



Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung
Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation

Untersuchungsbericht 282/20

Schwerer Seeunfall

Auflaufen der RUBINA nach Versagen der Ruderanlage auf der Weser am 27. August 2020

7. April 2022

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) durchgeführt. Danach ist das alleinige Ziel der Untersuchung die Verhütung künftiger Unfälle. 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 Abs. 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: Ulf Kaspera
Tel.: +49 40 3190 8300
posteingang@bsu-bund.de

Fax.: +49 40 3190 8340
www.bsu-bund.de

Änderungsverzeichnis

Seite	Änderung	Datum

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	6
2	FAKTEN	7
2.1	Schiffsfoto	7
2.2	Schiffsdaten	7
2.3	Reisedaten.....	8
2.4	Angaben zum Seeunfall.....	8
2.5	Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen.....	9
3	UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG	10
3.1	Unfallhergang	10
3.1.1	Unfall	10
3.1.2	Weiterer Verlauf.....	11
3.2	Untersuchung	14
3.2.1	Motorschiff RUBINA.....	14
3.2.2	Am Unfallgeschehen Beteiligte	14
3.2.3	Drehflügel-Rudermaschinen	15
3.2.3.1	Grundsätzliche Wirkungsweise	15
3.2.3.2	Axialkolbenpumpen	16
3.2.3.3	MacGregor / Hatlapa TRITON 800/45.....	17
3.2.4	Steuerungsarten einer Ruderanlage.....	22
3.2.4.1	Grundsätzliches	22
3.2.4.2	Follow-up-Modus (Folgesteuerung)	23
3.2.4.3	Non-follow-up-Modus (Zeitsteuerung).....	23
3.2.4.4	Manuell vs. automatisch ausgelöster Override.....	24
3.2.4.5	Situation am Unfallabend	25
3.2.5	Aufzeichnungen	27
3.2.5.1	Track	27
3.2.5.2	VDR.....	28
3.2.6	Service- und Besichtigungsberichte nach dem Unfall.....	32
3.2.6.1	Servicebericht der Ruderanlagensteuerung	32
3.2.6.2	Servicebericht Rudermaschinenanlage.....	33
3.2.6.3	Besichtigungsbericht der Klassifikationsgesellschaft	34
4	AUSWERTUNG	35
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	37
6	BEREITS DURCHGEFÜHRTE MAßNAHMEN	38
7	SICHERHEITSEMPFEHLUNG	39
8	QUELLENANGABEN	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bulk Carrier RUBINA	7
Abbildung 2: Unfallort	9
Abbildung 3: Handsteuerrad und Tiller auf der RUBINA.....	10
Abbildung 4: „Past Track“ des Unfalls (ECDIS der RUBINA).....	12
Abbildung 5: Axialkolbenpumpe, als Schrägscheibenmaschine ausgeführt	16
Abbildung 6: Rudermaschinenanlage an Bord der RUBINA, Anordnung	18
Abbildung 7: Rudermaschinenanlage an Bord der RUBINA, Pumpeneinheit.....	18
Abbildung 8: Drehflügel-Rudermaschine TRITON.....	19
Abbildung 9: vereinfachter Hydraulikschaltplan der TRITON-Reihe	20
Abbildung 10: Pilotventil von Ruderpumpe 2, inkl. Kurzanleitung für die Notsteuerung.....	21
Abbildung 11: Tiller und Steering Override Unit (SOU)	25
Abbildung 12: Steuerartenwahlschalter	26
Abbildung 13: „Past Track“ des Unfalls (externe Aufzeichnung).....	27
Abbildung 14: VDR: nicht reagierendes Ruder, erstes Auftreten.....	28
Abbildung 15: VDR: Hartruderlage und ROT ca. 30 s später	29
Abbildung 16: VDR: nicht reagierendes Ruder, erstes Auftreten.....	29
Abbildung 17: VDR: Override ca. 3 s später	30
Abbildung 18: VDR: Ruderpumpenalarm	30
Abbildung 19: VDR: Steuermodus "Auto" gewählt.....	31
Abbildung 20: VDR: 1 s später Override sowie Steuermodus „FU“ weiterhin aktiv... 31	
Abbildung 21: VDR: Zeitpunkt des Auflaufens (Geschwindigkeit = 0,0 kn).....	32

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Steuerungsarten einer Ruderanlage	23
---	----

1 ZUSAMMENFASSUNG

Am 27.08.2020 gegen 21:55 Uhr kam der unter der Flagge von Portugal/Madeira fahrende Bulkcarrier RUBINA auf der Weser fest.

Am Unfallabend befand sich die RUBINA von Bremen kommend ausgehend auf der Weser. Beide Rudermaschinen liefen, es wurde von einem Rudergänger mit dem Handsteuerrad gesteuert.

Als der Rudergänger von einer Ruderlage von ca. 15° Steuerbord zurück auf mittschiffs gehen wollte, passierte trotz korrekter Handsteuerradlage zunächst nichts: Das Ruder blieb auf 15° liegen. Nach wenigen Sekunden ging die Rudersteuerung, begleitet von einem akustisch deutlich wahrnehmbaren Alarm, in den sog. „Override“¹.
a

Zeitgleich veränderte die Ruderlage sich auf hart Steuerbord (45°) und blieb wiederum dort liegen, weiterhin ohne auf Ruderlagenvorgaben des Handsteuerrads zu reagieren. Die bereits bestehende Drehung des Schiffs beschleunigte sich stark.

Trotz eines sofort eingeleiteten Achterausmanövers und Notbetätigung der Rudermaschine direkt an der Anlage lief die RUBINA innerhalb kurzer Zeit mit dem Vorschiff auf, zufällig an einer relativ „glimpflich“ Stelle im Revier. Bereits einen kurzen Moment später reagierte das Ruder wieder.

Nach der Bergung am Folgetag wurde die RUBINA an eine Wartepier nach Brake geschleppt. Zwei Tage später konnte das Schiff seine Reise fortsetzen.

Als Ursache für das nicht reagierende Ruder konnte ein offen stecken gebliebenes Pilotventil der Pumpeneinheit Nr. 2 der Rudermaschinenanlage ausgemacht werden. Die Ursache für dieses Steckenbleiben konnte nicht abschließend geklärt werden.

¹ Details siehe Kapitel 3.1.1.

2 FAKTEN

2.1 Schiffsfoto



Abbildung 1: Bulk Carrier RUBINA²

2.2 Schiffsdaten

Schiffsname:	RUBINA
Schiffstyp:	Bulk Carrier
Flagge:	Portugal (MAR)
Heimathafen:	Madeira
IMO-Nummer:	9725512
Rufzeichen:	CQZG
Eigner:	Peter Doehle Schiffahrts-KG
Reederei:	Julia Schiffahrtsgesellschaft, c/o Peter Doehle Schiffahrts-KG
Baujahr:	2018
Bauwerft:	Jiangsu Hantong Ship Heavy Industry
Klassifikationsgesellschaft:	Lloyd's Register
Länge ü.a.:	179,95 m
Breite ü.a.:	32 m
Tiefgang maximal:	10,75 m
Bruttoraumzahl:	25.618
Tragfähigkeit:	39.959 t
Maschinenleistung:	6.100 kW

² Quelle: Hasenpusch Photo Productions.

Hauptmaschine:	Wärtsilä / Doosan 5-RTflex-50
Geschwindigkeit:	14 kn
Werkstoff des Schiffskörpers:	Stahl
Schiffskörperkonstruktion:	Doppelhülle
Mindestbesatzung:	9

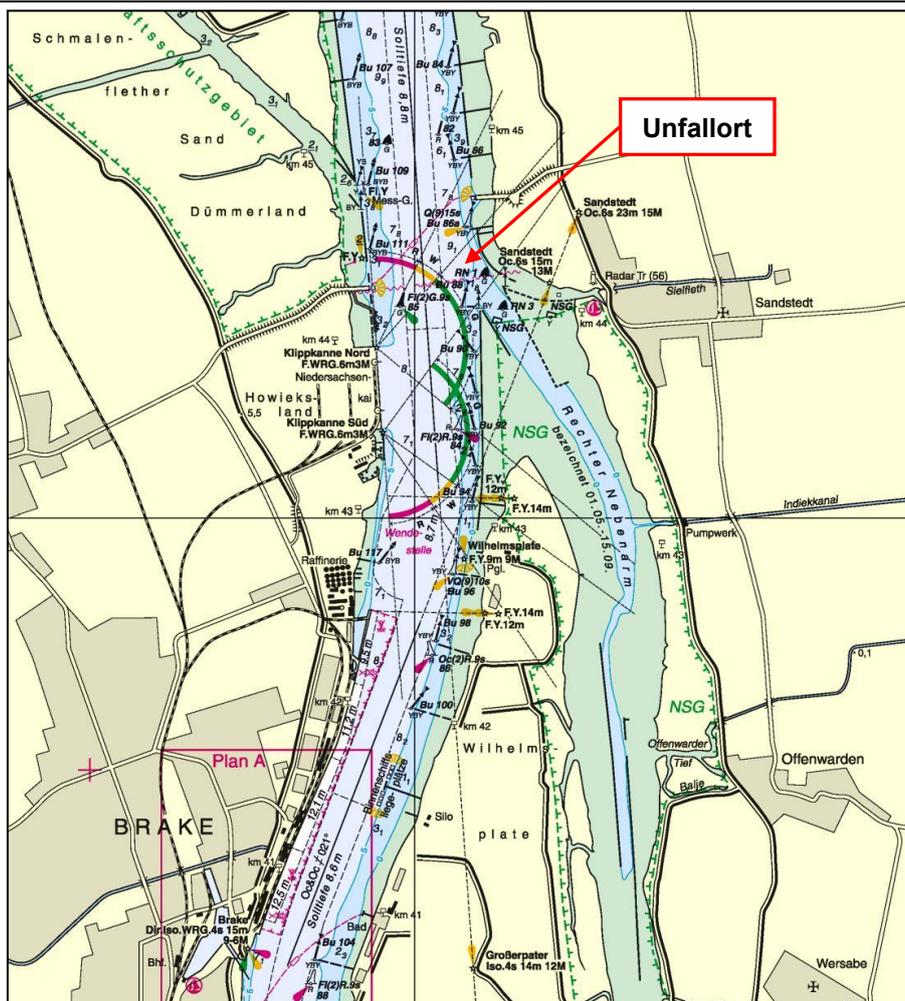
2.3 Reisedaten

Abfahrtshafen:	Bremen (Deutschland)
Bestimmungshafen:	Houston (USA)
Art der Fahrt:	Berufsschifffahrt, international
Angaben zur Ladung:	Stahl
Besatzung:	14
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	$T_v = 9,25 \text{ m}$ $T_a = 9,95 \text{ m}$
Lotse an Bord:	Ja
Anzahl der Passagiere:	keine

2.4 Angaben zum Seeunfall

Art des Seeunfalls:	SU / Ausfall der Ruderanlage
Datum/Uhrzeit:	27.08.2020, 22:57 Uhr ³
Ort:	Weser, vor der Einfahrt des „rechten Nebenarms“ (km 44)
Breite/Länge:	$\varphi = 53^\circ 21,7' \text{ N}$ $\lambda = 008^\circ 30,2' \text{ E}$
Fahrtabschnitt:	Revierfahrt (ausgehend)
Folgen:	<ul style="list-style-type: none"> – Festkommen am östlichen Rand des Weser-Fahrwassers (ca. bei Sandstedt); – erster Freischleppversuch (zwei Schlepper) gegen Mitternacht wegen ablaufender Tide erfolglos; – zweiter Freischleppversuch (vier Schlepper) mit dem nächsten Hochwasser am Vormittag des Folgetags erfolgreich; – Verholen nach Brake für Reparaturen und Klassebestätigung

³ Alle im Bericht genannten Uhrzeiten sind Ortszeit (mitteleuropäische Sommerzeit MESZ = UTC + 2 h).

