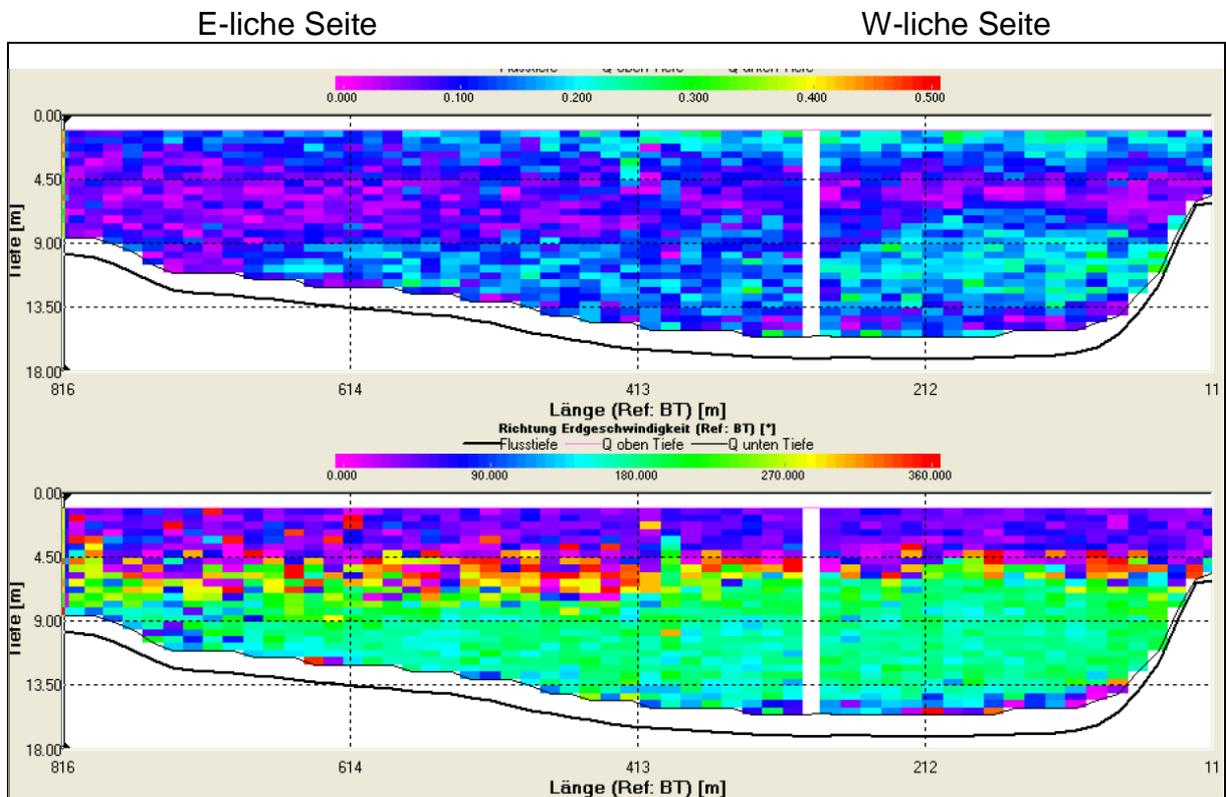


Abbildung 19: Strömungsmessung 4.05.2012 Friedrichsorter Enge

Die Wind- und Wasserstandsverhältnisse waren im Gegensatz zum Unfalltag durch WSW-Winde der Bft-Stärke 5 geprägt. Der Wasserstand wich nur wenig vom Normalnull-Niveau ab. Die Messergebnisse an diesem Tag ergaben, dass sich neben einem typischen Zirkulationsmuster entlang der Nord/Südrichtung der Kieler Förde ein zweites, windgetriebenes Zirkulationssystem ausgebildet hat, wo an der Oberfläche Wassermassen mit geringer Geschwindigkeit von West nach Ost und am Boden in entgegengesetzter Richtung strömten. Die Stromgeschwindigkeiten sind mit maximal gemessenen 30 cm/s im W-lichen Teil der Kieler Förde etwas stärker als im E-lichen Teil. Ob sich die Situation bei Ostwinden ändert bzw. umkehrt, wurde nicht untersucht.

