



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

Untersuchungsbericht 52/18

Schwerer Seeunfall

**Kontakt des Containerschiffes AKACIA
mit einem Schleusentor des Nord-Ostsee-Kanals in
Kiel-Holtenau am 19.02.2018**

18.12.2019

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 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: Ulf Kaspera
Tel.: +49 40 3190 8300
posteingang-bsu@bsh.de

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

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	8
2	FAKTEN	9
2.1	Schiffsfoto.....	9
2.2	Schiffsdaten.....	9
2.3	Reisedaten	10
2.4	Angaben zum Seeunfall oder Vorkommnis im Seeverkehr	10
2.5	Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen	11
3	UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG	12
3.1	Unfallhergang	12
3.1.1	Reiseverlauf	12
3.1.2	Weitere Maßnahmen.....	16
3.2	Untersuchung	16
3.2.1	AKACIA	17
3.2.2	Besatzung	18
3.2.3	Schiffsdatenschreiber und andere technische Aufzeichnungen	18
3.2.3.1	Schiffsdatenschreiber	19
3.2.4	Verstellpropelleranlage.....	30
3.2.4.1	Beschreibung der Verstellpropelleranlage.....	30
3.2.4.2	Hydraulikaggregat	32
3.2.4.3	OD-Box	34
3.2.4.4	Propellerwelle.....	34
3.2.4.5	Propellernabe	34
3.2.4.6	Übersicht über das Hydrauliksystem für die Verstellung der Flügel ...	35
3.2.4.7	Steuerungsmöglichkeiten der Verstellpropelleranlage	37
3.2.5	Untersuchung der Verstellpropelleranlage	40
3.2.5.1	Feststellung der verschiedenen Systemzeiten	40
3.2.5.2	Fehlermeldungen der Verstellpropelleranlage.....	41
3.2.5.3	Weitere Feststellungen zur Hydraulikanlage	43
3.2.5.4	Beschädigungen der Propellerflügel.....	45
3.2.5.5	Feststellungen zur Funktion der Verstellpropelleranlage.....	47
3.2.5.6	Feststellungen zu Propellernabe und Hydrauliksystem	47
3.2.5.7	Proportionalventil.....	57
3.2.5.8	Rohrbündelkühler für Hydrauliköl	58
3.2.6	Alarmdrucker der Maschinenanlage.....	59
3.2.6.1	Stellungnahmen der Maschinenbesatzung	62
3.2.7	Notankerung.....	62
4	AUSWERTUNG	64
4.1	Ausfall der Verstellpropelleranlage.....	64
4.2	Fahrtverlauf	67
4.3	Zeitliche Übersicht über die aufgelaufenen Fehlermeldungen und Alarmer.....	70
4.3.1	Manövrierkennwerte	71

5	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	73
5.1	Verstellpropelleranlage.....	73
5.2	Fahrtverlauf	73
5.3	Uhrzeiten	74
6	BEREITS DURCHGEFÜHRTE MAßNAHMEN	75
7	QUELLENANGABEN.....	76

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schiffsfoto AKACIA.....	9
Abbildung 2: Seekarte mit Unfallort	10
Abbildung 3: Bedienfeld der Verstellpropelleranlage	14
Abbildung 4: Die AKACIA und das durchbrochene Schleusentor.....	16
Abbildung 5: Sicht nach voraus von der Brücke der AKACIA.....	17
Abbildung 6: Radarbild 23:43:16 Uhr,.....	20
Abbildung 7: Radarbild 23:47:29 Uhr.....	21
Abbildung 8: Radarbild 23:48:14 Uhr.....	22
Abbildung 9: Radarbild 23:48:44 Uhr.....	22
Abbildung 10: Radarbild 23:49:13 Uhr; „Pitch is working.“	23
Abbildung 11: Darstellung des Replayers um 23:50:13 Uhr	23
Abbildung 12: Radarbild 23:50:43 Uhr.....	24
Abbildung 13: Radarbild 23:50:58 Uhr.....	25
Abbildung 14: Radarbild 23:51:27 Uhr.....	25
Abbildung 15: Radarbild 23:51:57 Uhr.....	26
Abbildung 16: Radarbild 23:52:12 Uhr.....	27
Abbildung 17: Radarbild 23:52:27 Uhr.....	27
Abbildung 18: Radarbild 23:53:12 Uhr.....	28
Abbildung 19: Radarbild 23:53:42 Uhr.....	29
Abbildung 20: Radarbild 23:53:56 Uhr; „Emergency stop“	29
Abbildung 21: Radarbild 23:54:11 Uhr.....	30
Abbildung 22: Aufbau des Antriebs	31
Abbildung 23: Schema einer SCHOTTEL SCP_XG-Anlage.....	32
Abbildung 24: Seitenansicht des Proportionalventils	33
Abbildung 25: Hydraulikaggregat.....	34
Abbildung 26: Propellernabe	35
Abbildung 27: Schematische Darstellung des Hydrauliksystems	36
Abbildung 28: Fahrstand der Verstellpropelleranlage im Maschinenraum.....	37
Abbildung 29: Ausschnitt aus dem Bedienpanel der Verstellpropelleranlage auf der Brücke	39

Abbildung 30: 4/3-Wege-Proportionalventil und manuelle Betätigung	40
Abbildung 31: Erster Alarm im Zusammenhang mit dem Unfall	41
Abbildung 32: Auszug aus dem Ausdruck des Alarmdruckers im MKR.....	41
Abbildung 33: Verstellpropelleranlage: Bedeutung des Fehlers 00093	42
Abbildung 34: Auszug aus dem Alarmlog der Verstellpropelleranlage	42
Abbildung 35: Verstellpropelleranlage: Bedeutung des Fehlers 00094	42
Abbildung 36: Beschädigungen an einem der Propellerflügel	45
Abbildung 37: Nahansicht der Beschädigungen	45
Abbildung 38: Einriss an einem der Propellerflügel	46
Abbildung 39: Weitere Beschädigungen an einem anderen Flügel	46
Abbildung 40: Propellernabe	48
Abbildung 41: Fundort der in Abbildung 42 dargestellten Bruchstücke	49
Abbildung 42: Aufgefundene Bruchstücke des Abstützbleches.....	49
Abbildung 43: Ablagerungen im Tank des Hydraulikaggregates	50
Abbildung 44: Probe der im Tank festgestellten Partikel	50
Abbildung 45: Ventilaufnahme und entfernter Fremdkörper (A)	52
Abbildung 46: Ventilaufnahme des Hydraulikzylinders in der Propellernabe	53
Abbildung 47: Entfernte Fremdkörper.....	53
Abbildung 48: gerissener O-Ring mit Einkerbungen	54
Abbildung 49: Rückschlagventil mit Fremdkörper (B).....	54
Abbildung 50: Rückschlagventil und entfernter Fremdkörper	55
Abbildung 51: Ausschnitt aus der Darstellung des Hydrauliksystems (vgl. Abb. 27)	55
Abbildung 52: Materialabtrag am Abdeckflansch.....	56
Abbildung 53: Einkerbung am Lagerteller.....	56
Abbildung 54: Beschädigungen an der Steuerkante des Kolbens	57
Abbildung 55: Beschädigung am Kolben des Proportionalventils.....	58
Abbildung 56: Blick in den Rohrbündelkühler	59
Abbildung 57: Festgestellter Fremdkörper.....	59
Abbildung 58: Auszug aus dem Ausdruck des Alarmdruckers des MKR.....	61
Abbildung 59: Hydraulikölrohr mit Abstützblech und Sicherungsring.....	64
Abbildung 60: 4/3-Wege-Proportionalventil	65
Abbildung 61: 4/3-Wege-Proportionalventil	66
Abbildung 62: Übersicht über Fehlermeldungen und Alarme	70

Abbildung 63: Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm für „Voll Voraus See“ auf „Voll
Zurück“ 71

Abbildung 64: Daten für „Voll Voraus See“ auf „Voll Zurück“ 71

Abbildung 65: Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm für „Voll Voraus See“ auf „Stopp“ ... 72

Abbildung 66: Daten für „Voll Voraus See“ auf „Stopp“ 72

1 ZUSAMMENFASSUNG

Am 19.02.2018 war das unter der Flagge von Portugal fahrende Vollcontainerschiff AKACIA auf dem Weg von Bremerhaven nach St. Petersburg. Nach der Passage des Nord-Ostsee-Kanals sollte das Schiff gegen Mitternacht in die Neue Südschleuse einlaufen. Die Brücke war dafür ausreichend besetzt. Der Kapitän wurde durch einen Lotsen beraten. Ein Kanalsteuerer steuerte das Schiff. Für das Einlaufen in die Schleuse waren die beiden Manöverstationen besetzt worden.

Nach dem vorgeschriebenen Rückwärtsmanöver mit der Verstellpropelleranlage sollte die AKACIA wieder auf einen schleusengerechten Kurs gebracht werden. Der Lotse unterstützte das mit einem „Voraus“-Legen der Steigung auf 20 %. Wenig später ertönte ein erster akustischer Alarm und der Lotse bemerkte einen Anstieg der Geschwindigkeit des Schiffes. Die Geschwindigkeitszunahme resultierte aus dem Umstand, dass die Steigung der Propellerflügel ohne Betätigung des Bedienhebels weiter auf 100 % und darüber gelaufen war.

Der Kapitän versuchte zunächst, durch eine normale Betätigung des Bedienhebels die Steigungsverstellung zu beeinflussen. Das gelang nicht. Daraufhin wechselte er auf die Backup-Steuerung. Aber auch hiermit war die Steigungsverstellung nicht möglich. Eine andere Eingriffsmöglichkeit bestand nach Ansicht der Untersucher nicht.

Alle weiteren Maßnahmen der Schiffsführung, wie Notankerung mit beiden Ankern und der Notstopp der Hauptmaschine, führten nicht zu einer erheblichen Geschwindigkeitsreduzierung. Daher erfolgte die Anfahrung des Schleusentores um 23:54 Uhr¹ mit hoher Geschwindigkeit. Das Schiff durchbrach das Tor mit einem Teil des Vorschiffes und erlitt dabei selbst schwere Schäden im Bugbereich.

Während der Untersuchung wurden Schäden an den Propellerflügeln und innerhalb der Propellernabe festgestellt, die von einem vorausgegangenen Kontakt mit einem festen Gegenstand herrührten. Dabei entstandene Bruchstücke waren anschließend durch das Hydrauliksystem der Verstellpropelleranlage gewandert. Die Untersucher gehen davon aus, dass zum Zeitpunkt des Ausfalls der Anlage eines der Bruchstücke das zur Verstellung der Steigung notwendige Ventil blockierte.

Durch den Kontakt mit dem Schleusentor wurde kein Mensch verletzt oder getötet und es kam zu keiner Gewässerverunreinigung.

¹ Alle Zeiten im Bericht, soweit nicht anders vermerkt, in Ortszeit = UTC + 1 h.

2 FAKTEN

2.1 Schiffsfoto

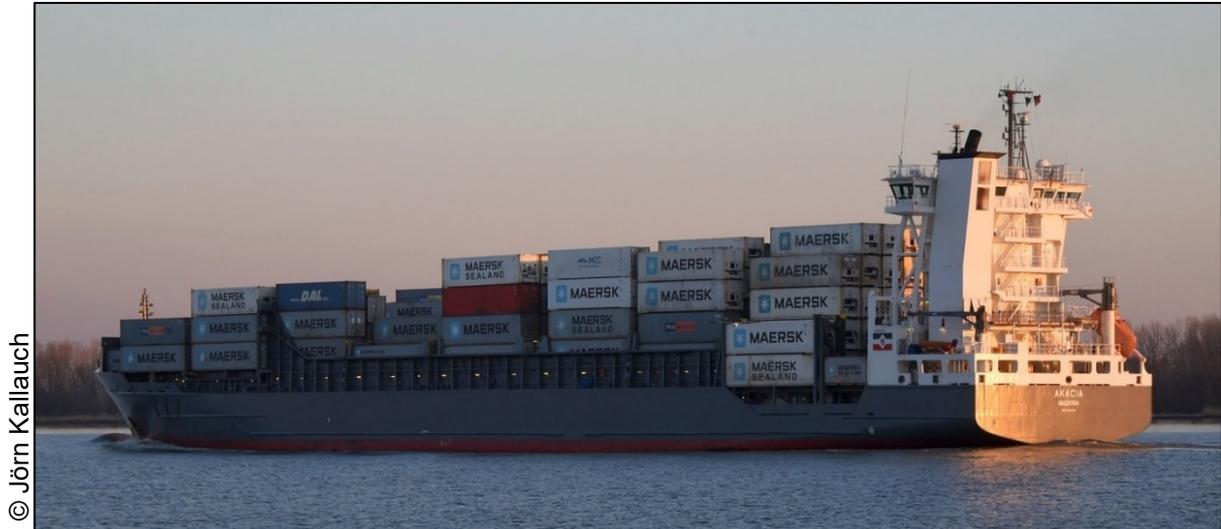


Abbildung 1: Schiffsfoto AKACIA

2.2 Schiffsdaten

Schiffsname:	AKACIA
Schiffstyp:	Containerschiff
Nationalität:	Portugal
Heimathafen:	Madeira
IMO-Nummer:	9315020
Unterscheidungssignal:	CQIF
Reederei:	DT-Bereederungs GmbH & Co. KG
Eigner:	MS „Akacia“ Schiffahrtsgesellschaft mbH & CO. KG
Baujahr:	2004
Bauwerft/Baunummer:	J.J. Sietas Schiffswerft GmbH & Co. KG /1206
Klassifikationsgesellschaft:	Registro Italiano Navale
Länge ü.a.:	149,14 m
Breite ü.a.:	22,5 m
Bruttoraumzahl:	11.662
Tragfähigkeit:	13.713
Tiefgang maximal:	8,7 m
Maschinenleistung:	8.399 kW
Hauptmaschine:	MaK Caterpillar, 1x9M43
Geschwindigkeit:	18 kn
Werkstoff des Schiffskörpers:	Stahl
Schiffskörperkonstruktion:	Doppelboden
Mindestbesatzung:	10

2.3 Reisedaten

Abfahrthafen:	Bremerhaven/Deutschland
Anlaufhafen:	St. Petersburg/Russische Föderation
Art der Fahrt:	Berufsschifffahrt/International
Angaben zur Ladung:	Container
Besatzung:	15
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	$T_v=7,9\text{ m}$, $T_a=8,3\text{ m}$
Lotse an Bord:	Ja
Kanalsteurer:	Ja, zwei
Anzahl der Passagiere:	Zwei

2.4 Angaben zum Seeunfall oder Vorkommnis im Seeverkehr

Art des Seeunfalls:	Schwerer Seeunfall, Kollision mit Schleusentor
Datum/Uhrzeit:	19.02.2018, 23:54 Uhr
Ort:	Kiel-Holtenau, Nord-Ostsee-Kanal
Breite/Länge:	$\varphi 54^\circ 21,9'N$, $\lambda 101^\circ 8,6'E$
Fahrtabschnitt:	Revierfahrt
Folgen:	Durch die mit hoher Geschwindigkeit erfolgte Anfahrung des Tores entstand ein sehr großer Schaden am Schleusentor und im Bugbereich des Schiffes. Keine getöteten oder verletzten Personen, keine Gewässerverunreinigung.

Ausschnitt aus Seekarte (21) 42 (INT 1366) des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie

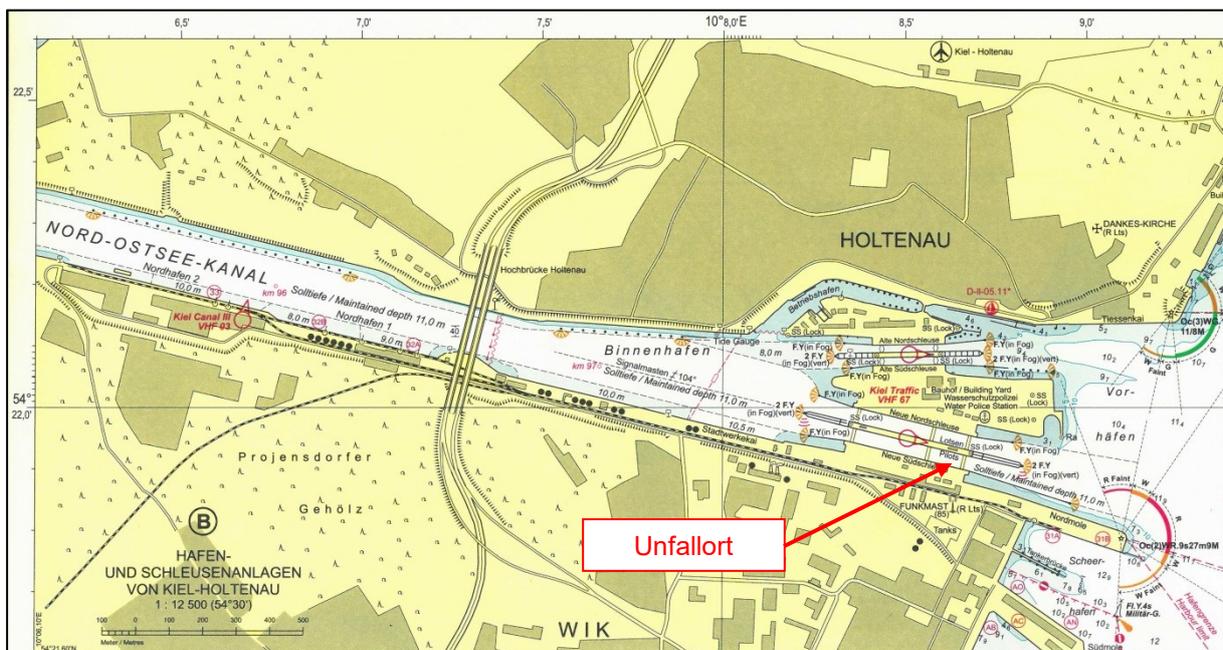


Abbildung 2: Seekarte mit Unfallort

2.5 Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen

Beteiligte Stellen:	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS) Standort Kiel, Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel, Wasserschutzpolizei Kiel,
Eingesetzte Mittel:	Taucher zur Untersuchung des Schleusentores und des Bodens der Schleuse sowie des Schiffes
Ergriffene Maßnahmen:	Schiff zunächst in der Schleuse mit Leinen gesichert; später Schiff aus Schleusentor gezogen und zu einem Liegeplatz geschleppt; noch später Schiff repariert. Schleusentor später für den Ausbau vollständig zerteilt und zur Begutachtung in Werft verbracht und dort repariert. Ersatztor eingesetzt,
Ergebnisse:	Schiff wieder in Fahrt.

3 UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG

3.1 Unfallhergang

Die Beschreibung des Unfallhergangs beruht auf den schriftlichen Stellungnahmen der zum Unfallzeitpunkt auf der Brücke, im Maschinenraum und auf der Back des Schiffes tätigen Besatzungsmitglieder. Darüber hinaus beruht sie auf den Stellungnahmen des Lotsen und der Kanalsteuerer sowie den Eintragungen im Schiffstagebuch, im Brückenbuch und im Maschinentagebuch. Für Details wurde auf die Informationen aus der Auswertung des Schiffsdatenschreibers zurückgegriffen. Dazu ist anzumerken, dass die Aufzeichnungen des Schiffsdatenschreibers keine Informationen zur an der Verstellpropelleranlage gewählten Fahrstufe bzw. der Steigung² der Propellerflügel enthielten.

3.1.1 Reiseverlauf

Die unter portugiesischer Flagge fahrende AKACIA hatte am Mittag des 19.02.2018 Bremerhaven verlassen und war auf dem Weg nach St. Petersburg. Auf dem Weg dorthin lief das Schiff am selben Tag um 16:48 Uhr in eine der Schleusen von Brunsbüttel ein, um den Nord-Ostsee-Kanal (NOK) zu nutzen. Um 17:24 Uhr begann die Kanalfahrt unter Lotsenberatung und mit zwei Kanalsteuern. Das Schiff war für die Kanalpassage aufgrund der Abmessungen und des Tiefgangs in die Verkehrsgruppe 5 eingestuft worden. Um 20:54 Uhr erfolgte der Lotsenwechsel in Rüsterbergen. Der neue Lotse wurde in der üblichen Weise durch den Kapitän mit den Grunddaten des Schiffes und den Bedienelementen vertraut gemacht. Dem Lotsen und den Steuern war das Schiff insofern vertraut, als dass dieser Schiffstyp häufig den NOK passiert. Dem Schiffstagebuch folgend war es windstill. Der Lotse gab östliche Winde der Stärke 2 bis 3 Bft an.

Der Lotse nutzte den rechten Sitz innerhalb des Brückenpultes und bediente von hier die Steigungsverstellung der Verstellpropelleranlage, um so die Geschwindigkeit des Schiffes zu regulieren. Zur Orientierung diente ihm das X-Band-Radargerät auf der Steuerbordseite. Dieses war in die Darstellungsart „nordstabilisiert, dezentriert, relative Bewegung“ geschaltet. Der Lotse nutzte den 0,5 sm und 0,75 sm-Bereich des Gerätes. Das S-Band-Radargerät auf Backbordseite war auf Standby geschaltet. Die Kanalsteuerer nahmen jeweils auf dem linken Sitz des Brückenpultes Platz und steuerten das Schiff sich abwechselnd von dort per Hand.

Von Rüsterbergen lief das Schiff als einzelnes Fahrzeug ohne Beeinträchtigungen bis zur Ausweiche Groß Nordsee. Hier musste auf zwei entgegenkommende Fahrzeuge gewartet werden. Dafür wurde die Geschwindigkeit in der Ausweiche um 22:58 Uhr aktiv auf bis zu 2,7 kn reduziert. Dabei traten keine Probleme auf. Der Kapitän, der für einige Zeit die Brücke verlassen hatte, hatte zu diesem Zeitpunkt bereits wieder das Kommando übernommen und behielt dies bis zur Kollision.

² Steigung, englisch: Pitch, gibt die Strecke an, die der Propeller bei idealisierter Rechnung mit einer Umdrehung zurücklegen kann. Je mehr der Anstellwinkel von der vertikalen Nullstellung abweicht, desto größer wird die Strecke.

Bereits in der Ausweiche Schwartenbek war der Lotse darüber informiert worden, dass dem Schiff die Neue Südschleuse für das Ausschleusen aus dem NOK zugewiesen wurde. Die AKACIA war als einziges Schiff für diese Schleuse vorgesehen.

Die Bunkerstation Projensdorf passierte das Schiff mit ca. 9 kn um 23:40 Uhr. Noch während der Vorbeifahrt wurde die Geschwindigkeit leicht reduziert. Im nachfolgenden Bereich des Nordhafens begegnete die AKACIA vier hier wartenden westgehenden Fahrzeugen. Kurz darauf erfolgte ein letzter Wechsel der Kanalsteuerer auf der Brücke. Das Schiff lief dann mit sich verringernder Geschwindigkeit weiter und passierte die Hochbrücke Holtenau mit 7,4 kn.

Um 23:48:08 Uhr rief der Kapitän die für die Manöverstationen des Schiffes eingeteilten Besatzungsmitglieder über die tragbaren Sprechfunkgeräte auf, sich dorthin zu begeben. Die Backbordseite sollte die Anlegeseite werden. Dies wurde umgehend durch die jeweiligen Verantwortlichen bestätigt.

Etwa ab diesem Zeitpunkt befanden sich die folgenden Personen auf der Brücke: der Kapitän, der II. und III. Nautische Wachoffizier, der Lotse, beide Kanalsteuerer, ein Besichtiger der Klassifikationsgesellschaft. Der Besichtiger befand sich wegen noch ausstehender Abnahmen an Bord.

Ebenfalls um 23:48 Uhr hatte die AKACIA die Hochbrücke hinter sich gelassen. Die Geschwindigkeit des Schiffes betrug nun 7,1 kn. Der Kapitän meldete das Heck- und Bugstrahlruder einsatzbereit. Um 23:49 Uhr begann der Lotse damit, den Verstellpropeller auf „Zurück“ zu legen. Er kommentierte gegenüber dem Kapitän, dass der Pitch arbeiten bzw. funktionieren würde³. Laut der Stellungnahme des Lotsen wurde die Steigungsvorgabe dabei auf „Rückwärts“ mit 30 % bis 40 % Steigung gelegt.

Mit der weiteren Reduzierung der Geschwindigkeit begann das Schiff einen leichten Dreh nach Steuerbord aufzunehmen. So betrug die Geschwindigkeit über Grund (SOG⁴) um 23:50:28 Uhr 5,9 kn und die Vorausrichtung (HDG⁵) lag bei 107°.

Laut seiner Stellungnahme legte der Lotse die Steigung dann auf „Null“ und anschließend auf „Voraus 20 %“, um damit den Kanalsteuerer beim Aufsteuern zu unterstützen. Als das Schiff auf den Kanalkurs zurückgekehrt war, legte der Lotse die Steigungsverstellung erneut auf „Rückwärts 40 %“. Der Lotse wollte gerade dem Schleusenmeister das durchgeführte Rückwärtsmanöver melden, als er bemerkte, dass sich die Geschwindigkeit erhöhte. Sein optischer Eindruck wurde durch die Anzeige der Geschwindigkeit des Radargerätes bestätigt. Daraufhin kontrollierte der Lotse die Anzeige für die tatsächliche Steigung, die nun in Vorausrichtung bei etwa 100 % lag.

Der Schiffsdatenschreiber verzeichnete für den Zeitpunkt 23:50:42 Uhr bis 23:50:44 Uhr einen auf der Brücke ertönenden Alarmton. Der Lotse wies kurz danach

³ Gefordertes Rückwärtsmanöver vor dem Einlaufen in die Schleusen des NOK gem. Allgemeinverfügung der GDWS - Außenstelle Nord – vom 25.04.2015.

⁴ SOG – Speed Over Ground.

⁵ HDG – Heading.

den Kapitän darauf hin, dass etwas nicht in Ordnung sei. Wenig später machte der Lotse den Kapitän darauf aufmerksam, dass die Geschwindigkeit des Schiffes zunahm (23:50:54 Uhr). Ab 23:50:59 Uhr war ein durchgehender Alarmton auf der Brücke zu vernehmen. Dieser Ton hielt bis 23:54:21 Uhr an.

