



Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung
Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation



Schwerer Seeunfall

Kollision der PAIVI mit der BJOERKOE auf dem Nord-Ostsee-Kanal am 29. März 2022

Untersuchungsbericht 97/22

27.11.2024



Herausgeberin:

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

Direktor: Ulf Kaspera
Tel.: +49 40 3190 8300
Fax: +49 40 3190 8340

www.bsu-bund.de
posteingang@bsu-bund.de

Titelfoto: BSU



Die Untersuchung wurde in Übereinstimmung mit dem Gesetz zur Verbesserung der Sicherheit der Seefahrt durch die Untersuchung von Seeunfällen und anderen Vorkommnissen (Seesicherheits-Untersuchungs-Gesetz – SUG) durchgeführt. Danach ist das alleinige Ziel der Untersuchung die Verhütung künftiger Unfälle. Die Untersuchung dient nicht der Feststellung des Verschuldens, der Haftung oder von Ansprüchen (§ 9 Abs. 2 SUG).

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

Bei der Auslegung des Untersuchungsberichtes ist die deutsche Fassung maßgebend.

Änderungsverzeichnis

Seite	Änderung	Datum

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	8
2	FAKTEN.....	9
2.1	PAIVI.....	9
2.1.1	Schiffsfoto	9
2.1.2	Schiffsdaten	9
2.1.3	Reisedaten	10
2.2	BJOERKOE.....	10
2.2.1	Schiffsfoto	10
2.2.2	Schiffsdaten	10
2.2.3	Reisedaten	11
2.3	Angaben zum Seeunfall	11
2.3.1	Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen	12
3	UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG.....	13
3.1	Unfallhergang.....	13
3.1.1	PAIVI.....	13
3.1.2	BJOERKOE.....	18
3.2	Untersuchung.....	20
3.2.1	PAIVI.....	20
3.2.1.1	Schiff und Betreiber.....	20
3.2.1.2	Besatzung	21
3.2.1.3	Fahrtverlauf	21
3.2.1.4	Die Ruderanlage	25
3.2.1.5	Besichtigung der Ruderanlage nach dem Unfall	31
3.2.1.6	Zusammenarbeit mit der Reederei.....	35
3.2.1.7	Der Hersteller der Ruderanlage	36
3.2.1.8	Berichte der Klassifikationsgesellschaft	36
3.2.1.9	Verein Hanseatischer Transportversicherer e.V.....	36
3.2.1.10	Reparaturen an der Ruderanlage vor dem Unfall.....	37
3.2.1.11	Untersuchungen zur Feststellung der Unfallursache.....	40
3.2.1.12	Beschädigungen an den Servopumpen	49
3.2.2	BJOERKOE.....	50
3.2.2.1	Schiff	50
3.2.2.2	Besatzung	50
3.2.2.3	Fahrtverlauf	50
4	AUSWERTUNG	55
4.1	Einleitung	55
4.2	Tagebuchführung	55
4.3	Fahrtverlauf	56

4.4	Rudernanlage.....	58
4.4.1	Ursprüngliche Feststellungen.....	58
4.4.2	Stellungnahme der Dana SAC zum ersten Entwurf	60
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN	63
5.1	BJOERKOE.....	63
5.2	PAIVI.....	63
5.2.1	Tagebuchführung.....	63
5.2.2	Rudernanlage.....	63
6	SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN	66
6.1	Reederei INTERSCAN Schiffahrtsgesellschaft mbH.....	66
6.2	Reederei INTERSCAN Schiffahrtsgesellschaft mbH.....	66
6.3	Reederei INTERSCAN Schiffahrtsgesellschaft mbH.....	66
6.4	Sandfirden Technics B.V.....	66
7	QUELLENANGABEN	67

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1:	PAIVI: Darstellung HDG, COG und SOG über die Zeit	25
-------------	---	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schiffsfoto PAIVI	9
Abbildung 2:	Schiffsfoto BJOERKOE	10
Abbildung 2:	Unfallort, Ausschnitt aus Seekarte DE42	12
Abbildung 4:	PAIVI: Ausschnitt aus der Brückenkonsole	15
Abbildung 5:	PAIVI: Ausschnitt aus Brückenkonsole, hier der obere Teil.....	16
Abbildung 6:	PAIVI und BJOERKOE.....	16
Abbildung 7:	Beschädigter Bug der PAIVI.....	17
Abbildung 8:	Vorderansicht der BJOERKOE.....	19
Abbildung 9:	BJOERKOE: Blick aus dem Kabelgatt nach voraus	19
Abbildung 10:	PAIVI: Blick in die geschlossene Backbordnock.....	20
Abbildung 11:	PAIVI: Einbauort der elektronischen Seekarte	22
Abbildung 12:	PAIVI: Bildschirmfoto der genutzten elektronischen Seekarte	23
Abbildung 13:	AIS-Track der PAIVI	24

Abbildung 14: Typschild an der Ruderanlage der PAIVI	26
Abbildung 15: Ausgebaute Pumpe mit 4/3-Wege-Magnetventil und Ölfilter	27
Abbildung 16: Schematische Darstellung der Ruderanlage der PAIVI.....	29
Abbildung 17: Schema einer Pumpe MD10V 21/28 HE2	30
Abbildung 18: PAIVI: Ruderanlage.....	32
Abbildung 19: PAIVI: Lose Steuerkette an der Ruderanlage.....	32
Abbildung 20: PAIVI: Versatz zwischen Ruderschaft und Steuereinheit	33
Abbildung 21: PAIVI: Ausschnitt aus Foto des Bildschirms + eingefügte Fotodaten	34
Abbildung 22: Bedienungs- und Alarmtableau der Ruderanlage auf der Brücke	35
Abbildung 23: Pumpe 1 des Herstellers SAM Hydraulik	41
Abbildung 24: Pumpe 2 des Herstellers Brevini	41
Abbildung 25: Aus dem Ölfilter extrahierte Rückstände	42
Abbildung 26: Darstellung Nr. 1 der Befestigungsbohrungen.....	44
Abbildung 27: Darstellung Nr. 2 der Befestigungsbohrungen und der Bohrungen für die hydraulischen Zu- und Ableitungen	44
Abbildung 28: Blick auf eine vergleichbare geöffnete Servopumpe	47
Abbildung 29: BJOERKOE: Radarbild von 10:48:27 Uhr	52
Abbildung 30: BJOERKOE: Radarbild von 10:49:42 Uhr	53
Abbildung 31: BJOERKOE: Radarbild um 10:49:57 Uhr.....	54
Abbildung 32: BJOERKOE: Radarbild 10:50:27 Uhr	54
Abbildung 33: PAIVI: Peilplan mit eingetragenen AIS-Positionen	57
Abbildung 34: Schematische Darstellung der Ruderanlage der PAIVI.....	59

Abkürzungsverzeichnis

AIS	Automatic Identification System
BCR	Bow Crossing Range, Passierabstand vor dem Bug
BCT	Bow Crossing Time, Zeitdifferenz bis zum Passieren vor dem Bug
Bft	Beaufort
COG	Course Over Ground, Kurs über Grund
CPA	Closest Point of Approach, kleinster Passierabstand
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System, elektronisches Karten- und Informationssystem
ECS	Electronic Chart System, elektronischen Kartensystem
Equasis	Electronic Quality Shipping Information System
HDG	Heading, anliegender Kurs
IMO	International Maritime Organization
ISM (Code)	International Safety Management (Code)
kn	Knoten
MESZ	Mitteleuropäische Sommerzeit (UTC + 2 Stunden)
NOK	Nord-Ostsee-Kanal
Sek.	Sekunden
sm	Seemeilen
SOG	Speed over Ground, Geschwindigkeit über Grund
TCPA	Time to Closest Point of Approach, Zeitspanne bis zum Erreichen des Punktes mit dem kleinsten Passierabstand
UKW	Ultrakurzwelle
UTC	Universal Time Coordinated, koordinierte Weltzeit
VDR	Voyage Data Recorder, Schiffsdatenschreiber
VKZ	Verkehrszentrale
VRM	Variable Range Marker, veränderlicher Entfernungsring
WSA NOK	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Nord-Ostsee-Kanal

1 ZUSAMMENFASSUNG

Am Vormittag des 29. März 2022 kollidierten auf dem Nord-Ostsee-Kanal (NOK) das westgehende Frachtschiff PAIVI mit dem ostgehenden Frachtschiff BJOERKOE. Die Kollision fand im Bereich der Levensauer Hochbrücken statt. Der Zusammenstoß ereignete sich, da die PAIVI ihren vorgesehenen Bahnverlauf plötzlich nicht mehr einhalten konnte und auf die BJOERKOE zudrehte. Aufgrund des geringen Abstandes zwischen den Fahrzeugen waren Ausweichmanöver oder eine wirksame Fahrtreduzierung nicht mehr möglich. Bei der Kollision erlitten beide Schiffe größere Schäden im Bugbereich. Der Rumpf der BJOERKOE wurde unterhalb der Wasserlinie durchstoßen, wodurch es zu einem Fluten der Vorpiek und des Bugstrahlruderraums kam. Durch den unerwarteten Aufprall wurden auf der PAIVI drei Besatzungsmitglieder so verletzt, dass sie für eine Behandlung der Platzwunden und Prellungen von eingesetzten Feuerwehrrbooten und Rettungswagen in ein Krankenhaus transportiert werden mussten. Auch auf der BJOERKOE erlitt ein Besatzungsmitglied Prellungen. Beide Schiffe wurden nach der Kollision von Schleppern zu ihren durch die Verkehrszentrale vorgegebenen Liegeplätzen in Kiel geschleppt bzw. begleitet.

Durch die Schiffsführung der PAIVI wurde ein Problem mit der Ruderanlage als Ursache für die Kursabweichung angegeben. Im Ergebnis der Ermittlungen der BSU wird die Möglichkeit, dass ein Absetzen des Schiffes durch den Bankeffekt ursächlich war, als unwahrscheinlich angesehen. Vielmehr geht auch die BSU von einer technischen Ursache aus.

Der Bericht enthält Sicherheitsempfehlungen an die Reederei der PAIVI, die die Gewährleistung eines sicheren Schiffsbetriebes sowie die Ausrüstung des Schiffes mit technischen Handbüchern sowie die Führung des Schiffstagebuches betreffen sowie eine Sicherheitsempfehlung an den Hersteller der Ruderanlage.