Abbildung 2: Unfallort⁴

2.5 Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen

Beteiligte Stellen:

- Verkehrszentrale (VKZ) Bremerhaven
- Wasserschutzpolizei (WSP) Brake
- Lotsenbrüderschaft Weser I (Landradarberatung)
- Maritimes Lagezentrum (MLZ)
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Weser-Jade-Nordsee
- BG Verkehr – Dienststelle Schiffssicherheit
- Havariekommando (HK)

Eingesetzte Mittel:

Beim ersten Freischleppversuch zwei Schlepper, beim zweiten, erfolgreichen Versuch vier Schlepper

Ergriffene Maßnahmen:

- Regelung des Verkehrs durch VKZ und Radarlotsen (Passage für Schiffe bis max. 190 m Länge und 7,5 m Tiefgang unter Radarberatung)
- Nach dem Freischleppen Verbringen des Schiffs an eine Wartepier in Brake

⁴ Quelle: Ausschnitt aus Seekarte „Die Weser von Nordenham bis Farge“ – BSH-Karte Nr. 5 (INT 1458).

3 UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG

3.1 Unfallhergang

3.1.1 Unfall

Am Abend des 27.08.2020 befand sich der unter der Flagge von Portugal/Madeira fahrende Bulkcarrier RUBINA von Bremen kommend ausgehend auf Revierfahrt auf der Weser. Das Schiff war mit einer Ladung Stahl auf dem Weg von Bremen nach Houston (USA). Ein Lotse war an Bord, beide Rudermaschinen liefen, und es wurde von einem Rudergänger mit dem Handsteuerrad gesteuert.

Als der Rudergänger um 21:54 Uhr von einer Ruderlage von ca. 15° Steuerbord zurück auf mittschiffs gehen wollte, passierte trotz korrekter Handsteuerradlage zunächst nichts: Das Ruder blieb auf 15° liegen. Sofort meldete der Rudergänger das Problem an den Lotsen und die Schiffsführung. Nach ca. drei Sekunden schaltete die Steuerung, begleitet von einem akustisch deutlich wahrnehmbaren Alarm, automatisch in den sog. „Override“⁵.

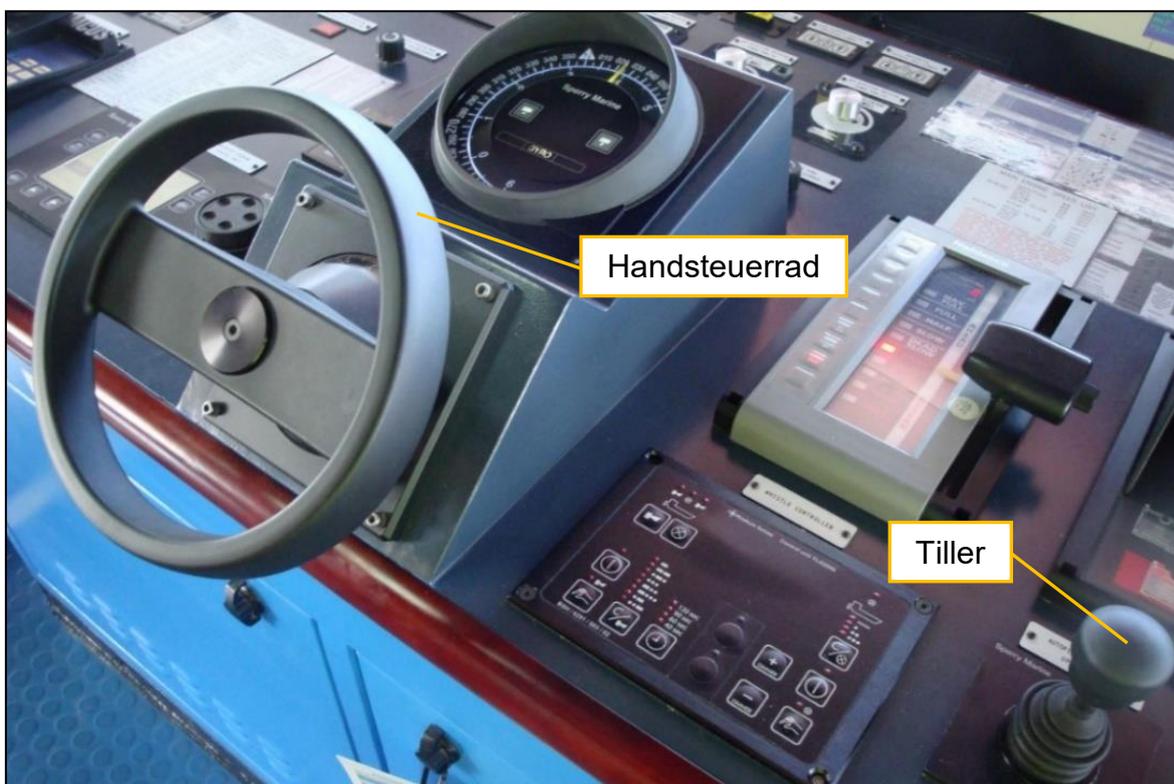


Abbildung 3: Handsteuerrad und Tiller⁶ auf der RUBINA

⁵ Override = Funktion, die sofort den damit belegten Modus aktiviert und andere Modi außer Kraft setzt (sie wörtlich „überfährt“), sobald sie manuell oder automatisch aktiviert wird. Geht die Steuerung des Ruders in den Override, ist sofort der Tiller⁶ aktiv, auch wenn dieser nicht als Eingabegerät ausgewählt wurde.

⁶ Tiller = Eingabegerät für Ruderlagenvorgaben auf Schiffen (ursprünglich das englische Wort für „Ruderpinne“). Variiert in der Ausführung, kann z. B. ein Drehrad mit Skala sein. Meist (auch auf der RUBINA) sieht der Tiller aus wie ein Joystick, siehe Abbildung 3.

Für eine detailliertere Darstellung dieser Zusammenhänge siehe auch Kapitel 3.2.4.

Zeitgleich veränderte sich die Ruderlage weiter nach Steuerbord in die Hartruderlage (45°) und blieb wiederum dort liegen. Im weiteren Verlauf wurden weiter Ruderkommandos an den Rudergänger am Handsteuerrad gegeben und mit ihm gesteuert, doch das Ruder reagierte nicht.

Die bereits bestehende Drehung des Schiffs beschleunigte sich stark, zeitweise auf ein Rate of Turn⁷ von fast 60 °/min. Die RUBINA hatte zu diesem Zeitpunkt eine Geschwindigkeit von ca. 8 kn.

Wenig später ertönte ein allgemeiner Rudermaschinenalarm. Im Maschinenkontrollraum lief dieser als „Steering Gear No. 2 Hydraulic Pump overload“ auf.

Als ein Mitglied der Maschinenbesatzung dem Alarm nachging, wurden „ungewöhnliche Geräusche vom Überdruckventil der Hydraulikpumpe Nr. 2“ wahrgenommen. Außerdem wurden am dazugehörigen Manometer ein über dessen Messbereich hinausgehender Druck (Zeiger am Anschlag, außerhalb der Skala) und eine leichte, nicht näher beschriebene Beschädigung festgestellt.

Nach telefonischer Absprache zwischen dem Kapitän und dem Leitenden Ingenieur (21:55 Uhr) wurde die Ruderanlage auf Lokalsteuerung direkt an der Anlage (eine Form des Notbetriebs) umgeschaltet und die Magnetventile der Ruderpumpen von Hand bedient. Auf diese Weise ließ das Ruder sich zurück in die Mittschiffsposition fahren.

Der Lotse ließ sofort „voll zurück“ geben und bestellte einen Schlepper. Gleichzeitig gab der Kapitän die Order, das Fallenlassen eines Ankers vorzubereiten. Doch dazu kam es nicht.

Die RUBINA lief außerhalb des Fahrwassers mit dem Vorschiff auf (ca. 21:57 Uhr), bevor eine dieser sofort eingeleiteten Maßnahmen ihre Wirkung entfalten konnte. Fast zeitgleich wurde die Kontrolle über das Ruder zurückerlangt. Zufällig geschah das Aufgrundlaufen an einer relativ „glimpflich“ Stelle im Revier: vor dem Abzweig eines Nebenarms der Weser (des sog. „Rechten Nebenarms“) und außerhalb des Fahrwassers, etwa bei Sandstedt (siehe Abbildung 2, Abbildung 4 und Abbildung 13). Seit dem unkontrollierten „Ausreißen“ des Ruders waren etwa zweieinhalb Minuten vergangen.

Weil die RUBINA nicht durch die Fahrrinne hindurch schwenkte, kam es zu keinem Zeitpunkt zu einer Gefährdung anderer Fahrzeuge oder zu einem kompletten Erliegen des durchgehenden Verkehrs.

3.1.2 Weiterer Verlauf

Die Steuerung der Ruderanlage wurde an die Brücke zurückgegeben und sofort (22:04 Uhr) getestet. Es wurden keine Probleme festgestellt. Auch im weiteren Verlauf

⁷ Rate of turn (ROT) = Winkelgeschwindigkeit, mit der ein Schiff bei einer Änderung seiner Kielrichtung (Vorausrichtung) dreht, angegeben in Grad pro Minute (°/min).

wiederholte sich das Phänomen, dass das Ruder in einer Position verharrte, nicht noch einmal.



Abbildung 4: „Past Track“ des Unfalls (ECDIS der RUBINA)⁸

Systematisch wurden Sicherheitsüberprüfungen durchgeführt:

- Vollzähligkeitsprüfung aller Besatzungsmitglieder,
- Funktionsprüfung der Rudermaschine,
- Prüfung des Gesamtzustands der Maschinenanlage und des Maschinenraums,
- Sichtprüfung des Rumpfs auf Schäden (außen und innen),
- wiederholte Peilung verschiedener Räume wie Kofferdämme und „Machinery Spaces“ (z. B. querschiffs verlaufende Ventilräume) und Tanks (z. B. die Vorpiek, auch Kraftstofftanks) im aufliegenden Schiffsbereich und direkt daneben.

Es wurden weder Wassereinträge noch andere Auffälligkeiten festgestellt.

Ab Mitternacht wurde versucht, die RUBINA mithilfe zweier achtern festgemachter Schlepper freizuschleppen. Aufgrund der ablaufenden Tide gelang dieser Bergungsversuch jedoch nicht. Beide Schlepper warteten daraufhin auf Standby.

⁸ „Past Track“ = in der Vergangenheit über einen definierten Zeitraum vom Schiff zurückgelegter Weg.
Quelle: Foto des ECDIS-Bildschirms, fotografiert von der BSU während des Bordbesuchs.

Währenddessen wurden die o. g. Peilungen in regelmäßigen Abständen wiederholt. Die Vorpiek wurde gelenzt, um das Auflagegewicht im Vorschiffsbereich zu reduzieren (neue Tiefgänge $T_v = 7,98$ m und $T_a = 10,70$ m).

Mit dem auflaufenden Wasser kurz vor dem nächsten Hochwasser am folgenden Vormittag (28.08.2020) konnte das Schiff mithilfe der vor Ort wartenden und zweier weiterer Schlepper freigeschleppt (08:54 Uhr) und zurück in die Rinne verbracht werden. Von dort fuhr es mit eigener Kraft und mit der Unterstützung zweier Schlepper an einen Stromliegeplatz im ca. 2 km weiter südlich gelegenen Hafen von Brake (09:54 Uhr fest). Dort wurde die RUBINA wieder in ihren ursprünglichen Trimmzustand⁹ versetzt.

Später am gleichen Tag fanden diverse Besichtigungen und Inspektionen statt:

- eine Besichtigung durch die Wasserschutzpolizei Stade (polizeiliche Seeunfallursachenermittler, angefordert von der Wasserschutzpolizei Brake),
- eine Klassebesichtigung,
- eine Inspektion der Ruderanlagensteuerung durch zwei Servicetechniker des Herstellers Sperry,
- eine Inspektion der Rudermaschine durch einen Servicetechniker des Herstellers MacGregor / Hatlapa,
- eine Besichtigung durch Vertreter der Versicherung (Hull & Machinery),
- eine Besichtigung durch zwei Untersucher der BSU.

Außerdem waren drei Vertreter der Reederei vor Ort, u. a. der zuständige technische Inspektor.

Ingenieure des Schiffes, der Inspektor und der Besichtigter der Klassifikationsgesellschaft inspizierten bzw. peilten ein weiteres Mal die erreichbaren Tanks, Kofferdämme und „Machinery Spaces“ (siehe S. 12) im Vorschiffsbereich. Auch hier wurden keinerlei Wassereinträge oder strukturelle Schäden am Rumpf festgestellt. Als einziger beachtenswerter Schaden war der abgebrochene Sensor der Logge¹⁰ zu verzeichnen.