Der Kapitän versuchte laut seiner Stellungnahme zunächst, durch das erneute auf „Rückwärts“ Legen des Bedienhebels, die anliegende Stellung der Steigung aufzuheben. Dies blieb ohne Erfolg. Anschließend betätigte er den Knopf zur Aktivierung der Backup-Steuerung. Zwar signalisierte das Aufleuchten des Druckknopfes die Aktivierung, jedoch war es dem Kapitän nicht möglich, mit Hilfe des dafür vorgesehenen Druckknopfes „PITCH ASTERN“ eine Verstellung der Steigung zu erreichen.

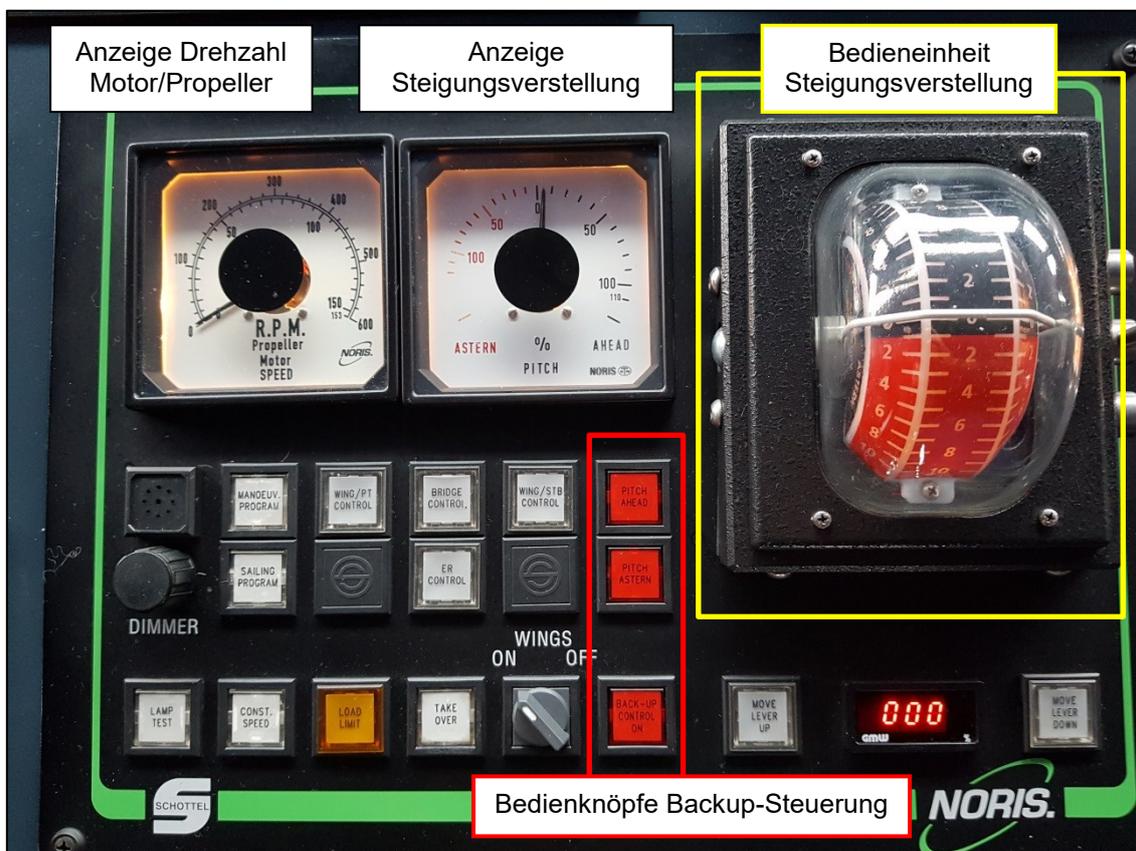


Abbildung 3: Bedienfeld der Verstellpropelleranlage

Die Geschwindigkeit des Schiffes nahm weiter zu. Der Lotse rief daher um 23:51:29 Uhr den Schleusenmeister über UKW, Rufname: Kiel-Kanal IV, und informierte diesen über das Problem an Bord des Schiffes.

Da die Bemühungen des Kapitäns zur Zurückerlangung der Kontrolle über die Verstellpropelleranlage ohne Erfolg blieben, schlug der Lotse dem Kapitän um 23:51:56 Uhr das schnelle Ausbringen beider Anker vor. Diesem Vorschlag folgte der Kapitän sofort und er forderte über Sprechfunk die Besatzungsmitglieder auf dem Vorschiff auf, beide Anker fallen zu lassen. Auf deren Nachfrage hin bestätigte der Kapitän seine Aufforderung (23:52:09 Uhr). Die Geschwindigkeit des Schiffes betrug

inzwischen mehr als 9 kn. Um 23:52:15 sagte der Kapitän: „Okay, emergency stop!“. Er hatte dazu offensichtlich mit der Maschinenbesatzung telefoniert.

Da die Anker nach Aussage der Besatzung der Back für ein sofortiges Ausbringen vorbereitet waren, mussten nur noch die Bandbremsen gelöst werden. Beide Anker fielen demnach unmittelbar nach dem gleichzeitigen Lösen der Bremsen. Nach dem Ausstecken von zwei Kettenlängen wurden die Bremsen wieder festgezogen.

Um 23:52:22 Uhr wurde mit dem Typhon ein kurzer Ton gegeben.

Um 23:52:26 Uhr empfahl der Lotse im Gespräch mit Kiel-Kanal IV, dass die Festmacher in Deckung gehen sollten, da die Situation an Bord des Schiffes unverändert sei.

Das Leitwerk der Schleuse wurde durch das Schiff um 23:52:42 Uhr mit ca. 10,7 kn passiert. Um 23:53:16 Uhr befand sich die AKACIA fast vollständig innerhalb der Neuen Südschleuse. Die Geschwindigkeit betrug zu diesem Zeitpunkt 9,8 kn. Kurz zuvor hatte der Kapitän nochmals, wohl in Reaktion auf einen Funkspruch von der Back, über Sprechfunk das Fallenlassen beider Anker bestätigt („Let go. Fall the ... fall the anchors“).⁶

Kurz vor dem Kontakt mit dem Schleusentor, um 23:53:56 Uhr, orderte der Kapitän mit „Emergency stop. Emergency stop engine!“ den Notstopp der Hauptmaschine an. Der Aufprall auf das seeseitige Tor der Neuen Südschleuse erfolgte mit 8,1 kn am 19.02.2018 um 23:54:02 Uhr. Die AKACIA fuhr dabei mehrere Meter durch das Tor hindurch und beschädigte es schwer. Auch am Schiff entstand ein erheblicher Schaden im Bugbereich. Durch die Kollision wurde keine Person getötet oder verletzt. Es kam zu keiner Verunreinigung des Gewässers.

⁶ Siehe dazu auch Fußnote 18.



Abbildung 4: Die AKACIA und das durchbrochene Schleusentor

3.1.2 Weitere Maßnahmen

Nach der Kollision wurden Besatzungsmitglieder in das Vorschiff gesandt, um die Ausmaße des Schadens zu prüfen. Es wurde festgestellt, dass der Bugstrahlruderraum mit Wasser gefüllt war. Auch die Vorpiek war betroffen und lief langsam voll.

Später wurden nach beiden Seiten Leinen ausgebracht, um die Position des Schiffes zu stabilisieren. Mit der Gangway der AKACIA konnte nach Steuerbord eine Verbindung zum Land hergestellt werden. So gelangten die Beamten der Wasserschutzpolizei (WSP) für ihre ersten Maßnahmen an Bord.

Im Verlauf des Tages wurde durch die Schifffahrtsverwaltung vorbeugend eine Ölsperre ausgebracht. Nach einer Überprüfung der Funktionsfähigkeit wurde das binnenseitige Tor geschlossen. Die Anker der AKACIA hatten keine Schäden verursacht.

3.2 Untersuchung

Der Bereitschaftshabende der Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung (BSU) erhielt am 20.02.2018 um 07:10 Uhr durch die WSP Kiel von dem Ereignis Kenntnis. Zwei Untersucher erreichten gegen 10:30 Uhr den Unfallort und begannen mit den ersten Ermittlungen. Die Daten des Schiffsdatenschreibers waren zu diesem Zeitpunkt bereits durch die WSP sichergestellt worden. Eine Kopie wurde an die BSU übergeben. Durch die befragten Besatzungsmitglieder wurde eine grobe Schilderung des Ablaufs gegeben. Eine detailliertere Stellungnahme wurde der BSU dann über die anwaltliche Vertretung der Reederei übermittelt. Da die ersten Erkenntnisse auf eine technische Fehlfunktion hinwiesen, wurden darüber hinaus erste Daten im Maschinenraum gesichert.

3.2.1 AKACIA

Bei der AKACIA handelt es sich um ein Vollcontainerschiff ohne Ladegeschirr des Typs Sietas 168-L. Die Stellplatzkapazität beträgt 1008 TEU⁷. Die Aufbauten befinden sich achtern. Das Schiff besitzt eine vollständig geschlossene Brücke ohne offene Nocken. Trotz Decksladung war die Sicht zum Unfallzeitpunkt nach voraus nicht mehr als üblich eingeschränkt (Abbildung 5).

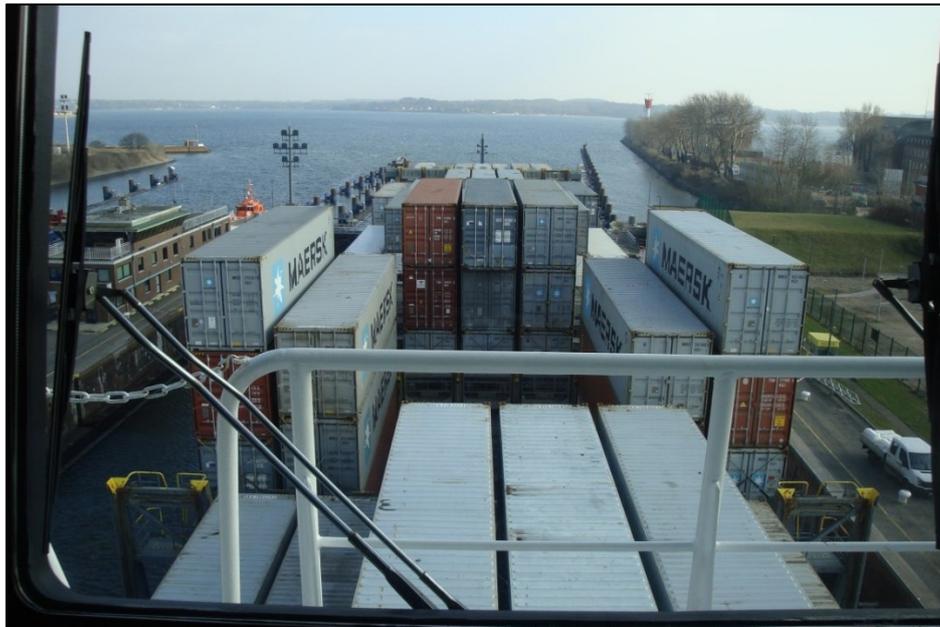


Abbildung 5: Sicht nach voraus von der Brücke der AKACIA

Die AKACIA wird seit November 2017 durch die jetzige Reederei gemanagt. Das Schiff wird im Containerzubringerdienst zwischen Häfen in der Nord- und Ostsee eingesetzt. In der Datenbank der BSU⁸ waren für die AKACIA⁹ zwei Unfälle (2013 und 2015) verzeichnet. Beide Unfälle standen nicht im Zusammenhang mit technischen Fehlern an der Maschinen- oder Verstellpropelleranlage.

Das Schiff besaß zum Unfallzeitpunkt gültige Zeugnisse der Klassifikationsgesellschaft Registro Italiano Navale (RINA). Das Certificate of Class war noch bis zum 30.11.2019 gültig. Die dritte „jährliche Besichtigung“ nach dem Wechsel der Klasse hatte kurz zuvor am 18.02.2018 in Bremerhaven stattgefunden.

Durch die Besatzung wurden drei Berichte zu Notfallübungen im Maschinenbereich vorgelegt. Während der Übungen wurden die folgenden technischen Fehler und deren Behebungen bzw. die sich daraus ergebenden Notmaßnahmen geübt:

- 06.11.2017 - Ausfall des Kreiselkompasses, Fehler an der Hauptmaschine, Fehler an der elektrischen Anlage, Kommunikation im Notfall, Notstromversorgung;
- 25.11.2017 – Betrieb der Notsteueranlage.

⁷ TEU - Twenty-foot Equivalent Unit.

⁸ Erfasst werden Unfälle von Schiffen unter deutscher Flagge weltweit und von Schiffen unter ausländischer Flagge in deutschen Hoheitsgewässern.

⁹ Inklusive des Zeitraums von 11/2004 bis 01/2013 unter dem Namen BLACK SWAN.

Es gibt keine Verpflichtung aus SOLAS, Übungen zum Notbetrieb der Verstellpropelleranlage abzuhalten. Nach Auskunft der Reederei war während der Übungen „Maschinenausfall“ die Funktionsprüfung der Verstellpropellereinheit mit diesem Szenario verknüpft. Außerdem erfolgen generelle Tests des Systems der Verstellpropelleranlage im Rahmen der Checkliste für das Seeklarmachen der Maschine bei jedem Fahrtantritt.

3.2.2 Besatzung

Die Besatzung des Schiffes bestand während der hier untersuchten Reise aus 15 Personen. Davon hatten acht Personen die philippinische Staatsbürgerschaft und jeweils eine Person die Staatsbürgerschaft Estlands, Litauens, Russlands, Rumäniens, Polens, der Ukraine und Deutschlands. Die Bordsprache war englisch. Durch die nautischen Wachoffiziere wurde ein 3-Wachen-System (4-on-8-off) praktiziert. Der Kapitän war grundsätzlich wachfrei. Da der Maschinenbetrieb automatisiert war, wurde durch die technischen Schiffsoffiziere im Normalbetrieb keinem Wachsystem gefolgt. Zum Unfallzeitpunkt befanden sich, wie für die Manöverfahrt vorgesehen, der Leiter der Maschinenanlage¹⁰, im weiteren als CE (Chief Engineer) bezeichnet, und der Zweite technische Schiffsoffizier¹¹, nachfolgend als 2. Ing. bezeichnet, im Maschinenraum. Zusätzlich war der Mechaniker¹², im weiteren als Fitter bezeichnet, im Dienst.

Der estnische Kapitän arbeitete als III. Nautischer Wachoffizier ab 1973. Er fährt seit 1987 als Kapitän auf Frachtschiffen. Der aktuelle Einsatz an Bord der AKACIA hatte am 01.01.2018 begonnen.

Zum Zeitpunkt des Unfalls befanden sich der II. und III. Nautische Wachoffizier auf der Brücke, da der III. Nautische Wachoffizier zum Wachende abgelöst werden sollte. Beide hatten keinen Einfluss auf das weitere Geschehen.

Der polnische CE erlangte sein technisches Patent 2003. Er arbeitet auf der AKACIA seit 2013. Seit 2016 ist er hier als Leiter der Maschinenanlage eingesetzt. Er war für den gegenwärtigen Vertrag am 01.02.2018 an Bord gekommen.

Der ukrainische 2. Ing. arbeitete seit 1994 als technischer Schiffsoffizier an Bord von Schiffen. Die Befähigung für diese Dienststellung besitzt er seit 2017. Für die Reederei arbeitet er seit 2005. Der aktuelle Vertrag begann am 06.12.2017.

Durch die Wasserschutzpolizei wurden kurz nach der Ankunft freiwillige Atemalkoholkontrollen beim Kapitän, den anwesenden nautischen Wachoffizieren, dem Lotsen und den beiden Kanalsteuern durchgeführt. Alle Tests ergaben 0,00 ‰.

3.2.3 Schiffsdatschreiber und andere technische Aufzeichnungen

Die AKACIA ist, gemäß den zum Zeitpunkt der Kiellegung geltenden Vorschriften, mit einem vereinfachten Schiffsdatschreiber des Herstellers Interschalt vom Typ S-

¹⁰ Chief Engineer Officer.

¹¹ Second Engineer Officer.

¹² Engine Rating.

VDR¹³ G4 ausgerüstet. Dieser Schiffsdatenschreiber zeichnet, wie nach den Leistungsanforderungen gestattet, weder Maschinendaten noch Daten zur Verstellpropelleranlage auf. Damit lagen für die Untersuchung nur die Daten der Ruderanlage, der genutzten Radaranlage, die AIS-Daten der Schiffe in der Umgebung sowie die Audioaufzeichnung der Gespräche auf der Brücke und der UKW-Kommunikation vor. In der Maschine auftretende Alarmer konnten so nur anhand ihrer akustischen Signale auf der Brücke im Vergleich mit den Einträgen in den anderen technischen Aufzeichnungen identifiziert werden.

Aufgrund des Alters der Hauptmaschine waren für diese keinerlei Aufzeichnungsmöglichkeiten in einem elektronischen Logbuch oder Fehlerspeicher vorhanden. Die Untersuchung stützt sich daher auf die innerhalb der Steuerung der Verstellpropelleranlage aufgezeichneten Störungen und die wenigen Daten aus dem Alarmdrucker der Maschinenanlage (siehe Punkt 3.2.6).

3.2.3.1 Schiffsdatenschreiber

Die Aufzeichnung des Schiffsdatenschreibers umfasst den Zeitraum vom 17.02.2018, 23:15:00 Uhr (UTC) bis zum 19.02.2018, 23:40:00 Uhr (UTC). Die detaillierte Betrachtung der Aufzeichnungen beginnt für diese Untersuchung 14 Minuten vor dem Auftreffen auf das Schleusentor.

Uhrzeit	Ereignis	v [kn]
23:40:18	Die AKACIA passiert die Bunkerbrücke Projensdorf. Hörbare Vibrationen, die Fahrt hat sich von 9,2 kn auf 8,9 kn reduziert.	8,9
23:43	Zwischen 23:43 Uhr und 23:46 Uhr werden vier entgegenkommende Fahrzeuge im Bereich des Nordhafens passiert. Andauernde Vibrationen weisen auf eine Fahrtreduzierung hin.	8,6

¹³ S-VDR – Simplified Voyage Data Recorder.

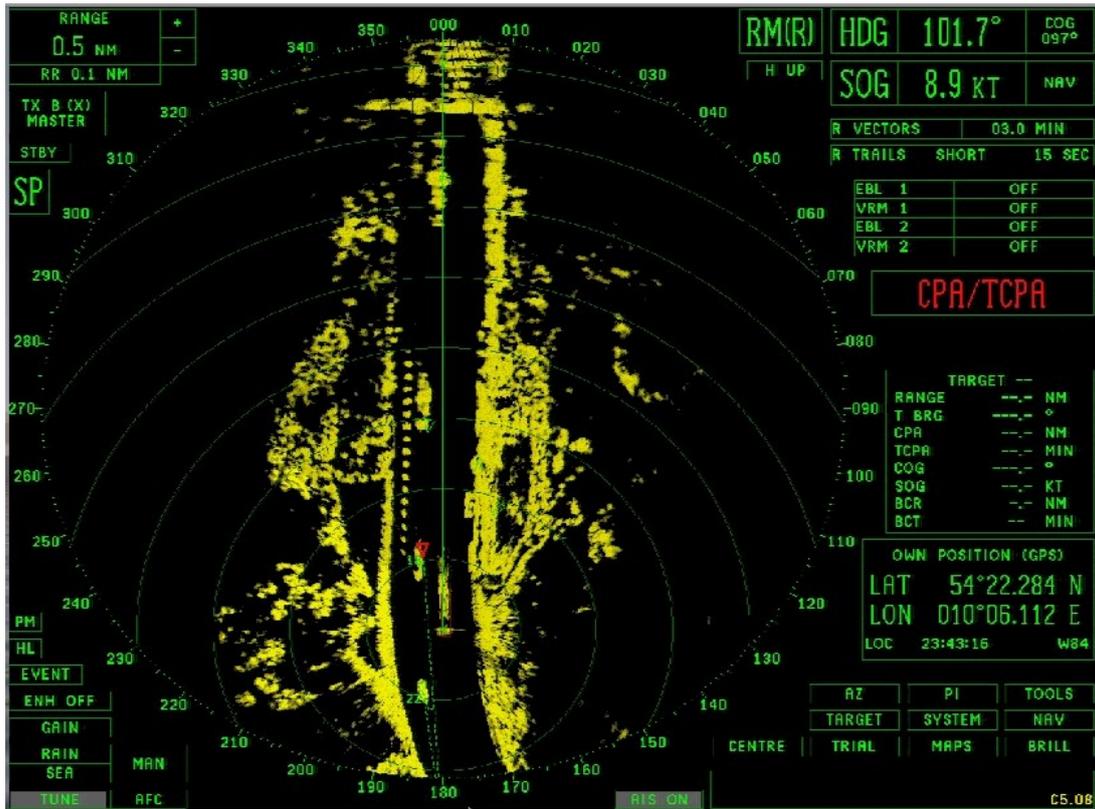


Abbildung 6: Radarbild 23:43:16 Uhr,
 Begegnung mit vier entgegenkommenden Fahrzeugen. Die Holtener Hochbrücke befindet sich am oberen Bildrand.

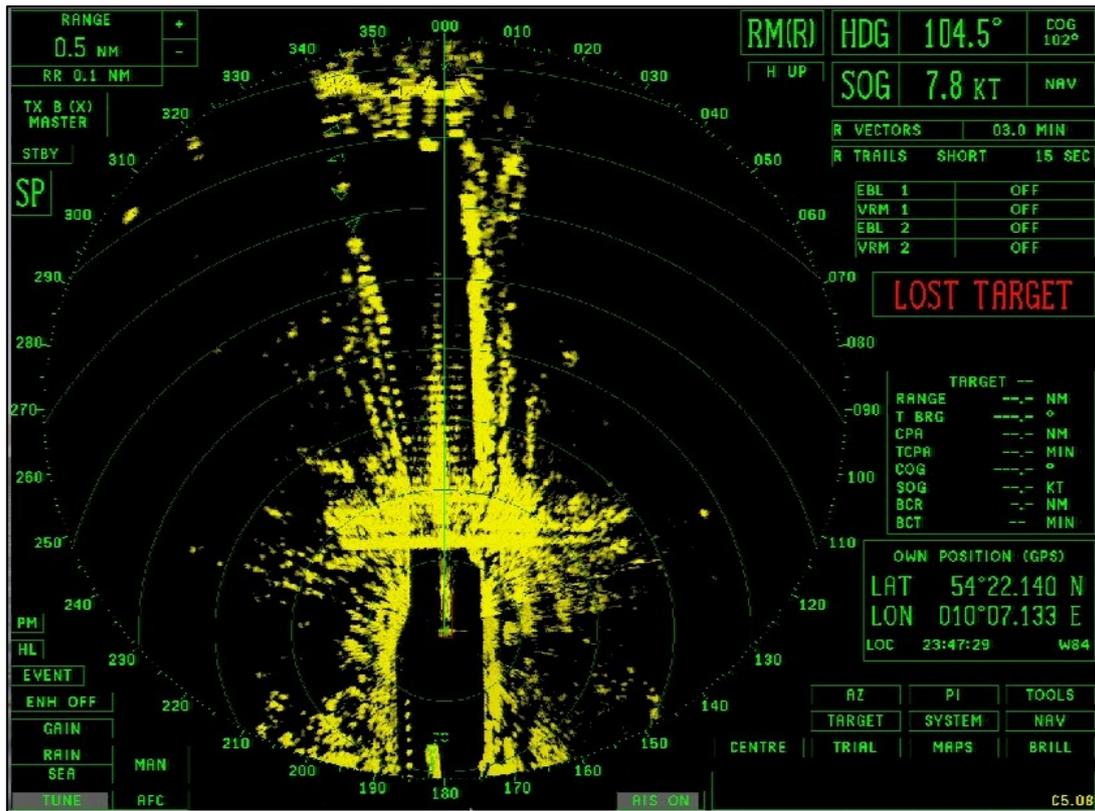


Abbildung 7: Radarbild 23:47:29 Uhr

Uhrzeit	Ereignis	v [kn]
23:48:08	Kapitän ruft die Besatzung auf die Manöverstationen mittels Walkie-Talkie.	7,3
23:48:46	Kapitän: „Okay, the thrusters are ready.“	7,1
23:49:04	Zunahme der Vibrationen, die offensichtlich im Zusammenhang mit dem vorgeschriebenen Rückwärtsmanöver ¹⁴ stehen.	
23:49:15	Lotse: „Pitch is working!“	7,2
23:49:27	Kapitän: „To much speed for the thrusters.“	
23:50:14	Die Intensität der Vibrationen nimmt ab.	6,0

¹⁴ Siehe auch Anmerkung Fußnote 3.