2 FAKTEN

2.1 PAIVI

2.1.1 Schiffsfoto



Abbildung 1: Schiffsfoto PAIVI¹

2.1.2 Schiffsdaten

Schiffsname:	PAIVI
Schiffstyp:	Stückgutfrachtschiff
Flagge:	Zypern
Heimathafen:	Limassol
IMO-Nummer:	9434149
Unterscheidungssignal:	5BGW2
Eigner (nach Equasis):	Paivi InterScan Shipmanagement
Reederei:	INTERSCAN Schifffahrtsgesellschaft mbH ²
Baujahr:	2008
Bauwerft:	Marine Projects Ltd. und Bodewes Shipyards BV
Klassifikationsgesellschaft:	Bureau Veritas
Länge ü.a.:	82,5 m
Breite ü.a.:	12,5 m
Tiefgang maximal ³ :	5,3 m
Bruttoraumzahl:	2.474
Tragfähigkeit:	3.450 t
Maschinenleistung:	1.850 kW
Hauptmaschine:	Caterpillar, 1 x 6M25

¹ Quelle: Jörn Kallauch.

² Lt Equasis.org, abgerufen am 4. Juni 2024.

³ Lt. auf dem Schiff vorhandener Unterlagen zu den Schiffsdaten.

Geschwindigkeit: 12,5 kn
 Werkstoff des Schiffskörpers: Stahl
 Schiffskörperkonstruktion: Doppelboden
 Mindestbesatzung: 6

2.1.3 Reisedaten

Abfahrtschafen: Kokkola / Finnland
 Bestimmungshafen: Antwerpen / Belgien
 Art der Fahrt: Berufsschiffahrt, International
 Angaben zur Ladung: Baustoffe (Schüttgut)
 Besatzung: 7
 Tiefgang zum Unfallzeitpunkt⁴: $T_v = 5,4 \text{ m}$, $T_a = 5,4 \text{ m}$
 Lotse an Bord: Ja
 Kanalsteurer: Nein
 Anzahl der Passagiere: keine

2.2 BJOERKOE

2.2.1 Schiffsfoto



Abbildung 2: Schiffsfoto BJOERKOE⁵

2.2.2 Schiffsdaten

Schiffsname: BJOERKOE
 Schiffstyp: Stückgutfrachtschiff
 Flagge: Zypern
 Heimathafen: Limassol
 IMO-Nummer: 9376787

⁴ Tiefgang lt. der für den NOK vorbereiteten Pilot Card, also der für die Lotsung relevanten Schiffsdetails. Anmerkungen dazu unter Pkt. 3.2.1.3.

⁵ Quelle: Hasenpusch Photo-Productions.

Unterscheidungssignal:	5BRY4
Eigner (nach Equasis):	Coastal-Bulker UG (haftungsbeschränkt) & Co. MS "EMDEN" KG
Reederei:	Schulte & Bruns GmbH & Co KG
Baujahr:	2009
Bauwerft:	Societatea Comerciala Severnav S.A. und Bodewes Shipyards BV
Klassifikationsgesellschaft:	Det Norske Veritas
Länge ü.a.:	106,8 m
Breite ü.a.:	15,2 m
Tiefgang maximal:	5,25 m
Bruttoraumzahl:	4.102
Tragfähigkeit:	5.499 t
Maschinenleistung:	1.980 kW
Hauptmaschine:	Caterpillar, 1 x 6M25
Geschwindigkeit:	11 kn
Werkstoff des Schiffskörpers:	Stahl
Schiffskörperkonstruktion:	Doppelboden
Mindestbesatzung:	7

2.2.3 Reisedaten

Abfahrtshafen:	Papenburg / Deutschland
Bestimmungshafen:	Södertälje / Schweden
Art der Fahrt:	Berufsschiffahrt, International
Angaben zur Ladung:	Holzschnitzel als Schüttgut
Besatzung:	9
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	$T_v = 4,36$ m, $T_a = 4,77$ m
Lotse an Bord:	Ja
Kanalsteurer:	Ja
Anzahl der Passagiere:	keine

2.3 Angaben zum Seeunfall

Art des Seeunfalls:	Schwerer Seeunfall, Kollision zweier Schiffe
Datum/Uhrzeit:	29. März 2022, 10:50 Uhr MESZ ⁶
Ort:	Nord-Ostsee-Kanal, Kanalkilometer 93,45
Breite/Länge:	$\varphi = 54^\circ 21,7'N$, $\lambda = 010^\circ 4,0'E$
Fahrtabschnitt:	Revierfahrt
Platz an Bord:	Bugbereich bei beiden Schiffen
Menschlicher Faktor:	Nein

⁶ Alle Zeiten im Bericht, wenn nicht anders angegeben, in MESZ.

Folgen: Insgesamt vier verletzte Besatzungsmitglieder mit Prellungen und Platzwunden, Schäden an beiden Schiffen im Bugbereich, Wassereintrich in die Vorpiek und den Rudermaschinenraum bei der BJOERKOE.

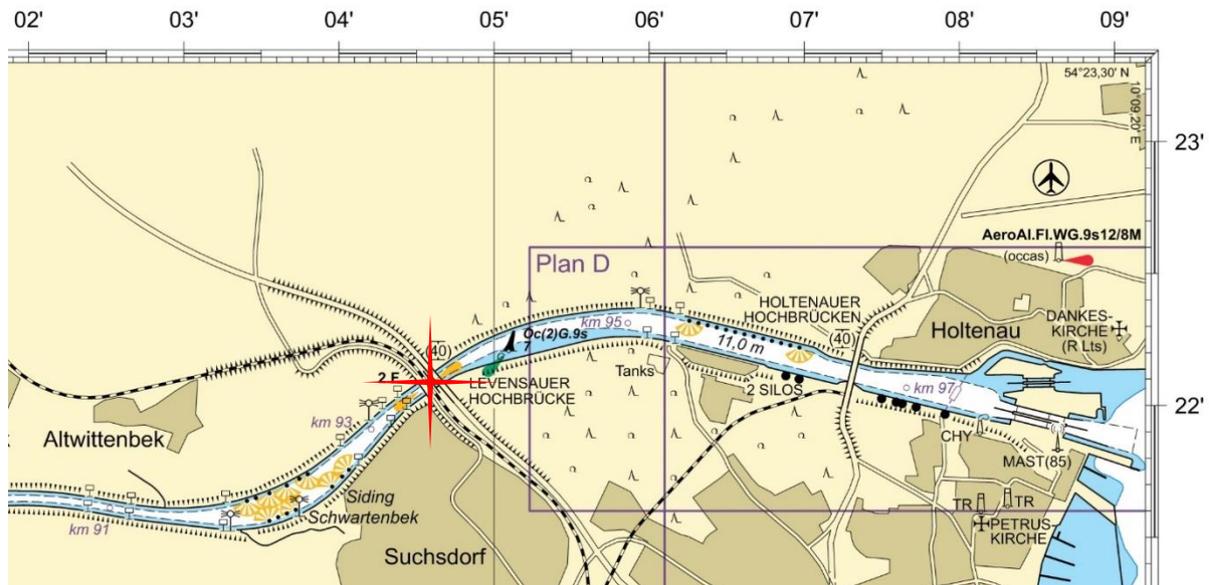


Abbildung 3: Unfallort, Ausschnitt aus Seekarte DE427⁷

2.3.1 Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen

Beteiligte Stellen: Verkehrszentrale NOK, Feuerwehr Kiel, Rettungsdienst, Wasserschutzpolizei, Maritimes Sicherheitszentrum

Eingesetzte Mittel: Schlepper HOLTENAU, STEIN und PARAT, Feuerwehr mit Schlauchbooten, Rettungswagen, ein Ölüberwachungsflugzeug

Ergriffene Maßnahmen: Unterstützung der Havaristen beim Manövrieren durch die Schlepper; später Verschleppen der PAIVI zum Liegeplatz durch HOLTENAU und STEIN, Begleitung der BJOERKOE durch die PARAT zum Liegeplatz; Verbringung von drei verletzten Besatzungsmitgliedern der PAIVI an Land durch Feuerwehr und Übergabe an den Rettungsdienst für Transport in ein Krankenhaus; Unterstützung durch die Feuerwehr auf der PAIVI beim Festmachen der Schlepper und beim Anlegen; erste Ermittlungen an Bord durch Wasserschutzpolizei; Flug zur Kontrolle auf eine mögliche Gewässerverunreinigung.

⁷ Quelle: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH).

3 UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG

3.1 Unfallhergang

3.1.1 PAIVI

Die nachfolgende Beschreibung des Unfallherganges beruht auf den schriftlichen Stellungnahmen des Kapitäns, des Lotsen und den Eintragungen in das Schiffstagebuch sowie zusätzlichen Informationen.

Die unter der Flagge Zyperns fahrende PAIVI hatte am 25. März 2022 den Hafen von Kokkola in Finnland mit Ladung für Antwerpen verlassen. Dazu beabsichtigte die Besatzung, am 29. März 2022 den Nord-Ostsee-Kanal zu passieren. Das Schiff wurde hier in die Verkehrsgruppe 3⁸ eingestuft. Aufgrund der Größe bestand keine Pflicht zur Annahme eines Kanalsteuers.

Der Lotse besetzte das Schiff um 07:40 Uhr in der Nähe des Leuchtturms Kiel. Nach dem Austausch der notwendigen Informationen beriet der Lotse dann die Schiffsführung bei der Ansteuerung der Schleusen von Kiel-Holtenau. Dem Lotsen war das Schiff durch vorausgegangene Beratungen bekannt. So konnte er dem Wunsch des Kapitäns nachkommen, das Schiff selbsttätig in die Neue Nordschleuse zu fahren und dort anzulegen. Vor dem Einlaufen wurde das durch die Schifffahrtsverwaltung geforderte Rückwärtsmanöver der Hauptmaschine ohne Beanstandungen ausgeführt. Die PAIVI war um 08:05 Uhr in der Schleuse fest.

Wegen eines Vorfalles bei der Versorgung mit Ausrüstung verzögerte sich das Auslaufen aus der Schleuse bis 10:30 Uhr.

Zu Beginn der Durchfahrt des NOK war die Sicht gut. Der Wind wehte mit 2 Bft aus nordwestlicher Richtung⁹. Der Lotse berichtete über schwache umlaufende Winde.