Die RUBINA verblieb noch einen weiteren Tag an ihrem Liegeplatz in Brake, den sie am 29.08.2020 um 11:06 Uhr in Richtung Houston verließ.

In dieser Zeit wurde die hydraulische Pumpeneinheit Nr. 2 der Rudermaschine durch den Servicetechniker des Herstellers gründlich überprüft und alle Funktionen der gesamten Rudermaschinenanlage (inkl. Pumpen, Ventile etc.) getestet.

⁹ „Trimm“ = Unterschied zwischen vorderem und achterem Tiefgang eines Schiffes.

¹⁰ „Logge“ = Messgerät, das anhand der am Rumpf herrschenden Strömungsgeschwindigkeit die Geschwindigkeit des Schiffs durchs Wasser misst.

Die Funktionsfähigkeit der Logge wurde zunächst ebenfalls überprüft und ihr Ausfall festgestellt. Am 18.09.2020, im nächsten Hafen Houston, konnte der Sensor ersetzt werden.

Leitender Ingenieur und Kapitän sagten später aus¹¹, dass es im Vorwege – beim „Klarmachen“ von Brücke und Maschinenanlage und auch davor – keinerlei Auffälligkeiten oder Alarme gegeben habe und dieses Phänomen mit dem Unfall das erste Mal aufgetreten sei.

Am 01.10.2020 wurde in Veracruz (Mexiko) durch Taucher ein „Underwater Survey“¹² durchgeführt. Dieser förderte außer etwas Farbabrieb im vorderen Bereich des flachen Unterwasserschiffs keine Schäden zutage.

3.2 Untersuchung

3.2.1 Motorschiff RUBINA

Bei der 2018 gebauten RUBINA handelt es sich um einen sog. „Handysize“¹³-Bulkcarrier mit eigenem Ladegeschirr. Er verfügt über fünf Laderäume und ist u. a. für den Transport von Getreide zertifiziert. Eingesetzt wird das Schiff in der weltweiten Trampfahrt.

Der Zweitakt-Fünfzylinder-Antriebsmotor mit Common-Rail-Einspritzsteuerung wirkt direkt auf einen Festpropeller. Strom wird mithilfe dreier Hilfsdiesel erzeugt.

Zum Unfallzeitpunkt stammten die Offiziere an Bord der RUBINA aus Polen, der Ukraine, Russland und Litauen. Alle Mannschaftsmitglieder stammten von den Philippinen. Bordsprache war Englisch.

3.2.2 Am Unfallgeschehen Beteiligte

Direkt am Unfallgeschehen waren der Kapitän, der Rudergänger und der Lotse beteiligt. Der Kapitän stammte aus Polen, der Rudergänger von den Philippinen, der Lotse aus Deutschland. Kommunikationssprache war ebenfalls Englisch. Die VDR¹⁴-Tonaufzeichnungen der Brückenmikrofone lassen zu keinem Zeitpunkt auf ein Kommunikationsproblem schließen.

¹¹ Beide Aussagen liegen der BSU schriftlich vor.

¹² „Underwater Survey“ = Besichtigung der Unterwasserbereiche und der sich dort befindlichen An- und Einbauten (Propeller, Ruder, Seekästen etc.) eines Schiffs, während dieses sich im Wasser befindet.

¹³ „Handysize“ = kleinste der verschiedenen Größenklassen für Bulkcarrier. Umfasst meist Schiffe mit ca. 10.000 bis 40.000 tdw Tragfähigkeit. (Kleinere Einheiten, die ebenfalls Massengut transportieren können, sind meist Mehrzweckschiffe.) Je nach Quelle fällt die RUBINA auch in die Subkategorie „Handymax“ (= große Handysize-Bulkcarrier). Eine offizielle Definition bzw. zahlenmäßig exakte Abgrenzung gibt es nicht.

¹⁴ „VDR“ = „Voyage Data Recorder“, Schiffsdatenschreiber.

3.2.3 Drehflügel-Rudermaschinen

3.2.3.1 Grundsätzliche Wirkungsweise

Die auf der RUBINA installierte Rudermaschine ist eine sog. „Drehflügel-Rudermaschine“. Die Auszüge aus den folgenden drei Texten fassen die Wirkungsweise dieses Rudermaschinentyps zusammen.

Das „Handbuch Schiffsbetriebstechnik“ schreibt über die Unterschiede zwischen Kolben- und Drehflügel-Rudermaschinen:

„Rudermaschinen werden im Wesentlichen in zwei Bauarten verwendet: Bei den so genannten Kolbenmaschinen¹⁵ [...] arbeiten die elektrisch betriebenen Hydraulikpumpen auf Hydraulikzylinder, welche das Moment über den so genannten Quadranten, der wie ein Joch auf dem Ruderschaft sitzt, übertragen. Konstruktiv bedingt nimmt, wegen der Geometrie, das auf den Quadranten übertragbare Moment bei großen Winkeln ab, was durch die Hydraulik ausgeglichen werden muss, wenn die Maschine ein über den Winkel etwa konstantes Moment haben soll. Wegen der geometrischen Verhältnisse erhält man Kolbenmaschinen bis zu einem Ruderwinkel von 45 Grad. [...]

Manche Schiffe benötigen größere Ruderwinkel als 45 Grad, wenn sie im Hafen manövrieren wollen. Dann können Kolbenmaschinen nicht mehr verwendet werden, sondern es werden die so genannten Drehflügelmaschinen eingesetzt. Bei diesen Maschinen sitzt die Rudermaschine direkt auf dem Schaft (es gibt also keinen Quadranten) und das Moment wird durch Hydraulik-Öl aufgebracht, das in die verschiedenen Kammern geleitet wird.“¹⁶

In seinem Artikel „Ausrüstung – Seeschiffe – Ruderanlagen: Vom Handruder zur Rudermaschine“ beschreibt Klaus Bösche die physikalische Wirkungsweise von Drehflügel-Rudermaschinen folgendermaßen:

„Die Drehflügel bewegen sich in einem ringförmigen Gehäuse, das entsprechend der Anzahl der Flügel in mehrere Kammern unterteilt ist. Wird mittels Öl Druck auf die eine oder andere Seite eines Drehflügels ausgeübt, macht dieser eine Drehbewegung und mit ihm auch der Ruderschaft. [...] Der Vorteil der Rotations-Rudermaschine liegt darin, dass die Umwandlung der Linearbewegung [...] in eine Drehbewegung entfällt, wodurch es zu einer erheblichen Verringerung des Platzbedarfs kommt.“¹⁷

Wikipedia (deutsch) schließlich gibt einen Einblick in die hydraulische Wirkungsweise:

„Bei der hydraulischen Drehflügelrudermaschine bewirkt eine Hubverstellung der Axialkolbenpumpe eine Drehbewegung des Ruderschaftes. Der sich in den

¹⁵ Auch „Kolbenrudermaschinen“ oder „Tauchkolben-Rudermaschinen“.

¹⁶ Quelle: Meier-Peter, Hansheinrich, und Bernhardt, Frank (Hrsg.): „Handbuch Schiffsbetriebstechnik“, S. 869.

¹⁷ Quelle: Bösche, Klaus: „Ausrüstung – Seeschiffe – Ruderanlagen: Vom Handruder zur Rudermaschine“, Artikel für das Deutsche Schiffahrtsmuseum Bremerhaven, www.deutsches-schiffahrtsmuseum.de/DBSchiff/pdf_files/boesche_ruderanlage.pdf, zuletzt abgerufen am 04.04.2022.

Hydraulikräumen zwischen den (mit dem Ruderschaft beweglichen) Drehflügeln und den am Gehäuse befestigten Trennwänden aufbauende Druck bewirkt eine Kraft und über den Hebelarm ein Moment. Auf der Saugseite fließt das Hydrauliköl zurück in das Hydrauliksystem.“¹⁸

3.2.3.2 Axialkolbenpumpen

Der Systemdruck eines hydraulischen Systems, also auch einer Rudermaschine, wird erzeugt, indem eine druckgeregelte Hydraulikpumpe den dafür benötigten Ölvolumenstrom fördert. Hierfür werden oft Axialkolbenpumpen verwendet, z. B. in ihrer Ausführung als sog. „Schrägscheibenmaschine“.

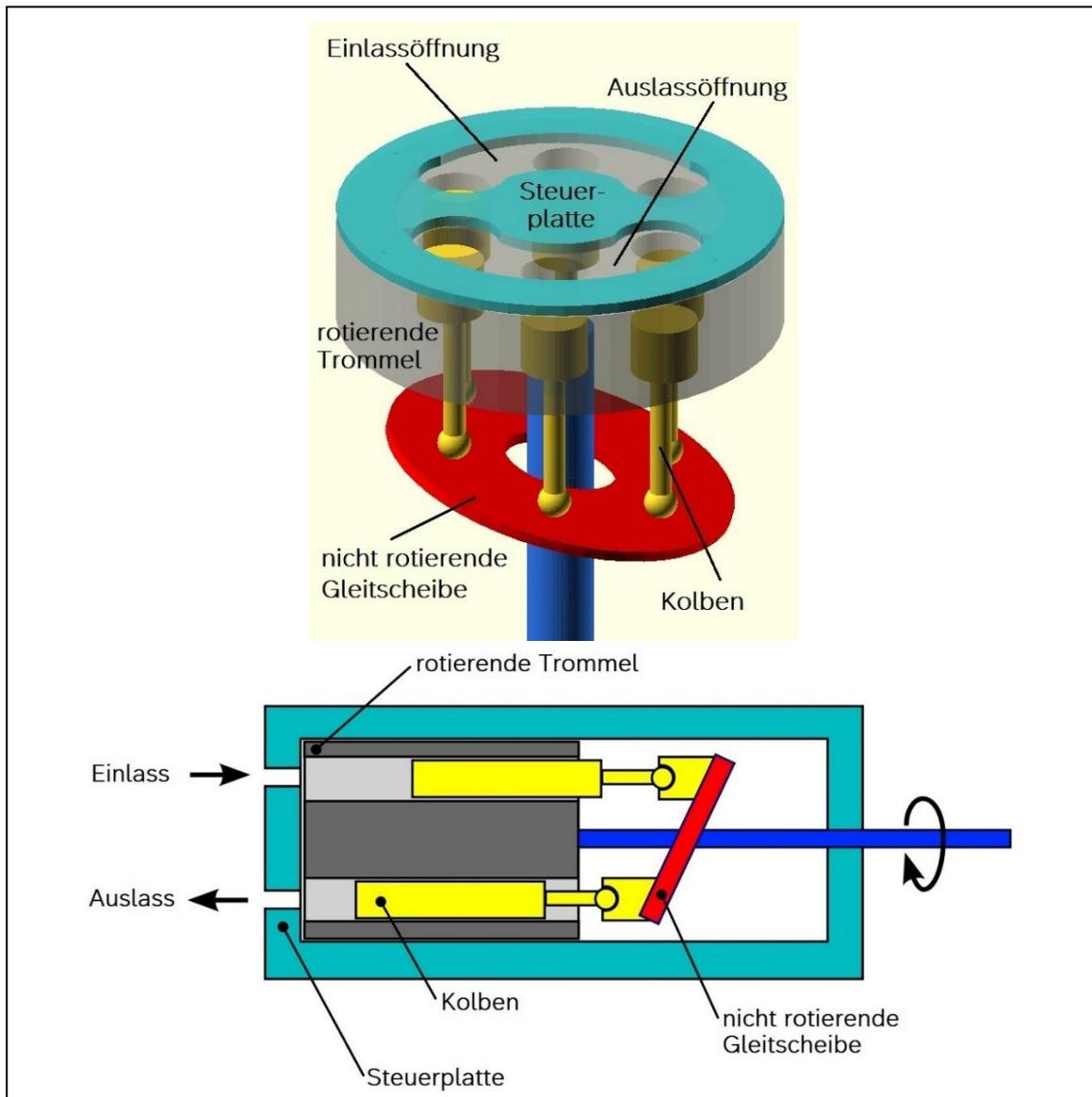


Abbildung 5: Axialkolbenpumpe, als Schrägscheibenmaschine ausgeführt¹⁹

¹⁸ Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Rudermaschine_\(Schiffbau\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Rudermaschine_(Schiffbau)), zuletzt abgerufen am 04.04.2022.