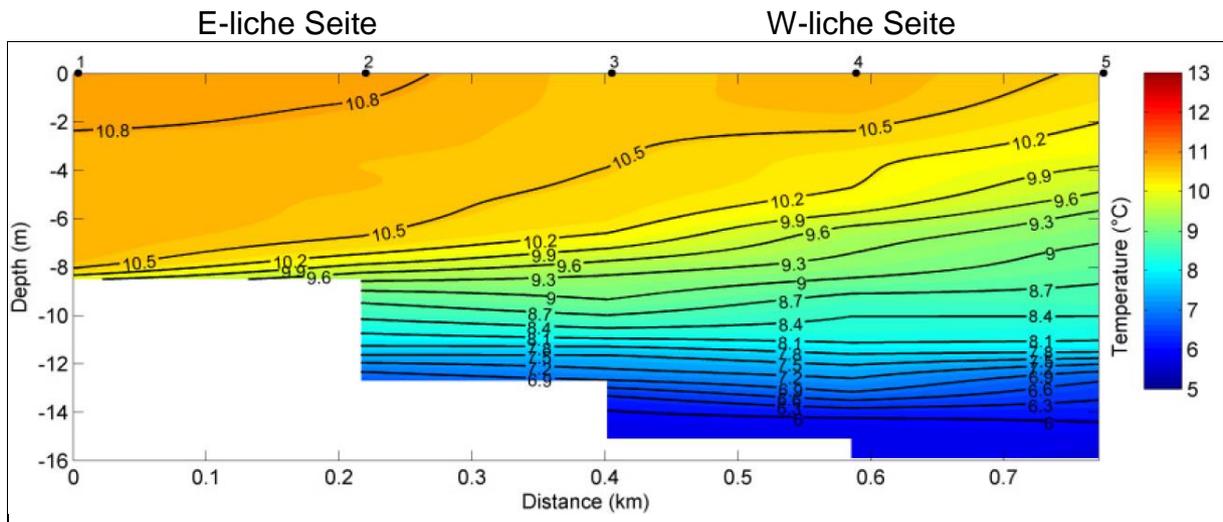


Abbildung 20: Temperaturmessung 4.05.2012 Friedrichsorter Enge

In den Wassertemperaturen der Kieler Förde spiegelt sich das Zirkulationsmuster wider. So wird das an der Oberfläche ausströmende, wärmende Wasser durch am Boden einströmendes, kälteres Wasser ersetzt. Hier hat das einströmende Wasser am Grund eine Temperatur von etwa 6°C und das Oberflächenwasser bis zu einer Tiefe von etwa 8 m mehr als 10°C. Durch die frischen W-Winde wurde das warme Oberflächenwasser an das Ostufer und im Ausgleich das aufgestiegene kältere Wasser an das Westufer getrieben.