Nach dem Auslaufen übernahm der Lotse auf Bitten des Kapitäns wieder die Manöverelemente zur Bedienung des Ruders und der Steigung des Verstellpropellers. Er bestimmte also Geschwindigkeit und Kurs. Auf der Brücke befand sich außer dem Kapitän kein weiteres Besatzungsmitglied.

Für den Lotsen wurde am Ausgang aus dem Binnenhafen ersichtlich, dass das Passieren der BJOERKOE im Bereich der Levensauer Hochbrücke zu erwarten war. Er informierte darüber den Kapitän. Dieser nahm daraufhin auf dem rechten Sessel

⁸ Siehe dazu: https://www.wsa-nord-ostsee-kanal.wsv.de/Webs/WSA/WSA-Nord-Ostsee-Kanal/DE/2_Schifffahrt/b_Verkehrsmanagement/2_Verkehrsgruppen/Verkehrsgruppen_node.html. (2023-01-23).

⁹ Laut Schiffstagebuch der BJOERKOE.

vor der Brückenkonsole Platz (siehe Abbildung 4). Der Lotse nutzte den linken Sessel, da sich hier der Rudertiller¹⁰ befindet.

Zwischen dem auf der Südseite liegenden Anleger Projensdorf und der Tonne 7 wurde die Geschwindigkeit für die Begegnung mit der BJOERKOE nach Aussage des Lotsen reduziert. Das Einsteuern in die Levensauer Kurve ließ sich problemlos durchführen und erfolgte mit wechselnden Ruder- und Stützruderlagen. Die Geschwindigkeit lag dann bei 6,5 kn. Der Lotse positionierte die PAIVI unmittelbar nördlich der Kanalachse. Der durch den Lotsen regelmäßig kontrollierte Seitenabstand zur nördlichen Uferböschung betrug durchgehend 15 – 20 Meter. Vier bis fünf Schiffslängen voraus kam dann in der Kurve die BJOERKOE in Sicht. Sie befand sich südlich der Fahrwassermittlinie.

Den Verlauf der Kollision schilderte der Lotse wie folgt:

„Bei der Begegnungsannäherung nahm das MS „PAIVI“ einen leichten Dreh nach Backbord auf. Auch dies war zunächst nicht ungewöhnlich. Es ist normal, dass die Schiffe im engen Kanalprofil mit wechselnden Ruderlagen auf Kurs gehalten werden müssen. Kleinere Korrekturen sind durchgehend erforderlich. Ich legte am Tiller Steuerbord-Gegenruder, kleinere Ruderlage. Jetzt hätte das MS „PAIVI“ normalerweise sofort reagieren müssen. Die Ruderansteuerung hatte vorher ohne Probleme funktioniert. Der Abstand zur Kanalböschung war sicher. Ein Ansaugen war nicht festzustellen. Vollkommen überraschend setzte sich der Backborddreh trotzdem fort. Ich schaute sofort auf den Ruderlagenanzeiger. Dieser befindet sich an den Deckenpaneelen über dem Fahrstand. Er war von meiner Position aus gut einzusehen. Trotz Steuerbord am Rudertiller zeigte der Ruderlagenanzeiger Ruder 20° Backbord. Sofort legte ich Hart Steuerbord. Gleichzeitig informierte ich laut den Kapitän. Das Ruder blieb unverändert bei 20° Backbord hängen. Jetzt ging alles sehr schnell. Der Kapitän schaltete die Ruderansteuerung auf den Ruderjoystick¹¹ um (siehe Abbildung 4). Aber auch mit dem Ruderjoystick war das Ruder nicht anzusteuern. Ich legte sofort Voll Zurück. Es war jedoch nicht zu verhindern, dass das MS „PAIVI“ nun quer über die Kanalachse in die Südtrasse schoss. Durch das Voll-Zurück-Manöver konnte die Fahrt noch etwas reduziert werden. Sekunden später kam es zur Kollision. Um 10:50 Uhr traf unser Vorsteven den Backbordbug des MS „BJOERKOE“. Die Schiffe lösten sich wieder und drifteten langsam auseinander. Wir lagen eben westlich der

¹⁰ Der kleine Hebel ermöglicht das analoge Steuern (Follow-Up) durch die Auswahl unterschiedlicher Ruderwinkel nach Backbord oder Steuerbord. Dieser Regler hält das Ruder in dem vom Bediener festgelegten Winkel, bis er auf die Mittschiffs-Ruderlage zurückgestellt wird.

¹¹ Bedienhebel (Ruderjoystick) der Notfallsteuerung (Non-Follow-Up-Steuerung – Das Ruder bewegt sich so lange und in die Richtung, in die der Bedienhebel bewegt wird. Wenn der Bedienhebel losgelassen wird, springt er in die Nullstellung. Das Ruder bleibt bei der erreichten Ruderlage liegen.).

alten Hochbrücke (Eisenbahnbrücke) quer im Kanal. Am Bug des MS „BJOERKOE“ waren schwere Schäden zu erkennen.“

Nach der Kollision wurde die Hauptmaschine der PAIVI gestoppt und die Besatzung begann mit der Feststellung der Schäden. Dabei konnte kein Wassereintrich bemerkt werden. Der Kapitän teilte dem Lotsen mit, dass es keine Verletzten gäbe.



Abbildung 4: PAIVI: Ausschnitt aus der Brückenkonsolle¹²

¹² Quelle: BSU.

Abbildung 5: PAIVI: Ausschnitt aus Brückenkonsole, hier der obere Teil¹³Abbildung 6: PAIVI und BJOERKOE¹⁴

Unmittelbar nach der Kollision verständigte der Lotse der PAIVI die Verkehrszentrale für den NOK auf dem für diesen Bereich festgelegten UKW-Kanal über die Kollision mit der BJOERKOE. Durch die VKZ wurden daraufhin unter anderem die Feuerwehr und die Wasserschutzpolizei informiert. Der im Nordhafen des NOK liegende Schlepper PARAT wurde zur Unfallstelle entsandt. Dieser Schlepper übernahm dann die Unterstützung der BJOERKOE. Aus der Kieler Förde kamen die Schlepper

¹³ Quelle: BSU.

¹⁴ Quelle: WSA NOK.

HOLTENAU und STEIN hinzu, die später die PAIVI an einen Liegeplatz im Nordhafen 2 schleppten.

Durch die auf dem Nordufer eintreffende Feuerwehr wurden zwei Boote eingesetzt. Diese wurden genutzt, um Informationen über Verletzte und Schäden direkt bei den Schiffen einzuholen. Eine Gruppe von Feuerwehrleuten begab sich in diesem Zusammenhang an Bord der PAIVI. Hier registrierten sie drei leicht verletzte Besatzungsmitglieder. Alle drei hatten sich unter Deck befunden und waren an ihren Aufenthaltsorten durch die Kollision überrascht worden, so dass sie stürzten. Sie erlitten Prellungen, kleinere Platzwunden und leicht blutende Kratzer. Die Verletzten wurden erstbehandelt und zur weiteren Untersuchung in ein Krankenhaus transportiert. Nach der Rückkehr aus dem Krankenhaus konnten sie ihre Arbeit wiederaufnehmen.

Durch die Kollision war der Bug der PAIVI frontal eingedrückt worden. Etwa zwei Meter oberhalb der Wasserlinie war ein Riss entstanden, der sich auf beiden Seiten des Bugs über ca. 1,5 m ausdehnte. Der als Kran für leichte Lasten nutzbare Vormast war aus seiner Verschraubung an Deck gebrochen und nach achtern gefallen.

Durch die am Unfalltag beteiligten Behörden wurde keine Gewässerverunreinigung festgestellt.



Abbildung 7: Beschädigter Bug der PAIVI¹⁵

¹⁵ Quelle: BSU.

3.1.2 BJOERKOE

Die nachfolgende Beschreibung des Unfallherganges beruht auf dem der Wasserschutzpolizei übergebenen Schiffsunfallbericht des Lotsen und den Eintragungen in das Schiffstagebuch. Die ebenfalls unter der Flagge Zyperns fahrende BJOERKOE war am Unfalltag auf der Reise von Papenburg in Deutschland nach Södertälje in Schweden. Auch dieses Schiff war in die Verkehrsgruppe 3 eingestuft. Während der Passage des Nord-Ostsee-Kanals sollte ein Stopp an einer kurz vor den Holtenauer Schleusen liegenden Bunkerstation gemacht werden.

Zum Unfallzeitpunkt befanden sich der Lotse, der Kanalsteurer und der Kapitän auf der Brücke des Schiffes. Lotse und Kanalsteurer waren um 08:20 Uhr beim Lotsenwechsel in Rüterbergen an Bord gekommen. Dem Lotsen war das Schiff bereits bekannt.

Für die Passage der Levensauer Hochbrücken war die Geschwindigkeit reduziert worden und das Schiff befand sich nach Aussage des Lotsen unmittelbar südlich der Mitte des Kanals. Die Manöverstation war für das Festmachen an der Bunkerstation bereits besetzt. Für die Begegnung wurde die Geschwindigkeit weiter auf 7 kn reduziert. Nach Ansicht des Lotsen der BJOERKOE stand die PAIVI *„eben nördlich der Kanalmitte mit sicherem Abstand zur Nordböschung. Beide Fahrzeuge waren gut für die sichere Begegnung eingesteuert, ...“*. Als beide Schiffe noch ca. eine Dreiviertel-Schiffslänge voneinander entfernt waren, begann die PAIVI schnell auf die BJOERKOE zuzudrehen. Der Lotse forderte den Kapitän auf, den Generalalarm auszulösen. Gleichzeitig legte er die Steigung des Verstellpropellers auf „Voll Zurück“. Dann gab er dem Kanalsteurer die Order, auf die PAIVI zuzudrehen, um dadurch einen günstigeren Kollisionswinkel herbeizuführen. Der Punkt des Auftreffens lag dann vor dem Kollisionsschott der BJOERKOE.

Auch der Lotse dieses Schiffes meldete den Zusammenstoß unmittelbar danach an die VKZ. Die zur Schadensfeststellung abgeteilten Besatzungsmitglieder stellten einen massiven Schaden im Vorschiff fest (siehe Abbildungen 8 und 9). Der Bugwulst der PAIVI hatte den Rumpf der BJOERKOE unterhalb der Wasserlinie durchstoßen, was zu einem Wassereintrich in der Vorpiek, dem Bugstrahlruderraum und einem Stauraum führte. Ein zunächst ebenfalls gemeldeter Wassereintrich in den Laderaum bestätigte sich bei näherer Untersuchung nicht.