¹⁹ Quelle: „Axialkolbenpumpe“, „3D-Render mit Beschriftung“ und „Seitenansicht mit Beschriftung“, Michael Frey, 11. August 2017, via <https://de.wikipedia.org/wiki/Axialkolbenpumpe>, Beschriftungen übersetzt, zuletzt abgerufen am 04.04.2022.

Eine Axialkolbenpumpe besitzt mehrere Kolben, die kreisförmig und parallel zur Antriebswelle angeordnet sind. Verstellbare Axialkolbenpumpen arbeiten nach dem Schrägscheibenprinzip (Schrägscheibenmaschine) und verstellen das geometrische Fördervolumen von Maximum bis Null und variieren so den Volumenstrom.

Die Schrägscheibenmaschine besitzt einen rotierenden Zylinderblock (Trommel), in dem die Hübe der Kolben mittels einer feststehenden Schrägscheibe hervorgerufen werden, auf der die Stößel der Kolben gleiten (Gleitscheibe). Je stärker die Schrägstellung, desto größer der Hub, desto größer das geförderte Ölvolumen (zum besseren Verständnis siehe Abbildung 5).

Der Winkel der Gleitscheibe wird dabei z. B. von einem integrierten sog. „Verstellkolben“ eingestellt (hier nicht mit abgebildet) und legt damit Stärke und auch Richtung des Ölvolumenstroms fest. Bei Umkehrung der Förderrichtung wird der in Abbildung 5 dargestellte Einlass zum Auslass und umgekehrt. Ist die Gleitscheibe in Nullstellung, fördert die Pumpe gar nicht.²⁰

3.2.3.3 MacGregor / Hatlapa TRITON 800/45

Das auf der RUBINA installierte Rudermaschinenmodell ist eine Drehflügel-Rudermaschine vom Typ TRITON 800/45. Die Zahl „800“ in der Typenbezeichnung weist auf das von ihr erreichbare maximale Drehmoment von 800 kNm hin, die Zahl „45“ auf den technisch maximal möglichen Ruderwinkel von 45°. Aus Sicherheitsgründen greift bei Geschwindigkeiten von mehr als 5,1 kn allerdings eine elektronische Ruderlagenbegrenzung auf 35°.

Service, Ersatzteilmanagement etc. der ursprünglich von der Firma Hatlapa gebauten Rudermaschine entfallen heute auf ihre Rechtsnachfolgerin MacGregor.

Die Pumpeneinheiten der elektro-hydraulisch angetriebenen TRITON-Reihe erzeugen einen Arbeitsdruck von 100 bar. Das erforderliche Moment am Ruderschaft wird dabei mit Verstellpumpen (= verstellbaren Axialkolbenpumpen) erreicht, die einen variablen Hydraulikölvolumenstrom in die jeweils gewünschte Richtung fördern.

Bei **Verstellpumpen** wird durch eine kleine, in die Pumpe integrierte Konstantpumpe (= **Servopumpe**) ein Ölstrom gegen ein **Druckregelventil** gefördert. Der sich so aufbauende Druck wird im ersten Schritt mithilfe eines **Pilotventils** als Steuerdruck für die Betätigung des Verstellkolbens der **Hauptpumpe** genutzt.²¹ Dies ist der sog. „Servo Pressure“ (Steuerdruck).

Dieser wird dann um eine Stufe gedrosselt auf den sog. „Boost Pressure“ (Verstärkungs- oder Ladedruck), dem Einspeisedruck in die Hauptleitungen. Damit stehen die Hauptleitungen stets unter diesem Druck, wenn die Pumpen laufen, die Rudermaschine jedoch nicht gedreht wird. Wird eine der Leitungen zur Druckleitung

²⁰ Quelle: HAWE Hydraulik, <https://www.hawe.com/de-de/fluidlexikon/schraegscheibenmaschine/>, zuletzt abgerufen am 04.04.2022.

²¹ Farbllich markierte Elemente siehe nachfolgende Abbildungen. Das **Druckregelventil**, bzw. der kleine Teil davon, der außen an der **Pumpe** sichtbar ist, befindet sich auf allen fotografischen Abbildungen auf der der Kamera abgewandten Seite, ist also nicht zu erkennen. Der Verstellkolben der **Hauptpumpe** ist von außen gar nicht sichtbar.

(bei Drehung nach Backbord oder Steuerbord), dann bleibt die andere, also die Rücklaufleitung, unter diesem Boost Pressure.

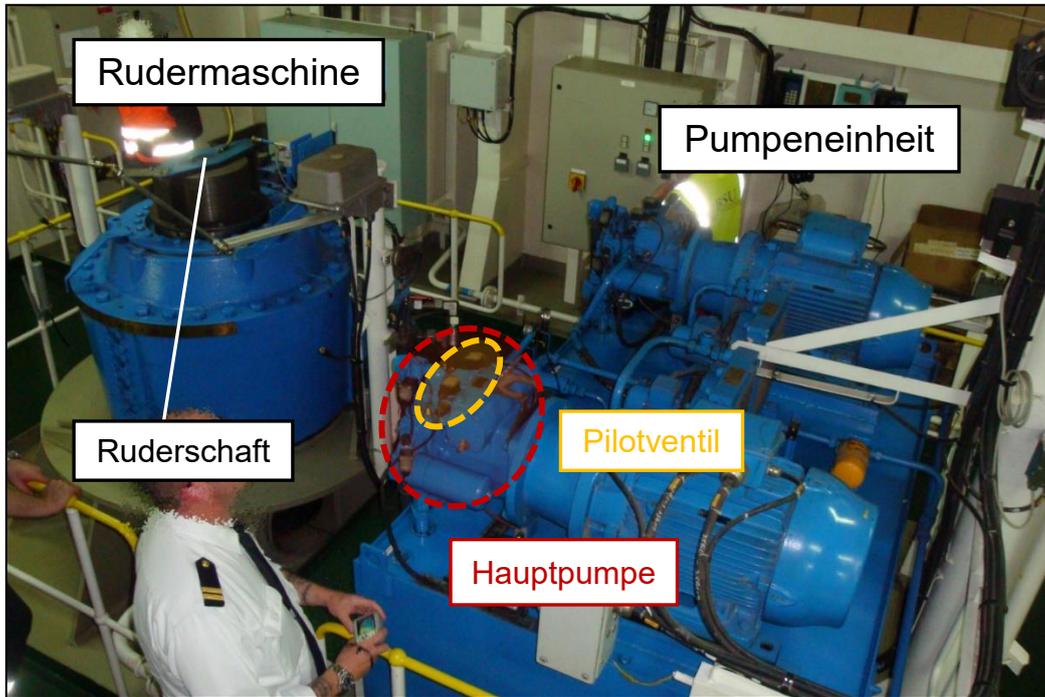


Abbildung 6: Rudermaschinenanlage an Bord der RUBINA, Anordnung

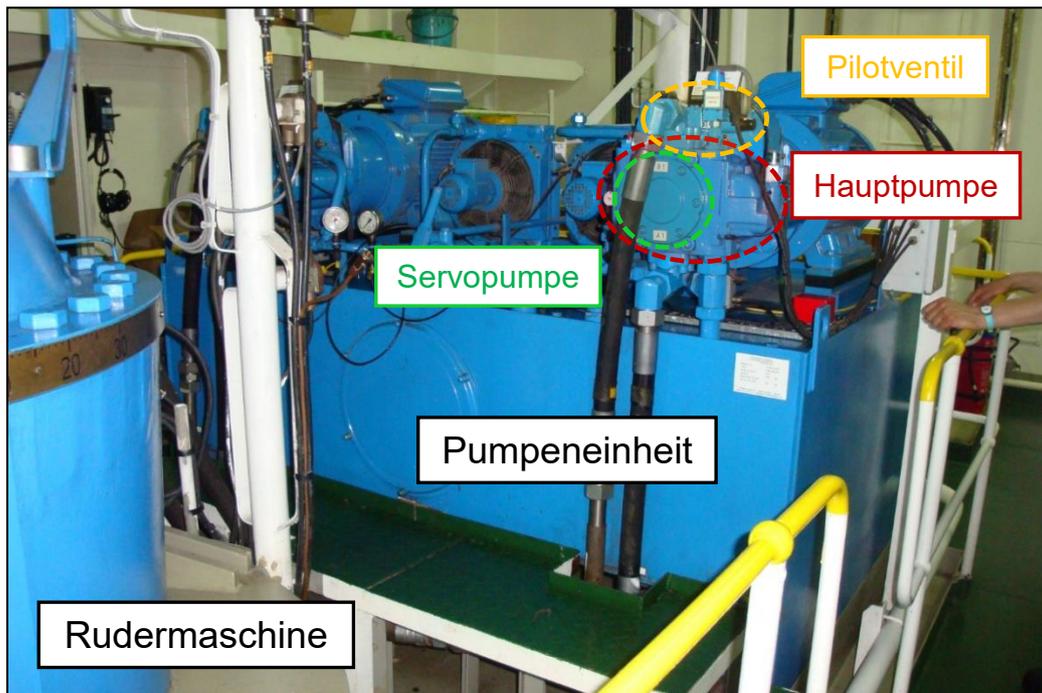


Abbildung 7: Rudermaschinenanlage an Bord der RUBINA, Pumpeneinheit

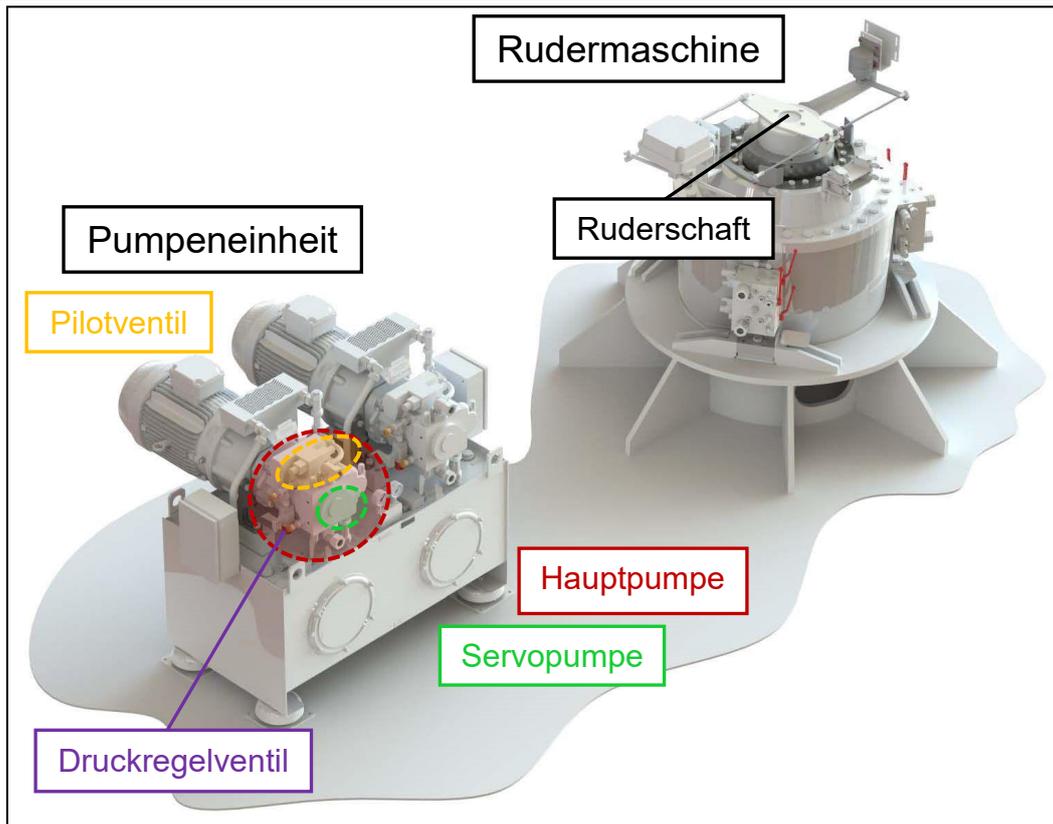


Abbildung 8: Drehflügel-Rudermaschine TRITON²²

²² Quelle Abbildung 8 und Abbildung 9: <https://www.macgregor.com/globalassets/picturepark/imported-assets/63233.pdf>, zuletzt abgerufen am 04.04.2022.