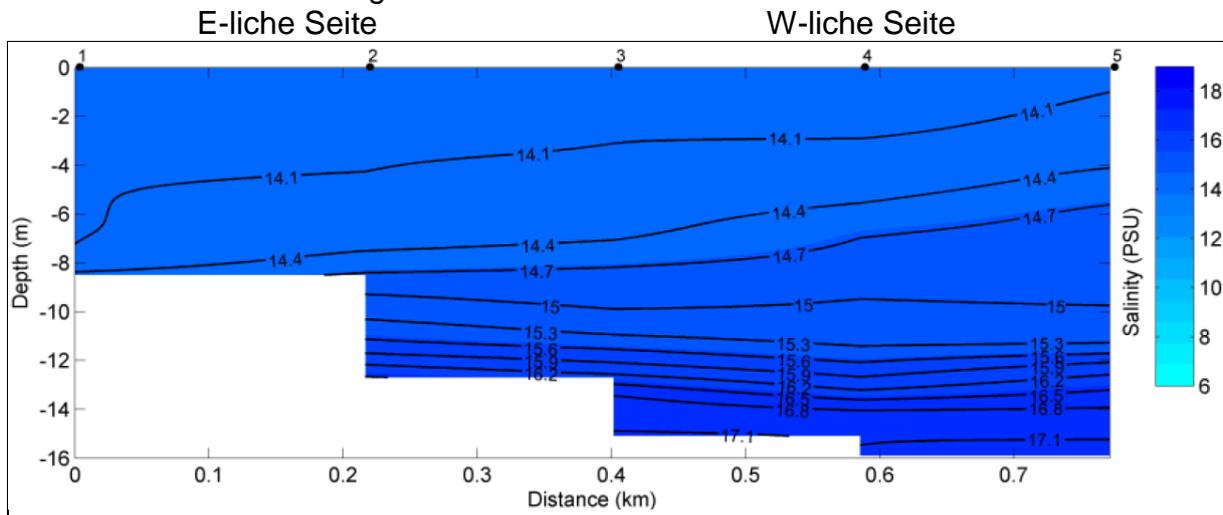


Abbildung 21: Salzgehaltsmessung 4.05.2012 Friedrichsorter Enge

Das windgetriebene Zirkulationsmuster wird durch den unterschiedlichen Salzgehalt in den Tiefenschichten bestätigt. Dabei muss jedoch eine gewisse Variation durch den Süßwassereintrag der Schwentine, den Kühlwassereintrag aus dem Kieler Kraftwerk sowie die windgetriebenen Oberflächenströmungen berücksichtigt werden.

Bei der BAW wird ein Ostseemodell betrieben. Die derzeitige Gitterweite eines Elements in der Kieler Förde beträgt ca. 100 m, für das jeweils ein Strömungswert berechnet wird. Dieser Gitterabstand wäre für eine genaue Bewertung der Stromverhältnisse in der Friedrichsorter Enge zu groß. Dafür müsste die Gitterweite um den Faktor 3 verfeinert und die Randwertsteuerdaten des Modells eingearbeitet werden. Zur Zeit gibt es bei der BAW für dieses Seegebiet keinen Bedarf bzw. Ressourcen. Die Berechnungen, Datenaufbereitung und Berichterstellung würde mindestens 2-3 Wochen betragen und kann nur langfristig bei den Experten für numerische Modelle eingeplant werden.