Die BJOERKOE wurde durch die PARAT während der Rückwärtsfahrt zur Ausweiche Schwartenbek unterstützt. Dort wurde das Schiff dann gegen die Dalben gehalten, bis es später unter Schlepperbegleitung zum angewiesenen Liegeplatz im Scheerhafen von Kiel verholte. Dort war das Schiff gegen 15:00 Uhr fest.

Während der Ermittlungen der Wasserschutzpolizei wurde auch auf diesem Schiff eine leichtverletzte Person festgestellt. Eines der beiden mit den Vorbereitungen für das

Festmachen auf dem Vorschiff betrauten Besatzungsmitglieder hatte die Annäherung der PAIVI nicht bemerkt und war dadurch bei der Kollision zu Fall gebracht worden. Es erlitt dadurch Prellungen, blieb aber arbeitsfähig.



Abbildung 8: Vorderansicht der BJOERKOE¹⁶

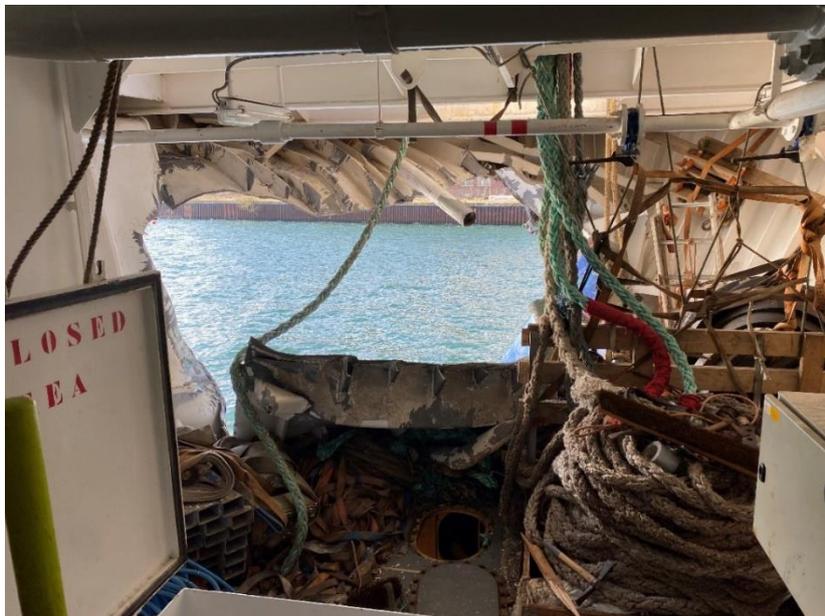


Abbildung 9: BJOERKOE: Blick aus dem Kabelgatt nach voraus¹⁷

¹⁶ Quelle: BSU.

¹⁷ Quelle: BSU.

3.2 Untersuchung

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung wurde durch den Meldebericht der VKZ NOK am 29. März 2022 über das Ereignis informiert. Beide Schiffe wurden am Folgetag in Kiel durch ein Untersucherteam aufgesucht und besichtigt.

3.2.1 PAIVI

3.2.1.1 Schiff und Betreiber

Bei der PAIVI handelt es sich um ein Küstenmotorschiff des Typs Trader 3450. Es verfügt über einen durchgehenden Laderaum. Der verstärkte Rumpf erfüllt die Anforderungen der Eisklasse A1. Bei diesem Typ befinden sich die Aufbauten achtern.

Das Schiff ist mit einem Verstellpropeller und einem Bugstrahlruder ausgestattet. Es besitzt kein eigenes Ladegeschirr.

Die Sicht nach voraus wird nur unwesentlich durch die auf dem Vorschiff befindlichen zwei Lüfterköpfe und den Vormast eingeschränkt. Der zum Bewegen der Lukendeckel über den Luken installierte Lukenwagen behindert die seitliche Sicht nur im unmittelbaren Bereich vor den Aufbauten. Das Schiff verfügt über geschlossene Brückennocken. Die Sicht zu den Seiten ist gegeben. Die Untersucher stellten fest, dass aufgrund der geringen Höhe der Brücke des Schiffes eine optische Kontrolle des Seitenabstandes zum Ufer gut möglich ist (Abbildung 10).

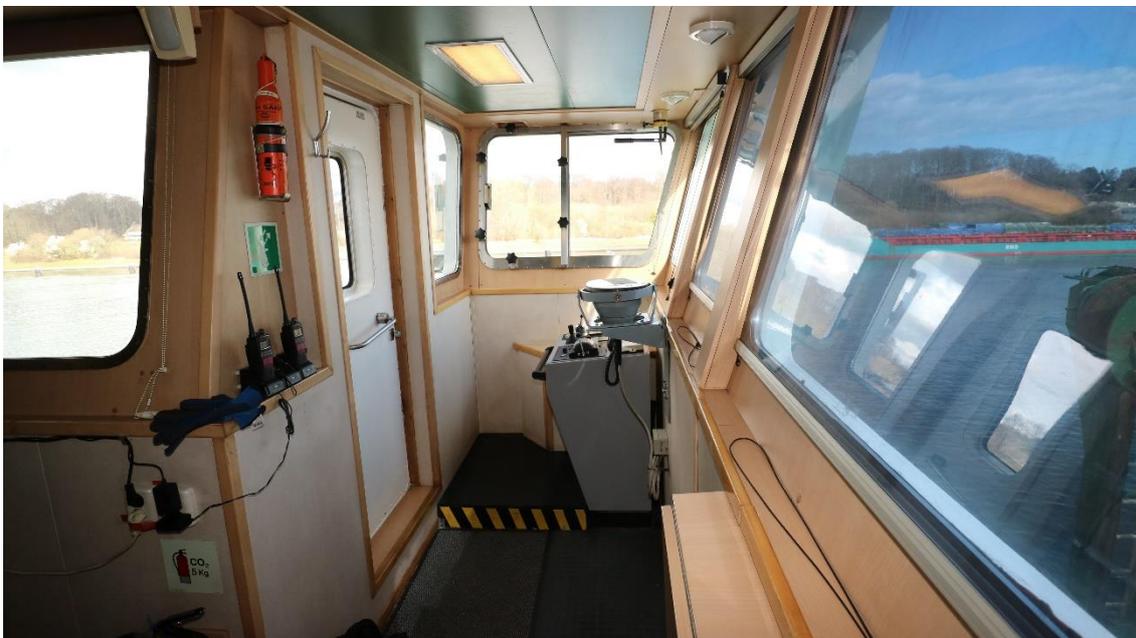


Abbildung 10: PAIVI: Blick in die geschlossene Backbordnock¹⁸

¹⁸ Quelle: BSU.

Die PAIVI befindet sich seit dem Jahr 2008 im Besitz des Unternehmens Paivi InterScan Shipmanagement. Als ISM- und ISPS-Manager fungiert die INTERSCAN Schiffahrtsgesellschaft mbH. Das technische Management erfolgt durch INTERSCAN Fleetmanagement GmbH & Co. KG.

3.2.1.2 Besatzung

Die Besatzung der PAIVI bestand am Unfalltag aus sieben Personen aus drei Nationen. Die Bordsprache war russisch. Die Eintragungen im Schiffstagebuch erfolgten in englischer Sprache.

Alle Besatzungsmitglieder verfügten über die notwendigen Zeugnisse.

Der Kapitän hat die Staatsbürgerschaft der Republik Belarus. Er begann seine Karriere in der Seefahrt im Jahr 1978. 1992 machte er seine erste Reise als Kapitän. Bei der Reederei InterScan war er seit 2018 beschäftigt. Der Kapitän war auf der PAIVI seit vier Monaten im Einsatz.

Der Leitende Ingenieur ist Staatsbürger der Republik Litauen. Er war mit dem aktuellen Vertrag ebenfalls seit vier Monaten auf der PAIVI tätig.

Die nautische Wache wurde abwechselnd durch den Kapitän und den 1. Nautischen Offizier durchgeführt. Der Kapitän besetzte dabei die Zeiten von 05:00 Uhr bis 12:00 Uhr und von 19:00 Uhr bis 24:00 Uhr. Die vorgelegten Unterlagen zu den Arbeits- und Ruhezeiten entsprachen den völkerrechtlichen Mindestanforderungen gemäß STCW-Übereinkommen. Es gab keinen Hinweis darauf, dass der wachhabende Kapitän übermüdet war.

3.2.1.3 Fahrtverlauf

Für die Auswertung des Fahrtverlaufs bzw. des Geschehens auf der Brücke standen der BSU keine Daten des Schiffsdatenschreibers (VDR) zur Verfügung, da das Schiff aufgrund seiner Größe nicht ausrüstungspflichtig ist.

Der Fahrtverlauf ergab sich unter anderem aus den Eintragungen im Schiffstagebuch. Die Untersucher prüften die Eintragungen vom Ablegen in Kokkola bis zum Unfalltag. Dabei wurde festgestellt, dass weder die Menge oder das Gewicht der aufgenommenen Ladung noch der Tiefgang des Schiffes nach Abschluss der Beladung vermerkt worden war.

Im Zusammenhang mit der Untersuchung fiel die am Unfalltag bestehende Unstimmigkeit zwischen dem maximalen Tiefgang von 5,30 m und dem Tiefgang im NOK von 5,40 m auf. Da aber weder der Abgangstiefgang bekannt ist noch Unterlagen sichergestellt wurden, die eine entsprechende Berechnung des Tiefgangs im Frischwasser ermöglicht hätten, und darüber hinaus eine mögliche Überladung nicht unfallrelevant ist, wurde dieser Aspekt nicht weiter betrachtet.

Bis zum Erreichen von Kiel wurden mit GPS ermittelte Positionen an den Kursänderungspunkten im Schiffstagebuch erfasst. Nach dem Verlassen der Schleuse wurden keine Eintragungen im Sinne einer Ortsbestimmung gemacht. Ein extra Brückenbuch wurde nicht geführt. Allerdings besteht dazu keine Verpflichtung.

Die Navigation erfolgte mit Hilfe von Papierseekarten. Die für den Bereich des NOK genutzte Papierseekarte INT 1366 (DE42) war aktuell und berichtigt. Die Karten für die Ansteuerung der Kieler Förde waren ebenfalls aktuell und berichtigt.

Für die gesamte Reise war ein Passage Plan ausgearbeitet worden. Dieser war durch den Kapitän gegengezeichnet. Der Plan enthielt auch eine Liste der für die Reise zu nutzenden Seekarten. Die Karte 1366 war fälschlicherweise als Karte 1633 bezeichnet.