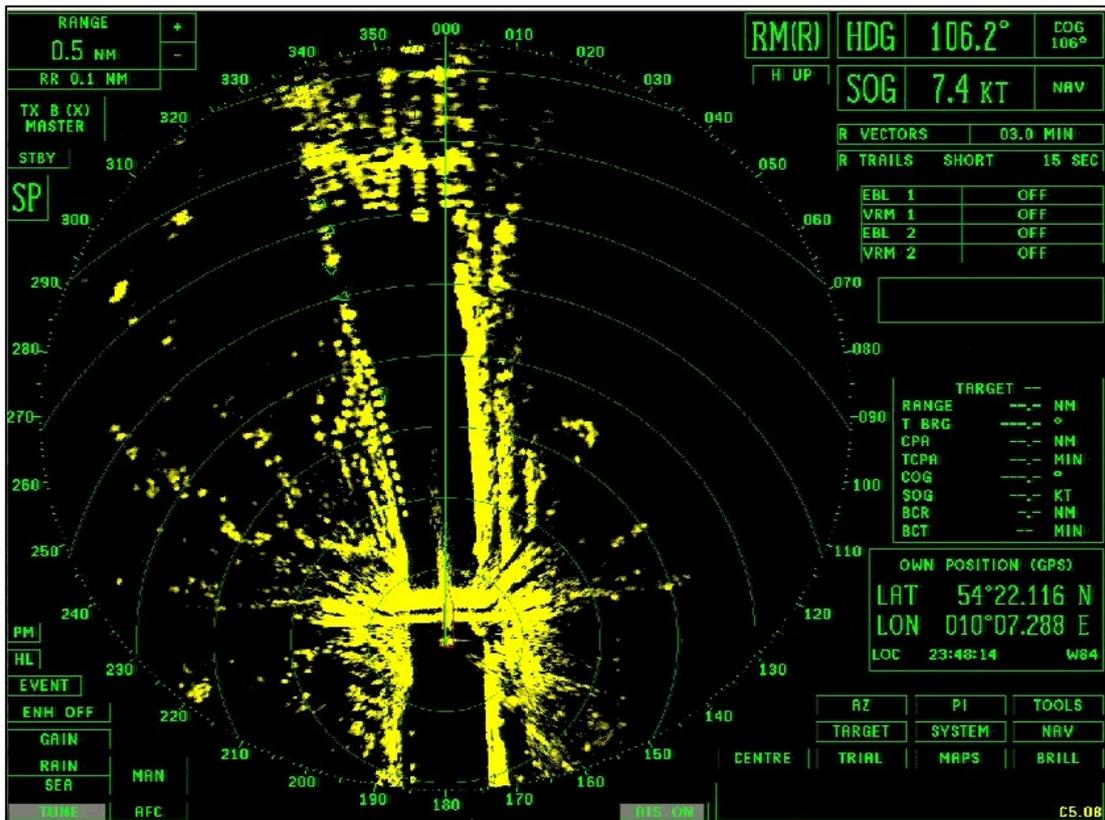


Abbildung 8: Radarbild 23:48:14 Uhr



Abbildung 9: Radarbild 23:48:44 Uhr

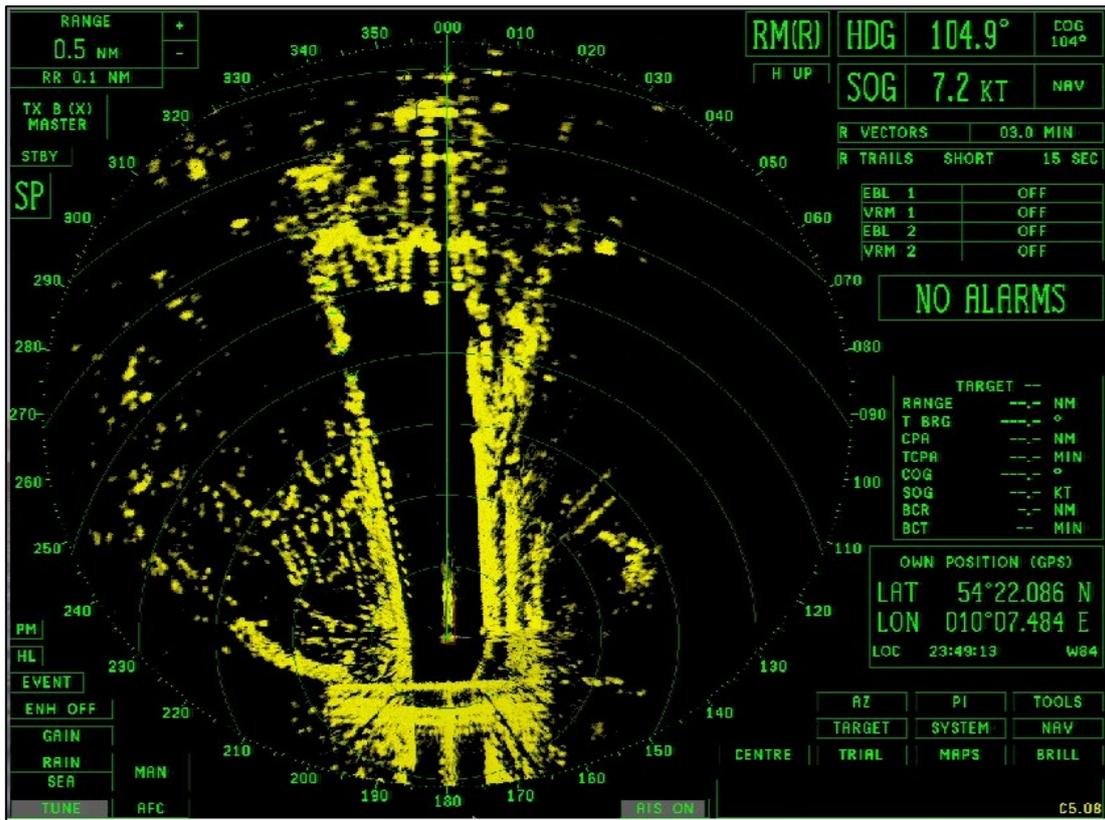


Abbildung 10: Radarbild 23:49:13 Uhr; „Pitch is working.“

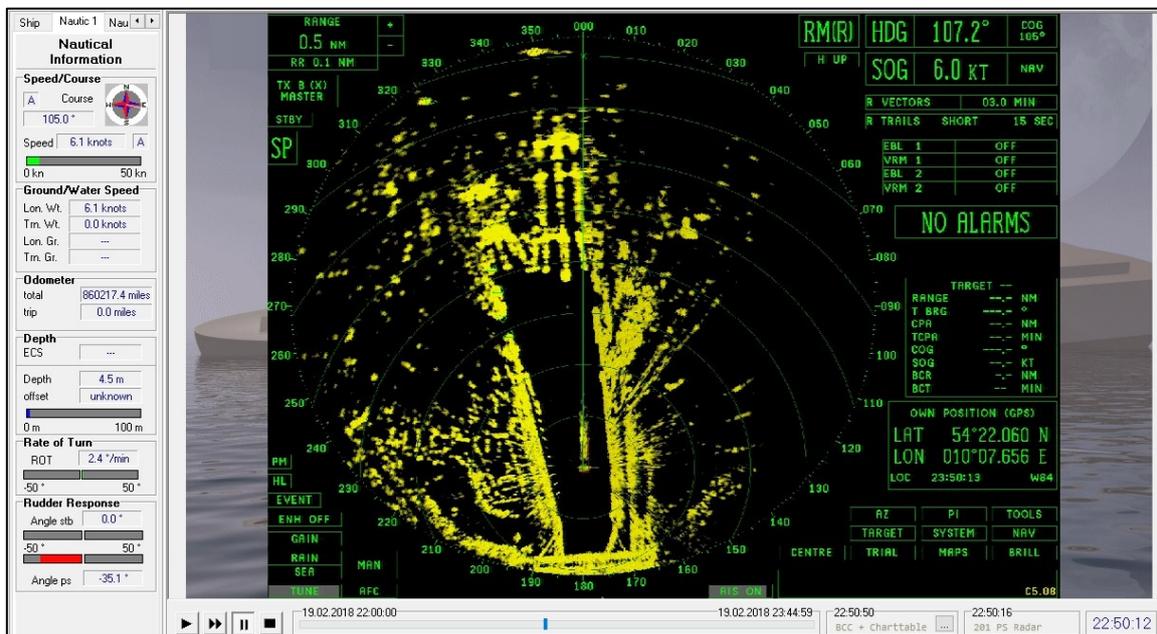


Abbildung 11: Darstellung des Replayers um 23:50:13 Uhr

Aufgrund des Rückwärtsmanövers hat die AKACIA eine Drehung nach steuerbord aufgenommen.

Uhrzeit	Ereignis	v [kn]	Abstand ¹⁵ [kbl]
23:50:28	Zunahme der Vibrationen, hier anscheinend im Zusammenhang einer Steigungsverstellung nach „Voraus“, um das Aufsteuern zu unterstützen.		
23:50:39	Zeitpunkt der geringsten Geschwindigkeit.	5,9	
23:50:42	Alarmton für drei Sekunden.	6,3	4,9
23:50:47	Lotse: „Captain, there is something wrong!“		
23:50:54	Lotse [energisch]: „You see, we are speeding up!“		
23:50:59	Es ertönt ein neuer Alarmton.	7,2	4,7
23:51:08	Lotse [energischer]: „We are speeding up!“		
23:51:21	Lotse [sehr energisch]: „I have no engine here!“		
23:51:26	Kapitän [murmelnd]: „Emergency stop.“		3,9
23:51:29	Lotse: „Kiel-Kanal IV für AKACIA!“	8,6	
	Kiel-Kanal IV: „AKACIA – Kiel-Kanal IV“		
23:51:35	Lotse: „Wir haben hier absolute Maschinenprobleme. Die Maschine ist auf „Voll Voraus“.“		
23:51:35	Ein neuer und für sieben Sekunden andauernder Alarmton.		



Abbildung 12: Radarbild 23:50:43 Uhr

¹⁵ Ca. Abstand des Bugs zum seeseitigen Schleusentor. Der Abstand der Antenne zum Bug des Schiffes beträgt ca. 139 m (0,76 kbl).



Abbildung 13: Radarbild 23:50:58 Uhr

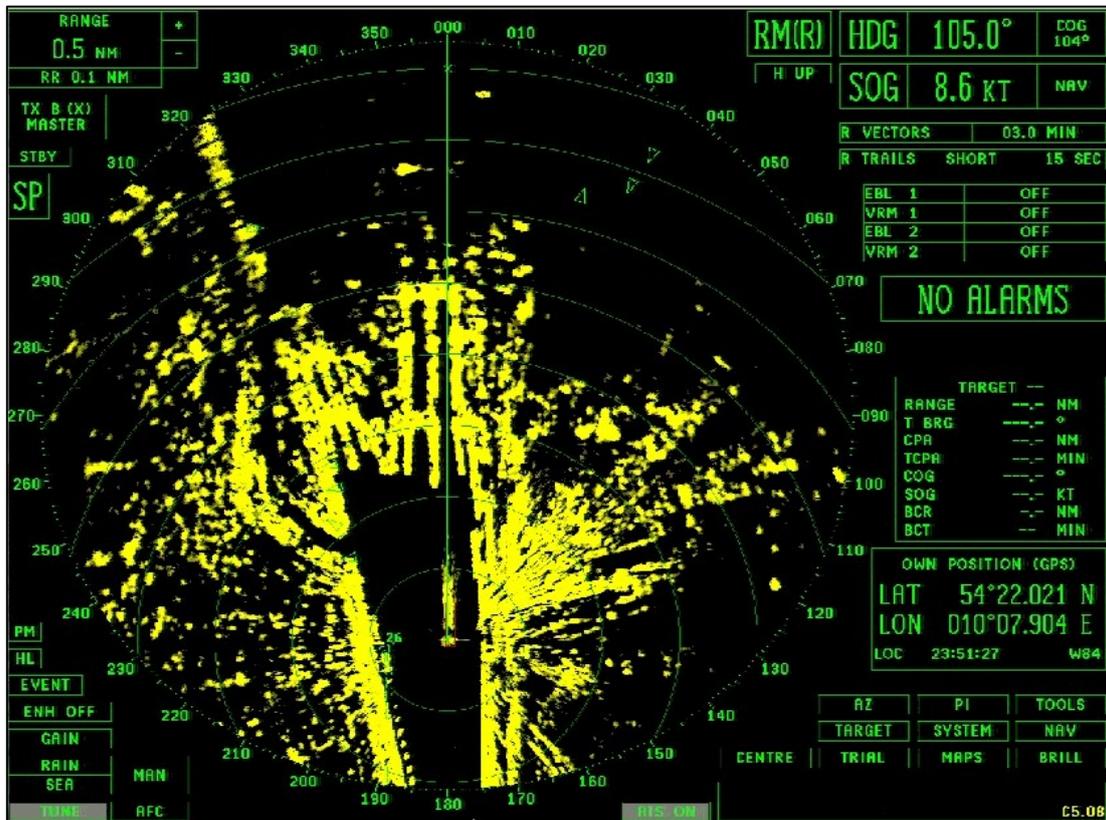


Abbildung 14: Radarbild 23:51:27 Uhr

Uhrzeit	Ereignis	v [kn]	Abstand ¹⁶ [kbl]
23:51:42	Unbekannter auf der Brücke: „Hat der keinen Notstopp?“	9,2	
23:51:51	Kiel-Kanal IV: „Ist der Anker klar? Dann könnten sie noch den Anker werfen. Nachher ist schlecht.“		
23:51:56	Lotse [fordernd]: „Let go both anchors, captain!“		3,1
23:51:58	Kapitän (Anruf über Walkie-Talkie) [ebenfalls fordernd]: „Let go both anchors. Let go both anchors!“	9,7	
23:52:09	Kapitän wiederholt die Aufforderung zum Fallenlassen der Anker, nachdem über Funk nachgefragt wird. Ein Telefon klingelt.		2,8 (23:52:12 Uhr)
23:52:15	Kapitän: „Okay, Emergency stop.“ Anschließend wird das Telefon aufgelegt.	10,1	
23:52:22	Ein kurzes Signal mit dem Typhon.		
23:52:26	Lotse: „Bringen sie die Leute in Deckung Kiel-Kanal IV. Hier kommt Garnichts.“	10,4	2,5
23:52:30	Lotse flucht.		

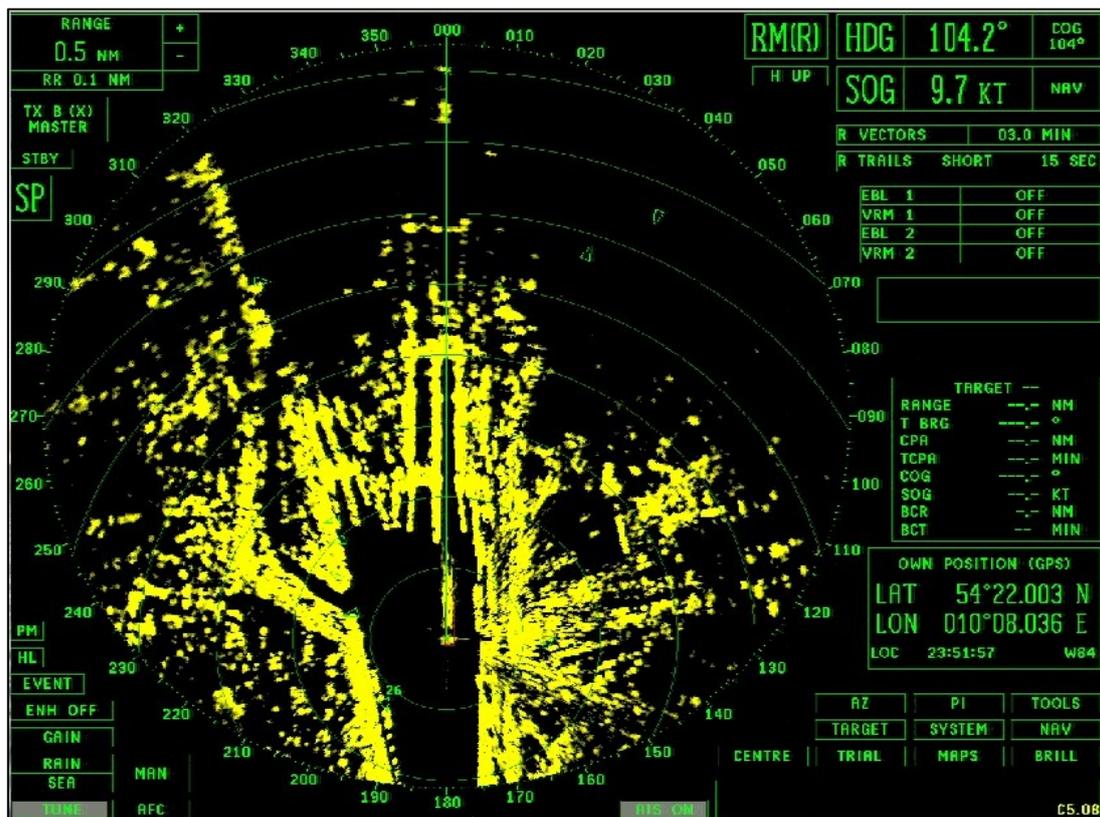


Abbildung 15: Radarbild 23:51:57 Uhr

¹⁶ Ca. Abstand des Bugs zum seeseitigen Schleusentor. Der Abstand der Antenne zum Bug des Schiffes beträgt ca. 139 m (0,76 kbl).

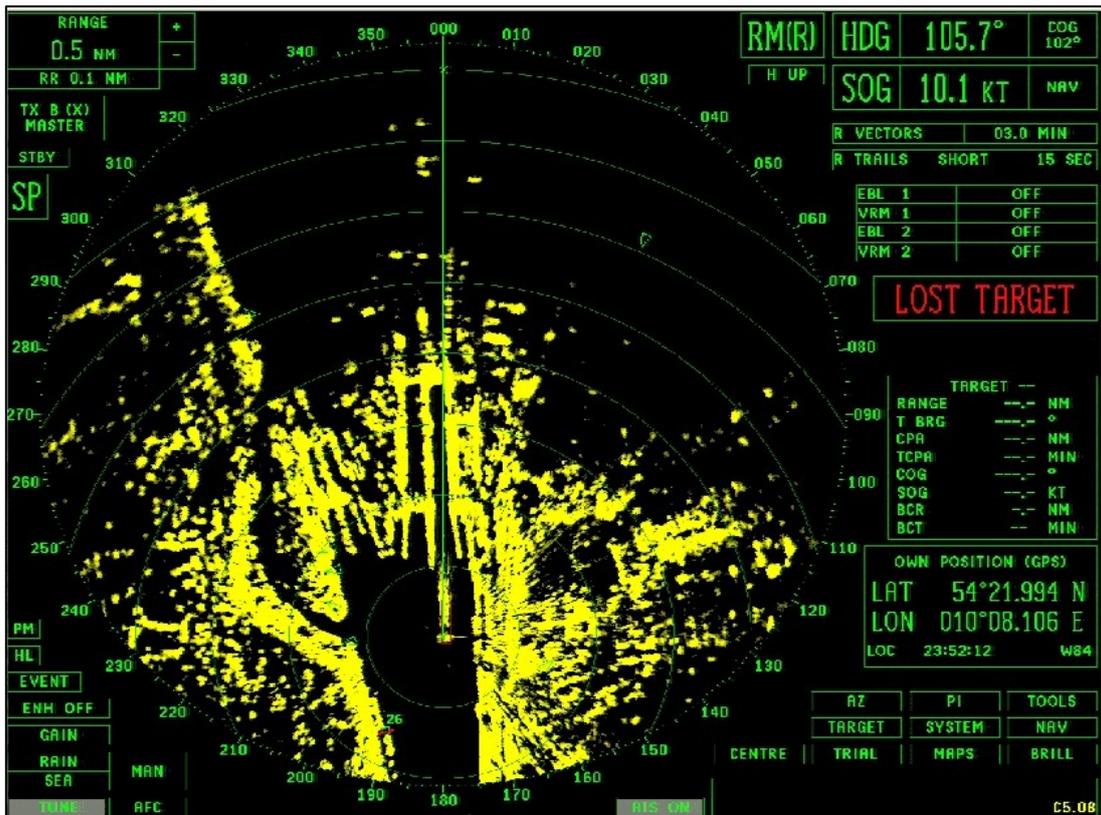


Abbildung 16: Radarbild 23:52:12 Uhr

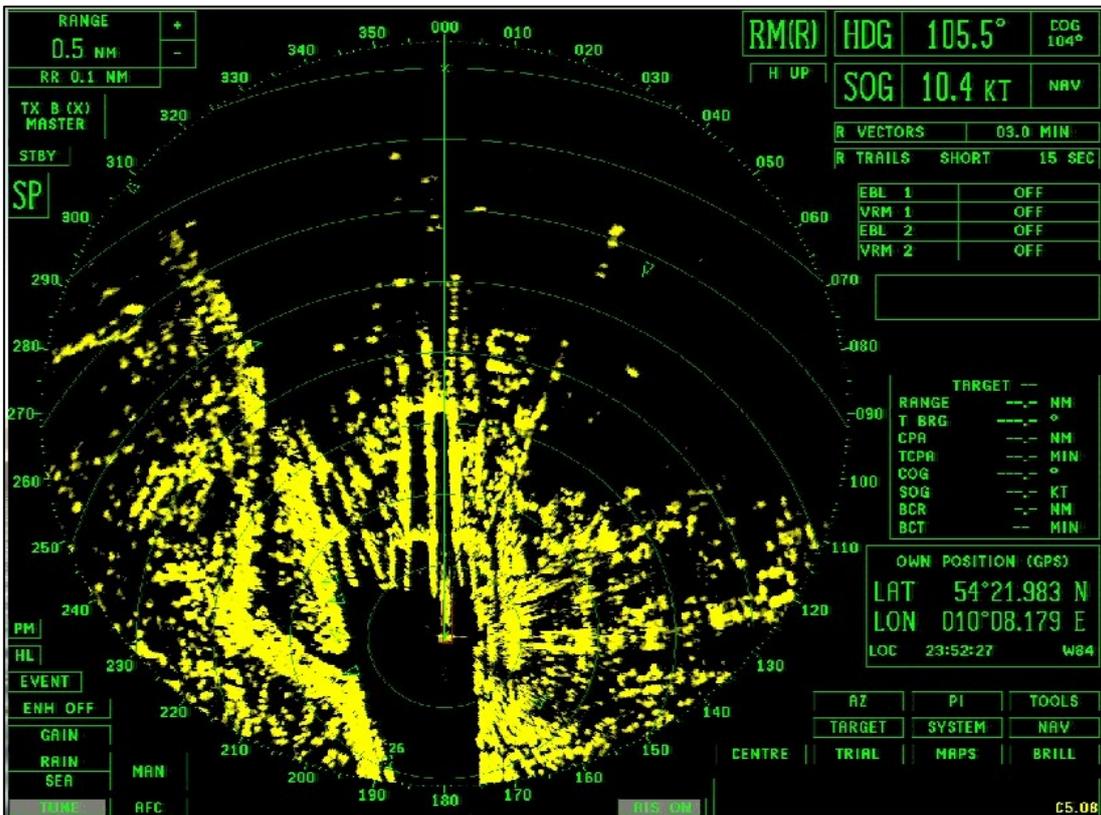


Abbildung 17: Radarbild 23:52:27 Uhr

Uhrzeit	Ereignis	v [kn]	Abstand ¹⁷ [kbl]
23:52:32	Hörbare Vibrationen für die nächsten 16 Sekunden.		
23:52:45	Lotse: „Das kann doch nicht angehen.“	10,7	1,9
23:52:48	Kapitän (weiter vom Mikrofon entfernt): „Let go both anchors.“		
23:52:57	Lotse: „Der Wahnsinn.“		
23:53:11	Information über Walkie-Talkie von der Back (unverständlich).	9,8	1,0
23:53:14	Kapitän: „Let go. Fall the ... fall the anchors.“ ¹⁸		
	Es sind Vibrationen mit anderer Frequenz hörbar.		
23:53:56	Kapitän (zu unbekanntem Adressaten): „Emergency stop. Emergency stop engine!“	8,1	0,2
23:54:02	Anfahrung des Schleusentores. Der hörbare Alarmton dauert an.		
23:54:21	Alarmton aus.		



Abbildung 18: Radarbild 23:53:12 Uhr

¹⁷ Ca. Abstand des Bugs zum seeseitigen Schleusentor. Der Abstand der Antenne zum Bug des Schiffes beträgt ca. 139 m (0,76 kbl).

¹⁸ Nach Auffassung der Reederei sagt der Kapitän: „Let go. All the ... all the anchors.“ Die Aussage des Kapitäns wird durch die Reederei insgesamt als Bestätigung und Reaktion auf den Funkspruch von der Back verstanden.

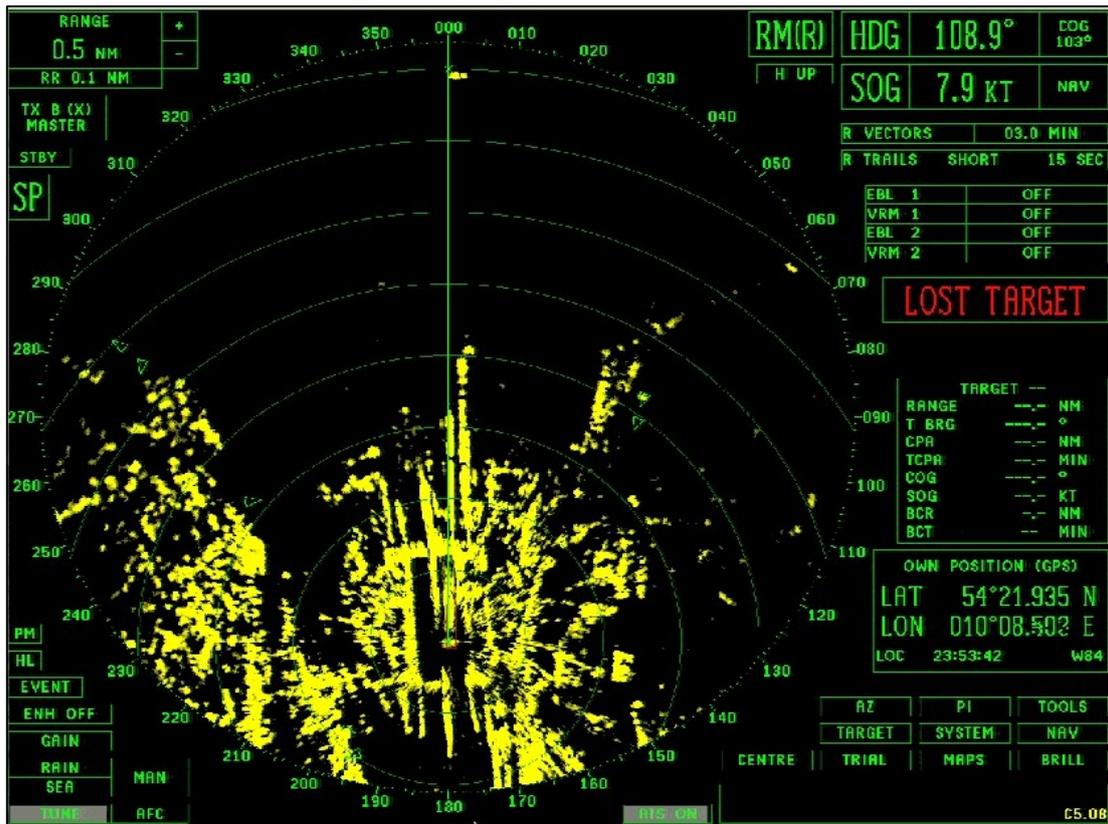


Abbildung 19: Radarbild 23:53:42 Uhr

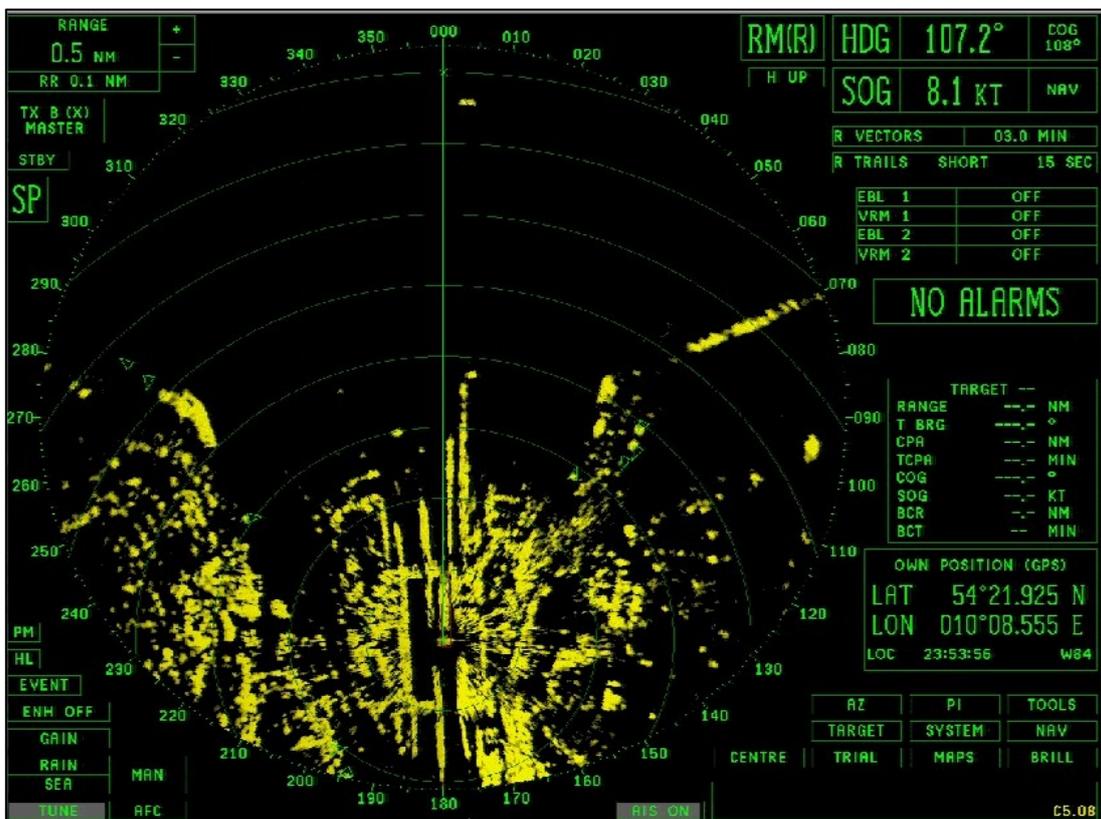


Abbildung 20: Radarbild 23:53:56 Uhr; „Emergency stop“



Abbildung 21: Radarbild 23:54:11 Uhr

3.2.4 Verstellpropelleranlage

3.2.4.1 Beschreibung der Verstellpropelleranlage

Die AKACIA ist mit einer Verstellpropelleranlage ausgestattet. So können bei konstanter Drehzahl der Hauptmaschine Änderungen der Schiffsgeschwindigkeit bzw. der Fahrtrichtung allein durch die Verstellung der Propellerflügel bewirkt werden.