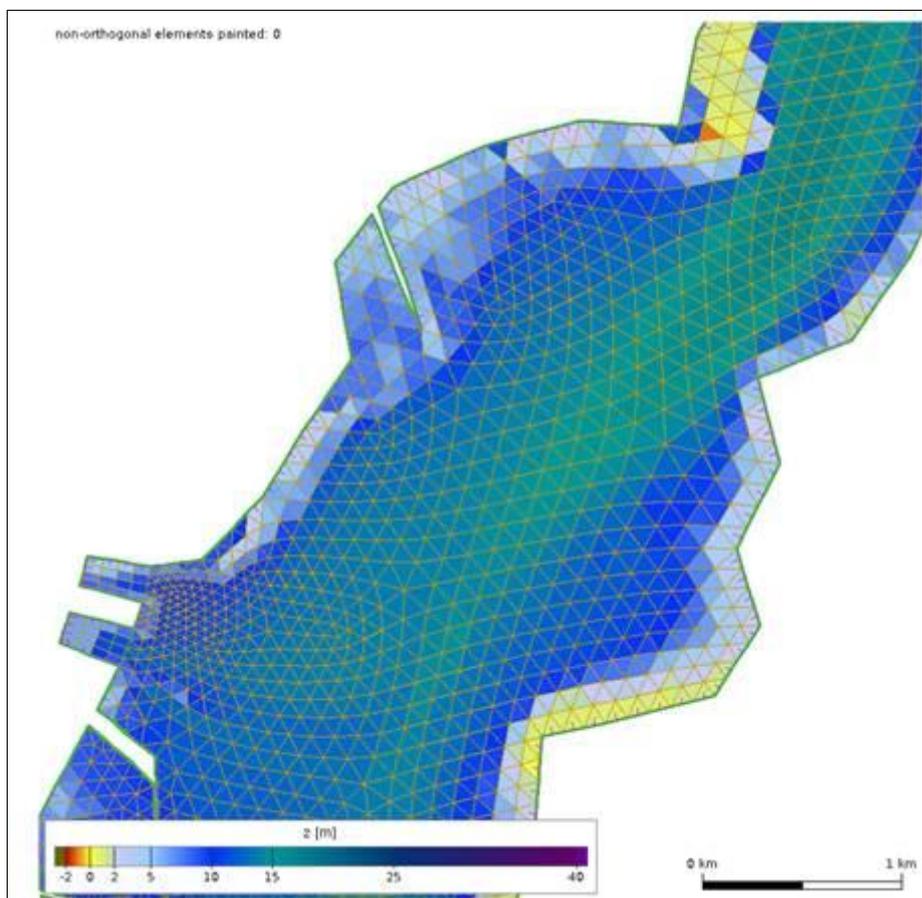


Abbildung 22: BAW Gittermodell, Kieler Förde

Das Strömungsmodell des BSH hat in der Friedrichsorter Enge eine Auflösung von 900 x 900 m, wodurch die Gegebenheiten in der Kieler Förde nur schlecht erfasst werden. Auch wenn keine Details der Strömung in der Kieler Förde berechnet werden können, so lässt sich zumindest erkennen, dass die Strömungen zum Zeitpunkt der Kollision in dieser Region insgesamt sehr schwach waren. Insofern hatte danach die Strömung keinen wesentlichen Einfluss auf den Verlauf der Kollision.