Die für die Ansteuerung der Kieler Förde genutzten Papierseekarten enthielten die Generalkurse und einige eingetragene Positionsbestimmungen.

Eine elektronische Seekarte (ECS¹⁹) war auf der Brücke ebenfalls vorhanden. Diese stammte vom Hersteller Transas. Weder die Hardware noch die Software besaßen eine Zulassung. Diese Karte wurde nach Aussage des Kapitäns daher auch nur zu Übersichtszwecken genutzt. Auf dem oberen Rand des Monitors war der entsprechende Hinweis „FOR INFORMATIVE AIDS ONLY“ angebracht worden (siehe Abbildungen 11 und 12). Die obere Zeile des Kartenmenüs enthielt den Hinweis „No official chart“. Eine elektronische Karte in Form einer ECDIS wurde nicht im Record of Equipment, dem Anhang zum Cargo Ship Safety Equipment Certificate, aufgeführt. Es bestand also keine Ausrüstungspflicht dafür.



Abbildung 11: PAIVI: Einbauort der elektronischen Seekarte²⁰

¹⁹ Electronic Chart System.

²⁰ Quelle: BSU.

Auf der elektronischen Seekarte konnte durch die Besatzung der Track des Schiffes vom Unfalltag abgerufen werden (siehe Abbildung 12).

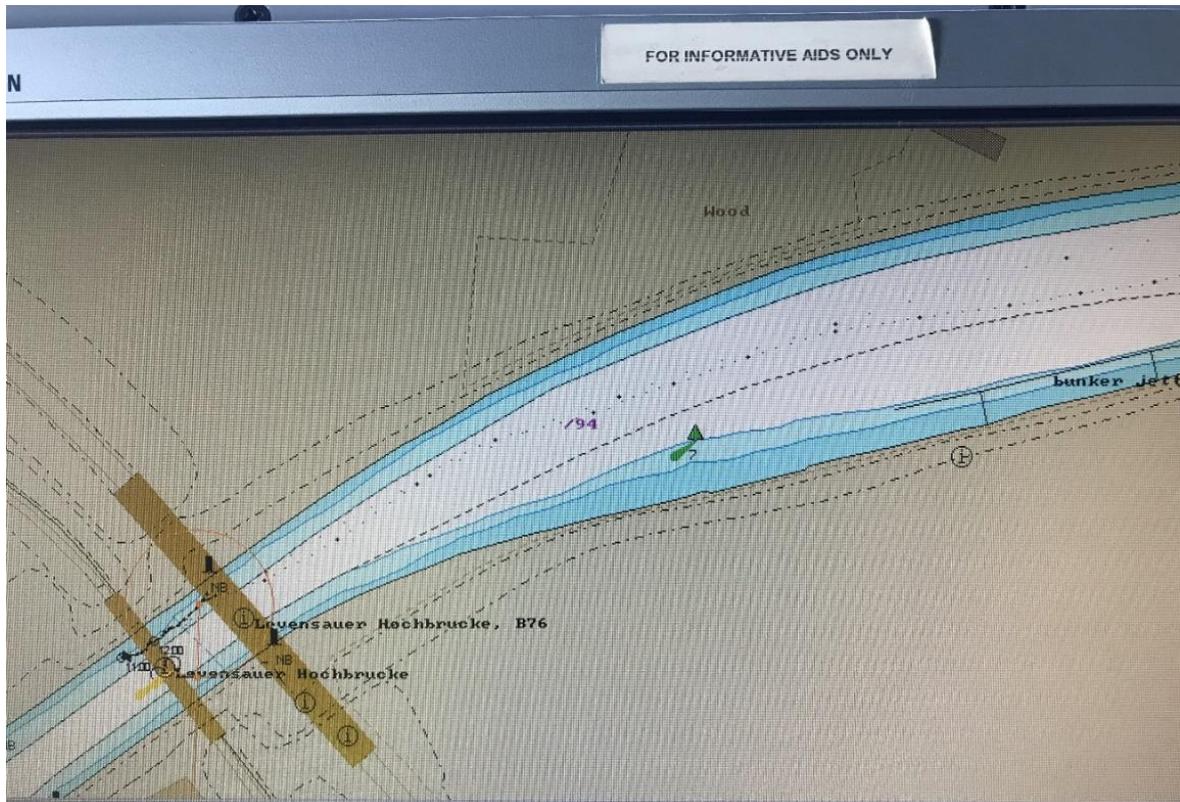


Abbildung 12: PAIVI: Bildschirmfoto der genutzten elektronischen Seekarte²¹

Die Darstellung enthält die Positionspunkte für die Strecke bis zum Unfallort und für die Fahrt zurück zum zugewiesenen Liegeplatz in Kiel. Die nördlicher gelegenen Punkte beziehen sich auf den Weg zum Unfallort.

Bei der Befragung durch die Untersucher der BSU am Tag der Besichtigung des Schiffes ergänzte der Kapitän die Feststellungen seiner knappen schriftlichen Stellungnahme um die folgenden Punkte:

- Zum Zeitpunkt der Anbahnung des Unfalls lag das Ruder auf ca. 8° nach Backbord, um die Kurve unterhalb der Brücken zu durchfahren. Der Ausfall wurde zuerst durch den Lotsen bemerkt, als dieser das Ruder auf die Mittschiffslage zurücklegen wollte.
- Daraufhin schaltete der Kapitän sofort in den NFU-Modus, also auf die Notfallsteuerung, und legte den dazugehörigen Joystick nach Steuerbord. Allerdings konnte er dann weder auf den Ruderlagenanzeigen noch am Verhalten des Schiffes eine Drehung des Ruders nach Steuerbord feststellen. Er legte daher die Steigung des Pitchpropellers auf „Voll Zurück“. Das führte dann

²¹ Quelle: BSU.

zu der damit immer einhergehenden weiteren Drehung des Bugs nach Backbord in Richtung der Fahrwassermitte.

- Keines der beiden Radargeräte wurde zum Unfallzeitpunkt genutzt. Es herrschte Tageslicht und die Sicht war gut, so dass dies nicht für notwendig gehalten wurde.
- Der Lotse nutzte für seine Arbeit seine Portable Pilot Unit.

Für eine erste Übersicht über den Fahrtverlauf nutzten die Untersucher MarineTraffic.com. Dabei wurde festgestellt, dass es in unmittelbarer Nähe zum Unfall nur eine Begegnung der PAIVI mit einem anderen Fahrzeug gegeben hatte. Die PAIVI hatte das entgegenkommende Sportboot MONIKA auf der Höhe der Projensdorfer Bunkerbrücke um 10:44 Uhr passiert. Die Fahrt der PAIVI wurde also bis zur Begegnung mit der BJOERKOE nicht durch ein anderes Fahrzeug beeinflusst.

Um den Fahrtverlauf im NOK mit anderen Mitteln zu überprüfen, wurde zunächst der durch die Gemeinsame Leitstelle der Wasserschutzpolizeien der Küstenländer erarbeitete AIS-Track der beiden an der Kollision beteiligten Fahrzeuge ausgewertet. Dabei konnte keine zu dichte Annäherung der PAIVI an die nördliche Böschung festgestellt werden, die ein Absetzen von der Böschung hätte hervorrufen können (siehe Abbildung 13).