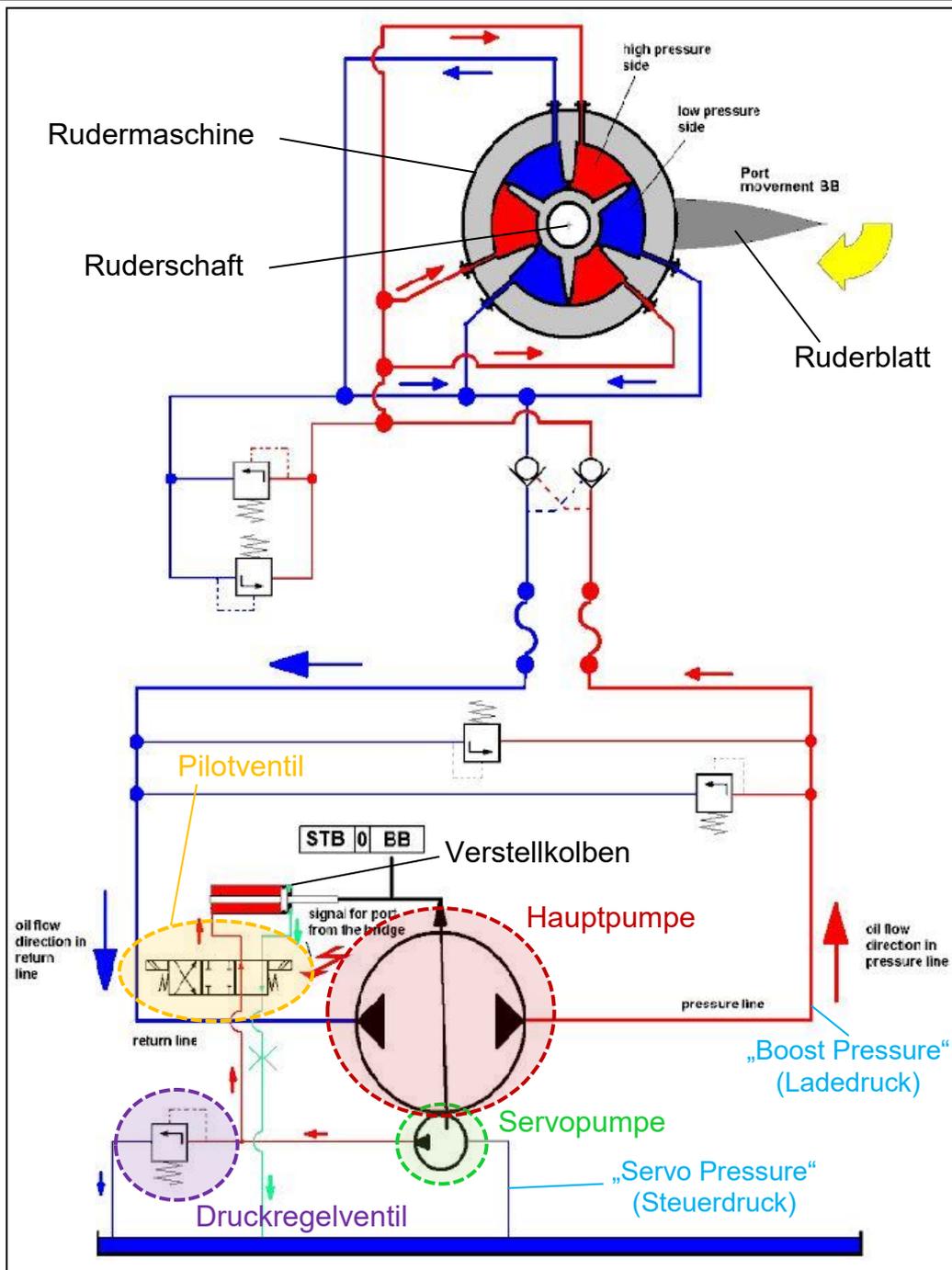


Abbildung 9: vereinfachter Hydraulikschaltplan der TRITON-Reihe

Das **Pilotventil** betätigt also den Verstellkolben der **Hauptpumpe**. Je nach Ventilstellung (und damit Winkel der Gleitscheibe der **Axialkolbenpumpe**) wird das Hydrauliköl im notwendigen Volumenstrom in die Kammern für die Backbord- oder Steuerbordbewegung der Rudermaschine geleitet. Es löst die gewünschte Drehung des Ruderblatts aus. Deshalb stellt die manuelle Betätigung dieses **Ventils** auch eine der möglichen Notbetriebsarten der Rudermaschine dar.



Abbildung 10: Pilotventil von Ruderpumpe 2, inkl. Kurzanleitung für die Notsteuerung

Wie vorgeschrieben und üblich verfügt die RUBINA über eine Rudermaschinenanlage mit zwei Ruderpumpenaggregaten. Durch die hydraulische Parallelschaltung der Pumpenaggregate summieren sich die Volumenströme beider Pumpen, die maximale Druckdifferenz (zwischen Druckseite und Rücklauf) bleibt jedoch gleich. Somit kann jede Pumpe einzeln oder beide gemeinsam betrieben werden mit dem Effekt, dass sich die Drehgeschwindigkeit der Rudermaschine (und damit des Ruders) durch Hinzunahme der zweiten Pumpe verdoppelt. Das maximale Drehmoment hingegen (eine Funktion der Druckdifferenz) kann sowohl mit einer Pumpe allein als auch mit beiden Pumpen erreicht werden.²³

Beim Fahren mit hohen Geschwindigkeiten sind kleinere Ruderwinkel und damit auch die Ruderblatt-Drehgeschwindigkeit einer einzelnen Pumpe ausreichend, um das Schiff entsprechend zu drehen. Bei geringen Fahrgeschwindigkeiten (meist in Revieren) bewirkt die schwächere Anströmung des Ruderblatts eine geringere Steuerwirkung. Hier wird dann mit beiden Pumpenaggregaten gearbeitet, um schneller größere Ruderwinkel zu erreichen und diesen Effekt auszugleichen.

²³ Betreibt man Hydraulikpumpen in Reihe geschaltet, addieren sich ihre Förderhöhen, betreibt man sie parallel geschaltet, addieren sich ihre Volumenströme. (Vergleichbar mit einem einfachen Stromkreis mit Förderhöhe = Spannung, Volumenstrom = Strom, Pumpe = Widerstand.).

3.2.4 Steuerungsarten einer Ruderanlage

3.2.4.1 Grundsätzliches

Um einen Überblick über die Steuerungsarten einer Ruderanlage zu ermöglichen, müssen die technischen Begriffe „Steuerung“ und „Regelung“ voneinander abgegrenzt werden.

Mit einer Steuerung wird über eine Stellvorrichtung eine Veränderung eines physikalischen Wertes herbeigeführt, um einen Sollwert einzustellen.

Eine Regelung enthält eine Steuerung, besitzt aber zusätzlich eine Feedbackschleife, in der das „Ergebnis“ (die Ausgangsgröße) mit seinem Sollwert verglichen wird. Überschreitet die Abweichung (die Regeldifferenz) einen definierten Wert, greift die Regelung automatisch in den Steuervorgang ein, bis der Sollwert erreicht ist. Eine Regelung beinhaltet also einen gewissen Grad an Automatisierung.

Komplizierend kommt bei der begrifflichen Abgrenzung hinzu, dass bei einem Schiff der Begriff „steuern“ eine zwar verwandte, in diesem Kontext aber leicht andere Bedeutung hat. Der seemännische Begriff meint die reine Veränderung oder Konstanthaltung der Vorausrichtung eines Schiffs und unterscheidet dabei nicht zwischen den technischen Begriffen „steuern“ und „regeln“. Dies kann irreführend sein und ist technisch unscharf, und in den folgenden Ausführungen kann diese Unschärfe nicht vollständig vermieden werden. Aus diesem Grund sind einige der in Diagramm 1 aufgeführten „Steuerungsarten“ eines Schiffes (im seemännischen Sinn) eigentlich Regelungen (in Diagramm 1 alles unter „Follow-up“).

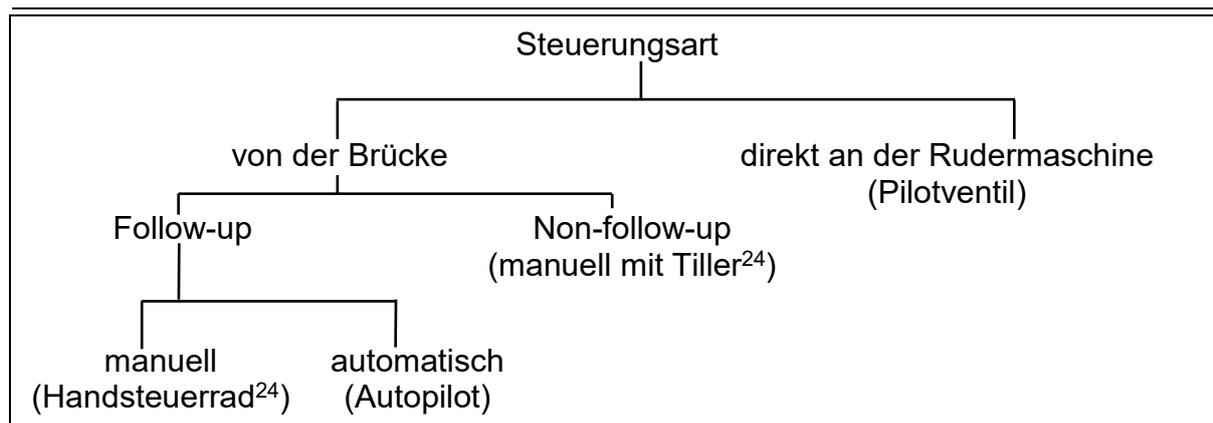


Diagramm 1: Steuerungsarten einer Ruderanlage

3.2.4.2 Follow-up-Modus (Folgesteuerung)

Beim Steuern mit dem Handsteuerrad liegt standardmäßig der sog. „Follow-up-Modus“ (FU) an. In diesem Modus wird die jeweils gewünschte Ruderlage mittels einer *Regelung* erreicht (also „automatisch“).

Die Rudermaschine wird von der Regelung so lange automatisiert angesteuert, bis der gewünschte Sollwert (Ruderwinkel) erreicht ist. Nach der Vorgabe des Sollwerts durch den Rudergänger, oder z. B. auch durch den Autopiloten²⁵, „folgt“ das Ruder diesem Wert automatisch (daher „Folgesteuerung“). Die Regelung kontrolliert den Betrag des Ruderwinkels durchgehend und korrigiert ihn automatisch, sobald dies notwendig ist.

Um das Ruder wieder in die Mittschiffslage zu bringen, wird das Handsteuerrad auf mittschiffs gelegt. Das Ruder „folgt“ dann automatisch.

3.2.4.3 Non-follow-up-Modus (Zeitsteuerung)

Steuert man das Schiff mit dem Tiller, arbeitet die Ruderanlage im sog. „Non-follow-up-Modus“ (NFU). Im NFU-Modus gibt es keine Regelschleife und keine Automation. Hier handelt es sich um eine reine *Steuerung* mit dem Tiller als Stellvorrichtung.

Man bewegt das Ruderblatt direkt mit dem Tiller, wobei es sich nicht automatisiert in Richtung eines Sollwerts bewegt. Lässt man den Tiller los, bleibt das Ruder exakt in der Position liegen, in der es sich zum Zeitpunkt des Loslassens befindet. Die Ansteuerung der Rudermaschine erfolgt nur in dem Zeitraum, in dem der Tiller ausgelenkt wird (daher „Zeitsteuerung“). Korrekturen des Ruderwinkelbetrags müssen manuell vollzogen werden.

²⁴ Grundsätzlich ist es technisch egal, welches Eingabegerät der Hersteller für das Steuern im NFU- bzw. FU-Modus verbaut. Bei der RUBINA liegt eine der gängigsten Ausführungen vor: Handsteuerrad \triangleq FU-Modus, Tiller \triangleq NFU-Modus. In anderen Unfallberichten der BSU werden auch FU-Tiller, NFU-Knöpfe u. v. m. beschrieben, worauf hier aber nicht eingegangen werden soll. Die Beschreibungen in diesem Bericht, auch die allgemeinen, gehen von der technischen Ausstattung der RUBINA aus.