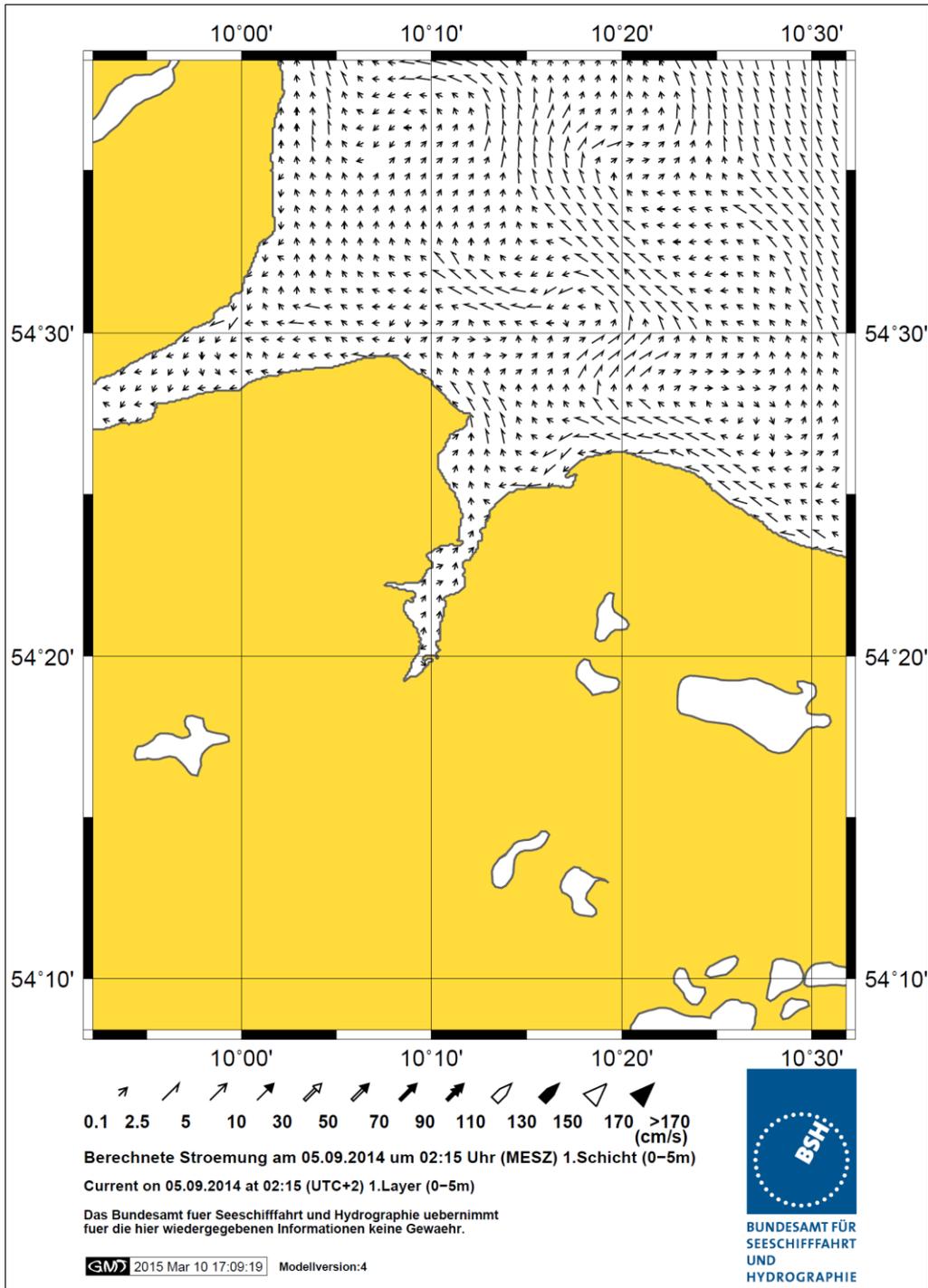


Abbildung 23: BSH-Modell, berechnete Strömung

Nach dem BSH-Modell hatte der NE-lich setzende Strom eine Stärke von maximal 10 cm/s. Im Ostseehandbuch 20031 des BSH wird für die Kieler Förde in der Friedrichsorter Enge eine maximale Stromgeschwindigkeit von 2,5 sm/h angegeben. Bei S- bis W-Winden entstehe eine auslaufende und bei N- bis E-Winden eine einlaufende Strömung. Beim Wasserstand gebe es die häufigsten Abweichungen im Herbst und Winter, die bei NW- bis SE-Winden eine Erhöhung bis 1,5 m ergeben, bei NE-Winden am größten sind und bei SE- bis NW-Winden eine Verringerung bis 1,5 m, die am größten bei stürmischen SW-Winden ist.

Diese Aussagen sind sehr generalisiert und für eine Bewertung des Unfallverlaufs zu ungenau. Das von der Universität in Kiel gemessene zweite windgetriebene Zirkulationsmodell findet hier keine Erwähnung. Nach Einschätzung des BSH wäre für die Fragestellung eine Modellauflösung von 20 - 50 m notwendig, um zu belastbaren Ergebnissen zu kommen. Allerdings hilft eine hohe Auflösung nur, wenn alle Randwertsteuerdaten stimmen und das Modell für einen längeren Zeitraum rechnet. Erst dann kann gezeigt werden, dass es für die Fragestellung funktioniert. Um ein Modell für die Kieler Bucht aufzusetzen und zu testen, müssten mehrere Monate aufgewendet werden.

5 Schlussfolgerungen

Die Kollision um 02:11 Uhr bei guter Sicht, E-lichen Winden um Bft 4 und wahrscheinlich schwachem nordwärts setzenden Strom vor dem Leuchtturm Friedrichsort in der Kieler Förde ist vornehmlich auf eine nicht situationsgerechte Darstellung der Bahnen beider Fahrzeuge auf den Bildschirmen ihrer elektronischen Seekarten zurückzuführen. Der Kollisionsort konnte anhand der aufgezeichneten AIS-Daten nicht genau bestimmt werden. Offensichtlich handelte es sich um GPS-Fehler. Die verantwortlichen Wachoffiziere auf beiden Fahrzeugen haben es versäumt, die dargestellten GPS-Positionen mit einem anderen System wie Radar oder optischen Peilungen zu verifizieren. Beide verantwortlichen wachhabenden Offiziere verließen sich auf die angezeigten Positionen in der elektronischen Seekarte und haben sich hauptsächlich auf die visuelle Kollisionsverhütung konzentriert, wobei die RMS BREMEN mit zwei nautischen Offizieren auf der Brücke im Vorteil war. Von den beiden Offizieren war einer als Rudergänger eingesetzt, der die RMS BREMEN sehr kursstabil steuerte. Auf der FRANCISCA wurde mit einem einzigen Wachgänger wahrscheinlich automatisiert mit der Kursregelanlage (Autopilot) bzw. im Wechsel mit dem Handruder gesteuert. Die Steuerkurse waren instabiler als auf der RMS BREMEN.