Die Antriebsanlage der AKACIA hat den in Abbildung 22 dargestellten grundsätzlichen Aufbau. Die in dieser Abbildung sichtbaren Bauteile der Verstellpropelleranlage sind in grauer Farbe dargestellt. Dazu gehören der verstellbare Propeller mit verstellbaren Flügeln, die Antriebswelle und die Ölzuführung, die im Weiteren als OD-Box bezeichnet wird. Die Oil Distribution (OD) Box befindet sich dabei in Fahrtrichtung vor dem Reduziergetriebe (Gearbox).

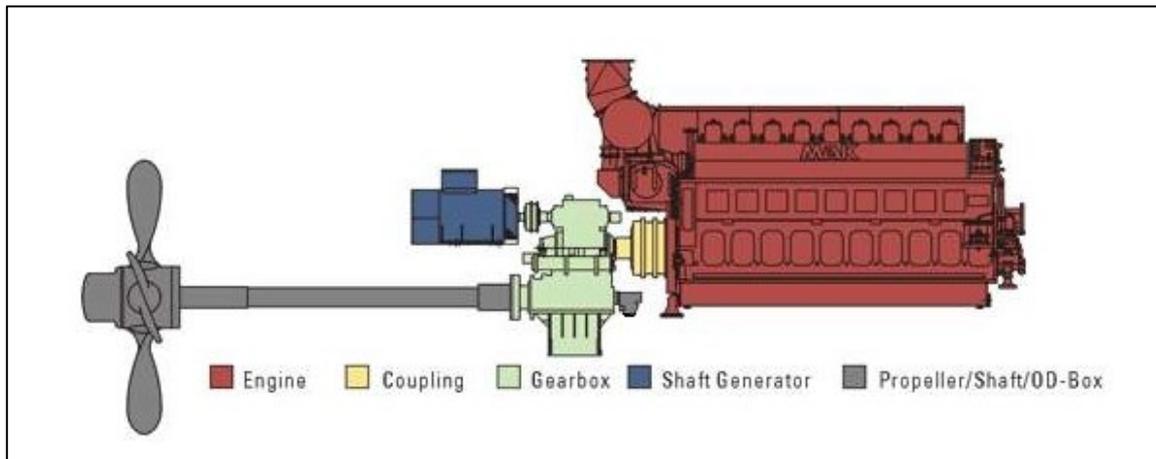


Abbildung 22: Aufbau des Antriebs¹⁹

Auf der AKACIA ist ein Verstellpropeller des Herstellers SCHOTTEL vom Typ SCP 141 4XG verbaut (siehe Abbildung 23). Die Bezeichnung hat die folgende Bedeutung:

- SCP – SCHOTTEL Controllable Pitch Propeller
- 141 – Größe der Verstellpropellernabe (Hub), Durchmesser in cm
- 4 – Anzahl der Propellerblätter
- X – der Hydraulikzylinder befindet sich innerhalb der Propellernabe
- G – die OD-Box befindet sich vor dem Reduziergetriebe.

Der in Abbildung 23 links dargestellte Tank nimmt das für die Schmierung des Stevenrohrs nötige Öl auf. Der Tank rechts enthält das Hydrauliköl für die Verstellpropelleranlage. Dabei wird durch das Öl einerseits der Kolben bewegt und andererseits die Schmierung der beweglichen Teile innerhalb der Propellernabe gewährleistet.

¹⁹ www.dieseldruck.info/machine/02%20propulsion/shafting/index.htm, abgerufen am 15.05.2019.

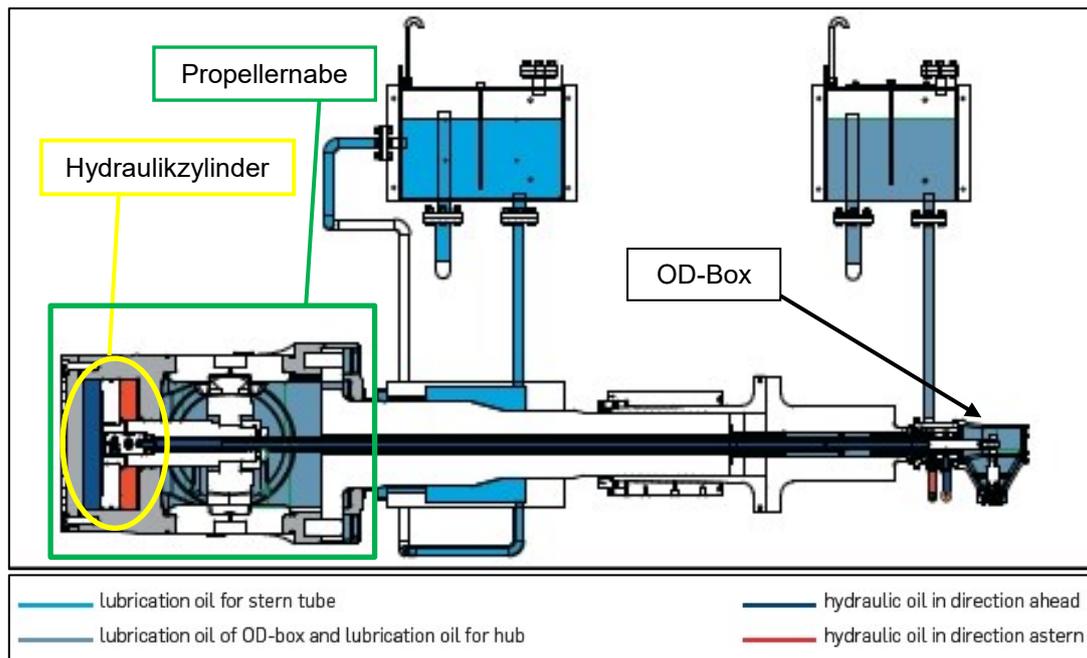


Abbildung 23: Schema einer SCHOTTEL SCP_XG-Anlage²⁰

Der Hydraulikzylinder zum Drehen der Propellerblätter befindet sich in der Propellernabe. Die OD-Box ist vor dem Getriebe installiert. Das Hydraulikaggregat und der Zulauf zur OD-Box werden nicht dargestellt.

Die Verstellpropelleranlage der AKACIA wird durch die üblichen und nachfolgend genannten Bauteile gebildet.

3.2.4.2 Hydraulikaggregat

Das Hydraulikaggregat²¹ besteht aus einem Tank, der das Öl für den Antrieb des Hydraulikzylinders enthält. Zwei dazugehörige elektrisch betriebene Pumpen sind oberhalb des Tanks montiert. Jeweils eine der Pumpen ist im Normalbetrieb in der Lage, den im System benötigten Druck aufzubauen. Der Nominaldruck beträgt 80 bar \pm 5 bar. Weitere wesentliche Elemente des Hydraulikaggregats sind die außerhalb des Tanks montierten zwei Filterelemente, von denen jeweils ein Filter genutzt wird, und das Proportionalventil (Abbildung 25).

Nach dem Ansaugen durch die Pumpen passiert das Öl zunächst ein Rückschlagventil und dann eines der beiden Filterelemente. Anschließend durchströmt es das Proportionalventil. Das Proportionalventil ist ein 4/3-Wegeventil. Das bedeutet, dass das Ventil vier Anschlüsse und drei Schaltstellungen hat. Dieses Ventil dient der Umsetzung der an der Bedieneinheit der Steigungsverstellung auf der Brücke (Abbildung 3) gewählten Stellung/Steigung der Propellerblätter. Das Ventil schaltet den von der Pumpe kommenden Ölstrom (Zulauf P – 1. Anschluss) für eine der beiden Bewegungsrichtungen der Steigungsverstellung frei (siehe dazu Abbildung 24). Falls keine Steigungsverstellung notwendig ist, wird der Öldruck im System nach dem

²⁰ Entnommen aus der Broschüre CP-Propeller: <https://www.schottel.de/de/schiffsantriebe/scp-verstellpropeller>. Stand 20.12.2018.

²¹ Engl.: Hydraulic Power Unit.

Passieren des Proportionalventils durch ein Druckminderungsventil reduziert und das Öl fließt über den Ölkühler in den Tank zurück (Rücklauf **T** – 2. Anschluss).

Bei einer gewünschten Steigungsverstellung verstellt sich das Proportionalventil entsprechend und gibt entweder die Leitung für die Verstellung in Vorausrichtung (**A** - 3. Anschluss) oder die Leitung für die Verstellung in Achterausrichtung (**B** - 4. Anschluss) der beiden Leitungen zur OD-Box frei. Das Öl strömt auf die entsprechende Seite des Hydraulikzylinders und bewegt diesen in die gewünschte Stellung. Das in der zuvor mit Druck beaufschlagten Kammer des Hydraulikzylinders befindliche Öl fließt über das Proportionalventil und den Ölkühler in den Tank zurück.

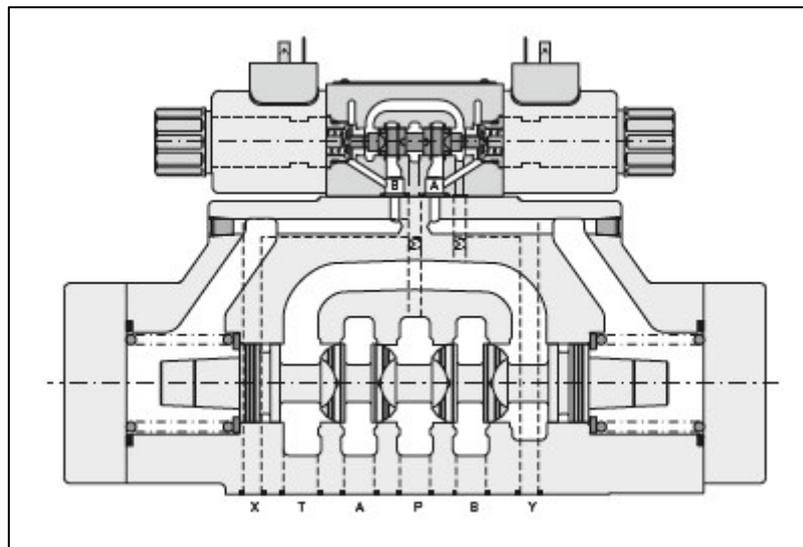


Abbildung 24: Seitenansicht des Proportionalventils

Die Schaltstellungen sind dem zufolge: 1. Voraus, 2. Achteraus, 3. Rücklauf. Die Verstellung in Achterausrichtung bedeutet dabei nicht zwangsläufig eine Rückwärtsfahrt des Schiffes. Sie kann beispielsweise auch nur eine Verstellung der Steigung von 100 % Voraus auf 50 % Voraus bedeuten und v.v.

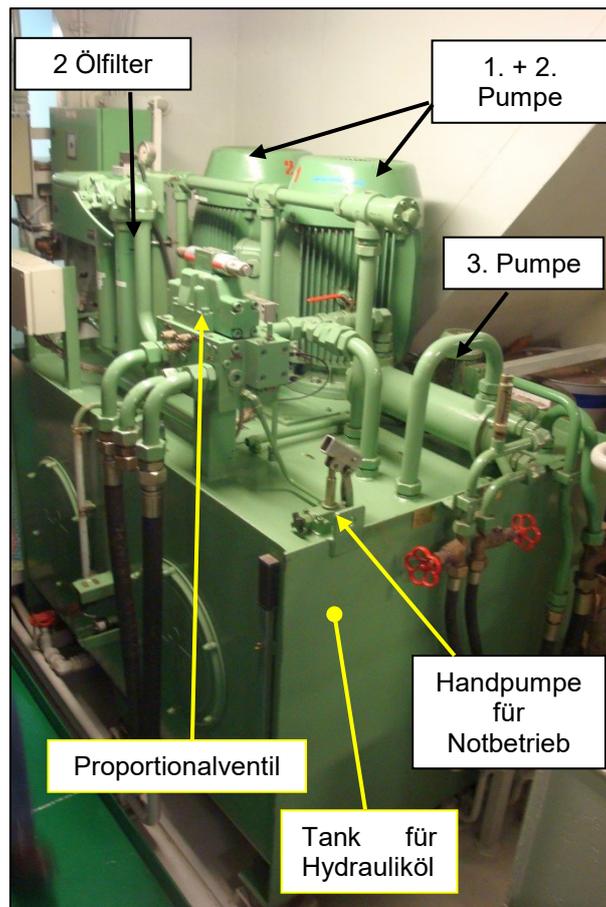


Abbildung 25: Hydraulikaggregat

Auf dem Tank ist darüber hinaus eine dritte, kleinere Pumpe installiert, die der Zirkulation des Hydrauliköls dient.

3.2.4.3 OD-Box

Die OD-Box befindet sich als eine Art Flansch auf der hohlen Propellerwelle. Sie stellt die Verbindung zwischen den außerhalb und innerhalb der Propellerwelle befindlichen Ölleitungen her. In der OD-Box wird gleichzeitig die aktuelle Steigung der Flügel erfasst und an das Steuerungssystem übermittelt.

Über die OD-Box wird neben dem Hydraulikzylinder in der Propellernabe auch der gesamte übrige Teil der Nabe mit Öl aus der Hydraulikanlage versorgt (siehe Abbildung 23).

3.2.4.4 Propellerwelle

Innerhalb der Propellerwelle werden die ineinander liegenden Ölleitungen zur Propellernabe geführt.

3.2.4.5 Propellernabe

An der Propellernabe²² sind die drehbaren Propellerflügel befestigt. In der Propellernabe befindet sich der Hydraulikzylinder/-kolben. Je nach beaufschlagter

²² Englisch = Hub.

Fläche, also Vor- oder Rückseite des Kolbens, kann die Richtung der Flügelsteigung geändert werden. Dabei wird in der Propellernabe die axiale Wegänderung des Hydraulikkolbens durch die dort befindliche Mechanik in eine Drehbewegung bzw. Verstellung der Steigung der Propellerflügel umgesetzt.

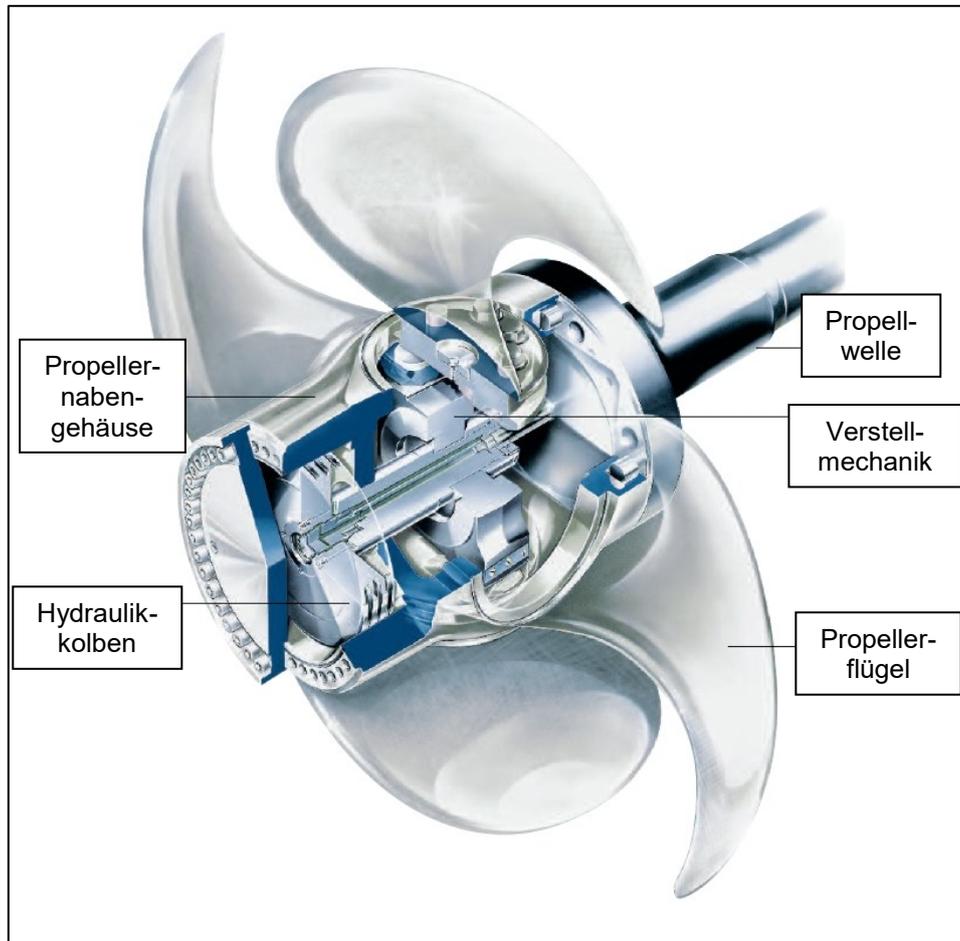


Abbildung 26: Propellernabe²³

3.2.4.6 Übersicht über das Hydrauliksystem für die Verstellung der Flügel

Zur besseren Verständlichkeit wird nachfolgend eine schematische Darstellung des Hydrauliksystems der Verstellpropelleranlage gezeigt.

²³ Entnommen aus der Broschüre CP-Propeller: <https://www.schottel.de/de/schiffsantriebe/scp-verstellpropeller>. Stand 20.12.2018.

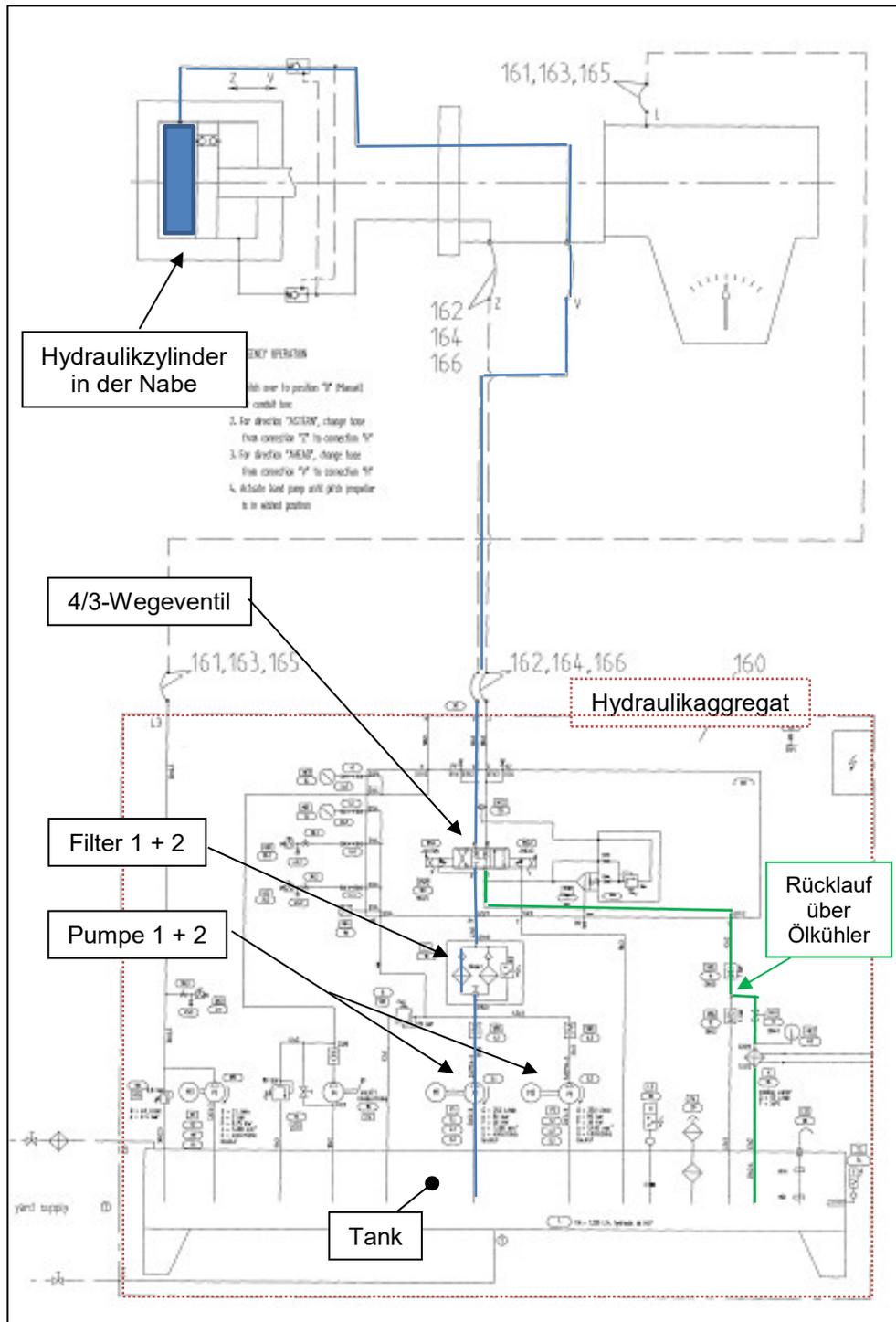


Abbildung 27: Schematische Darstellung des Hydrauliksystems²⁴

In **blauer Farbe** wird der Weg des Hydrauliköls für eine Verstellung in Vorrichtung dargestellt. Falls keine Verstellung erfolgt, wird das Öl zurück in den Tank befördert (Rücklauf) (Darstellung in **grüner Farbe**).

²⁴ Abbildung aus Dokumentation Verstellpropelleranlage Typ SCP 141/4-XG von SCHOTTEL.

3.2.4.7 Steuerungsmöglichkeiten der Verstellpropelleranlage

3.2.4.7.1 Normaler Betrieb

Die normale Steigungsverstellung kann mit den Bedieneinheiten auf der Brücke (eine in der zentralen Brückenkonsole und jeweils eine in den Nocken) oder mit der im Maschinenraum befindlichen Bedieneinheit erfolgen. Dabei wird auf der Brücke an allen drei Stellen die Steigung mittels der in Abbildung 3 ersichtlichen Bedieneinheit (Pitch Controller) verstellt. Im Maschinenraum geschieht dies über den Drehknopf im Feld rechts oben (Abbildung 28).



Abbildung 28: Fahrstand der Verstellpropelleranlage im Maschinenraum
 Zum Zeitpunkt der Aufnahme lag die Kontrolle auf der Brücke.

Grundsätzlich sind zwei computergestützte Betriebsarten im normalen Betrieb möglich. Das ist zum einen der sogenannte kombinierte Betrieb²⁵. Dabei werden die Steigung und die Drehzahl der Maschine mit dem Bedienhebel der

²⁵ Englisch: Combinator Mode.

Steigungsverstellung geregelt. Die Relation zwischen Drehzahl und Steigung wird mittels in der Steuerung hinterlegter Kurven durch das System selbst eingestellt.

Zum Unfallzeitpunkt wurde die gesamte Steuerung in der zweiten Betriebsart mit konstanter Drehzahl²⁶ betrieben. Dabei wird durch den Bedienhebel nur die Steigung der Propellerflügel beeinflusst. Die Maschinendrehzahl wird dagegen durch das System konstant gehalten. Das bedeutet, dass erst bei Überlast der Hauptmaschine die Propellersteigung automatisch gemäß der Lastkurve des Herstellers reduziert wird. Diese Betriebsart wird in der Regel während der Manöverfahrt gewählt, wenn gleichzeitig der Wellengenerator betrieben wird.