²⁵ Wobei der Sollwert beim Autopiloten keine Ruderlage ist, sondern ein Kurs. Die Ruderlage ist hierbei jedoch der Wert, der zum Erreichen des Kurses durch die Regelung verändert wird.

Um das Ruder wieder in die Mittschiffslage zu bringen, muss der Tiller in die entgegengesetzte Richtung ausgelenkt werden, und zwar so lange, bis das Ruder die Mittschiffslage erreicht hat. Der Tiller selber kennt keine Mittschiffslage, nur ein Stellsignal entweder nach Backbord oder nach Steuerbord.

Weil der NFU-Modus keinen Regelkreis beinhaltet, stellt er in vielen Systemen die erste Stufe einer Reihe von Notsteuerungsmöglichkeiten dar (weniger Automation = mehr Ausfallsicherheit). Liegt hier bei der Nutzung des FU-Modus über einen definierten Zeitraum eine definierte Regeldifferenz an, die die Regelung nicht ausgleichen kann, wird sofort automatisiert und in einem Override von FU auf NFU umgestellt. Dies wird begleitet von einem audiovisuellen Alarm (auf der RUBINA der sog. „Steering Failure Alarm“, SFA). Auf diese Art werden Regelung und Automation umgangen, und das Ruder kann direkt angesteuert werden.

3.2.4.4 Manuell vs. automatisch ausgelöster Override

Auch wenn der Tiller im laufenden Betrieb betätigt wird (z. B. um im Autopilot-Modus ein manuelles Ausweichmanöver zu fahren), greift sofort die NFU-Steuerung, und die Regelung wird aufgehoben. Der Tiller ist also immer mit einer Override-Funktion belegt. Dies hat den Sinn, dass jederzeit und ohne Verzögerung die Möglichkeit für eine Notsteuerung bzw. ein manuelles Eingreifen gegeben sein muss.

Dieses *absichtliche, manuelle Aktivieren des Overrides* wird an der neben dem Tiller angeordneten sog. „Steering Override Unit“ (SOU) mit einem Alarm angezeigt, und mit der Taste „Prev(ious) Mode“ kann der Override wieder deaktiviert und in den FU-Modus zurückgekehrt werden (siehe Abbildung 11).

Nach einem Steering Failure Alarm (also nach einem *unabsichtlichen, automatischen Aktivieren des Overrides* aufgrund eines Problems mit der Ruderlage) ist ein Zurücksetzen auf diese Art allerdings nicht möglich. In diesen Fällen muss die Zurücksetzung durch einen Wechsel in die Steuerart NFU und zurück auf FU erfolgen. Natürlich muss dann aber damit gerechnet werden, dass der Override nach 3 s erneut greift, falls das zugrundeliegende Problem vorher nicht gelöst wurde.



Abbildung 11: Tiller und Steering Override Unit (SOU)

3.2.4.5 Situation am Unfallabend

Bei der RUBINA lag ein unabsichtlicher, automatisch aktivierter Override vor: Der Rudergänger hatte das Handsteuerrad auf mittschiffs gelegt, doch das Ruder blieb auf 15° Steuerbord liegen.

Aufgrund dieser sich nicht ändernden Regeldifferenz griff nach ca. 3 s, begleitet vom Steering Failure Alarm, automatisch der Override. Dies bedeutet, dass der NFU-Modus (und damit der NFU-Tiller) aktiv wurde, obwohl am sog. „Steuerartenwahlschalter“ mit „FU“ scheinbar das Handsteuerrad ausgewählt blieb (siehe Abbildung 12 und Abbildung 17). Die Regelung war ab dem Zeitpunkt des Alarms also außer Kraft, alle Schaltkontakte für den ursprünglich gewählten Modus FU liefen ins Leere. Oder anders formuliert: Die Ruderlagenvorgaben über das Handsteuerrad hatten ab diesem Zeitpunkt keine Wirkung mehr.

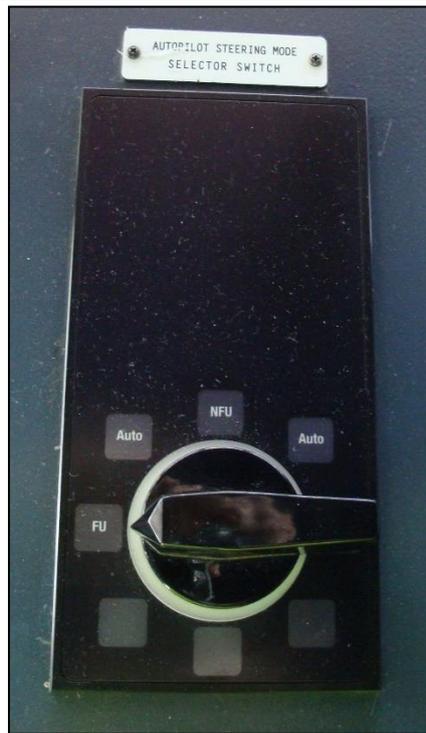


Abbildung 12: Steuerartenwahlschalter
(„Steering Mode“ = Steuerart, FU = Handsteuerrad, NFU = Tiller, Auto = Autopilot)

3.2.5 Aufzeichnungen

3.2.5.1 Track

Der Track der RUBINA konnte mithilfe verschiedener Schiffsverfolgungs- und Informationsplattformen nachvollzogen werden. Da die dort verwendeten Daten jedoch dem AIS-Signal²⁶ (bzw. letztlich dem GPS-Gerät²⁷) des Schiffes entstammen, stimmt er mit dem an Bord vorgefundenen überein (siehe Abbildung 4) und besitzt keine eigenständige Aussagekraft.

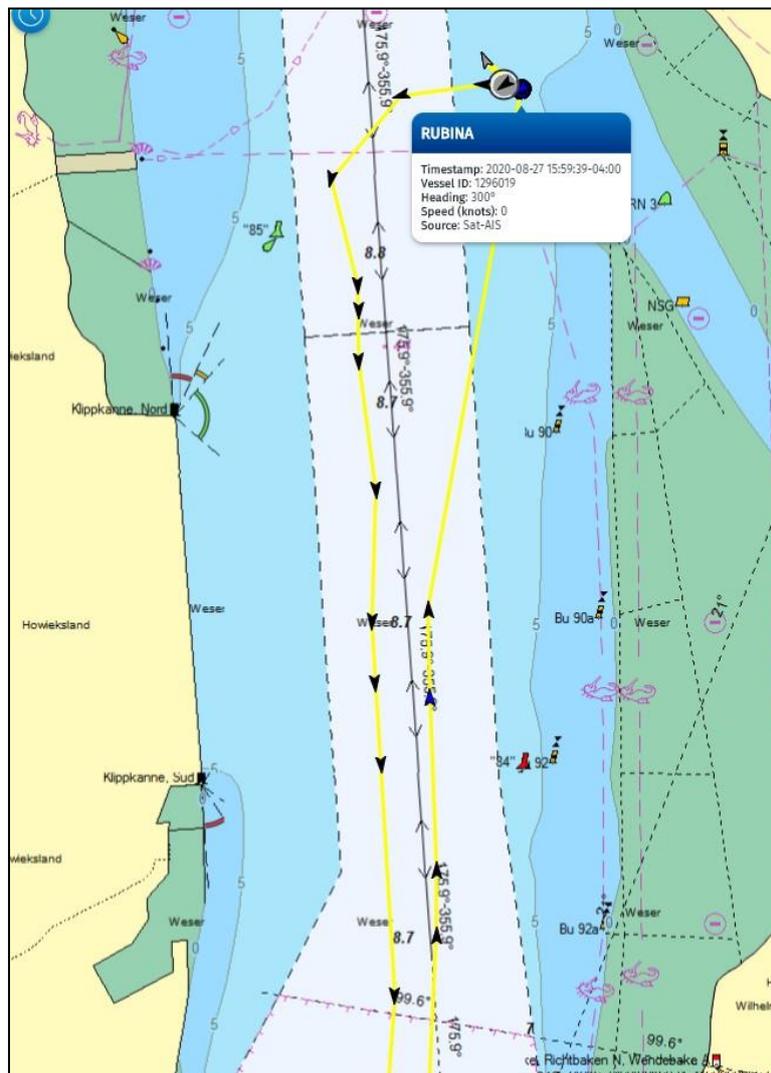


Abbildung 13: „Past Track“ des Unfalls (externe Aufzeichnung)²⁸

²⁶ „AIS“ = „Automatic Identification Service“, ein funk- oder satellitenbasiertes System für den Austausch von Navigations- und anderen Schiffsdaten, z. B. der Schiffsposition. Es sendet diese Daten in kurzen Intervallen (2 s bis 3 min, abhängig von Geschwindigkeit, Kursänderungsrate, Manöverstatus etc.) an umliegende Empfängerstationen, meist andere Schiffe.

²⁷ „GPS“ = „Global Positioning System“, ein globales Navigationssatellitensystem zur Positionsbestimmung.

²⁸ Quelle: SafeSeaNet.

3.2.5.2 VDR

Anhand des VDR konnten die Aussagen der Beteiligten und der Unfallverlauf gut nachvollzogen werden.

So ist die Regeldifferenz zwischen der Ruderlage („Rudder Angle“) von 15° Steuerbord und der Ruderlagenvorgabe („Rudder Order“) „mittschiffs“ am Handsteuerrad zum Zeitpunkt des ersten Auftretens gut zu erkennen (siehe Abbildung 14):



Abbildung 14: VDR: nicht reagierendes Ruder, erstes Auftreten²⁹
(21:54:24 Uhr Ortszeit)

Hierbei ist zu beachten, dass Ruderlagenvorgaben nur vom FU-Handsteuerrad gegeben werden können, nicht vom NFU-Tiller (denn eine Vorgabe gehört zu einer Regelung, siehe auch Kapitel 3.2.4). Bis zum Zeitpunkt des Auflaufens wurden jedoch nicht nur Ruderkommandos an den Rudergänger gegeben (aufgezeichnet von den VDR-Mikrofonen), es wurde auch durchgehend das Handsteuerrad genutzt (aufgezeichnet in der oben abgebildeten Ansicht), zu keiner Zeit der NFU-Tiller.

²⁹ Quelle Abbildungen 13-20: VDR der RUBINA.
Interne Uhrzeit des VDR = UTC; Ortszeit beim ersten Auftreten des nicht reagierenden Ruders demzufolge MESZ = UTC +2 h = 21:54:24.

Ca. 30 s nach dem ersten Auftreten des Nichtreagierens ist das Ruder bereits in die Hartruderlage ausgerissen (trotz Vorgabe in die andere Richtung – siehe „Rudder Order“). Der Rate of Turn („ROT“) liegt bereits bei ca. 50 °/min. (Für beides siehe Abbildung 15).



Abbildung 15: VDR: Hartruderlage und ROT ca. 30 s später (21:55:00 Uhr Ortszeit)

In einer anderen Sensordaten-Übersicht des VDR ist zu erkennen, dass zum Zeitpunkt des ersten Auftretens des Problems im FU-Modus gesteuert wurde (Abbildung 16), und dass sich drei Sekunden später der Override aktivierte (Abbildung 17).