Auf der RMS BREMEN wurde sich dicht an der roten Leuchttonne 10 in der Friedrichsorter Enge gehalten, jedoch geht aus den Aussagen nicht hervor, ob auch parallel zur achteren roten Leuchttonne 12 der sogenannte Tonnenstrich eingehalten und die Leuchtturm optisch mit der elektronischen Seekarte bzw. Radar verifiziert wurden. Auf der FRANCISCA ist nicht ersichtlich, in welcher Weise navigiert und gesteuert wurde. Mit dem Autopiloten würde eine Kursänderung an einer engen Stelle, je nach Einstellung der Parameter, möglicherweise nicht schnell genug ausgeführt werden. Der S-lich gerichtete COG-Vektor in Abb. 5 der elektronischen Seekarte deutet darauf hin. Es wäre jedoch auch möglich, dass alleine durch die Fahrtreduzierung der FRANCISCA eine geringere Ruderwirkung erzielt wurde und so der COG-Vektor entstand. Dieses Manöver wurde nach der Aussage auf der FRANCISCA während der Kursänderung querab des Leuchtturms Friedrichsort eingeleitet, als der Kurs von 187° auf 213° geändert werden sollte und die Kollision passierte. Der Abstand zum Leuchtturm Friedrichsort konnte nicht ermittelt werden.

Nach dem Schadensmuster schrammten beide Fahrzeuge während der Kollision in einem spitzen Winkel aneinander vorbei. Nach Aussage eines Matrosen der FRANCISCA habe er zwei Topplichter und das rote Seitenlicht der RMS Bremen kurz vor der Kollision gesehen. Dies ist nur möglich, wenn die Fahrzeuge vorher in einem stumpferen Winkel zueinander standen. Nach den Aussagen auf der FRANCISCA sei vor der Kollision eine Bb.-Kursänderung der RMS BREMEN wahrgenommen worden. Dadurch könnte der spitze Kollisionswinkel erst entstanden sein, um größere Schäden auf der RMS BREMEN zu vermeiden. Nach den Aussagen auf der RMS BREMEN seien die Topplichter und das grüne Seitenlicht der FRANCISCA in einem Abstand von 0,5 sm vom Leuchtturm Friedrichsort in Sicht gekommen. Dies war gekoppelt etwa 3 min vor der Kollision und durchaus möglich, weil nach den unter Vorbehalt zu bewerteten AIS-Aufzeichnungen zu diesem

Zeitpunkt die FRANCISCA eine kurzzeitige Änderung des Steuerkurses (HDG) auf etwa 170° machte, dann jedoch schlagartig auf etwa 190° zurück drehte, um dann in die Stb.-Drehung zur beabsichtigten Kursänderung auf 213° zu gehen. Es kann jedoch anhand der Aufzeichnungen nicht beurteilt werden, an welcher Stelle genau die Kollision passierte. Bezogen auf die Positionsangaben der RMS Bremen um 02:08 Uhr wäre der Unfall um 02:11 Uhr voraus gekoppelt etwa querab des Leuchtturms Friedrichsort passiert. Andererseits sei einer Aussage auf der RMS BREMEN zufolge es die letzte Chance gewesen von der FRANCISCA ein sicheres Ausweichmanöver einzuleiten.

Insgesamt ist jedoch zu beachten, dass die aufgezeichneten GPS-Daten inkonsistent waren. Möglicherweise entsprachen zumindest die aufgezeichneten Steuerkurse der Realität. Sie werden von den Kreiselkompassen bzw. einem Steuerkurstransmitter abgegriffen. Für eine bessere Beurteilung der Kursstabilität auf beiden Fahrzeugen wären allerdings Aufzeichnungen im Sekundenintervall oder kürzer nötig.

Die BSU konnte den Kollisionsort nur eingrenzen (s. Abb. 3). Nach den auf GPS-Daten basierten AIS-Aufzeichnungen fuhren die Fahrzeuge großräumig aneinander vorbei. Die aufgezeichneten Positionen konnten landseitig nicht durch ein anderes System verifiziert werden. Die aufgezeichneten Radarbilder in der Kieler Förde wurden von der Verkehrszentrale nicht längerfristig gespeichert, so dass sie zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits überschrieben waren und nicht mehr reproduziert werden konnten.