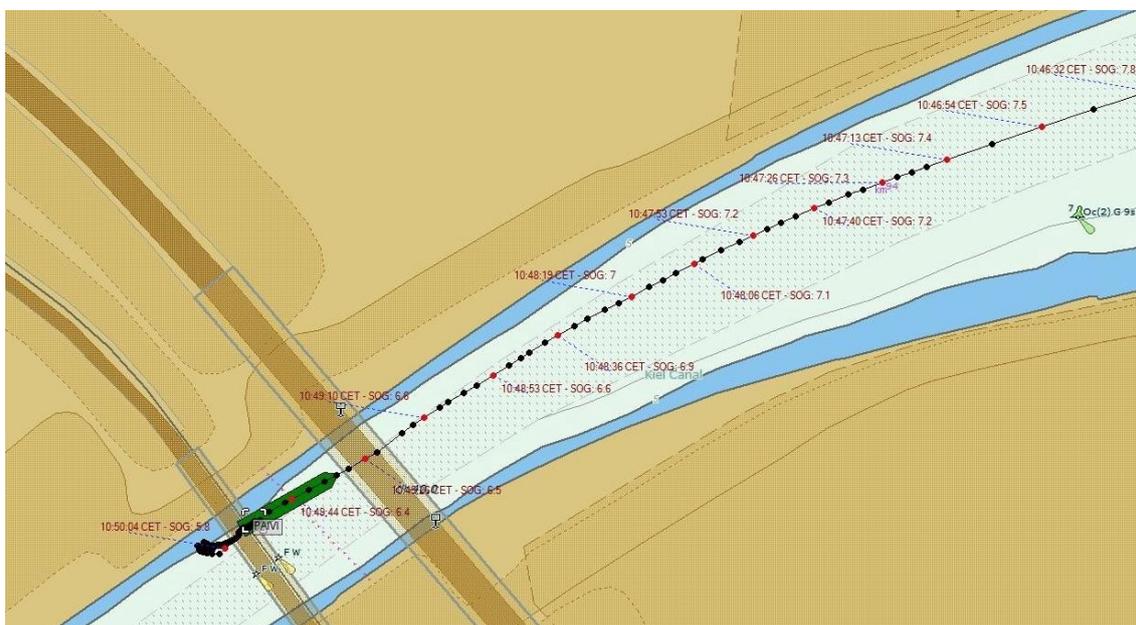


Abbildung 13: AIS-Track der PAIVI²²

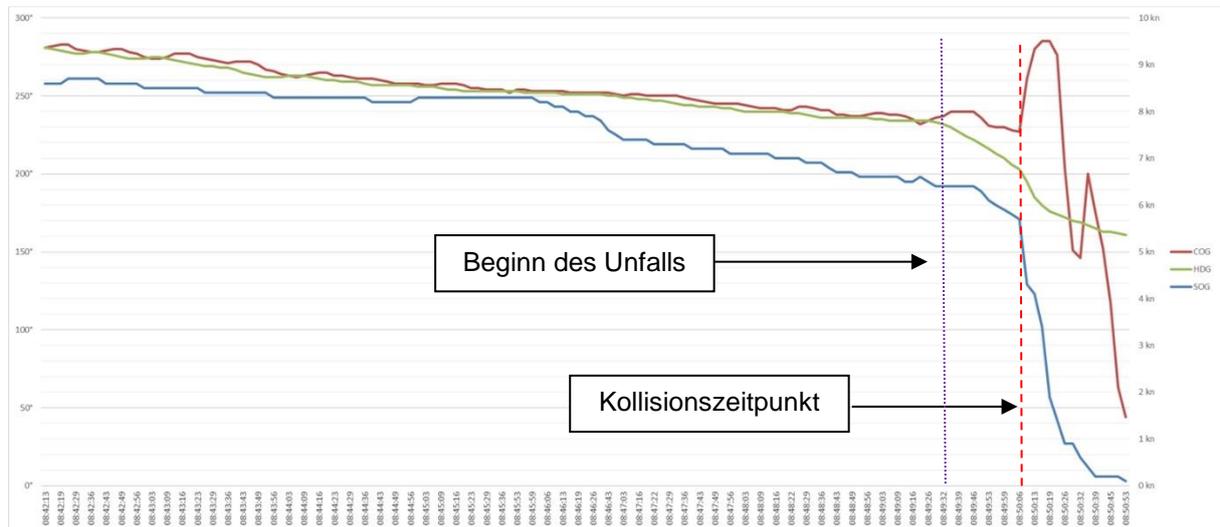
Für eine genauere Betrachtung wurden beim WSA NOK die aufgezeichneten AIS-Daten der PAIVI angefordert. Aus den AIS-Daten der PAIVI wurden dann die jeweiligen Geschwindigkeiten über Grund (SOG), die Vorausrichtungen (HDG) und

²² Quelle: Gemeinsame Leitstelle der Wasserschutzpolizeien der Küstenländer.

Kurse über Grund (COG) extrahiert. Die drei genannten Werte werden im nachfolgenden Diagramm dargestellt.

Diagramm 1: PAIVI: Darstellung HDG, COG und SOG über die Zeit^{23 24}

Grün = HDG, Rot = COG, Blau = SOG



Es ist in Diagramm 1 zu erkennen, dass sich ab 10:49:32 Uhr²⁵ der Wert für die Vorausrichtung des Schiffes (HDG) schnell verändert. Dieser Zeitpunkt wird durch die Untersucher als der Beginn der Abweichung vom normalen Fahrtverlauf angesehen. Sechs Sekunden später wird dieser Umstand auch auf der Brücke der BJOERKOE bemerkt (siehe Pkt. 3.2.2.3).

3.2.1.4 Die Ruderanlage

Die Ruderanlage vom Typ DuoPac 092.196.60.0701 wurde mit einer von Hatlapa vergebenen Lizenz durch Sandfirden Technics gefertigt.

²³ In UTC = MESZ - 2 h.

²⁴ Quelle: BSU.

²⁵ Auf MESZ korrigiert.

Abbildung 14: Typschild an der Ruderanlage der PAIVI²⁶

Es handelt es sich um eine kompakte Ruderanlage, bei der zwei doppelwirkende Hydraulikzylinder auf das Ruder einwirken (siehe Abbildung 18). Der für deren Bewegung notwendige Öldruck wird durch eine und im Parallelbetrieb durch zwei verstellbare (variable) Axialkolbenpumpen erzeugt.

Die Ruderanlage besteht aus zwei Einheiten, die jeweils eine der genannten Axialkolbenpumpen und die notwendigen Steuer-, Mess- und Regeleinheiten umfassen, um jede Einheit einzeln oder gekoppelt betreiben zu können. In das Gehäuse jeder Axialkolbenpumpe ist außerdem eine Servopumpe integriert.²⁷

Im Normalbetrieb der Ruderanlage wird nur eine Pumpeneinheit benötigt. Um die Betriebsstunden gleichmäßig zu verteilen, wird üblicherweise täglich von einer Pumpeneinheit auf die andere umgeschaltet. In Seegebieten, wo ein schnelleres Bewegen des Ruders notwendig werden könnte oder eine erhöhte Betriebssicherheit notwendig ist, werden beide Pumpeneinheiten gleichzeitig parallel betrieben. Dies war auch zum Unfallzeitpunkt der Fall.

²⁶ Quelle: BSU.

²⁷ Weitere Details zur Servopumpe unter Pkt. 3.2.1.10.

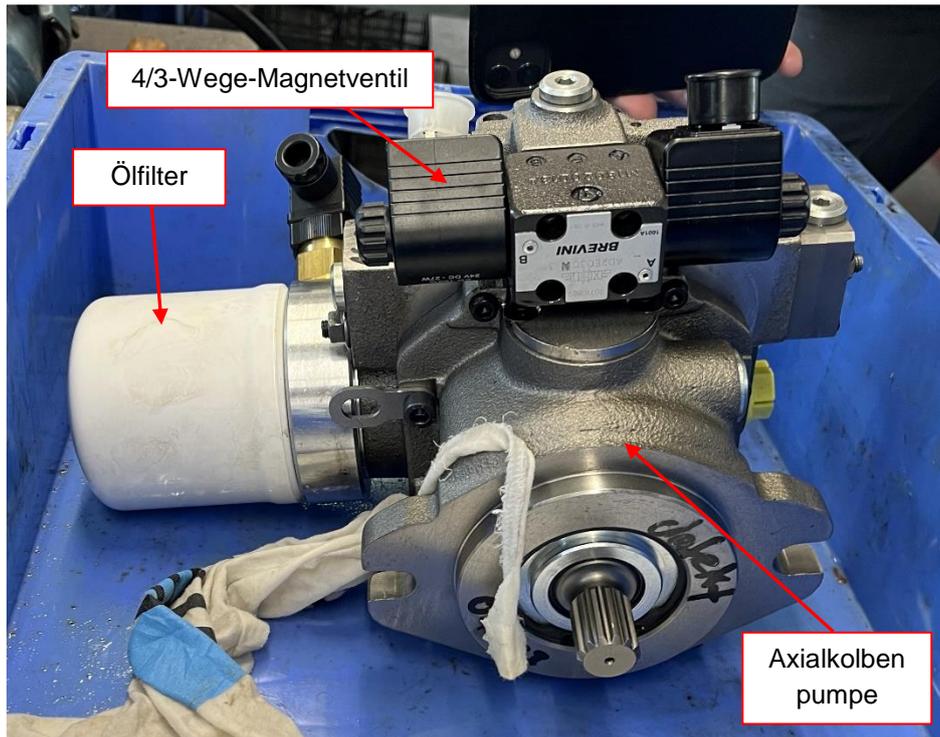


Abbildung 15: Ausgebaute Pumpe mit 4/3-Wege-Magnetventil und Ölfilter²⁸

Auf jeder Axialkolbenpumpe (siehe Abbildung 15) sitzt ein 4/3-Wege-Magnetventil, über das der durch die Servopumpe erzeugte Servoölstrom in die jeweils benötigte Richtung der Verstellereinheit (Steuerkolben) der Axialkolbenpumpe gelenkt wird, um die Flussrichtung des Hauptölstroms zu steuern und so die gewünschte Ruderlage einzustellen. Das Magnetventil ist dabei direkt auf die jeweilige Pumpe montiert. Da Pumpe und Magnetventil eine Einheit bilden, ist im Nachfolgenden, wenn nicht anders dargestellt, das Magnetventil immer mitgemeint.

An jeder Pumpe befindet sich auch ein eigener Ölfilter. Laut Handbuch²⁹ hat der Filter die folgende Funktion:

„Um die Kontrolle der Flüssigkeitsverschmutzung zu verbessern, kann die MD10V 21/28 mit einem Durchflussfilter ausgestattet werden, der sich am Auslass der Servopumpe befindet. Nur der Durchfluss, der für die Wiederbefüllung des durch die Leckage verlorenen Öls erforderlich ist, wird durch diesen Filter geleitet. Der gesamte überschüssige Durchfluss, der durch das Ventil der Servopumpe abgelassen wird, wird daher nicht gefiltert, um eine längere Lebensdauer der Filterpatrone zu gewährleisten. Die Filterpatrone (Mikrofaser) hat eine absolute Qualität von 10 Mikron. Um ein

²⁸ Quelle: BSU. Aufgenommen während der Besichtigung am 8. Juli 2023.

²⁹ DANA / BREVINI: COD. 05-0051-A60 - MD10V 21/28 - Axial Piston Pump for Closed Circuit - Medium Pressure, Seite B/3.

einwandfreies Funktionieren des Geräts zu gewährleisten, beträgt der maximal zulässige Verschmutzungsgrad im Kreislauf 20/18/15 gemäß ISO 4406:1999.“³⁰

Es erfolgt also nur eine Filterung des Hydrauliköls, welches dem Hauptkreislauf – zu und von den Hydraulikzylindern – bei eventuellen Verlusten wieder hinzugefügt wird. Das Hydrauliköl, dass über das 4/3-Wegeventil-Magnetventil zur Ansteuerung/Verstellung der Axialkolbenpumpe dient und in einem Ölkreislauf gehalten wird, wird nicht gefiltert.

Im Rahmen der Untersuchung wurden von den beteiligten Parteien drei verschiedene schematische Darstellungen des Hydrauliksystems der auf der PAIVI vorhandenen Ruderanlage vorgelegt. Die nachfolgende Darstellung ist die, die nach Ansicht der BSU der zugrundeliegenden Darstellung der verwendeten Pumpe MD10V 28 ME 06 DX 11 HE2 (...) am nächsten kommt und die Vorgaben der DIN ISO 1219-1:2012 am umfassendsten einhält.

³⁰ Eigene Übersetzung.