3.2.4.7.2 Backup-Betrieb

Bei einer Systemstörung innerhalb der computergestützten Hauptsteuerung kann mit Hilfe der Backup-Steuerung eine Verstellung der Steigung erreicht werden. Dies ist an allen Bedienständen auf der Brücke und an der im Maschinenraum befindlichen Bedieneinheit möglich. Die Backup-Steuerung umgeht den Computer und wirkt elektrisch direkt auf das Proportionalventil. Die Verstellung der Steigung erfolgt dabei mittels der Druckknöpfe im Bedienpult in Voraus- oder Achterausrichtung. Die aktuelle Steigung kann jeweils an der Anzeige der Steigungsverstellung abgelesen werden.

Das Einschalten der Backup-Steuerung erfolgt durch das Drücken des Knopfes „BACK-UP CONTROL ON“ (Abbildung 29). Die Steigungsverstellung erfolgt dann durch das Drücken der Knöpfe „PITCH AHEAD“ oder „PITCH ASTERN“. Während des Betriebs der Backup-Steuerung blinkt die Taste „TAKE OVER“. Durch das einfache Drücken dieser Taste gelangt man in den Normalbetrieb zurück. Die Stellung des Bedienhebels und die tatsächliche Steigung müssen dazu nicht übereinstimmen.

Haupt- und Backup-Steuerung sind nicht dafür ausgelegt (und müssen es auch nicht sein) zu erkennen, ob ein mechanischer Fehler innerhalb des Systems, beispielsweise im Proportionalventil, vorliegt. Daher ist das Umschalten auf die Backup-Steuerung möglich, solange kein elektrischer Fehler vorliegt. Ein vorhandener elektrischer Fehler, der das Umschalten verhindert, würde dazu führen, dass die Taste „BACK-UP CONTROL ON“ nicht aufleuchtet.

²⁶ Englisch: Constant Engine Speed Mode.



Abbildung 29: Ausschnitt aus dem Bedienpanel der Verstellpropelleranlage auf der Brücke

3.2.4.7.3 Notbetrieb

Im Falle eines tiefergehenden Systemausfalls kann, bei noch laufenden Hydraulikpumpen, eine Verstellung direkt am Proportionalventil durch manuelle Betätigung erfolgen (siehe Abbildung 30).

Bei einem Ausfall der Pumpen kann der Pumpdruck mittels einer Handpumpe erzeugt werden. Allerdings kann eine Verstellung dann nicht bei sich drehender Propellerwelle erfolgen. Auf eine eingehendere Beschreibung wird hier verzichtet, da es nicht zu einem Ausfall der Hydraulikpumpen kam. Nach Aussage des CE sind für die Umstellung auf diesen Betrieb ca. 1,5 Minuten notwendig.

Eine Beschreibung der Notfallmaßnahmen befand sich direkt am Hydraulikaggregat. Auf dem in eine Folie eingeschweißten Blatt war ersichtlich, dass die Notfallmaßnahmen Bestandteil des Handbuchs zum Safety Management System sind.



Abbildung 30: 4/3-Wege-Proportionalventil und manuelle Betätigung

3.2.5 Untersuchung der Verstellpropelleranlage

3.2.5.1 Feststellung der verschiedenen Systemzeiten

An der Vorderseite des Schaltschranks der Verstellpropelleranlage (Central Unit) im Maschinenkontrollraum (MKR) befindet sich ein Display, das zur Darstellung einiger Informationen und der Alarme dient.

Der Inhalt der dort lesbaren Daten wurde das erste Mal am 20.02.2018 während der ersten Begehung des Schiffes durch die Untersucher in Augenschein genommen. Dabei wurde festgestellt, dass der erste mit dem weiteren Unfallverlauf in Zusammenhang stehende Alarm mit folgender Information angezeigt wurde (siehe Abbildung 31):

„1 00093 19.02.18 14:17:33 error pitch / pitch controller“

Der nach Auffassung der Untersucher damit im Zusammenhang stehende Ausdruck des Alarmdruckers im MKR lautet (siehe Abbildung 32):

„01A4 01.02/08:24 AL1 Remote Contr. Fail. CPP ON“

Auch dieser Ausdruck wurde im Rahmen der ersten Besichtigung zur Kenntnis genommen. Es wird darauf hingewiesen, dass der Ausdruck nur minutengenau erfolgt.

Der erste und nach Meinung der BSU-Untersucher ebenfalls dazugehörige akustische Alarm auf der Brücke begann am 19.02.2018 um 22:50:42 UTC²⁷ bzw. um 23:50:42 Uhr Bordzeit, die der Ortszeit entspricht. Da sich die unter Pkt. 3.2.3.1 eingeführten Radarbilder auf die Ortszeit beziehen, wird diese im weiteren Verlauf als Referenzzeit genutzt.

²⁷ Laut der Audioaufzeichnung des Schiffsdatschreibers.

Der Unterschied zwischen der Ortszeit und der Systemzeit der Verstellpropelleranlage betrug demnach -09:33:09 Stunden. Die Zeitdifferenz zwischen der Ortszeit und dem Alarmausdruck für die Maschinenanlage betrug -18 Tage 15 Stunden 26 Minuten.

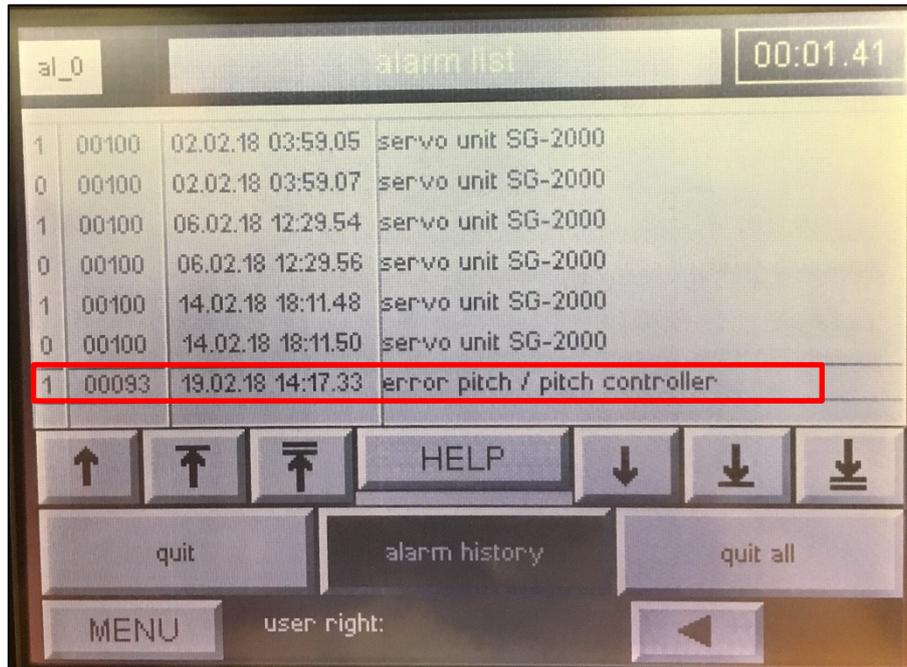


Abbildung 31: Erster Alarm im Zusammenhang mit dem Unfall
 Auszug aus dem Alarmlog der Central Unit der Verstellpropelleranlage

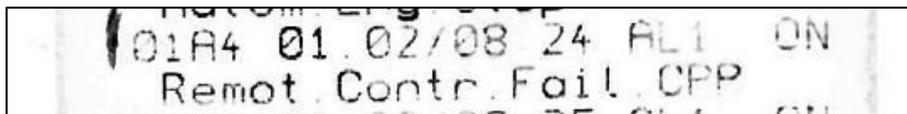


Abbildung 32: Auszug aus dem Ausdruck des Alarmdruckers im MKR

3.2.5.2 Fehlermeldungen der Verstellpropelleranlage

Auf der Brücke des Schiffes befindet sich kein Display, welches verschiedene Fehlermeldungen aus dem System Verstellpropelleranlage in irgendeiner Art ausgeben könnte. Die Funktion oder Nichtfunktion wird nur durch das Aufleuchten von Signallampen im Bedienpult dargestellt. Eine „Nichtfunktion“ bezieht sich dabei immer nur auf den elektrischen Teil der Steuerung.

Das im Maschinenkontrollraum befindliche Display in der Tür des Schaltschranks der Verstellpropelleranlage (siehe Abbildung 31) gibt nur Fehlermeldungen aus, die sich auf den elektrischen Teil der Steuerung beziehen. Eine mögliche mechanische Ursache lässt sich aus den Fehlermeldungen in der Regel nicht unmittelbar ableiten.

Die erste Fehlermeldung trat, wie oben festgestellt, um 23:50:42 Uhr (14:17:33 Uhr + 9:33:09 Stunden) auf. Die Meldung (siehe Abbildung 31) wies auf einen Fehler in der Steuerung hin. Dabei hat die Fehlermeldung 00093 die in Abbildung 33 dargestellte Bedeutung. Der Fehler tritt auf, wenn die Differenz zwischen Steigungssollwert und Steigungsistwert einen festgelegten Wert überschreitet. Dieser Fehler konnte nicht auf

der Brücke ausgelesen werden. Hier erfolgte lediglich eine akustische Alarmierung (23:50:42 Uhr). Auf der Brücke wurde aber ersichtlich, dass die Steigung der Propellerflügel ohne Beeinflussung durch den Stellhebel in Richtung 100 % lief. Der Lotse machte den Kapitän um 23:50:47 Uhr darauf aufmerksam: „Captain, there is something wrong.“.

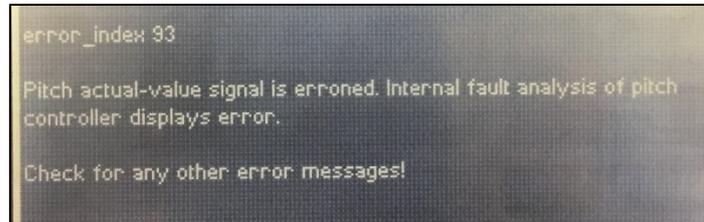


Abbildung 33: Verstellpropelleranlage: Bedeutung des Fehlers 00093

1	00094	19.02.18	14:17.52	2. actual pitch signal back-up-system
0	00093	19.02.18	14:18.41	error pitch / pitch controller
1	00100	19.02.18	14:19.06	servo unit SG-2000
1	00093	19.02.18	14:19.06	error pitch / pitch controller
0	00100	19.02.18	14:19.10	servo unit SG-2000
0	00094	19.02.18	14:19.46	2. actual pitch signal back-up-system
0	00093	19.02.18	14:19.57	error pitch / pitch controller

Abbildung 34: Auszug aus dem Alarmlog der Verstellpropelleranlage

Hier Darstellung der dem ersten Alarm (14:17:33 Uhr) (siehe Abbildung 29) nachfolgenden Meldungen.

Die nächste Fehlermeldung wurde um 23:51:01 Uhr (14:17:52 Uhr) generiert. Sie lautete: „2. actual pitch signal back-up-system“. Dieser Fehler (Abbildung 35: Fehler 94) tritt auf, wenn die Steigungsanzeige den eingestellten Maximalwert von 100 % übersteigt. Die Steigung erreichte 110 %.

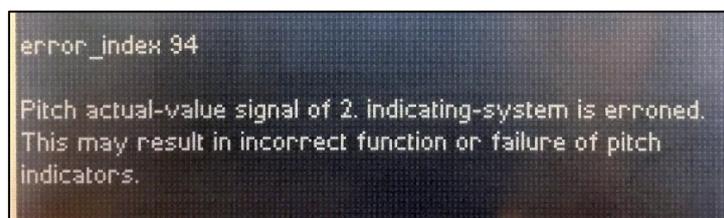


Abbildung 35: Verstellpropelleranlage: Bedeutung des Fehlers 00094

Um 23:51:50 Uhr (14:18:41 Uhr) deaktivierte sich die erste Fehlermeldung (Wert „0“ in Spalte 1) (Abbildung 34). Nach Auskunft des Herstellers ist das der Fall, wenn der Fehler nicht mehr vorhanden ist oder die Backup-Steuerung aktiviert wird. Die Untersucher gehen davon aus, dass die Betätigung der Backup-Steuerung durch den Kapitän ursächlich war.

Um 23:52:15 Uhr (14:19:06 Uhr) lief die Fehlermeldung „servo unit SG-2000“ auf. Zeitgleich aktivierte sich auch die Meldung „error pitch/pitch controller“ erneut. Die

Untersucher gehen davon aus, dass der Kapitän zu diesem Zeitpunkt von der Backup-Steuerung zurück auf die normale Steuerung geschaltet hatte. Dadurch wurde die zuvor bestehende Fehlermeldung (Fehler 93) erneut aktiviert.

Der Fehler „servo unit SG-2000“ ist ein Sammelalarm, der innerhalb des Gerätes SG2000, einem Servokontroller zum Ansteuern des Proportionalventils, erzeugt wird. Der Fehler tritt zum einen beim Anschalten der Anlage auf. Zum anderen tritt er beim Umschalten zwischen der Hauptsteuerung und der Notsteuerung auf. In diesen Fällen wird der Regelkreis unterbrochen bzw. wieder eingeschaltet, was den Fehler auslöst.

Der Fehler wurde zuvor mehrfach durch die Anlage aufgezeichnet und bestand jeweils nur einige Sekunden (3 bis 5 Sekunden). Die Zurückverfolgung der Alarme bis zum 30.12.2017 ergab den oben genannten Zusammenhang zum Einschalten der Anlage bei 6 Auslaufmanövern sowie einem Verlassen einer Reede. Insgesamt wurden im betrachteten Zeitraum 16 Auslaufmanöver und ein Verlassen einer Reede gezählt. Der Fehler tritt in diesem Zusammenhang also nicht regelmäßig auf. Es liegt nahe, dass die Anlage in diesen Fällen während der Hafenerliegezeit nicht ausgeschaltet wurde.

Im Fall der Fehlermeldung um 23:52:15 Uhr gehen die Untersucher wie bereits dargestellt davon aus, dass der Fehler beim Wiedereinschalten des Regelkreises generiert wurde. Die Meldung „servo unit SG-2000“ erlosch nach 4 Sekunden um 23:52:19 Uhr.

Um 23:52:55 Uhr (14:19:46 Uhr) wurde die Fehlermeldung „2. actual pitch signal back-up-system“ deaktiviert. Nach Auffassung der Untersucher bestand der Fehler, der dazu geführt hatte, dass die Steigung auf 110 % gelaufen war, nicht mehr. Die Steigung war also zu einem Wert unter 100 % zurückgelaufen.

Um 23:53:06 Uhr (14:19:57 Uhr) erlosch auch der Fehler „error pitch/pitch controller“. Dies hängt nach Ansicht der Untersucher der BSU mit der Deaktivierung des Fehlers „2. actual pitch signal back-up-system“ zusammen. Der ursprüngliche Fehler bestand nicht mehr, d.h. die Anlage reagierte wieder und die Steigung des Propellers war in den Regelbereich der Stellung des Bedienhebels der Steigungsverstellung zurückgelaufen. Der Alarm wird aber aufgehoben, wenn die Differenz zwischen Ist- und Sollwert kleiner als 40 % oder 60 % ist.²⁸ Daher musste die Steigung nicht auf den der Stellung des Bedienhebels entsprechenden Wert zurückgelaufen sein, um die Fehlermeldung zu deaktivieren. Die Stellung des Bedienhebels zu diesem Zeitpunkt ist unbekannt.

3.2.5.3 Weitere Feststellungen zur Hydraulikanlage

Während der Untersuchung wurde die AKACIA mehrfach aufgesucht, um die Ermittlungen unter verschiedenen Gesichtspunkten fortzuführen. Die Untersuchungen erfolgten dabei zusammen mit dem durch die Reederei beauftragten Sachverständigen und den Ermittlern der Wasserschutzpolizei.

²⁸ Der genaue Wert ist der BSU unbekannt. Er wird durch den Hersteller entsprechend der Forderung der jeweiligen Werft eingestellt.

Bei der ersten Besichtigung des Schiffes und der Hydraulikanlage am 20.02.2018 wurde an den Filterelementen abgelesen, dass diese am 05.12.2017 gewechselt worden waren. Die Besatzung führte dann einen Filterwechsel am 21.02.2018 durch und beschriftete die Filterkerzen entsprechend. Nach Angabe der Besatzung erfolgte der Wechsel aufgrund einer Vorgabe für das Wechselintervall. Die alten Filter wurden durch die WSP am 22.02.2018 in einer mit einem Reinigungsmittel (Carbon Remover) gefüllten Wanne vorgefunden. Einer der Filter wurde durch die WSP sichergestellt und asserviert.

Im Zusammenhang mit der Untersuchung wurden die folgenden Daten zu Ölwechseln und Besichtigungen der Verstellpropelleranlage festgestellt:

- letzter Ölwechsel in der Propellernabe im Rahmen der Dockung zur Klassenbesichtigung: 11.10.2014,
- letzte Besichtigung der Propellernabe und der Propellerblätter während einer Dockung: Januar 2017 - ohne Auffälligkeiten; hier auch Überholung der OD-Box als letzter Service des Herstellers an der Anlage;
- vorhergehende Tests des Hydrauliköls der Verstellpropelleranlage:
 - o 23.11.2016 - ohne Auffälligkeit²⁹
 - o 24.03.2017 - ohne Auffälligkeit
 - o 20.06.2017 - ohne Auffälligkeit
 - o 25.10.2017 - ohne Auffälligkeit

Im Rahmen der Anhörung wurde durch die Reederei das Testergebnis einer weiteren am 18.02.2019 genommenen Ölprobe übermittelt. Dabei konnten keine Auffälligkeiten dieser Probe im Vergleich mit den zuvor analysierten Proben hinsichtlich der Marker für Verunreinigung bzw. Verschleiß festgestellt werden. Eine Prüfung des Reinheitsgrades im Sinne der ISO-Norm 4406/1999 wurde wegen sichtbarer Sedimente nicht durchgeführt. Der Befund lag zum Unfallzeitpunkt der Reederei bzw. der Besatzung noch nicht vor. Das Testergebnis war durch das Labor als „normal“ klassifiziert worden.

Am 01.03.2019 wurde unter Aufsicht der WSP Kiel durch die Besatzung eine Ölprobe des Hydrauliköls am Proportionalventil entnommen. Dabei konnten ebenfalls keine Auffälligkeiten dieser Probe im Vergleich mit den zuvor analysierten Proben hinsichtlich der Marker für Verunreinigung bzw. Verschleiß oder des Trends festgestellt werden. Der Verunreinigungsgrad gemäß ISO-Norm 4406/1999 betrug 16/12/7 im Vergleich zur festgelegten Reinheitsklasse von 15/13/10 für solche Öle.

Am 19.03.2018 wurden im Beisein der BSU Ölproben aus der Propellernabe und dem Stevenrohr entnommen. Zu diesen durch die BSU beauftragten und durch ein zugelassenes Labor durchgeführten Öluntersuchungen lag der BSU nur ein Vergleichsergebnis für das Stevenrohröl vom 20.10.2017 vor. Aus den Markern für Verunreinigung und Verschleiß und deren Trend ergaben sich bei beiden Proben keine Auffälligkeiten. Da die Reinheitsklasse zur Probe vom 20.10.2017 nicht bestimmt wurde, war ein Vergleich mit der Feststellung vom 19.03.2018 nicht möglich.

²⁹ Dem Prüfprotokoll ist zu entnehmen, dass auch die drei davor analysierten Proben (ab November 2015) innerhalb der Reinheitsklasse 15/13/10 gem. ISO-Norm 4406/1999 lagen.

Grundsätzlich ist dazu festzustellen, dass das Öl der Propellernabe keiner kontinuierlichen Überprüfung unterliegt und nur bei Arbeiten an der Nabe getestet werden kann.

3.2.5.4 Beschädigungen der Propellerflügel

Am 12.03.2018, die AKACIA war inzwischen nach Hamburg verholt und in einem Schwimmdock der Norderwerft trocken gestellt worden, wurde das Schiff besichtigt. Während der Besichtigung des Rumpfes und des Propellers im Dock fielen Beschädigungen an den Propellerflügeln auf.



Abbildung 36: Beschädigungen an einem der Propellerflügel



Abbildung 37: Nahansicht der Beschädigungen

Die Beschädigungen an den Propellerflügeln wurden am 19.03.2018 nochmals untersucht. Dabei wurden Reste von Tauwerk in Einrissen an einem der zugänglichen Propellerflügel gefunden.



Abbildung 38: Einriss an einem der Propellerflügel
Im Einriss wurden Reste von Tauwerk gefunden.



Abbildung 39: Weitere Beschädigungen an einem anderen Flügel

3.2.5.5 Feststellungen zur Funktion der Verstellpropelleranlage

Die Funktion der Verstellpropelleranlage wurde durch Service-Techniker des Unternehmens NORIS Automation GmbH, dem Hersteller der Steuerung der Anlage, nach dem Unfall das erste Mal am 22.02.2018 begutachtet. Dabei wurden bis auf die weiter oben dargestellten Fehlermeldungen keine anderen elektrischen oder mechanischen Fehler festgestellt. Die Anlage arbeitete ohne Probleme im Automatik- und Backup-Modus.

Während der Begehung des Schiffes am 12.03.2018 wurden die verschiedenen Funktionen der Verstellpropelleranlage durch die beteiligten Parteien (Sachverständige, Polizei, BSU) erneut in Augenschein genommen. Dabei wurden auch die durch die Anlage im normalen Betriebs- und Backup-Modus benötigten Stellzeiten gemessen. Folgende Werte wurden händisch bei der Beobachtung der Anzeige für die Steigungsverstellung vermerkt:

- Normale Bedienung mittels Hebel für Steigungsverstellung
 - Steigung „Null (0 %)“ auf „Voll Voraus (100 %)“ 1:33 Minuten
 - Steigung „Voll Voraus (100 %)“ auf „Null (0 %)“ 0:44 Minuten
 - Steigung „Null (0 %)“ auf „Voll Zurück (100 %)“ 0:49 Minuten
 - Steigung „Voll Zurück (100 %)“ auf „Null (0 %)“ 0:28 Minuten

- Backup-Steuerung
 - Steigung „Null (0 %)“ auf „Voll Voraus (100 %)“ 0:21 Minuten
 - Steigung „Voll Voraus (100 %)“ auf „Null (0 %)“ 0:23 Minuten
 - Steigung „Null (0 %)“ auf „Voll Zurück (100 %)“ 0:13 Minuten
 - Steigung „Voll Zurück (100 %)“ auf „Null (0 %)“ 0:12 Minuten

Die Unterschiede in den Verstellzeiten des normalen Betriebsmodus zum Backup-Mode begründen sich aus einer im Steuerungssystem hinterlegten Verzögerung, die auch dazu dient, die Last auf die Hauptmaschine innerhalb der Grenze von 100 % zu halten³⁰.

3.2.5.6 Feststellungen zu Propellernabe und Hydrauliksystem

Am 21.03.2018 wurden mit Technikern des Unternehmens NORIS Automation GmbH, dem Hersteller der Steuerung der Verstellpropelleranlage, die Fehlermeldungen am Display der Steuerung besprochen. Darüber hinaus wurde der Tank des Hydraulikaggregats besichtigt, nachdem der überwiegende Teil des Öls abgelassen worden war. Die Beschichtung des Tanks erwies sich als völlig unbeschädigt. Aufgrund der Einfärbung des Öls war der Boden des Tanks nicht sichtbar.

Am späten Nachmittag des 21.03.2018 war durch Mitarbeiter des Herstellers SCHOTTEL die Propellernabe so weit geöffnet worden, dass die Ventilaufnahme (Abbildung 40: Nr. 5) aus der Nabe gezogen werden konnte. Dabei wurde festgestellt, dass der in Fahrtrichtung vordere O-Ring (Abbildung 40: Nr. 39) gerissen war. Außerdem wurde konstatiert, dass ein Abstützblech (Abbildung 40: Nr. 17) und ein Sicherungsring (Abbildung 40: Nr. 33) sich nicht an ihrem Platz befanden.

³⁰ Handbuch NORISTAR 2000 – Propulsion Control System.

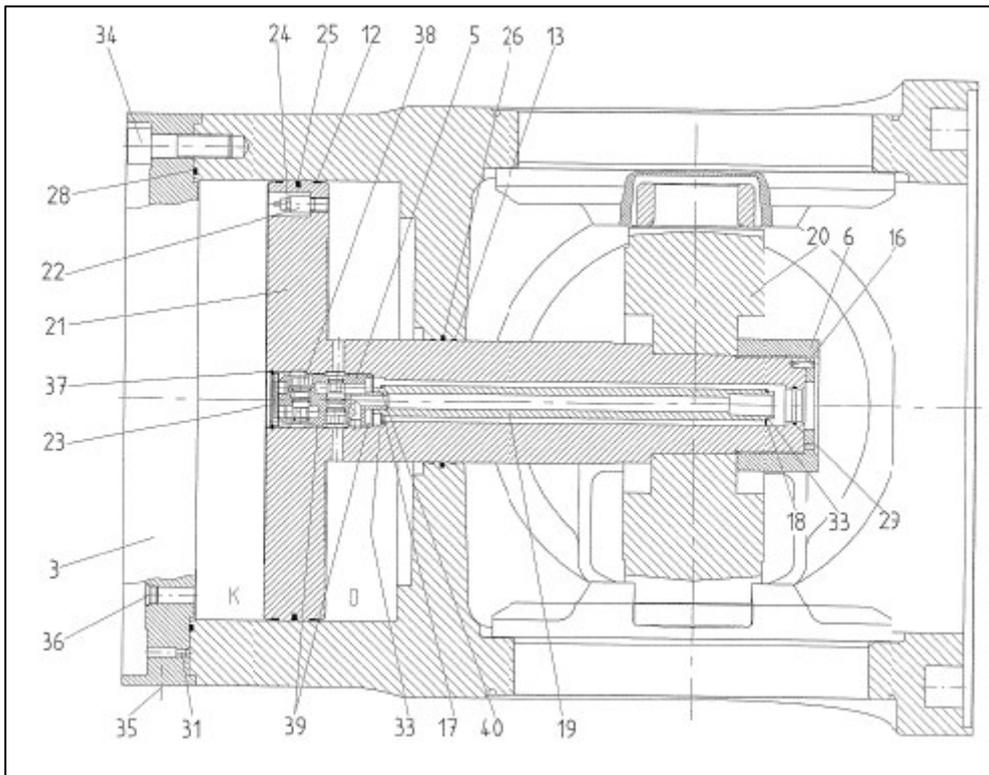


Abbildung 40: Propellernabe

Nr. 5: Ventilaufnahme, Nr. 39: vorderer und hinterer Runddichtring, Nr. 21: Kolben³¹

Während der weiteren Demontage der Verstellpropelleranlage in der Werft wurden durch den Service-Techniker Bruchstücke des Abstützbleches im System gefunden.