Es konnte nicht verlässlich bestimmt werden, an welcher Stelle der GPS-Fehler auftrat. Der BSU standen keine Messwerte der GPS-Empfänger an Bord zur Verfügung. Beide Fahrzeuge waren ohne Schiffsdatenschreiber (VDR) ausgerüstet. Dadurch war es nicht mehr möglich, die empfangenen GPS-Daten zu bewerten. Auf beiden Fahrzeugen waren baumustergeprüfte GPS-Empfänger an Bord. Sie hätten bei einem HDOP Wert (Horizontal Dilution of Position) größer als 4 warnen müssen. Bei einer 95%-igen Wahrscheinlichkeit (2drms) beträgt die Genauigkeit der empfangenen GPS-Positionen 8-13 m und bei DGPS bis zu 3 m. DGPS-Empfänger waren an Bord nicht installiert. Die von Land aus gemessenen DGPS-Korrekturdaten zum GPS-System zeigten zum Unfallzeitpunkt keine Auffälligkeiten. Auch die simulierten Satellitenkonstellationen des GPS zum Unfallzeitpunkt waren bis auf einen Satellitenausfall unauffällig.

Die empfangenen GPS- oder andere GNSS-Signale liegen an der Empfangsantenne im Mikrowattbereich und sind im Vergleich zu terrestrischen Sendern wie LORAN mit einer Sendeleistung von 250 Kilowatt sehr schwach. Abschattungen der Antennen durch Schiffsaufbauten sind daher leicht möglich. Aber auch beschädigte Abschirmungen in den Antennenkabeln können zu Störungen führen. Manipulationen durch Störsender (Jamming, Spoofing) konnten nicht nachgewiesen werden. Mittlerweile sind die Verkehrszentralen an den deutschen Küsten mit Systemen ausgerüstet, die AIS-Ziele mit Radarzielen überlagern. Damit ist eine Verifizierung der Schiffpositionen mit einem zweiten unabhängigen System in Echtzeit möglich.

Dieser Unfall zeigt, dass gerade mit dem wachsenden Einsatz von elektronischen Seekarten die Notwendigkeit bleibt, mit allen verfügbaren Mitteln die Schiffspeditionen auf See fortlaufend zu überprüfen.

Auf beiden Fahrzeugen war nur die vom Flaggenstaat vorgeschriebene Mindestbesatzung von 6 Seeleuten an Bord. Auf der FRANCISCA wurden nachweislich die Ruhezeiten verletzt, und zum Zeitpunkt des Unfalls war die Brücke nur mit dem 1. Offizier besetzt. Es gab jedoch keine Hinweise auf eine Übermüdung des 1. Offiziers zum Unfallzeitpunkt. Sein Ausguck befand sich mit einem Matrosen an Deck, um das Einlaufen in die Kieler Schleuse vorzubereiten. Möglicherweise hätte die Anwesenheit eines Ausgucks auf der Brücke den Unfallverlauf bei der Kursänderung beeinflusst.

Bei den wenigen Besatzungsmitgliedern auf beiden Fahrzeugen gibt es, wie bei der Flaggenstaatskontrolle auf der FRANCISCA festgestellt, nur wenig Möglichkeiten, die Stationen im Zweiwachenbetrieb vorschriftsmäßig unter Einhaltung der Ruhe- und Arbeitszeiten zu besetzen. Hier sind die Reedereien aufgefordert, ausreichend Personal für ihre Schiffe zur Verfügung zu stellen. Aber auch der Kapitän steht in der Verantwortung, bei der Besatzung auf die Ruhe- und Arbeitszeiten zu achten. Ansonsten drohen ihm empfindliche Bußgelder. Er hat die Reederei rechtzeitig zu informieren, wenn Arbeitszeiten überschritten und Ruhezeiten nicht eingehalten werden können.

Die Stromangaben des BSH beziehen sich im benutzten Modell auf ein Raster von 900*900 m. Dort wurde insgesamt eine eher schwache N-wärts setzende Strömung berechnet, die auf die Friedrichsorter Enge übertragen wurde. Der tatsächlich setzende Strom konnte von der BSU nicht ermittelt werden. Eine Erhöhung der Auflösung auf 20*20 m würde die Rechenlast beim BSH um etwa den Faktor 10.000 erhöhen. Dafür müssen neue Investitionen getätigt werden, die voraussichtlich erst in 3-5 Jahren greifen.