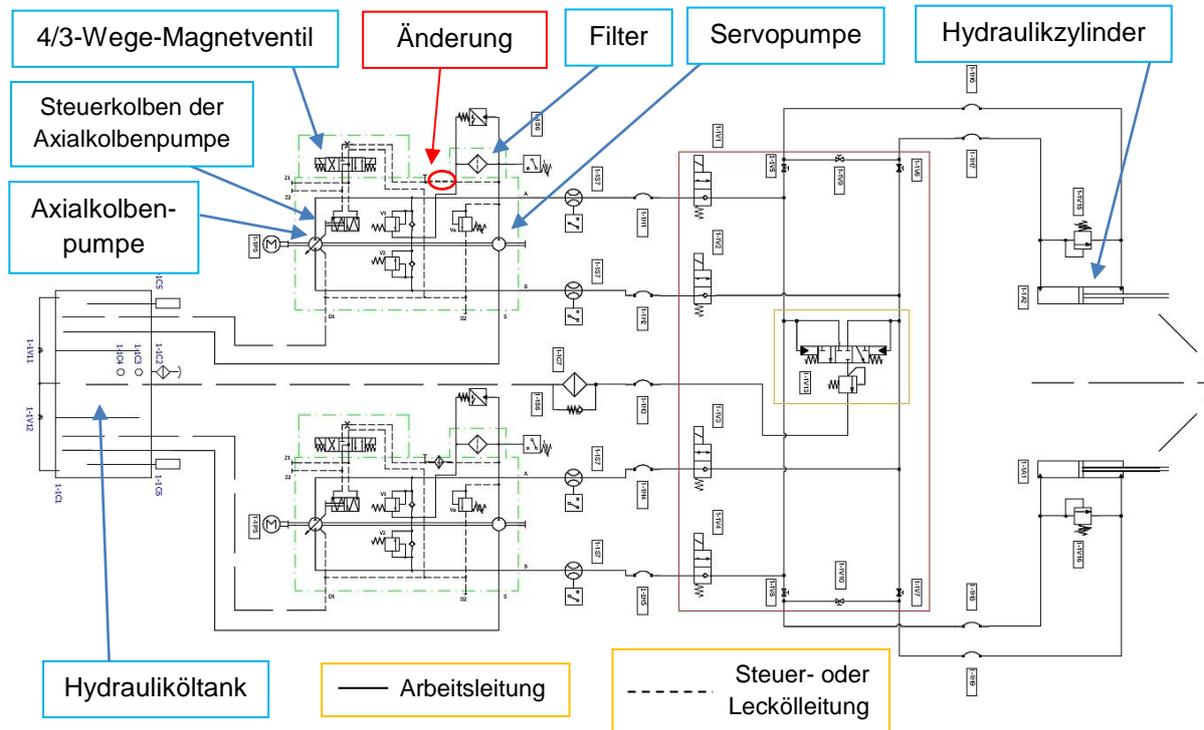


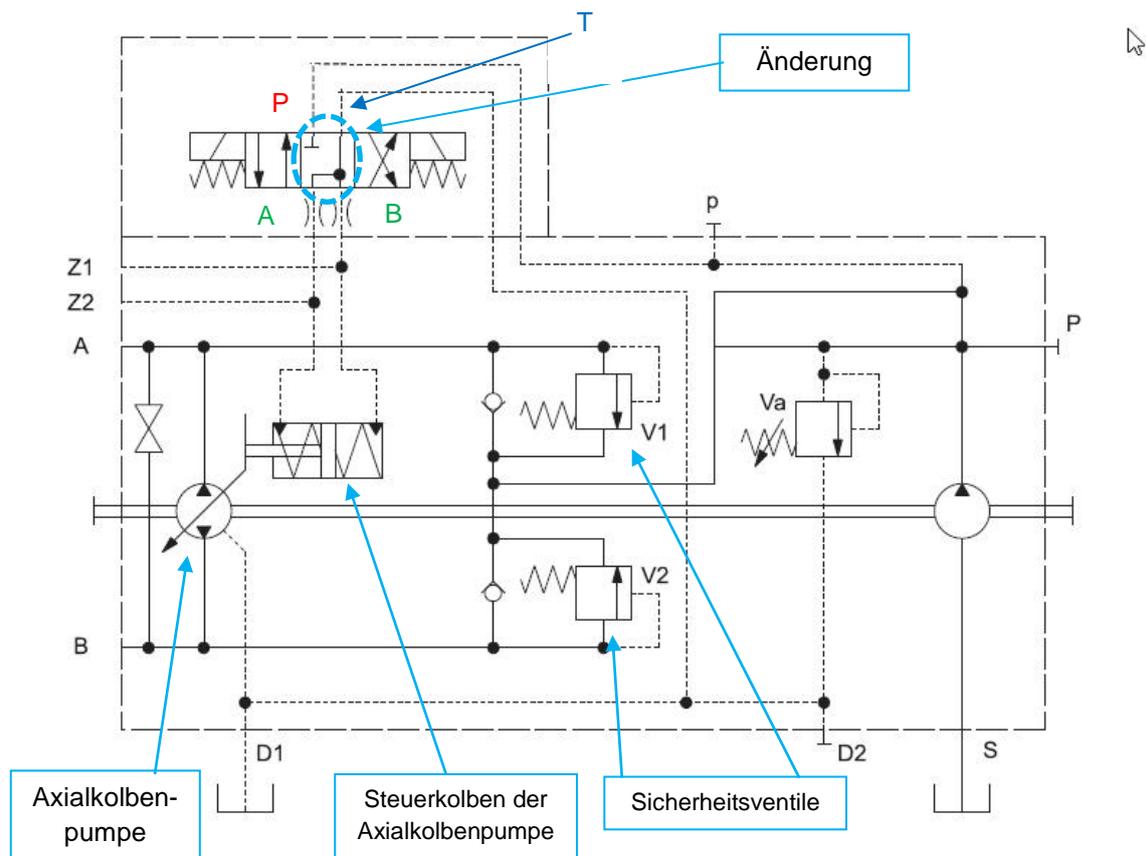
Abbildung 16: Schematische Darstellung der Ruderanlage der PAIVI³¹

In der oberen Hälfte des Schemas wird die Ruderanlageneinheit 1 (Stb.-Seite) und in der unteren Hälfte die Ruderanlageneinheit 2 (Bb.-Seite) dargestellt.

Zur Änderung: Die Originalzeichnung zeigt hier einen weiteren Filter. Dieser Filter ist in keiner der anderen Darstellungen enthalten. Daher geht die BSU davon aus, dass dieser nicht vorhanden war (Bearbeitung durch BSU).

Zum Vergleich nachfolgend die aus dem Handbuch des Lieferanten entnommene Darstellung des Aufbaues einer Pumpe in der Spezifikation HE2 ohne Filterung.

³¹ Quelle: Sandfirden. Hier Rev. 3 vom 24.01.2012.

Abbildung 17: Schema einer Pumpe MD10V 21/28 HE23³²

Zur Änderung: Die an dieser Stelle fehlerhafte, da seitenverkehrte, Darstellung im Handbuch wurde durch die BSU korrigiert. Farbige Bezeichnungen durch BSU eingefügt.

Die an Bord der PAIVI verwendeten Pumpen werden wie folgt beschrieben:

„Die Baureihe MD10V 21/28 ist eine Familie von Axialkolbenpumpen mit variablem Hubraum für den Einsatz in geschlossenen Kreisläufen. Das Fördervolumen ist durch eine kippbare Schrägscheibe stufenlos verstellbar, die Ölflussrichtung ist umkehrbar.

[...]

Jede Pumpe hat eine eingebaute Vorpumpe [Anmerkung: auch als Boosterpumpe oder Servopumpe bezeichnet], die interne Leckagen ausgleicht, den Druck im Hauptkreislauf aufrechterhält und das Steuersystem der verstellbaren Axialkolbenpumpe mit Öl versorgt. Alle Pumpen haben voreingestellte

³² Quelle: DANA / BREVINI, COD. 05-0051-A60: MD10V 21/28 - Axial Piston Pump for Closed Circuit - Medium Pressure, Seite B/18.

*Druckbegrenzungsventile und können einzeln oder als Tandem geliefert werden. Auf Wunsch kann ein Druckfilter am Druckausgang der Vorpumpe angebracht werden.*³³

Die Pumpenspezifikation HE2 hat folgende Merkmale:

„HE2 - ELEKTRISCH ZWEI STELLUNGEN: Durch Einschalten einer der ON-OFF-Magnetspulen (Standard 24 V D.C. optional 12 V D.C.) schwenkt die Pumpe auf maximale Fördermenge in der entsprechenden Förderrichtung. Das Ausschalten des Steuermagneten bewirkt ein Zurückschwenken der Pumpe in die Position Nullfördermenge.“³⁴

3.2.1.5 Besichtigung der Ruderanlage nach dem Unfall

Im Rahmen der Besichtigung der PAIVI am 30. März 2022 wurde durch die Untersucher der BSU festgestellt, dass die zur Übertragung der Ruderlage ans Steuerungssystem dienende Steuerkette einen Durchhang hatte. Der Durchhang war so groß, dass die Kette aus einem federbelasteten „Stützritzel“, das die Kette auf Spannung halten sollte, herausgefallen war (siehe Abbildung 19). Ursächlich dafür war nach Ansicht der Untersucher, dass es zu einem unbestimmten Zeitpunkt nach der Kollision zu einer Beschädigung des Ruderblattes und des Ruderschaftes gekommen sein musste. Diese Vermutung bestätigte sich später. Der Schaden machte eine Dockung des Schiffes notwendig. Ursächlich war, dass die PAIVI einige Zeit mit dem Heck in der Nähe der nördlichen Böschung lag. Die Beschädigung (Verbiegung) des Ruderschaftes hatte dann einen Versatz zu der auf dem Ruderschaft montierten Steuerelektronik zur Folge (siehe Abbildung 20). Das wiederum rief den Durchhang der Steuerkette hervor.

³³ Ebda, Seite B/2.

³⁴ Ebda, Seite B/18.



Abbildung 18: PAIVI: Ruderanlage³⁵

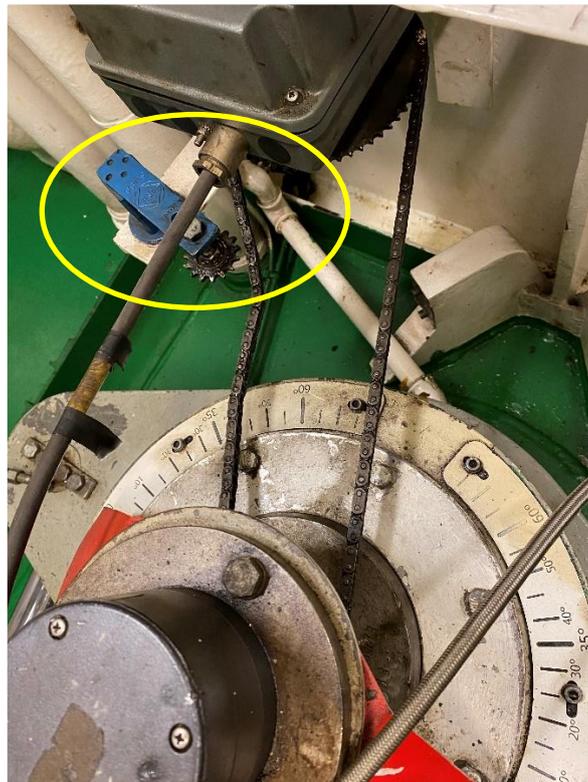


Abbildung 19: PAIVI: Lose Steuerkette an der Ruderanlage³⁶

³⁵ Quelle: BSU.