³¹ Abbildung aus Dokumentation Verstellpropelleranlage Typ SCP 141/4-XG von SCHOTTEL.



Abbildung 41: Fundort der in Abbildung 42 dargestellten Bruchstücke³²

Hier Teile des Abstützbleches im Bereich des Anschlusses der Hydraulikölleitungen.



Abbildung 42: Aufgefundene Bruchstücke des Abstützbleches³³

Im Zusammenhang mit dem Auffinden der Bruchstücke wurde der Boden des Hydrauliktanks mit einem Magneten abgesucht. Hier wurde metallischer Abrieb entdeckt.

Aufgrund der am Vortag gemachten Feststellungen wurde am 22.03.2018 eine weitere Besichtigung an Bord durchgeführt. Am Boden des nun fast leeren Tanks waren

³² Abbildung aus SCHOTTEL Service Report zu den Arbeiten vom 21.03.2018 bis 27.03.2018.

³³ Ebda.

Partikel gut sichtbar. Neben Metallpartikeln waren auch Kunststoffteilchen vorhanden (Abbildungen 43 und 44).

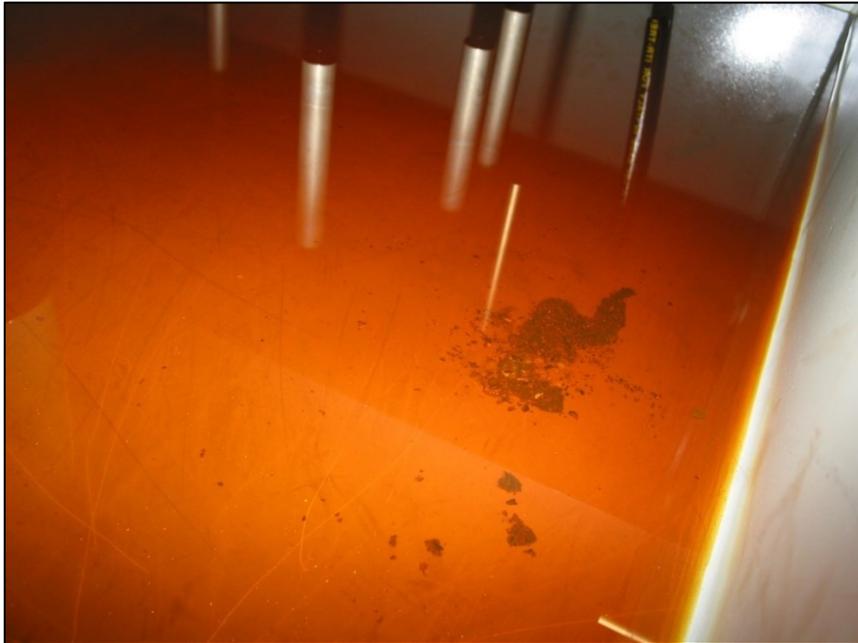


Abbildung 43: Ablagerungen im Tank des Hydraulikaggregates

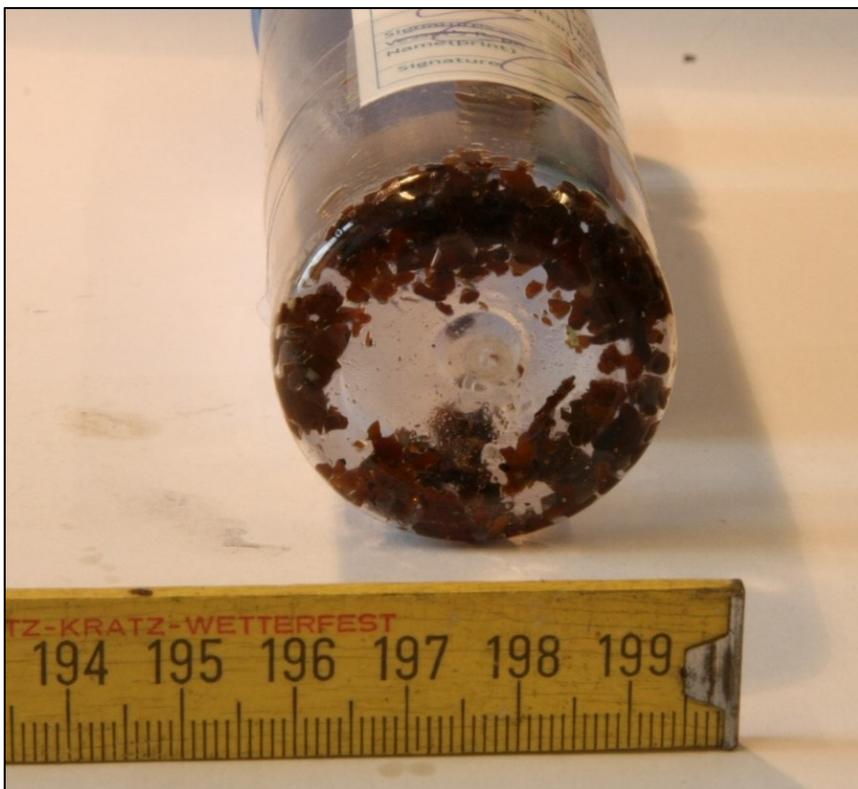


Abbildung 44: Probe der im Tank festgestellten Partikel

Während der Besichtigung wurden der BSU darüber hinaus die folgenden Bauteile präsentiert:

1. Ventilaufnahme, mit festgesetztem Fremdkörper (Abbildung 45)
2. Ein gerissener O-Ring, zugehörig zur Ventilaufnahme; hier vorderer O-Ring (in Fahrtrichtung) (Abbildung 48)
3. Rückschlagventil, mit festgesetztem Fremdkörper (Abbildung 49)
4. Scheibe (Abbildung 40: Nr. 23)
5. Sicherungsring (Abbildung 40; Nr. 37).

Alle genannten Bauteile wurden durch die BSU sichergestellt und später einer näheren Untersuchung unterzogen.

Zu 1.: Es konnte festgestellt werden, dass sich ein metallener Fremdkörper in der Ventilaufnahme verfangen hatte und dass sich am vorderen Rand des Körpers der Ventilaufnahme eine Beschädigung in Form einer Eindellung befand. Der Fremdkörper wurde entnommen.

Zu 2.: Der gerissene O-Ring wies zusätzliche Einkerbungen auf.

Zu 3.: Aus dem Rückschlagventil, das sich im Rohrleitungssystem vor dem Ölkühler befunden hatte, wurde ebenfalls ein metallener Fremdkörper entnommen.

Die Gegenstände zu 4. und 5. wiesen keine Auffälligkeiten auf.



Abbildung 45: Ventilaufnahme und entfernter Fremdkörper (A)³⁴

³⁴ Siehe Abbildung 40; hier Nr. 5.

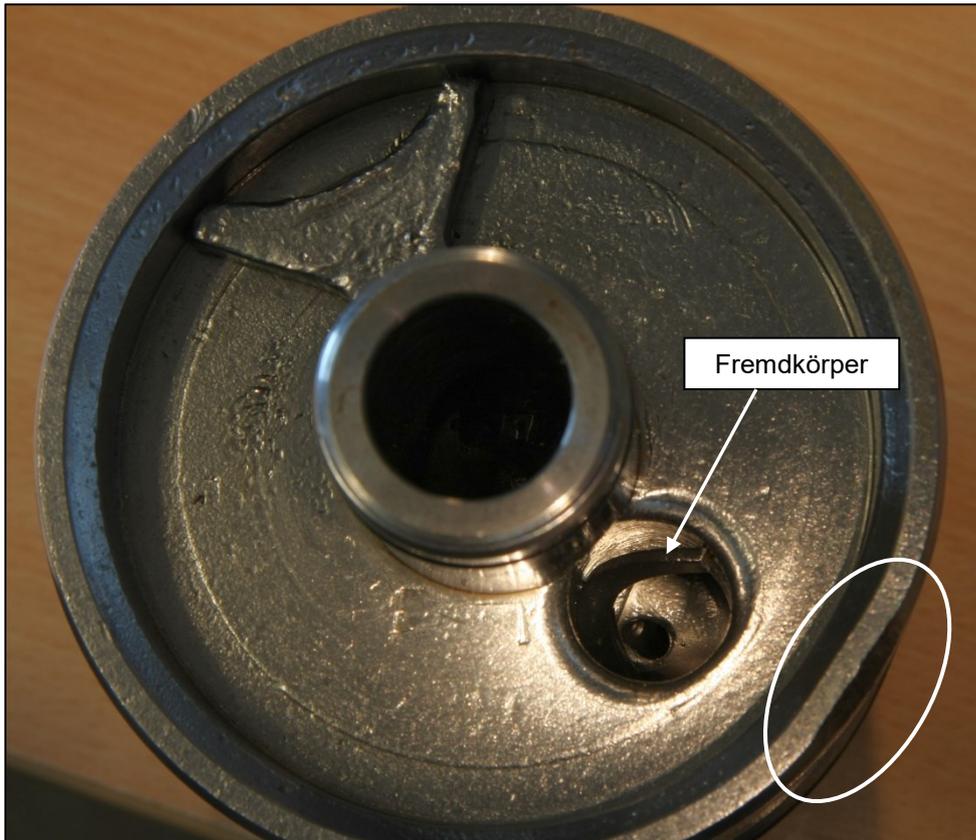


Abbildung 46: Ventilaufnahme des Hydraulikzylinders in der Propellernabe
Hier Draufsicht mit Fremdkörper vor der Entnahme und die Beschädigung in Form einer Eindellung.

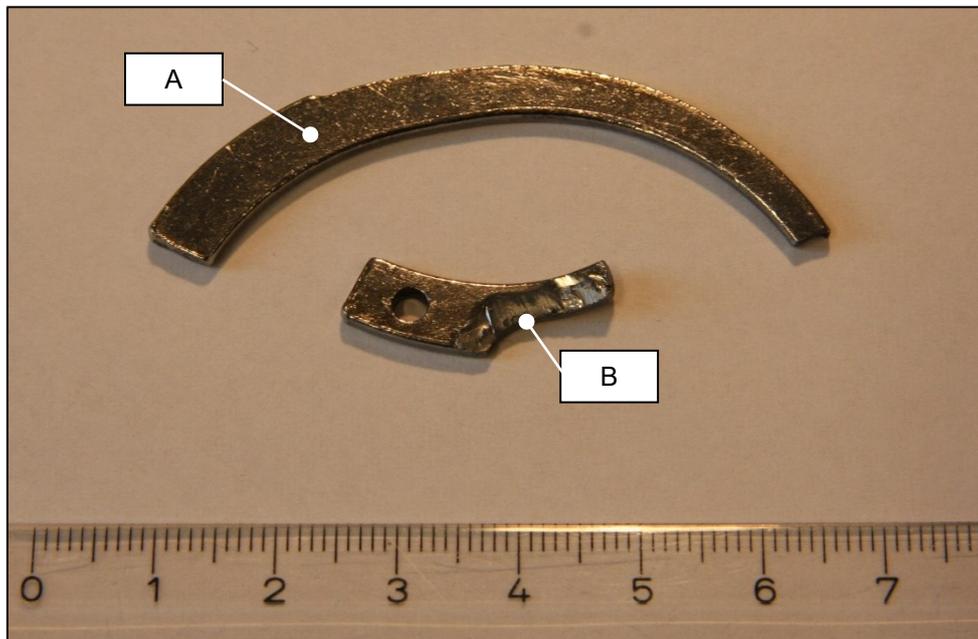


Abbildung 47: Entfernte Fremdkörper
A: Fremdkörper aus der Ventilaufnahme, B: Fremdkörper aus dem Rückschlagventil

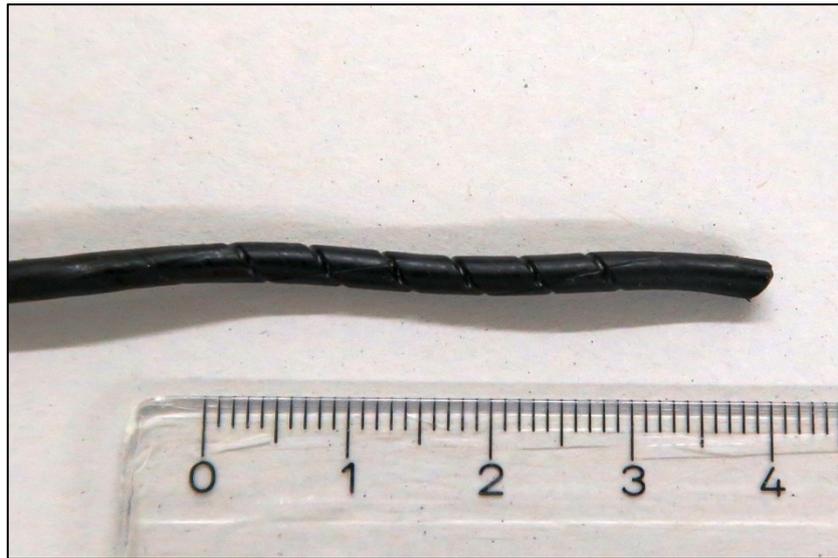


Abbildung 48: gerissener O-Ring mit Einkerbungen

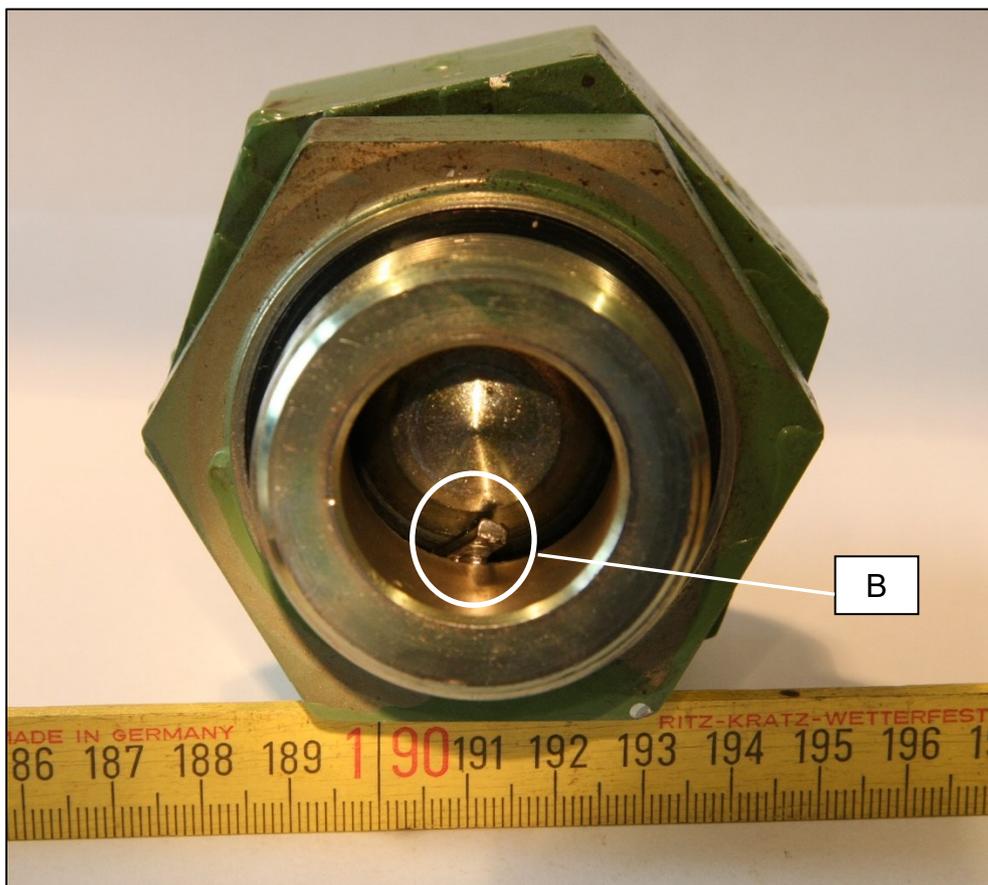


Abbildung 49: Rückschlagventil mit Fremdkörper (B)³⁵

³⁵ Siehe Abbildung 51 zur Position des Rückschlagventils.

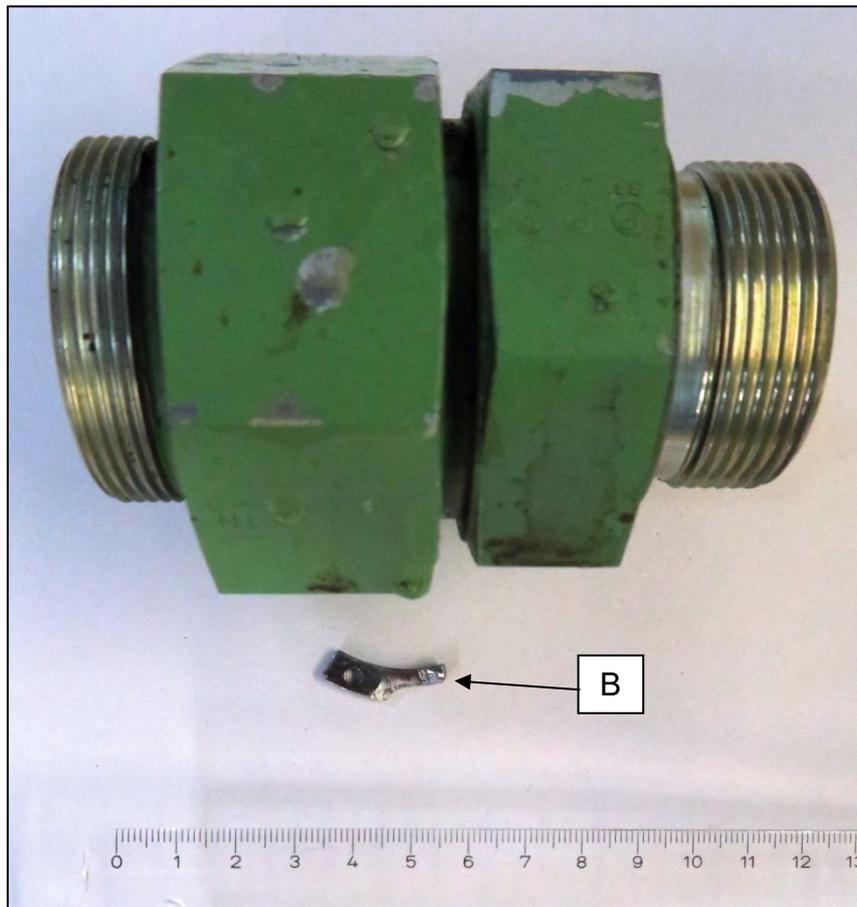


Abbildung 50: Rückschlagventil und entfernter Fremdkörper

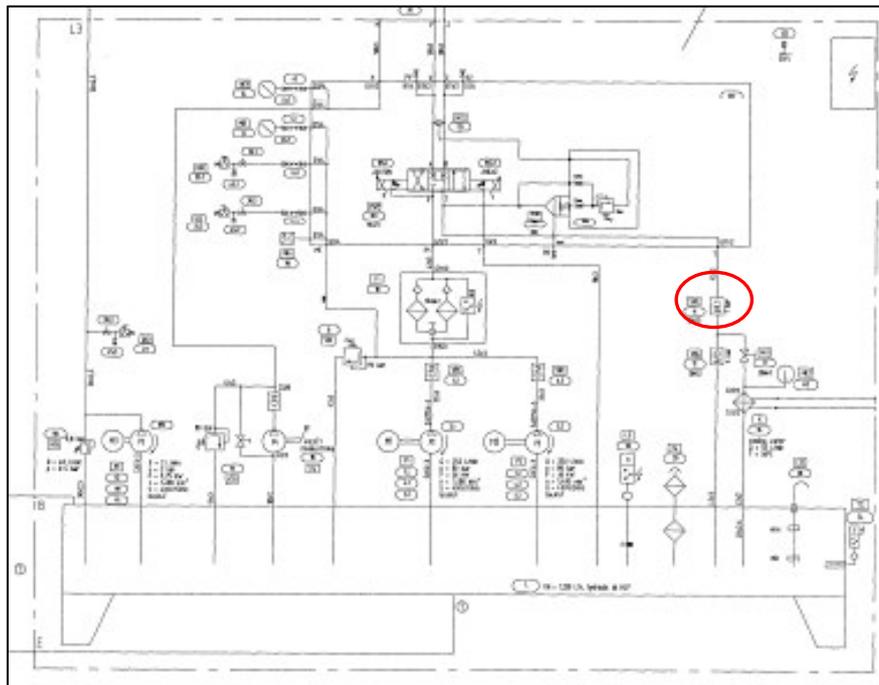


Abbildung 51: Ausschnitt aus der Darstellung des Hydrauliksystems (vgl. Abb. 27)
Position des Rückschlagventils vor dem Ölkühler

Die entfernten Fremdkörper sind Teile des Sicherungsringes, dessen Fehlen bei der Demontage des Ventilkörpers am 21.03.2018 festgestellt wurde.

Die zerlegte Verstellpropelleranlage konnte am 12.04.2018 durch die ermittelnden Polizeibeamten und die BSU in Wismar in einer der Werkhallen des Herstellers besichtigt werden. Dabei wurden weitere Schäden an der Anlage vorgestellt. So gab es einen massiven Materialabtrag am Abdeckflansch³⁶, der möglicherweise nicht mit der Ursache des Schadens innerhalb der Propellernabe in einem Zusammenhang steht. Die Untersucher gehen davon aus, dass der Trossenschutz dort geschliffen hatte.



Abbildung 52: Materialabtrag am Abdeckflansch
Ursprünglicher Zustand des Bauteils in Gelb markiert.



Abbildung 53: Einkerbung am Lagerteller

Während der Besichtigung wurde durch die Mitarbeiter von SCHOTTEL die Ansicht geäußert, dass nicht der Kontakt der Propellerflügel mit einer treibenden Leine oder

³⁶ Abdeckung der Propellernabe nach vorne in Fahrtrichtung gesehen.

einem Fischereinetz zum Bruch der Teile in der Nabe des Propellers geführt habe. Die dafür notwendige Energie könne nur durch den Kontakt mit einem festen Gegenstand, also einem treibenden Container oder einem Felsen, entstanden sein. Durch den Kontakt sei es zu einem plötzlichen und massiven Kräfteintrag in linearer Richtung im System gekommen. Dadurch seien die zerbrochenen Bauteile ebenfalls in Vorausrichtung bewegt und dabei zerstört worden, da sie für eine solche Belastung nicht ausgelegt sind.

3.2.5.7 Proportionalventil

Das Proportionalventil wurde von SCHOTTEL zur weiteren Demontage und Begutachtung an die Parker Hannifin GmbH & Co. KG übersandt. Der dort im Rahmen der Begutachtung erstellte Bericht wurde der BSU übergeben. Das Ventil stammte danach aus einer älteren Produktionsreihe des Herstellers Denison. Es handelt sich um den Typ 4DP06 3E02F25003A1 G24 C1X.

Im Rahmen der Begutachtung wurde dort festgestellt, dass der Kolben im Gehäuse geklemmt hatte. Durch einen nicht mehr im Ventil befindlichen Fremdkörper war am Kolben die Steuerkante der Verbindung von A nach T beschädigt worden. Es waren Riefen auf der Steuerkante entstanden. Der verklemmte Fremdkörper führte zum Ausfall, da der Kolben nicht mehr steuerbar war.

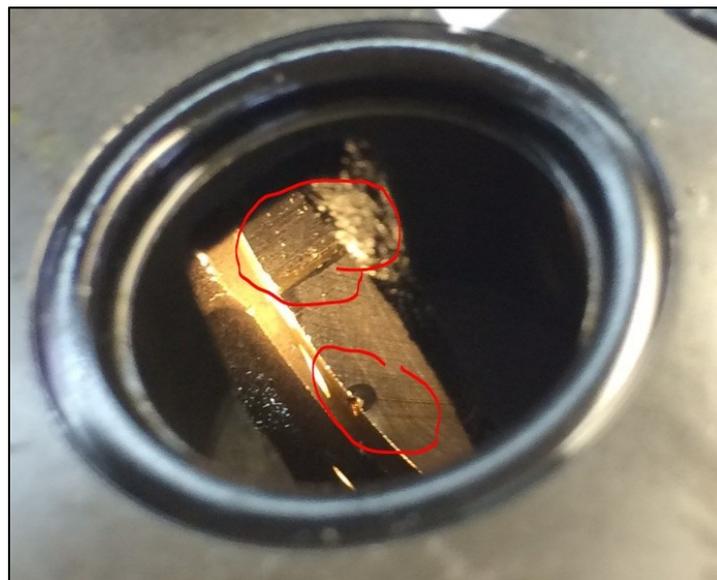


Abbildung 54: Beschädigungen an der Steuerkante des Kolbens³⁷

³⁷ Abbildung aus dem Bericht der Parker Hannifin GmbH & Co. KG mit von dort eingefügten Markierungen.



Abbildung 55: Beschädigung am Kolben des Proportionalventils³⁸

3.2.5.8 Rohrbündelkühler für Hydrauliköl

Im Rahmen der Schadensaufnahme und Reparatur der Verstellpropelleranlage bzw. der Hydraulik wurde durch das Unternehmen Schlie Hydraulik Service GmbH die Hydraulikanlage im Maschinenraum der AKACIA demontiert, begutachtet und erneuert sowie gespült. Bei der Befundung des Rohrbündelkühlers (Ölkühler) (siehe auch Abbildung 27 zur Position des Ölkühlers im Hydrauliksystem) wurde innerhalb des Kühlers ein Fremdkörper vorgefunden. Alle anderen Bauteile, wie Pumpen oder Druckbegrenzer, wiesen keine besonderen Auffälligkeiten auf.

³⁸ Abbildung aus dem Bericht der technischen Ermittlungsgruppe der WSP Hamburg.

Abbildung 56: Blick in den Rohrbündelkühler³⁹Abbildung 57: Festgestellter Fremdkörper⁴⁰

3.2.6 Alarmdrucker der Maschinenanlage

Der erste mit der späteren Anfahrung der Schleuse in Zusammenhang stehende Alarm der Maschinenanlage erfolgte, wie bereits dargestellt, am 01.02.2018 um 08:24 Uhr (siehe Abbildung 31). Er wurde im Ausdruck mit „Remot. Contr. Fail. CPP ON“ bezeichnet. Nach korrigierter Zeit trat der Fehler am 19.02.2019 um 23:50 Uhr Bordzeit auf.