6 Sicherheitsempfehlungen

6.1 Wasser- und Schifffahrtsamt Lübeck (WSA)

Die BSU empfiehlt dem WSA, die aufgezeichneten Audio-, Video-, Radar- und AIS-Daten sowie handschriftliche Protokolle und andere relevante Daten ihrer Verkehrssicherungssysteme (VTS) bei einem Seeunfall im Sinne des Seesicherheitsuntersuchungsgesetzes (SUG) 10 Jahre lang in einem öffentlichen Format zu speichern, welches die Reproduzierbarkeit bei einer Seeunfalluntersuchung mit handelsüblicher Software ermöglicht.

6.2 Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Die BSU empfiehlt dem BSH als Herausgeber von amtlichen nautischen Veröffentlichungen, ein Strommodell für die Kieler Förde mit einer Auflösung von bis zu 100 m sowie mindestens 20 m für die Friedrichsorter Enge und den Bereich des Nord-Ostsee-Kanals im Internet zur Verfügung zu stellen und die Angaben in ihren Seebüchern für dieses Gebiet zu überarbeiten.

6.3 Eigner, Betreiber und Schiffsführungen der FRANCISCA und RMS BREMEN

Die BSU empfiehlt den Eignern und Betreibern im Hinblick auf die Besatzungsstärken die Arbeit für ihre Wachgänger auf der Brücke durch technische Maßnahmen zu erleichtern und die Schiffe, den Anforderungen an das Fahrgebiet und der nautischen Ausrüstung auf der Brücke entsprechend, ausreichend zu besetzen. Dazu gehören die Überprüfung von GNSS-Positionen durch geeignete Maßnahmen, wie z.B. die Installation von DGPS-Empfängern, die Installation eines zweiten anderen globalen Satellitennavigationssystem (GNSS) wie GLONASS sowie die Überlagerung von AIS- mit Radarzielen.

Die BSU empfiehlt den verantwortlichen Wachoffizieren auf der Brücke, die Schiffspeditionen in küstennahen Gewässern fortlaufend mit allen verfügbaren Mitteln mit zwei unabhängigen Systemen, d.h. GNSS, Radaranlagen und optischen Peilungen, zu überprüfen sowie insbesondere nachts den Ausguck mit einzubeziehen.

Die BSU empfiehlt dem Kapitän der FRANCISCA, die Arbeits- und Ruhezeiten seiner Besatzung gemäß dem internationalen Seearbeitsübereinkommen (Maritime Labor Convention, 2006) der ILO (International Labor Organization) zu überprüfen und bei absehbarer Überlastung die Reederei zu informieren und für Abhilfe zu sorgen.

7 QUELLENANGABEN

- Ermittlungen Wasserschutzpolizei Kiel (WSP)
 - Verkehrszentrale Travemünde

- Schriftliche Erklärungen/Stellungnahmen
 - Schiffsführung
 - Reederei
 - Klassifikationsgesellschaft

- Zeugenaussagen
 - Besatzungen

- Gutachten/Fachbeitrag
 - Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
Operationelle Modelle, Dr. Frank Janssen
Navigationssysteme, Satellitennavigation Dipl. Ing. Jochen Ritterbusch,
Dipl. Ing. Tobias Ehlers
 - Bundesanstalt für Wasserbau Hamburg (BAW)
Dr. Ing. Klemens Uliczka, Dipl. Ing. Martin Wezel
 - Fachstelle der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung für Verkehrstechniken
(Seezeichenversuchsfeld) Koblenz, Michael Hoppe
 - Forschungs- und Technologiezentrum Westküste der Universität Kiel
Dipl. Geol. Dr. Klaus Ricklefs
 - National Transportation Safety Board (NTSB) Washington, DC
 - Vesseltracker Hamburg
 - Antigua and Barbuda W.I. Department of Marine Services and Merchant
Shipping Inspection and Investigation Division, Bremerhaven

- Seekarten und Schiffsdaten BSH

- AIS- und Sprechfunkaufzeichnungen Verkehrszentrale Travemünde

- Fotos Hasenpusch Hamburg, WSP Kiel