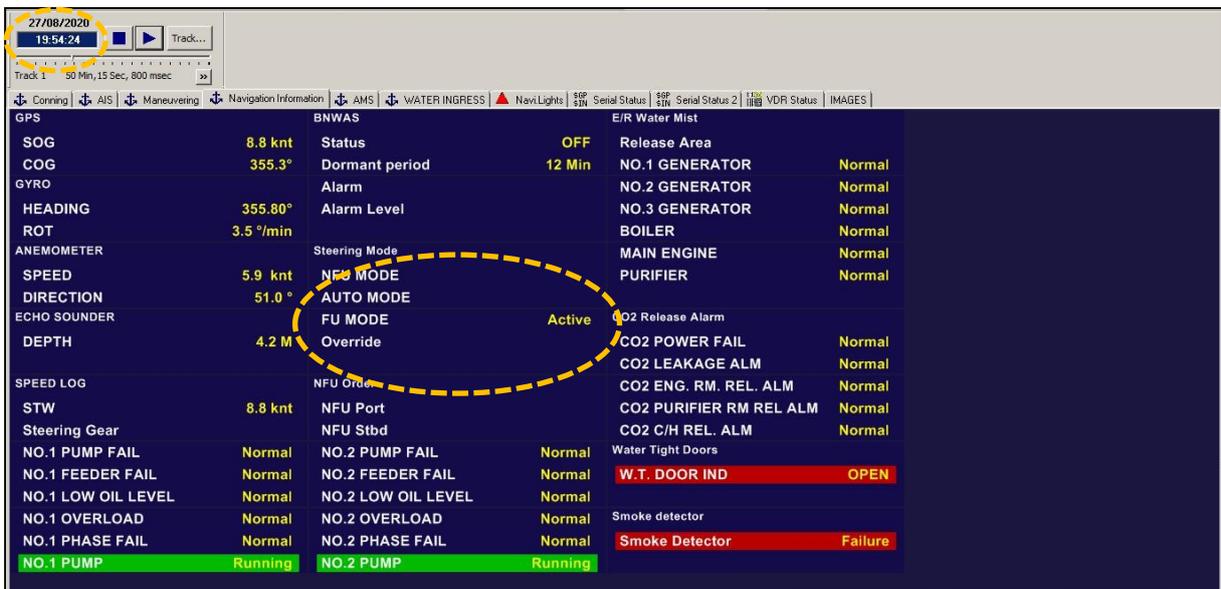


Abbildung 16: VDR: nicht reagierendes Ruder, erstes Auftreten (21:54:24 Uhr Ortszeit)

(Noch arbeitet die Regelung daran, die Regeldifferenz auszugleichen, und zeigt keinen Fehler an.)

Az. 282/20



Abbildung 17: VDR: Override ca. 3 s später
(21:54:27 Uhr Ortszeit)

(Die Regelung konnte das Problem nicht lösen, sodass mit dem Override die erste Notsteuerungsstufe aktiviert wurde.)

Gute 30 s nach dem ersten Auftreten kam es zum „Pump No. 2 Overload“ Alarm (Abbildung 18)³⁰.



Abbildung 18: VDR: Ruderpumpenalarm
(21:55:00 Uhr Ortszeit)

³⁰ Auf dem Alarmpaneel auf der Brücke war er nur als allgemeiner Rudermaschinenalarm sichtbar.

Es wurde offenbar mehrfach erfolglos versucht, die Kontrolle über das Handsteuerrad zurückzugewinnen, indem auf den Steuermodus „Auto“ und gleich wieder zurückgeschaltet wurde. Dies lässt sich ebenfalls mit den VDR-Daten nachvollziehen (Abbildung 19 und Abbildung 20).



Abbildung 19: VDR: Steuermodus "Auto" gewählt (21:55:15 Uhr Ortszeit)



Abbildung 20: VDR: 1 s später Override sowie Steuermodus „FU“ weiterhin aktiv (21:55:16 Uhr Ortszeit)

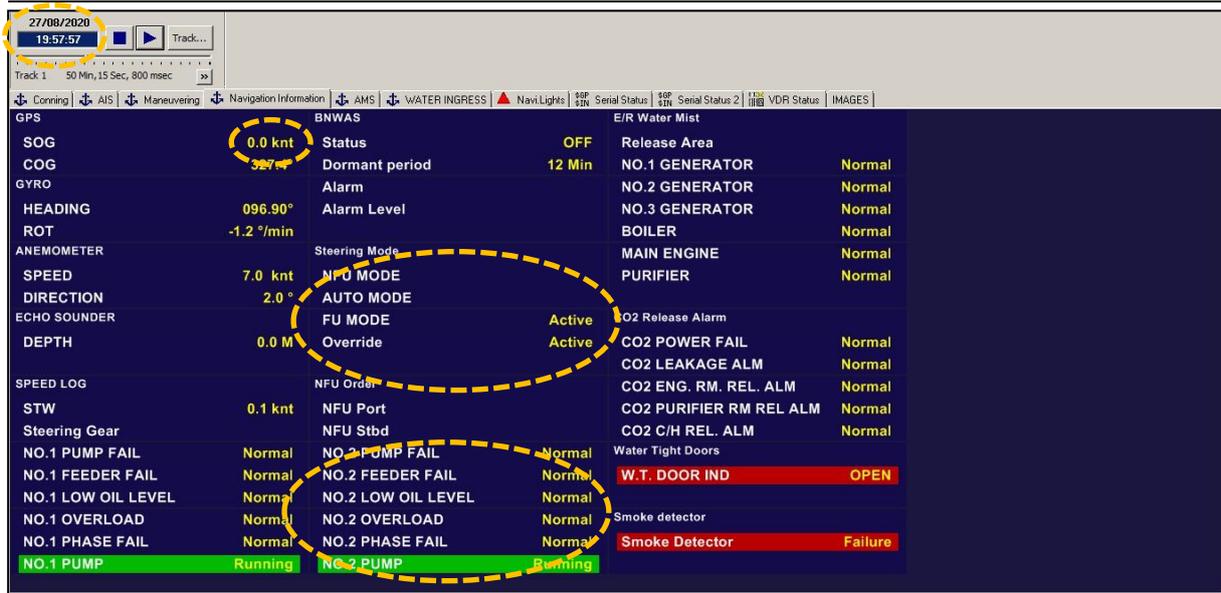


Abbildung 21: VDR: Zeitpunkt des Auflaufens (Geschwindigkeit = 0,0 kn³¹) (21:57:57 Uhr Ortszeit)

(Die Ruderpumpe wird hier bereits von Hand betätigt und pumpt gegen keinen Widerstand mehr an, also liegt kein „Pump Overload“ mehr vor.)

Der Override hätte allerdings lediglich durch ein Umschalten auf NFU zurückgesetzt werden können (siehe Kapitel 3.2.4.4). Dies ist jedoch nicht probiert worden, möglicherweise, weil es nicht intuitiv erschien, in den Modus zu schalten, in dem man sich steuerungstechnisch bereits befand. Dieses für diese Anlage notwendige Vorgehen war der Schiffsführung bzw. dem Rudergänger also offensichtlich nicht bekannt.

Ein Versuch, den Override über ein Zurücksetzen zu deaktivieren, wäre allerdings ohnehin zum Scheitern verurteilt gewesen, weil er aufgrund der weiter bestehenden Diskrepanz zwischen Ruderlage und Ruderlagenvorgabe nach 3 s erneut gegriffen hätte.

Der VDR zeigt in dieser Übersicht denjenigen Steuermodus an, der zuletzt am Steuerartenwahlschalter ausgewählt wurde (siehe auch Kapitel 3.2.4 bzw. Abbildung 12). Die Steuerart im Override ist dennoch immer NFU, auch wenn dies hier nicht direkt angezeigt wird (sondern der zuletzt ausgewählte Modus FU), lediglich indirekt durch den Zusatz „Override Active“. Hier war also der Tiller aktiv, das Handstuellerrad hingegen nicht. Der im Override-Modus aktive Tiller wurde dabei allerdings nicht benutzt (siehe auch S. 28).

3.2.6 Service- und Besichtigungsberichte nach dem Unfall

3.2.6.1 Servicebericht der Ruderanlagensteuerung

Die zwei Servicetechniker des Herstellers der Ruderanlagensteuerung luden zunächst die VDR-Daten herunter, die später auch an die BSU übergeben wurden.

³¹ SOG (speed over ground) = Geschwindigkeit über Grund

Die Fernbetätigung der Ruderanlage von der Brücke wurde auf einwandfreie Funktionsfähigkeit getestet (in allen möglichen Kombinationen von Pumpen und Steuerungsarten). Hierzu gehörten auch die elektronische Ruderlagenbegrenzung, die normalerweise bei Geschwindigkeiten von mehr als 5,1 kn greift, sowie das korrekte Reagieren der Alarmeinheit bei einem generellen Versagen der Rudermaschinenanlage („Steering Failure Alarm“). Es wurden keinerlei Probleme festgestellt.

Der fehlerhaften Anzeige der Logge folgend (die Geschwindigkeit des an der Pier liegenden Schiffs wurde als -72 kn angezeigt) wurden deren brückenseitige Anschlüsse durchgemessen und ein defekter oder fehlender Sensor festgestellt.

Eine Sichtung der VDR-Daten bestätigte die von den Unfallbeteiligten getätigten Aussagen. Auffällig sei laut Servicebericht der unmittelbare zeitliche Zusammenhang zwischen (a) dem Override und (b) dem völligen Ausreißen des Ruders von zunächst ca. 15° Steuerbord in die Hartruderlage.

3.2.6.2 Servicebericht Rudermaschinenanlage

Der Servicetechniker des Herstellers der Rudermaschinenanlage fand eine auf den ersten Blick voll funktionsfähige Anlage vor. Diese Funktionsfähigkeit überprüfte er in Anwesenheit des Untersucherteams der BSU systematisch.

Zunächst kontrollierte er die Anlagenparameter und -funktionen. Die Zeiten, in denen jeweils eine bzw. beide Pumpen das Ruder von einer in die andere Hartruderlage bewegten, waren unauffällig. Dasselbe galt für die Funktion der Endlagenschalter (für die elektronische Ruderlagenbegrenzung), Alarme und Überdruckventile, sowie für die Werte für Systemdruck, Steuerdruck, Ladedruck und Öltemperatur.

Als nächstes untersuchte er beide Pilotventile. Nach dem Lösen des jeweiligen Ventils von der Pumpe wurden Einlassöffnungen samt Filter kontrolliert, sowie alle sichtbaren Teile (z. B. O-Ringe) und Hydraulikleitungen auf Verunreinigungen, Metallabrieb, Kratzer, Laufspuren etc. Die Verstellkolben ließen sich frei im Gehäuse bewegen. Es zeigten sich auch sonst keine Auffälligkeiten oder andere Hinweise auf eine Beschädigung.

Beide Ölfilter waren sauber, ebenso das Hydrauliköl.³² Zu Analysezwecken wurden durch die Mannschaft Proben des Hydrauliköls beider Ruderpumpen entnommen und eingeschickt. Die Ergebnisse kamen später ohne Befund zurück: In beiden Fällen hieß es „Oil condition is satisfactory and oil is fit for further use.“ („Der Zustand des Öls ist zufriedenstellend, und das Öl ist für die Weiterverwendung geeignet.“) Es enthielt keine über die vorgeschriebenen Grenzwerte hinausgehenden Verunreinigungen (< 1 mg/kg). Additivanteile und chemisch-physikalische Werte waren ebenfalls normal.

Nach dem Wiedereinbau der Pilotventile und der Entlüftung der Pumpen wurden alle o. g. Parameter und Funktionen ein zweites Mal überprüft. Im Anschluss wurden alle Steuerungsarten, sowohl vor Ort als auch von der Brücke aus, ein weiteres Mal

³² Der Ölfilter war am 06.07.2020 das letzte Mal gewechselt und am 19.08.2020 (also eine gute Woche vor dem Unfall) das letzte Mal kontrolliert worden und sauber gewesen.

getestet. Alle Werte und Ergebnisse befanden sich im Rahmen der Spezifikation und waren somit unauffällig. Es wurden keine Leckagen festgestellt.

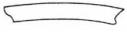
Das Problem war offenbar von Ruderpumpe 2 ausgegangen (dort war der „Overload“-Alarm aufgelaufen). Deshalb wurde vom Leitenden Ingenieur der RUBINA beschlossen, diese Pumpe vorsichtshalber komplett auszutauschen. Er folgte damit der Empfehlung des Serviceingenieurs. Dies passierte am 18.09.2020, im nächsten Hafen Houston. Es war eine reine Vorsichtsmaßnahme, die angesichts des Unfalls als notwendig erachtet wurde, obwohl der Servicetechniker an der Pumpe keinen Schaden hatte feststellen können.

Als Ursache für das „Steckenbleiben“ des Ventils wurde eine winzige Verunreinigung, z. B. ein sehr kleiner Metallspan, vermutet. Diese habe wohl die Gleitfläche des Verstellkolbens des Ventils blockiert und sich während der manuellen Notbetätigung (direkt am Ventil) wieder gelöst. Hinterher sei sie dann nicht mehr auffindbar gewesen. Es sei bekannt, dass dies durchaus vorkomme. In letzter Instanz konnte durch den Serviceingenieur nicht geklärt werden, was das Problem verursacht hatte.