Im Geschehenszeitraum wurde die Hauptmaschine mit konstanter Drehzahl betrieben. Der Wellengenerator (60 Hz) versorgte dabei Bug- und Heckstrahlruder. Die Bordnetzversorgung erfolgte separat über die Hilfsdieselgeneratoren. Die Energiebilanz des Schiffes war nicht gefährdet. Aufgrund der Blockierung des Proportionalventils und der daraus resultierenden Steigungsverstellung auf „Voll

³⁹ Abbildung aus Bericht Schlie Hydraulik Service GmbH.

⁴⁰ Ebda.

Voraus“ kam es zur Überlast der Hauptmaschine, da die Propellersteigung aufgrund der Blockade nicht zurückgeführt werden und die Konstantdrehzahl der Hauptmaschine nicht mehr gehalten werden konnte. Infolge des Drehzahleinbruchs sank die Frequenz und der Wellengeneratorschutzschalter löste aus, so dass Bug- und Heckstrahlruder ausfielen.

Das Auslösen des Wellengeneratorschutzschalters trat um 23:51 Uhr ein (Abbildung 58) und wurde im Log durch einen Fehler des Bug- und Heckstrahlruders signalisiert.

Die nachfolgenden Alarme bestätigen die gesteigerte Leistungsaufnahme der Hauptmaschine. Es folgten um 23:51 Uhr ein Alarm wegen erhöhter Abgastemperatur an der Messstelle hinter dem Turbolader, ein Alarm wegen der daraus resultierenden automatischen Reduzierung der Drehzahl der Hauptmaschine und Alarme der Zylinder 5 und 3 wegen erhöhter Abgastemperaturen an ihnen. Um 23:52 Uhr folgten die Zylinder 1, 2, 4, 7 und 6 mit erhöhter Abgastemperatur. Bereits um 23:53 Uhr wurden die die Abgastemperaturen betreffenden Alarme wieder aufgehoben. Offensichtlich war durch die automatische Drehzahlreduzierung das System, d.h. die Abgastemperaturen, wieder in den normalen Bereich zurückgekehrt.

Auch der Alarm „Remot. Contr. Fail. CPP“ wurde um 23:53 Uhr wieder aufgehoben.⁴¹

Um 23:54 Uhr wurde der Alarm „Emerg. Stop – ME“, also Notstopp der Hauptmaschine, durch den Drucker aufgezeichnet. Mit der gleichen Uhrzeit wurde der Bilgenalarm im Bugstrahlruderraum verzeichnet, der nach Auffassung der Untersucher durch den dortigen Wassereintrich nach der Anfahrung des Schleusentores ausgelöst wurde.

⁴¹ Im Ausdruck des Alarmdruckers mit „-“, dargestellt. Siehe auch Abbildung 58.

LT-Cool Wat Temp	ME	
0153	31.01/19:21	AL1 --
Lub Oil Temp	ME	
0174	31.01/19:21	AL1 --
LT-Cool Wat Temp	ME	
0117	31.01/19:22	AL1 --
Autom Eng Stop		
01A4	01.02/08:24	AL1 ON
Remot Contr Fail	CPP	
03A6	01.02/08:25	AL1 ON
BowThruster Fail		
03A8	01.02/08:25	AL1 ON
Stern Thruster Fail		
0132	01.02/08:25	AL1 ON
Exh Gas T -Aft IC		
0118	01.02/08:25	AL1 ON
Autom Eng Reduce		
0125	01.02/08:25	AL1 ON
Exh Gas Temp.-Cyl 5		
0133	01.02/08:25	AL1 ON
Exh Gas-Cyl Max		
0123	01.02/08:25	AL1 ON
Exh Gas Temp.-Cyl 3		
0121	01.02/08:25	AL1 ON
Exh Gas Temp.-Cyl 1		
0122	01.02/08:25	AL1 ON
Exh Gas Temp.-Cyl 2		
0124	01.02/08:26	AL1 ON
Exh Gas Temp.-Cyl 4		
0127	01.02/08:26	AL1 ON
Exh Gas Temp.-Cyl 7		
0125	01.02/08:26	AL1 ON
Exh Gas Temp.-Cyl 6		
0126	01.02/08:27	AL1 --
Exh Gas Temp.-Cyl 6		
0127	01.02/08:27	AL1 --
Exh Gas Temp.-Cyl 7		
0121	01.02/08:27	AL1 --
Exh Gas Temp.-Cyl 1		
0125	01.02/08:27	AL1 --
Exh Gas Temp.-Cyl 5		
01A4	01.02/08:27	AL1 --
Remot Contr Fail	CPP	
0123	01.02/08:27	AL1 --
Exh Gas Temp.-Cyl 3		
0124	01.02/08:27	AL1 --
Exh Gas Temp.-Cyl 4		
0122	01.02/08:27	AL1 --
Exh Gas Temp.-Cyl 2		
0133	01.02/08:27	AL1 --
Exh Gas-Cyl Max		
0132	01.02/08:27	AL1 --
Exh Gas T -Aft IC		
0116	01.02/08:28	AL1 ON
Emerg Stop - ME		
0398	01.02/08:28	AL1 ON
Bilge-Bow Thruster R		
0118	01.02/08:28	AL1 --
Autom Eng Reduce		
03A8	01.02/08:32	AL1 --
Stern Thruster Fail		
03A6	01.02/08:32	AL1 --
BowThruster Fail		
0116	01.02/08:33	AL1 --
Emerg Stop - ME		
0117	01.02/08:35	AL1 ON
Autom Eng Stop		

Abbildung 58: Auszug aus dem Ausdruck des Alarmdruckers des MKR

In „rot“ sind die die Verstellpropelleranlage betreffenden Alarmer und der Notstopp der Hauptmaschine markiert.

3.2.6.1 Stellungnahmen der Maschinenbesatzung

Der CE führte in seiner Stellungnahme aus, dass während der Kanalpassage neben dem Wellengenerator die beiden Hilfsdiesel für die Stromerzeugung genutzt wurden. Gegen 23:45 Uhr befand er sich zusammen mit dem 2. Ing. im MKR. Zu diesem Zeitpunkt bemerkte er, dass die Last auf die Hauptmaschine zunahm. Der Turbolader der Hauptmaschine begann zu pumpen, während die Steigung auf 100 % zulief. Er und der 2. Ing. begaben sich sofort in den Maschinenraum, um die Ursache zu ergründen. Im MKR liefen währenddessen verschiedene Alarmer auf. Darunter war auch der Alarm auf der Anzeige für die Verstellpropelleranlage, der auf den „remote control failure cpp“ hinwies. Die Steigung der Propellerflügel stand, abweichend von der üblichen Stellung bei Kanalfahrt von ca. 35 %, bei 100 %. Der CE gab in seiner Stellungnahme an, dass er den Kapitän telefonisch darüber informierte, dass die Last auf die Hauptmaschine zugenommen und sich dadurch die Umdrehungen der Hauptmaschine reduziert hatten. Wenig später wurde er durch den Kapitän aufgefordert, einen Notstopp der Hauptmaschine einzuleiten. Daraufhin drückte er unverzüglich den Notstopp-Knopf. Anschließend beauftragte er den 2. Ing. mit der Kontrolle des Maschinenraums. Den ebenfalls diensthabenden Fitter beauftragte er mit der Kontrolle des Schornsteins, da es, laut der Stellungnahme des 2. Ings., auch einen Alarm bezüglich eines Feuers im Abgaskessel⁴² gegeben hatte. Der CE selbst begab sich zum Bugstrahlruder, da dort ebenfalls ein Alarm aufgelaufen war⁴³. Der CE stellte dar, dass es in der Vergangenheit keine Probleme mit der Verstellpropelleranlage gegeben hatte und dass alle notwendigen Wartungen durch die Besatzung durchgeführt wurden.

Die Stellungnahme des 2. Ings. war in den wesentlichen Punkten ähnlich.

3.2.7 Notankerung

Das Vorschiff der AKACIA war für das Festmachen in der Schleuse mit drei Personen besetzt. Die Gruppe stand unter der Leitung eines Vollmatrosen im Decksbereich^{44 45}, Dieser besaß eine Befähigung nach Regel II/5 STCW und war damit für die Bedienung des Ankergeschirrs qualifiziert. Das zweite Besatzungsmitglied, das ebenfalls als Vollmatrose im Decksbereich beschäftigt wurde, besaß eine Befähigung zum nautischen Wachoffizier⁴⁶ gemäß Regel II/1 und IV/2. Bei dem dritten Besatzungsmitglied handelte es sich um einen Motorenwärter (Oiler).

Der Leiter der Gruppe gab ebenfalls eine Stellungnahme gegenüber der BSU ab. Danach arbeitet er bereits seit 1999 als Vollmatrose. Sein gegenwärtiger Kontrakt auf der AKACIA begann am 26.10.2017.

Zum Geschehen auf der Back machte er folgende Angaben: Nachdem der Kapitän die Gruppe auf die Back gerufen hatte, begab diese sich dorthin und begann mit der Vorbereitung der Leinen. Einige Minuten später befahl der Kapitän das Fallenlassen

⁴² Im Alarmprotokoll (Abbildung 58) findet sich kein Hinweis auf einen Brand im Abgaskessel.

⁴³ Dies bezieht sich nach Ansicht der Untersucher auf den um 23:54 Uhr (01.02/08:28) auftretenden Bilge-Alarm im Bugstrahlruderraum (Abbildung 58).

⁴⁴ Able Seafarer Deck.

⁴⁵ Im weiteren Verlauf als Vollmatrose bezeichnet.

⁴⁶ Officer in Charge of a Navigational Watch.

beider Anker. Die Anker waren wie üblich für eine Notankerung vorbereitet, d.h. die Kettenstopper waren gelöst und die Ankerwinde war ausgekuppelt. Jeweils ein Vollmatrose löste eine Bandbremse ohne Probleme, so dass beide Anker gleichzeitig fielen. Nach dem Ausbringen von zwei Kettenlängen wurden die Bremsen wieder angezogen. Eine Überprüfung durch den Leiter der Gruppe ergab, dass die Ketten beide straff nach achteraus zeigten.

Die optische Überprüfung der Ankerwinden nach dem Unfall ergab keine weiteren Hinweise. Beide Ankergeschirre machten einen gewarteten Eindruck.

Die Order des Kapitäns zum Fallenlassen der Anker erging um 23:51:58 Uhr und wurde kurz darauf, um 23:52:09 Uhr, durch ihn wiederholt, da von der Back um eine Bestätigung gebeten wurde.

Innerhalb der Audioaufzeichnung des Schiffsdatenschreibers gab es nur einen weiteren Anruf der Brücke von der Back, der nach der Bestätigung der Anordnung des Kapitäns zum Fallenlassen des Ankers erfolgte. Dieser Funkspruch wurde um 23:53:12 Uhr abgegeben. Der Inhalt der Nachricht ist unverständlich. Der Kapitän antwortet darauf um 23:53:14 Uhr mit: „Let go. Fall the ... fall the anchors.“⁴⁷ Allerdings sind sich die Untersucher nicht sicher, ob, in Anbetracht der sich abzeichnenden Kollision mit der Schleuse, die Antwort zur Information vom Vorschiff passt.

Auf der AKACIA entspricht eine Kettenlänge 27,5 Metern. Nach Aussage des Verantwortlichen auf der Back wurden zwei Kettenlängen ausgebracht. Das entspricht 55 Metern. Damit lagen beide Anker nach dem Ausbringen noch im Bereich des Rumpfes und wurden so mitgeschleift. Nach dem Festkommen im Schleusentor lagen beide Anker innerhalb der Schleuse. Eine grundsätzliche Beeinträchtigung des binnenseitigen Schleusentores durch eine etwaige Ankerkette oder einen Anker bestand daher nicht.

⁴⁷ Siehe dazu auch Fußnote 18.

4 AUSWERTUNG

4.1 Ausfall der Verstellpropelleranlage

Die an Bord befindliche Besatzung der AKACIA erinnerte sich während der Befragungen an kein Ereignis, dass die Schäden an den Propellerflügeln und den anderen Teilen der Propellernabe hervorgerufen haben könnte. Zum Zeitpunkt der letzten Dockung des Schiffes im Januar 2017 waren keine Beschädigungen an den Propellerblättern bemerkt worden.

Der Hersteller der Verstellpropelleranlage führt den Schaden aufgrund des Schadensbildes auf einen massiven Kontakt mit einem festen Gegenstand zurück.

Während der Besichtigungen im Rahmen der Untersuchung und im Zuge der fortschreitenden Demontage der Anlage wurden neben den beschädigten Propellerflügeln verschiedene andere Schäden festgestellt. So wurden Bruchstücke eines Sicherungsringes in der Ventilaufnahme sowie in einem Rückschlagventil vor dem Ölkühler und im Ölkühler selbst vorgefunden. Größere Bruchstücke eines Abstützbleches fanden sich darüber hinaus nach der Demontage der Ventilaufnahme im Bereich der sich anschließenden Rohrleitungen. Sicherungsring und Abstützblech gehörten nicht zu den beweglichen Teilen des Systems. Beide waren nicht dafür gedacht, größere in Schiffslängsrichtung wirkende Kräfte aufzunehmen und wurden daher durch das schädigende Ereignis zuvor so stark zerstört, dass ihre Bruchstücke Eingang in das System finden konnten.

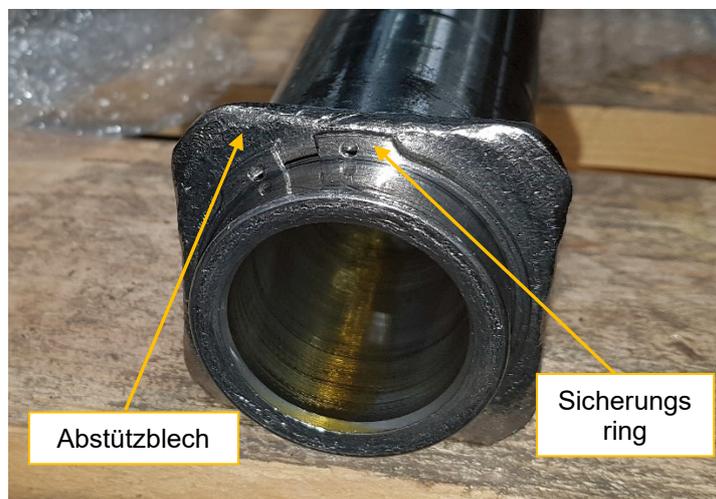


Abbildung 59: Hydraulikölrohr mit Abstützblech und Sicherungsring

Hier ein unbeschädigter Abschnitt des Hydraulikrohres.

Bruchstücke und Partikel konnten ungehindert aus der Richtung der Propellernabe in das Proportionalventil eintreten, da eine Filterung des Hydrauliköls nur beim Ansaugen aus dem Tank des Hydraulikaggregats erfolgt. Nach Auskunft des Herstellers ist eine Filterung auch für die von der Propellernabe zum Proportionalventil führenden Leitungen technisch möglich. Da dafür aber höhere Drücke im System bzw. eine höhere Pumpleistung nötig sind, was die Kosten für die Anlage ansteigen lässt, kommt diese Ausführung ausschließlich bei militärischen Fahrzeugen zum Einsatz. Die Anlage entsprach in ihrer Bauart den technischen Forderungen.

Die im Rückschlagventil vor dem Ölkühler und im Ölkühler selbst gefundenen Metallteile hatten eine Größe, die ihnen die Passage des Hydrauliksystems von der Propellernabe bis zum Hydraulikaggregat ermöglichte. Der für den Weg durch das Hydrauliksystem notwendige Zeitraum ist unbestimmt. Daher lässt sich so kein Rückschluss auf das auslösende Ereignis tätigen.

Kleinere Metall- und Kunststoffteile passierten das gesamte System von der Propellernabe über das Proportionalventil bis zum Tank wahrscheinlich ohne Beeinträchtigung des Proportionalventils. Die Untersucher gehen jedoch davon aus, dass entweder das im Rückschlagventil oder im Ölkühler aufgefundene Bruchstück zu einer Blockierung des Proportionalventils führte. Im Proportionalventil wurden bei der Demontage entsprechende Beschädigungen festgestellt. Die Untersucher gehen darüber hinaus davon aus, dass die Blockierung zum Zeitpunkt der Steigungsverstellung in die Voraus-Richtung erfolgte, da nur so die Steigungsverstellung auf 100 % und darüber möglich war. Die bei der Demontage des Proportionalventils festgestellte Beschädigung des Kolbens an der Steuerkante von A nach T ist ein Hinweis darauf (siehe Abbildungen 54 und 55). Bei der zuvor erfolgten Verstellung des Kolbens für das „Rückwärts“-Manöver nach „rechts“ hat sich anscheinend ein Bruchstück hier festsetzen können (Abbildung 60). Bei der anschließenden Verstellung nach „links“ (Steigungsverstellung in Vorausrichtung), wie in Abbildung 61 dargestellt, blockierte das Bruchstück dann den Kolben. Die üblicherweise beim Erreichen der gewünschten Steigung erfolgende Abriegelung des Hydraulikölstroms durch die Verstellung des Kolbens in die Mittelstellung wurde durch die Blockade verhindert. So konnte die Steigung bis auf die Maximalstellung laufen, da der Ölstrom in Vorausrichtung nicht unterbrochen wurde.

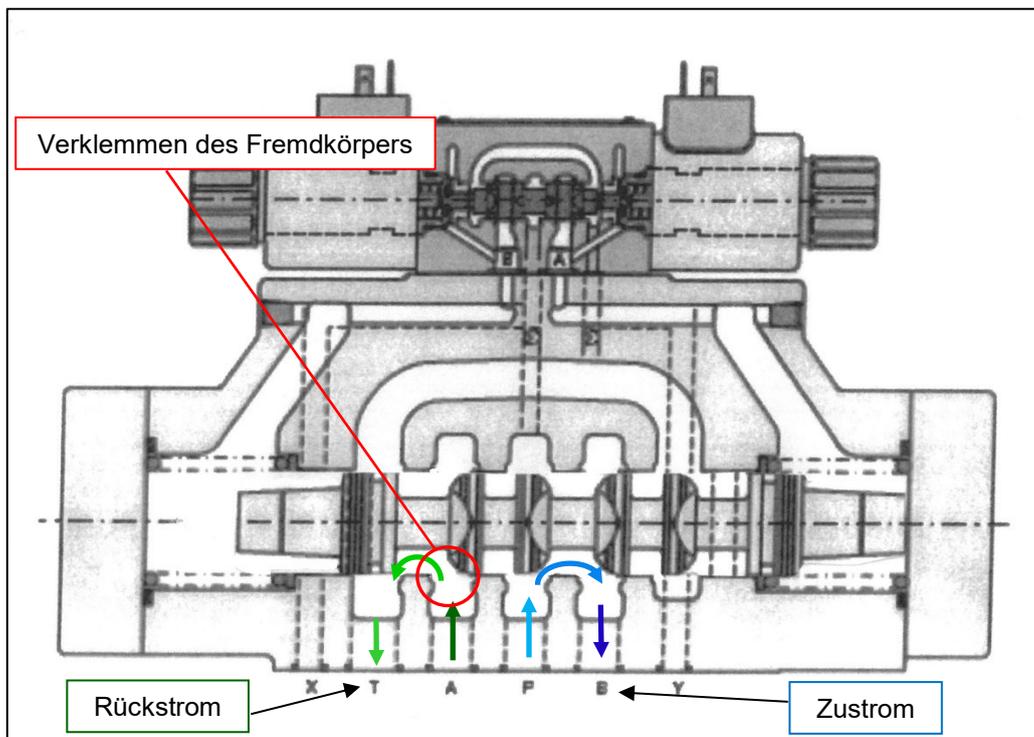


Abbildung 60: 4/3-Wege-Proportionalventil

Kolben für die Steigungsverstellung in Achterausrichtung nach rechts verschoben

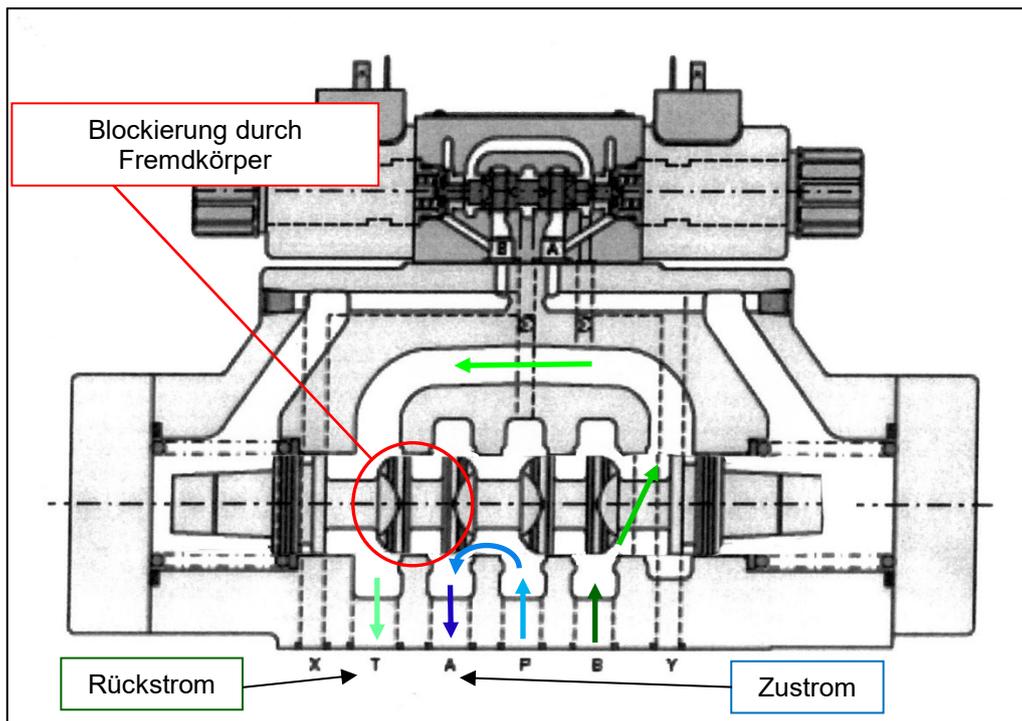


Abbildung 61: 4/3-Wege-Proportionalventil

Hier: Kolben für die Steigungsverstellung in Vorausrichtung nach links verschoben. Dadurch blockiert verklemmter Fremdkörper den Kolben. **P** – konstanter Ölstrom von Pumpe über Filter zum Proportionalventil. **A** – Ölstrom über OD-Box zur Propellernabe, um Hydraulikkolben in Vorausrichtung zu verstellen. **B** – Rückstrom des Hydrauliköls aus dem Hydraulikkolben von der nicht mit Druck beaufschlagten Seite. **T** – Rücklauf des Hydrauliköls über Ölkühler zum Tank.

Die nicht der Steigungsverstellung entsprechende Kolbenstellung bzw. das nicht erfolgende Abriegeln des Hydraulikölstroms wurde durch die um 23:50:42 Uhr auflaufende erste Fehlermeldung „error pitch/pitch controller“ signalisiert. Das Hinauslaufen über 100 %-Steigung löste dann um 23:51:01 Uhr die nächste Fehlermeldung, „2. actual pitch signal back-up-system“, aus.

Die erste Fehlermeldung der Verstellpropelleranlage um 23:50:42 steht nach Auffassung der Untersucher im Zusammenhang mit dem ersten durch den Alarmdrucker der Maschine um 23:50 Uhr erfassten Alarm „Remot. Contr. Fail. CPP ON“.

Die Untersucher sind der Ansicht, dass das Umschalten auf die Backup-Steuerung um 23:51:50 Uhr durch den Kapitän die Fehlermeldung „error pitch/pitch controller“ deaktivierte. Die Deaktivierung der Meldung aufgrund der Aufhebung der Störung wird als weniger wahrscheinlich angesehen, da der Kapitän zum einen über das Einschalten der Backup-Steuerung berichtete. Darüber hinaus wurde der Alarm zu diesem Zeitpunkt nicht im Alarmlog der Maschinenanlage als aufgehoben vermerkt. Zum anderen wurde die Fehlermeldung durch das System wenig später, um 23:52:15 Uhr, wieder aktiviert. Auch hier gehen die Untersucher von einem Zusammenhang mit den Handlungen des Kapitäns aus. Nachdem durch diesen offensichtlich schnell erkannt wurde, dass sich das System zwar in den Backup-Mode schalten ließ, das Betätigen des Knopfes „PITCH ASTERN“ aber die anliegende

Steigung nicht beeinflusste, schaltete der Kapitän zurück in den normalen Betriebsmodus. Dadurch wurde der immer noch anliegende Alarm im Alarmlog der Verstellpropelleranlage wieder angezeigt.

Um 23:52:55 Uhr deaktivierte sich die Fehlermeldung „2. actual pitch signal back-up-system“. Da in Bezug auf die Steuerung der Verstellpropelleranlage zuvor keine Fehlfunktionen aufgetreten waren und nach dem Unfall hier keine Auffälligkeiten festgestellt werden konnten, kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass die Blockierung des Proportionalventils, die dazu geführt hatte, dass die Steigung 110 % erreichte, nicht mehr bestand. Die Steigung war also zu diesem Zeitpunkt auf einen Wert ≤ 100 % zurückgelaufen.

Elf Sekunden später, um 23:53:06 Uhr, deaktivierte sich auch der zuerst aufgelaufene Fehler der Verstellpropelleranlage „error pitch/pitch controller“. Dieses Ereignis wurde ebenfalls durch das Alarmlog der Maschinenanlage erfasst (23:53 Uhr: „Remot. Contr. Fail. CPP - -“). Dies hängt nach Ansicht der Untersucher mit der zuvor beschriebenen Deaktivierung des Fehlers „2. actual pitch signal back-up-system“ zusammen. Unter der Annahme, dass der ursprüngliche Fehler nicht mehr bestand, reagierte die Anlage wieder und die Steigung des Propellers war in einen Bereich zurückgelaufen, der innerhalb der Toleranz zwischen Ist- und Sollwert lag. Mit dem Erreichen des Toleranzbereiches erlosch die Fehlermeldung. Damit muss noch keine Übereinstimmung zwischen Ist- und Sollwert vorgelegen haben.