3.2.6.3 Besichtigungsbericht der Klassifikationsgesellschaft

Der Besichtigter der Klassifikationsgesellschaft begutachtete die Tanks, Leerzellen und „Machinery Spaces“ im Vor- und Mittschiffsbereich, die vom Auflaufen der RUBINA hätten betroffen sein können. Es wurden weder sichtbare Schäden vor Ort noch andere Hinweise auf einen verzogenen Rumpf (z. B. durch ein eventuelles Hogging oder Sagging³³ verursachte Schäden an Deck) festgestellt.

Er ließ sich die volle Funktionsfähigkeit der Ruderanlage demonstrieren. Ebenso vergewisserte er sich, dass anstelle der Logge ein anderes Messgerät für die Schiffsgeschwindigkeit zur Verfügung stand. Dies war mit den redundant ausgeführten zwei GPS-Geräten der Fall. Mit der Auflage, den Sensor der Logge innerhalb der folgenden zwei Monate zu ersetzen, wurde der RUBINA der Klassenerhalt bestätigt.³⁴

³³ „Hogging“ bezeichnet ein Aufbuckeln eines Schiffsrumpfes in Längsrichtung , „sagging“ ein Durchhängen . Liegt ein Schiffsrumpf teilweise auf Grund, können Auftrieb und/oder Gewichtskräfte (bzw. deren Differenz) zu erheblichen Biegekräften bis hin zum Kielbruch führen. Hinweise darauf lassen sich dann an streck- bzw. stauchgefährdeten Stellen des Rumpfes erkennen, z. B. verzogene Bereiche und/oder Farbabplatzungen.

³⁴ Da GPS die Geschwindigkeit über Grund misst, die Logge aber die oft abweichende Geschwindigkeit durchs Wasser, die Rückschlüsse auf die herrschende Strömungsgeschwindigkeit und -richtung zulässt, ist GPS als Messmethode für die Schiffsgeschwindigkeit im Normalfall nicht die allein zugelassene. Deshalb galt der Klassenerhalt hier nur unter Vorbehalt bzw. der genannten Auflage.

4 AUSWERTUNG

Nach Gesprächen mit den Servicetechnikern, Lektüre der Serviceberichte und Sichtung der VDR-Daten kommt die BSU bezüglich des Unfallablaufs zu folgendem Ergebnis:

- Weil auf Automationsseite keine Fehler festzustellen waren, musste zum Unfallzeitpunkt ein mechanisches Problem vorgelegen haben.
- Das Pilotventil des Pumpenaggregats 2 blockierte offenbar aufgrund einer kleinen Verunreinigung. Kurz blieb es voll in Richtung Steuerbord geöffnet stehen.
- Mit der Ruderanlage im FU-Modus arbeitete die Regelung daran, den Ruderwinkel einzustellen. Dabei „ignorierte“ das blockierte Ventil die Stellsignale, und sein Pumpenaggregat pumpte voll in Richtung Steuerbord. Über das andere Pumpenaggregat versuchte die Regelung, dies auszugleichen, und ließ es in die Gegenrichtung pumpen. Im Gleichgewicht stellte sich ein Ruderwinkel von 15° Steuerbord ein („hydraulische Blockierung“).
- Die Regelung konnte die Regeldifferenz zwischen soll = „Ruder mittschiffs“ und ist = „Ruder 15° Steuerbord“ nicht ausgleichen. Nach drei Sekunden griff also der Notfallmechanismus der Automation und aktivierte den Override, begleitet von einem Alarm, dem sog. „Steering Failure Alarm“.
- Der Override aktiviert den NFU-Modus und deaktiviert die Regelung. Im NFU-Modus arbeiten die Ruderpumpen nur, wenn sie vom Tiller angesteuert werden. Dies geschah nach Ansicht der BSU nicht: Dass weiterhin Ruderkommandos gegeben wurden – obwohl das Handsteuerrad keine Wirkung hat, solange ein Override anliegt, selbst bei einer funktionierenden Ruderanlage – belegt dies, ebenso die Aufzeichnungen der durchgehenden Ruderlagenvorgaben des Handsteuerrads im VDR.
- Das funktionierende Pumpenaggregat hörte ordnungsgemäß sofort auf zu pumpen, sobald der Override aktiv war, weil es nun nicht mehr von der Regelung angesteuert wurde. Das defekte förderte derweil weiter voll in Richtung Steuerbord (obwohl es natürlich auch nicht angesteuert wurde).
- Das Ruder bewegte sich ab Aktivierung des Overrides also weiter nach Steuerbord.
- Da das blockierte Ventil nicht auf elektronische Eingänge reagierte, wurde auch die elektronische Endlage der Rudermaschine von 35° überfahren. Dies führte zu einer heftigen Drehbewegung der RUBINA, die schneller fuhr als 5,1 kn (ca. 8 kn).
- Auch in der mechanischen Endlage von 45°, hart Steuerbord, hörte das Pumpenaggregat mit dem blockierten Ventil nicht auf zu fördern. Die Pumpe, die nun immer weiter gegen einen Widerstand anpumpte, erzeugte einen starken Überdruck, überlastete in der Folge und generierte den dazugehörigen Alarm.

-
- Die manuelle Bedienung des Pilotventils konnte die vermutete Verunreinigung offenbar bewegen, sodass die Ruderanlage hinterher wieder funktionstüchtig war.

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Es wurde seitens der Servicetechniker, der Besatzung und der Reederei alles unternommen, um den Fehler zu finden und zu verhindern, dass sich ein ähnliches Vorkommnis wiederholt. Mit dem kompletten Tausch der Ruderpumpe, die blockiert hatte, wurde sogar mehr getan, als die Ergebnisse der Fehlersuche es angezeigt hätten.

Während des Unfalls verhielten sich alle Parteien grundsätzlich korrekt. Die schnelle Meldung des Problems durch den Rudergänger z. B. ermöglichte ein unmittelbares Handeln der Schiffsführung und des Lotsen. Durch den Lotsen wurde innerhalb kurzer Zeit ein Schlepper geordert. Auch die vom Kapitän gegebenen Anweisungen für das schnelle Klarmachen der Anker und das rasche Umschalten auf Notsteuerung direkt an der Rudermaschine sind sehr gute Beispiele dafür, dass trotz der Stresssituation und inmitten einer Vielzahl auflaufender Alarme zielgerichtet gehandelt wurde.

Auch die Sicherheitsüberprüfungen direkt nach dem Auflaufen wurden systematisch und in einem angemessenen Umfang durchgeführt.

Der Umgang mit den Steuermodi der Ruderanlage stellt hier die einzige Ausnahme dar. Es wurden weiterhin, trotz des anliegenden Overrides, Ruderkommandos an den Rudergänger am Handsteuerrad gegeben bzw. mit ihm gesteuert, obwohl dies in der Situation gar nicht funktionieren konnte.

Ebenso war das genaue Vorgehen zum Zurücksetzen des Overrides bei Anlagen dieses Herstellers offenbar nicht bekannt, da zu keinem Zeitpunkt versucht wurde, auf NFU und wieder zurück zu schalten. Dass überhaupt ein Zurücksetzen versucht wurde, allerdings in den falschen Modus („Auto“), lässt sich im VDR erkennen.

Auf den Verlauf dieses Unfalls hätte es nach Ansicht der BSU jedoch, falls überhaupt, nur einen geringen Einfluss gehabt, wenn nach der Aktivierung des Overrides mit dem Tiller weitergesteuert worden wäre. Das Ruderblatt wäre auch dann zunächst stark nach Steuerbord ausgerissen. Auch hätte ein Steuern mit dem aktiven Eingabegerät nichts an der mechanischen Ursache für das Steckenbleiben des Ventils geändert. Gegebenenfalls hätte verhindert werden können, dass das Ruder komplett bis in die Hartruderlage auswandert, und eventuell hätte man wieder eine geringere Ruderlage erreichen können. Doch es ist mehr als fraglich, ob der Unfall ganz hätte verhindert werden können, da man natürlich bestenfalls einen Ruderwinkel von 15° Steuerbord hätte wiederherstellen können. Vielleicht wäre die RUBINA einen Moment später aufgelaufen, und dies auch nur, wenn die Situation sehr schnell korrekt eingeschätzt und entsprechend geistesgegenwärtig gehandelt worden wäre. Zwischen dem ersten Nichtreagieren des Ruders und dem Auflaufen lagen immerhin nur zweieinhalb Minuten.

Die Ursache für den technischen Ausfall der Ruderanlage blieb in letzter Instanz ungeklärt. Die BSU geht davon aus, dass hier keine Umstände vorlagen, die von den handelnden Personen beeinflussbar waren, weder vorher (Wartung und Instandhaltung der Ruderanlage) noch während des Unfallgeschehens selbst.

6 BEREITS DURCHGEFÜHRTE MAßNAHMEN

Wie erwähnt wurde nach der sorgfältig durchgeführten Fehlersuche die Ruderpumpe, die blockiert hatte, komplett getauscht. Dies überstieg Maßnahmen, die infolge der Fehlersuche des Servicetechnikers notwendig gewesen wären, entsprach aber dessen Empfehlung. Seither hat sich ein „Blockieren“ des Ruders auf der RUBINA nicht wiederholt.

Die BSU geht davon aus, dass an dieser Stelle von technischer Seite alles getan wurde, was getan werden konnte.

7 SICHERHEITSEMPFEHLUNG

Die folgende Sicherheitsempfehlung stellt weder durch ihre Art noch durch ihre Gliederung eine Vermutung hinsichtlich Schuld oder Haftung dar.

Peter Doehle Schiffahrts-KG

Die BSU empfiehlt der Peter Doehle Schiffahrts-KG Folgendes:

Unterweisung der Besatzungsmitglieder bezüglich der Funktionsweise von Rudersteuerungen

An Bord der Schiffe der Peter Doehle Schiffahrts-KG sollte sichergestellt werden, dass die nautischen Offiziere und der Kapitän wissen,

- was sich bei Auslösung eines Overrides regelungstechnisch an der Rudersteuerung ändert,
- wie in einem solchen Fall zu verfahren ist (z. B. Rudergänger an den Tiller bzw. das NFU-Eingabegerät wechseln lassen) und
- wie der Override an der jeweils an Bord vorhandenen Anlage korrekt zurückgesetzt wird.

An Bord der Schiffe der Peter Doehle Schiffahrts-KG sollte sichergestellt werden, dass die mit Steuern betrauten Seeleute (Rudergänger) wissen,

- wie sich die Bedienung des Tillers (bzw. des an Bord vorhandenen NFU-Eingabegeräts) von der Bedienung des im Normalfall genutzten Handsteuerrads (bzw. des FU-Eingabegeräts) unterscheidet.

Ebenso sollte sichergestellt werden, dass diese Informationen auch in Zukunft an jede mit den o. g. Aufgaben betraute Person weitergegeben werden, sobald diese ihren Dienst antritt. Dabei ist bei Einsätzen auf verschiedenen Schiffen zu beachten, dass dieses Wissen zum Teil anlagen- bzw. herstellerspezifisch ist und diese Elemente sich ggf. von Schiff zu Schiff unterscheiden.

8 QUELLENANGABEN

Außer den im Text genannten Quellen noch die folgenden:

- schriftliche Stellungnahmen von Kapitän, Leitendem Ingenieur und Lotsen
- VDR-Tonaufzeichnungen von der Brücke
- Unfallmeldung der VKZ Bremerhaven
- E-Mail-Verkehr mit der Reederei (techn. Inspektion)
- E-Mail-Verkehr mit dem Hersteller der Ruderanlagensteuerung (Sperry)
- Prof. Dr.-Ing. Christopher Friedrich Wirz, Leiter der Fachgruppe Schiffsmaschinenbau an der Technischen Universität Hamburg (TUHH), per E-Mail, sowie „Gutachten / Analysebericht zur Kollision von M/T Northsea Rational im Hamburger Hafen im November 2020“ für den BSU-Untersuchungsbericht 405/20, „Anfahrung einer Kaimauer durch das Tankschiff NORTHSEA RATIONAL in Hamburg am 25. November 2020“.
- Einsatz-, Service- und Besichtigungsberichte der Ruderanlagensteuerung, der Rudermaschinenanlage, des Taucheinsatzes sowie der Klassifikationsgesellschaft
- Analysebericht Hydrauliköl
- Wartungsplan der RUBINA für 2020
- Gespräche und Beratungen mit den Technikern, die am Tag der Bordbegehung durch die BSU die o. g. Serviceleistungen durchführten