Die tatsächliche Stellung des Bedienhebels zu diesem Zeitpunkt ist aufgrund fehlender Daten unbekannt. Auch die Auswertung der Aufzeichnung der Audio-Daten des Schiffsdatenschreibers bis zum Ende der Aufzeichnung ergab keine Anhaltspunkte zur Stellung des Bedienhebels oder der Anzeigen der Steigung.

Es ist auch die Aufhebung aller anliegenden Alarme im Zusammenhang mit dem tatsächlichen Notstopp der Hauptmaschine (Eintrag in das Alarmlog um 23:54 Uhr) denkbar. Dies ergibt sich aus dem Umstand, dass die durch den Drucker aufgezeichneten Alarme keinen sekundengenauen Eintrag haben. Daher besteht hier eine Spanne von einer Minute. Die Untersucher halten das aber für weniger wahrscheinlich, da der zeitliche Abstand vom um 23:52:55 Uhr deaktivierten Fehler „2. actual pitch signal back-up-system“ zu diesem Alarm um 23:54 Uhr zu groß ist.

Unter der Annahme, dass ein Zusammenhang zwischen der Deaktivierung der Fehlermeldungen „2. actual pitch signal back-up-system“ und „error pitch/pitch controller“ besteht, gehen die Untersucher davon aus, dass um 23:53:06 Uhr das System wieder einsatzbereit war. Dieser Umstand war allerdings für den Kapitän auf der Brücke aufgrund fehlender Anzeigen nicht erkennbar.

4.2 Fahrtverlauf

Die Fahrt der AKACIA erfolgte bis zum Auftreten des ersten Alarms ohne besondere Vorkommnisse. Die bis zur Passage der Holtenauer Hochbrücke festgestellten Überschreitungen der zugelassenen Geschwindigkeit auf dem Nord-Ostsee-Kanal in einigen Bereichen des Kanals hatten keinen Einfluss auf das zum Seeunfall führenden Ereignis.

Die Brücke und der Maschinenraum der AKACIA war ausreichend und mit erfahrenen Besatzungsmitgliedern besetzt. Zwei der Besatzungsmitglieder auf der Back waren laut der vorgelegten Befähigungen entsprechend für die im Zusammenhang mit dem Ankergeschirr auszuführenden Tätigkeiten qualifiziert.

Der Lotse, der zu Beginn seiner Beratungstätigkeit durch den Kapitän eingewiesen worden war, und der Kanalsteuerer waren seit vielen Jahren auf dem NOK tätig und mit überdies dem Schiffstyp vertraut.

Die Untersucher haben keine Anhaltspunkte gefunden, dass besondere Umstände oder Übermüdung einen Einfluss auf das Unfallgeschehen gehabt hätten.

Der 1. Alarm trat nach Ansicht der Untersucher auf, als der Lotse den Bedienhebel der Verstellpropelleranlage auf „Voraus“ legte, um das Aufsteuern, also das Erreichen des für die Ansteuerung der Schleuse notwendigen Kurses, durch einen entsprechenden Schraubenstrom am Ruder zu unterstützen. Für das durch den Lotsen erinnerte zweite Rückwärtsmanöver nach dem Vorausmanöver zur Unterstützung des Aufsteuerns konnte kein Beleg gefunden werden. Vielmehr deuten der zeitliche Abstand zwischen dem genannten Vorausmanöver und dem ersten Alarm sowie der angenommenen Verlauf der Blockierung des Proportionalventils auf nur ein Rückwärtsmanöver hin.

Nach dem Einsetzen des akustischen Alarms um 23:50:42 Uhr realisierte der Lotse schnell die Fahrtzunahme des Schiffes und den Umstand, dass mit dem Bedienhebel der Verstellpropelleranlage keine Verstellung mehr möglich war. Er machte den Kapitän immer dringlicher darauf aufmerksam. Wenig später informierte er die für diesen Abschnitt des NOK zuständige Station der Verkehrslenkung.

Der Kapitän versuchte zunächst, durch die Betätigung des Bedienhebels die Kontrolle zurück zu erlangen. Offensichtlich erwog er auch den Notstopp der Hauptmaschine (siehe Pkt. 3.2.3.1, 23:51:26 Uhr). Da die Kontrolle mit dem Bedienhebel nicht zurückerlangt werden konnte, schaltet der Kapitän nach Auffassung der Untersucher um 23:51:50 Uhr in den Backup-Mode. Das Umschalten wurde durch das Aufleuchten der Kontrolllampe signalisiert.

Auf Anraten des Lotsen ordnete der Kapitän um 23:51:58 Uhr das Fallenlassen beider Anker an. Diese Anordnung wiederholte er um 23:52:09 Uhr als Bestätigung aufgrund einer Nachfrage von der vorderen Manöverstation.

Auch im Backup-Modus konnte die Steigungsverstellung nicht beeinflusst werden, obwohl die Funktionsfähigkeit durch das Aufleuchten der Druckknopfbeleuchtungen signalisiert wurde. Nach Ansicht der Untersucher schaltete der Kapitän daher um 23:52:15 Uhr zurück in den normalen Betriebsmodus. Die Untersucher nehmen darüber hinaus an, dass das Telefongespräch mit dem CE, indem er über die zu große Last auf die Hauptmaschine und die sich daraus ergebende Reduzierung der Drehzahl berichtete, zeitgleich stattfand. Der Kapitän beendete das Gespräch mit den Worten „Okay, Emergency stop.“ (23:52:15 Uhr). Dies wurde offensichtlich durch die Maschinenbesatzung überhört bzw. nicht umgesetzt. Möglich ist allerdings auch, dass das Telefongespräch bereits zuvor beendet war und der Kapitän die Äußerung innerhalb einer Überlegung machte, so wie bereits um 23:51:26 Uhr geschehen. Dafür

würde die schnelle Abfolge der Ereignisse (23:52:09 Uhr – Bestätigung zum Fallenlassen der Anker, 23:52:10 Uhr – Beginn des Gesprächs mit dem CE, 23:52:15 Uhr – Umschalten der Steuerung der Verstellpropelleranlage von der Backup-Steuerung auf die normale Steuerung) sprechen, die den Kapitän beanspruchte.

Die Geschwindigkeit des Schiffes hatte inzwischen 10,1 kn erreicht und die Distanz bis zum späteren Auftreffpunkt betrug ca. 2,7 kbl.

Um 23:52:22 Uhr wurde durch ein Mitglied der Brückenbesatzung ein kurzer Ton mit dem Typhon gegeben. Kurze Zeit danach warnte der Lotse die Verkehrszentrale und teilte mit, dass die Situation außer Kontrolle sei.

Der Kapitän forderte um 23:52:48 Uhr die Mannschaft auf der Back erneut auf, die Anker fallen zu lassen.

Um 23:53:14 Uhr, nachdem er einen Anruf über Funk von der Back erhalten hatte (23:53:11 Uhr), sagte der Kapitän: „Let go. Fall the ... fall the anchors.“⁴⁸ Der Inhalt dieses Anrufs war unverständlich in der Aufzeichnung des Schiffsdatenschreibers. Es bleibt damit offen, ob es sich um eine erneute Aufforderung oder vielmehr um eine Bestätigung handelte. Die BSU geht davon aus, dass die Anker nach der gegebenen Bestätigung durch den Kapitän (23:52:09 Uhr) unverzüglich ausgebracht wurden.

Wie unter Pkt. 4.1 dargelegt, lässt das Erlöschen der Alarme der Verstellpropelleranlage und der entsprechende Eintrag im Alarmlog der Hauptmaschine für die Untersucher den Schluss zu, dass um 23:53:06 Uhr die elektronische Fernsteuerung der Verstellpropelleranlage wieder einsatzbereit war. Zu diesem Zeitpunkt betrug die Geschwindigkeit des Schiffes ca. 9,8 kn und der Abstand zum Tor ca. 1,2 kbl. Ob die Verstellpropelleranlage ab diesem Zeitpunkt auch wieder mechanisch vollständig verfügbar war, kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

Um 23:53:56 Uhr forderte der Kapitän den Notstopp der Hauptmaschine. Dies könnte mit der Darstellung des CE und des 2. Ings. korrespondieren, die in ihrer Stellungnahme darlegten, dass sie nach dem ersten Telefongespräch mit dem Kapitän einen weiteren Anruf erhielten, bei dem der Kapitän den Notstopp forderte. Dieser Aufforderung kam die Maschinenbesatzung umgehend nach.

Die AKACIA kollidierte um 23:54:02 Uhr mit dem seeseitigen Schleusentor der Neuen Südschleuse in Kiel-Holtenau.

Die Untersucher gehen davon aus, dass die Kontrolle der Verstellpropelleranlage während des gesamten Zeitraums auf der Brücke lag.

⁴⁸ Siehe dazu auch Fußnote 18.

4.3 Zeitliche Übersicht über die aufgelaufenen Fehlermeldungen und Alarmer

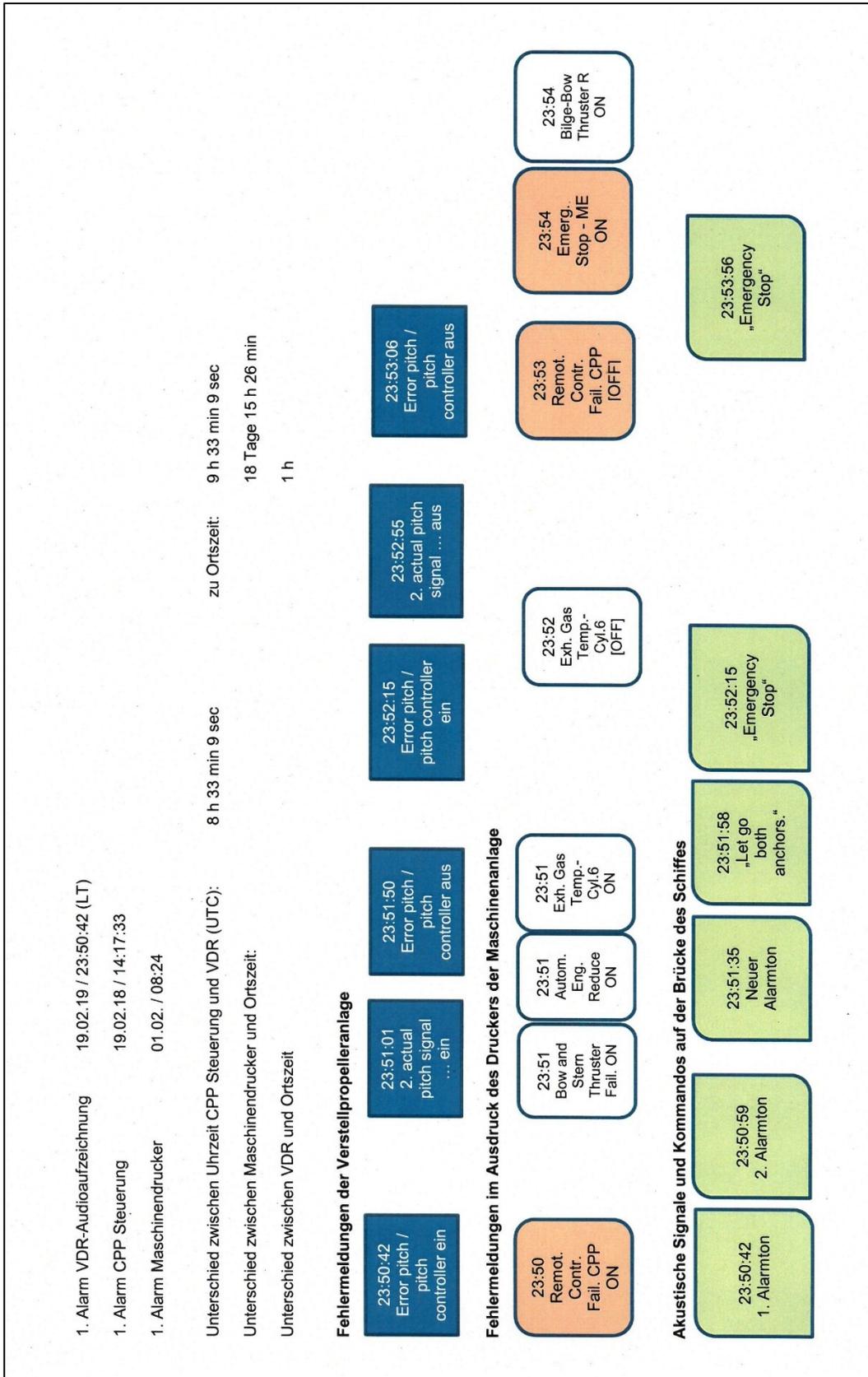


Abbildung 62: Übersicht über Fehlermeldungen und Alarmer

Im Zusammenhang mit der Untersuchung fiel auf, dass die hier betrachteten Systemzeiten von der Bordzeit abwichen. Insbesondere die Abweichung der Zeit des Alarmdruckers der Maschinenanlage (18 Tage 15 Stunden 26 Minuten) ist bemerkenswert.

Im Rahmen der Untersuchung wurden die Checklisten für das Klarmachen der Brücke bzw. des Maschinenraums für das Ein- und Auslaufen des Schiffes überprüft. Dabei fiel auf, dass nur die Checkliste für das Klarmachen der Brücke für das Auslaufen einen Prüfpunkt für den Abgleich und die Synchronisierung der Uhren enthielt.

4.3.1 Manövrierkennwerte

Die nachfolgende Darstellung erfolgt auf der Grundlage der für das Schiff erstellten Manövrierkennwerte.

Die Tatsache außeracht lassend, dass weder ein „Voll Zurück“-Manöver noch eine andere Verstellung des Propellers ab 23:50:42 Uhr aufgrund des Ausfalls der Verstellpropelleranlage mehr möglich war, hätte für ein „Voll Zurück“-Manöver von den nachfolgenden Werten ausgegangen werden können.

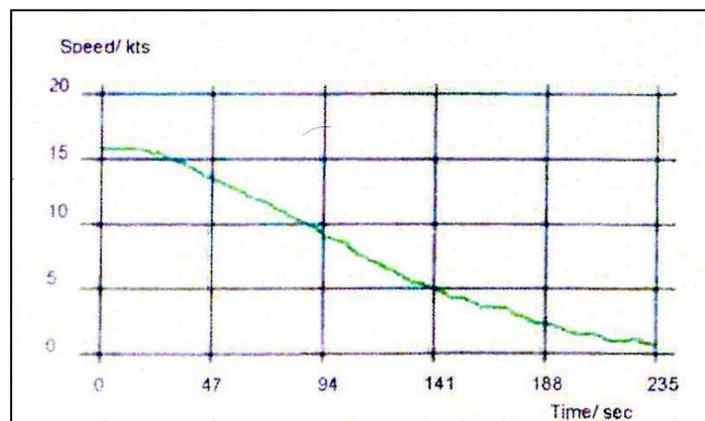


Abbildung 63: Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm für „Voll Voraus See“ auf „Voll Zurück“

Speed at Start:	15,70 kts
Speed at End:	0.0 kts
Speed Step:	Astern Full
Initial Heading:	90,7°
Final Heading:	183,2°
Time to Stop:	234s
Total Distance:	938,1m / 5,1 cbl / 6,7 S.L.

Abbildung 64: Daten für „Voll Voraus See“ auf „Voll Zurück“⁴⁹

Zum Zeitpunkt des Ausfalls der Verstellpropelleranlage um 23:50:42 Uhr betrug der Abstand des Vorschiffs zum geschlossenen Schleusentor noch ca. 4,9 kbl. Aufgrund der geringeren Geschwindigkeit und Masse des Schiffes und des

⁴⁹ Zum Zeitpunkt der Probefahrt betrug der Tiefgang vorne: 8,5 m und der Tiefgang achtern: 8,7 m.

Flachwassereinflusses hätte der Bremsweg bei einem (eben nur theoretisch möglichen) „Voll-Zurück“-Manövers vermutlich noch ausgereicht.

Die Frage, ob der Bremsweg auch ausgereicht hätte, wenn um die fragliche Uhrzeit sofort ein Notstopp der Maschine durchgeführt worden wäre, muss offenbleiben. Für die Bewertung des Notstopps der Hauptmaschine und die sich daraus ergebende Auslaufstrecke standen die Werte für das „Voll Voraus auf Stopp“-Manöver zur Verfügung. Dieser Versuch wurde allerdings im unbeladenen Zustand aus einer Geschwindigkeit von 18 kn heraus absolviert. Das vorliegende Datenblatt lässt keinen Schluss darauf zu, ob ein früherer Notstopp der Hauptmaschine die Anfahrung verhindert oder zumindest abgeschwächt hätte. Das liegt insbesondere an der abweichenden Beladung und zum anderen an den Testbedingungen. Hier führte der in Null-Stellung drehenden Propeller wahrscheinlich zu einer stärkeren und das offene Wasser vermutlich zu einer geringeren Verzögerung.

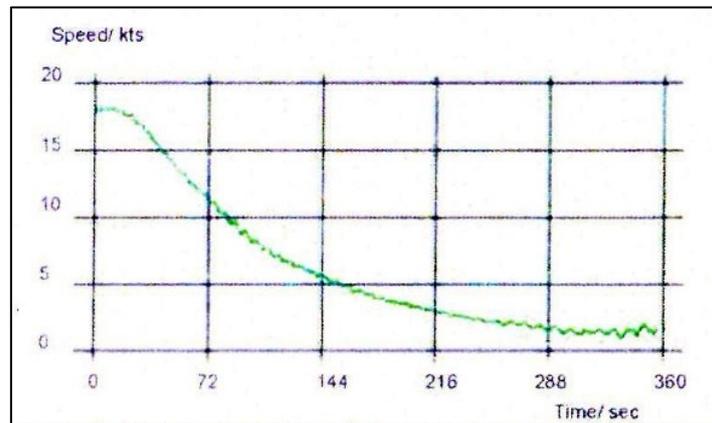


Abbildung 65: Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm für „Voll Voraus See“ auf „Stopp“

Speed at Start:	18,00 kts
Speed at End:	1,90 kts
Speed Step:	Stop
Initial Heading:	310,5°
Final Heading:	247°
Time to Stop:	357s
Total Distance:	1170,8m / 6,3 cbl / 8,4 S.L.

Abbildung 66: Daten für „Voll Voraus See“ auf „Stopp“⁵⁰

⁵⁰ Zum Zeitpunkt der Probefahrt betrug der Tiefgang vorne: 4,6 m und der Tiefgang achtern: 5,7 m.

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

5.1 Verstellpropelleranlage

Während der Untersuchung wurde ein Schaden an den Propellerflügeln und in der Nabe der Verstellpropelleranlage festgestellt. Die Berührung eines unbekanntesten festen Gegenstandes zu einem unbekanntesten Zeitpunkt war ursächlich für diese Schäden. Nach Ansicht der Untersucher der BSU war dieser Schaden darüber hinaus ursächlich für den Ausfall der Verstellpropelleranlage zu Beginn des im Bericht beschriebenen Ereignisses. Mindestens eins der während des primären Schadenereignisses entstandenen Bruchstücke hatten zu dem Zeitpunkt, als sich das Schiff der Schleuse näherte, das Proportionalventil erreicht. Im Proportionalventil führte dann dieses Bruchstück zur Blockierung des Kolbens in der Stellung „Verstellung der Steigung in Vorausrichtung“. Dadurch konnte der Hydraulikölstrom bei der Erreichung der durch den Lotsen gewünschten Stellung nicht unterbrochen werden. Das wiederum führte dazu, dass sich die Propellerflügel bis zum Maximum (110 %) in Vorausrichtung verstellten.

Unabhängig davon, ob der Besatzung das ursächliche Ereignis bekannt war, war bzw. wäre der Zeitpunkt des Eintritts der Blockierung nicht vorhersagbar gewesen. Dies gilt umso mehr, als dass der Schadensumfang in jedem Fall unbekannt war. Die Besatzung wurde also durch das Ereignis vollkommen überrascht.

Die Untersucher der BSU gehen davon aus, dass die Besatzung keine Möglichkeit der Beeinflussung der Verstellpropelleranlage zur Aufhebung dieser Blockierung hatte, da die Blockierung des Proportionalventils weder durch das Umschalten in den Backup-Modus beseitigt wurde noch durch die Umstellung auf den Notbetrieb hätte beseitigt werden können. Wobei die Untersucher annehmen, dass keine Umschaltung auf den Notbetrieb erfolgte. Auch ein Umschalten auf den Maschinenraum hätte die Situation nicht verändert. Darüber hinaus war die Ursache des Problems für die Besatzung schwer bzw. nicht erkennbar. Die Aufhebung der Blockierung geschah nach Ansicht der Untersucher eher zufällig und hängt möglicherweise mit dem hohen Öldruck im System zusammen, der dazu führte, dass das Bruchstück nach kurzer Zeit herausgespült wurde.

5.2 Fahrtverlauf

Die AKACIA wurde durch die Schiffsführung und den Lotsen in der üblichen und grundsätzlich nicht zu beanstandenden Art und Weise durch den NOK gefahren. Durch den Lotsen wurde das vor der Einfahrt in die Schleuse geforderte Rückwärtsmanöver rechtzeitig ausgeführt. Die danach erforderliche Meldung unterblieb aufgrund der nachfolgend einsetzenden Ereignisse.

Auf den durch die Untersucher angenommenen Verlauf des Ereignisses wurde durch die Besatzung und den Lotsen nach Auffassung der Untersucher angemessen reagiert. Durch die Schiffsführung wurden die beiden naheliegenden Wege der Beeinflussung der Verstellpropellersteuerung, also normale Betätigung des Bedienhebels und Betätigung der Backup-Steuerung, probiert. Beide führten zu keiner Änderung des Zustandes, obwohl sie augenscheinlich funktionierten bzw. kein Fehler in der elektrischen Verbindung erkennbar war. Ob durch den Kapitän um 23:52:15 Uhr

telefonisch die Einleitung des Notstopp der Hauptmaschine durch die Maschinenbesatzung gefordert wurde oder es sich eher um eine Überlegung handelte, konnte nicht mit Sicherheit bestimmt werden. Ebenfalls unklar bleibt, warum der Notstopp nicht durch den Kapitän selbsttätig im Brückenpult ausgelöst wurde. Möglich ist auch, dass der CE durch die Anzahl der Alarme am Ende des Telefonats abgelenkt war und so die Aufforderung des Kapitäns überhörte. Fraglich bleibt, welches Ergebnis ein bereits um 23:52:15 Uhr ausgelöster Notstopp der Hauptmaschine auf den Schadensumfang am Tor gehabt hätte. Zu diesem Zeitpunkt waren noch ca. 2,6 kbl zurückzulegen und die Geschwindigkeit des Schiffes betrug 10,1 kn. Aufgrund der zu dieser Thematik nicht aussagekräftigen Manöverkennwerte aus den Probefahrten wären alle Überlegungen dazu spekulativ.

Der nach der telefonischen Aufforderung des Kapitäns um 23:54 Uhr ausgelöste Notstopp hatte keinen Einfluss mehr auf den Unfallverlauf.

Der Zeitpunkt des Fallenlassens der Anker für das Notankermanöver konnte während der Untersuchung nicht sicher festgestellt werden. Möglicherweise fielen die Anker, während sich der Bug des Schiffes noch zwischen dem Leitwerk befand. Insgesamt wird die Wirkung der Anker für die Reduzierung der Geschwindigkeit durch die Untersucher als eher gering erachtet. Die Untersucher führen die Geschwindigkeitsreduzierung vor dem Aufprall vielmehr auf bremsende hydrodynamische Effekte während des schnellen Einlaufens des Schiffes in die relativ enge Schleusenkammer zurück.

5.3 Uhrzeiten

Während der Untersuchung wurde festgestellt, dass im Maschinenkontrollraum wesentliche Uhrzeiten eine erhebliche Abweichung zur tatsächlichen Bordzeit bzw. UTC aufwiesen. Durch die Untersucher wird das als Sicherheitsrisiko eingestuft. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass die im Safety Management Manual enthaltene Checkliste für das Seeklarmachen des Maschinenraums keinen Prüfpunkt für den Abgleich der Uhren bzw. deren Synchronisation enthielt

6 Bereits durchgeführte Maßnahmen

Durch die anwaltliche Vertretung der Reederei wurde mitgeteilt, dass die Eigner hinsichtlich der festgestellten Uhrzeitabweichungen im April 2018 eine Non Conformity Note erarbeitet hatten. Als Korrekturmaßnahme wird darin angewiesen, dass die Uhrzeiten im Maschinenbereich auf UTC zu synchronisieren sind. Darüber hinaus wird eine regelmäßige Überprüfung, insbesondere nach Blackouts, gefordert. Zusätzlich wird auf die Beachtung der Checkliste für das Seeklarmachen hingewiesen.

Durch die Reederei wurden im Rahmen der Aufarbeitung des Unfalls das Safety Management Manual überarbeitet und der Abgleich sowie die Anpassung der Uhren in das Kapitel für die zur Vorbereitung des Auslaufens durchzuführenden Maßnahmen aufgenommen. Darüber hinaus wurde die Checkliste für das Seeklarmachen der Maschine entsprechend angepasst.

Die Reederei teilte außerdem mit, dass sie Übungen zum Notbetrieb der Verstellpropelleranlage in den „Annual Drill and Training Plan“ innerhalb des Safety Management Manuals aufgenommen hat und diese Übungen nun vierteljährlich für alle Ingenieure durchgeführt werden.

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung verzichtet daher auf eine Sicherheitsempfehlung zu diesen Punkten. Für weitere Sicherheitsempfehlungen besteht kein Anlass.

7 QUELLENANGABEN

- Ermittlungen des WSP Reviere Kiel und der technischen Ermittlungsgruppe der WSP 511 Hamburg
- Akte der Staatsanwaltschaft Kiel mit Stand 03.05.2019
- Schriftliche Erklärungen/Stellungnahmen der Schiffsführung, der diensthabenden Ingenieure und des Verantwortlichen auf der vorderen Manöverstation
- Zeugenaussagen des Lotsen und der Kanalsteuerer
- Seekarten und Schiffsdaten Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- Aufzeichnungen des Schiffsdatenschreibers des Schiffes
- Dokumente und Service-Berichte von der SCHOTTEL-Schiffsmaschinen GmbH, dem Hersteller der Verstellpropelleranlage, und NORIS Automation GmbH, dem Hersteller der Verstellpropellersteuerung. Zusätzlich Service-Berichte der Schlie Hydraulik Service GmbH und der Parker Hannifin GmbH & Co. KG.