³⁶ Quelle: BSU.



Abbildung 20: PAIVI: Versatz zwischen Ruderschaft und Steuereinheit³⁷

Der Leitende Ingenieur gab bei der Befragung an, dass er sich zum Unfallzeitpunkt im Maschinenraum aufgehalten hatte. Dabei seien ihm keine Alarmer oder Unregelmäßigkeiten mit Bezug auf die Ruderanlage aufgefallen. Diese Feststellung wurde durch den Motormann, der sich nach seinen Angaben ebenfalls im Maschinenraum aufgehalten hatte, bestätigt.

Während der Besichtigung wurde auch Einsicht in das elektronische Logbuch der Maschinenanlage genommen (Abbildung 21). In diesem Logbuch werden alle Störungsmeldungen erfasst. Während des unmittelbaren Unfallzeitraums traten keine die Ruderanlage betreffenden Alarmer auf. Allerdings war am Unfalltag dreimal hintereinander der Alarm „STEERING GEAR PUMP 2 COLLECTIVE FAULT“ für kurze Zeiträume aufgelaufen. Während dieser Zeit näherte sich das Schiff der Tonne 5 der Kieler Förde bzw. befand sich in der Schleuse von Kiel-Holtenau. Der Alarm „Main Engine Autostopp“ von 09:35 Uhr ereignete sich ebenfalls während des Aufenthalts in der Schleuse in Holtenau, wo die PAIVI sich zwischen 08:05 Uhr und 10:30 Uhr aufhielt.

³⁷ Quelle: BSU.

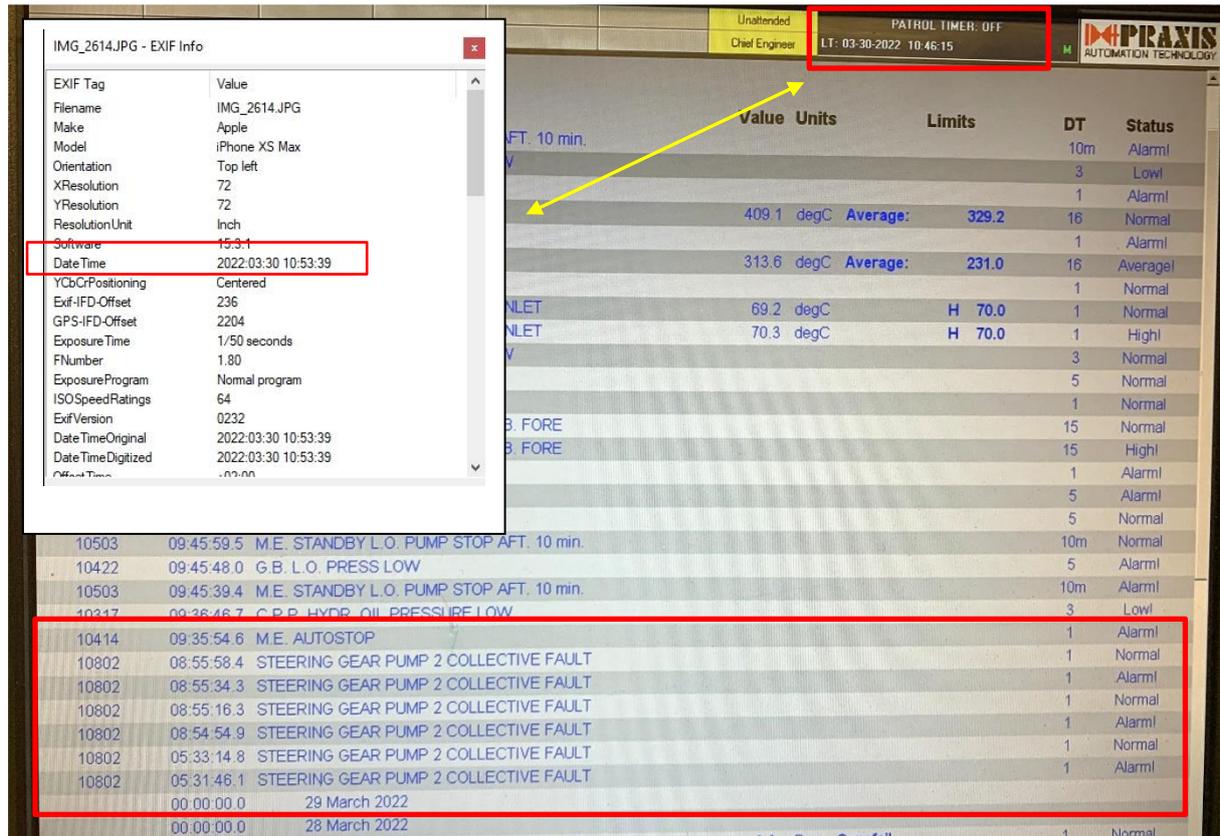


Abbildung 21: PAIVI: Ausschnitt aus Foto des Bildschirms³⁸ + eingefügte Fotodaten

Hier Foto des Bildschirms des elektronischen Logbuches der Maschinenanlage. Die angegebene Zeit bezieht sich auf die lokale Zeit (MESZ). Die Systemzeit weicht um -7 Minuten 24 Sekunden von der tatsächlichen Zeit ab.

Der angezeigte Alarm „STEERING GEAR PUMP 2 COLLECTIVE FAULT“ ist allgemein gehalten und lässt keine Rückschlüsse auf das ursächliche Problem zu.

Der Leitende Ingenieur gab bei der Befragung an, dass er die Alarmer zwar quittierte, er aber keine Beeinträchtigung der Funktion der Ruderanlage feststellen konnte. Daher hielt er auch eine Rücksprache mit der Brücke nicht für erforderlich.

Die Alarmer wurden, nach Angabe der Besatzung, auch auf der Brücke ausgegeben. Hier befindet sich ein Tableau für das Einschalten der jeweiligen Pumpeneinheit und die Ausgabe von akustischen und optischen Signalen verschiedener Alarmer (Abbildung 22). Eine akustische Alarmierung soll hier in diesem Fall jedoch nicht erfolgt sein.

³⁸ Quelle: BSU.



Abbildung 22: Bedienungs- und Alarmtableau der Ruderanlage auf der Brücke³⁹

3.2.1.6 Zusammenarbeit mit der Reederei

Im Rahmen der Untersuchung bat die BSU die Reederei der PAIVI mehrfach um die Übermittlung von Unterlagen, die den Umfang der nach der Kollision durchgeführten Arbeiten beschreiben. Insbesondere waren die Untersucher an Berichten über die Arbeiten an der Ruderanlage und die dabei festgestellten Fehler interessiert. Die Untersucher baten auch um Non-conformity Reports, die Reparaturhistorie und eine Übersicht über durchgeführte Wartungsarbeiten. Die Reederei verweigerte in allen Belangen die Zusammenarbeit und übermittelte weder die angeforderten Berichte noch Unterlagen zum Safety Management System.

Die Reederei kam diesbezüglich auch nicht den mehrfachen Aufforderungen durch die Untersuchungsbehörde des Flaggenstaates Zypern nach.

³⁹ Quelle: BSU.

3.2.1.7 Der Hersteller der Ruderanlage

Die BSU geht davon aus, dass Sandfirden Technics der Hersteller der Ruderanlage ist. Durch das Unternehmen wurden im Rahmen der Untersuchung Zeichnungen übermittelt und Fragen beantwortet. Eine vergleichbare Ruderanlage befindet sich aktuell weiterhin in der Produktpalette.

Es ist unbekannt, ob Techniker von Sandfirden Technics oder Hatlapa die Ruderanlage installierten. Hatlapa wurde später durch den Hersteller MacGregor Germany GmbH & Co. KG, im weiteren als MacGregor bezeichnet, übernommen. Techniker dieses Unternehmens waren an den Reparaturarbeiten an der Ruderanlage und den Bemühungen zur Identifizierung des unfallursächlichen Problems beteiligt. Die BSU bat daher die zuständige Abteilung des Unternehmens um Berichte zu den durchgeführten Arbeiten und den dabei gewonnenen Erkenntnissen. Dies wurde im Februar 2023 mit dem Hinweis, dass die Untersuchung noch nicht abgeschlossen sei, abgelehnt. Im Weiteren wurde auf die Reederei verwiesen. Später wurden solche Berichte durch die Klassifikationsgesellschaft des Schiffes und die Sachverständigen des Vereins Hanseatischer Transportversicherer (VHT) übergeben. Die Mitarbeiter von MacGregor beantworteten dann auch Fragen der BSU.

3.2.1.8 Berichte der Klassifikationsgesellschaft

Auf Nachfrage übermittelte die Klassifikationsgesellschaft Bureau Veritas die im Zusammenhang mit der Reparatur des Schiffes nach dem Unfall gefertigten Besichtigungsberichte. Daraus geht unter anderem hervor, dass Ruder und Ruderschaft durch Neuanfertigungen ersetzt, die Ruderanlage zerlegt und geprüft sowie beide Hydraulikpumpen aufgearbeitet wurden.

3.2.1.9 Verein Hanseatischer Transportversicherer e.V.

Die Sachverständigen des Vereins Hanseatischer Transportversicherer waren im Auftrag der Versicherung der PAIVI mit der Aufklärung der technischen Ursachen befasst. Durch die Sachverständigen des VHT wurden im Rahmen der Untersuchung alle verfügbaren Dokumente der Reederei zur Historie der Reparaturarbeiten an Bord der PAIVI sowie der Survey Report übergeben. Die Sachverständigen übergaben auch alle Berichte MacGregors über die Arbeiten an der Ruderanlage nach der Kollision, die zur Aufklärung der technischen Ursache dienen sollten. Alle Unterlagen wurden auch an die Sachverständigen des Unternehmens Scandinavian Underwriters Agency GmbH (SCUA) gegeben, die im Auftrag der Versicherer der BJOERKOE tätig waren. Die Untersucher der BSU hatten Gelegenheit, ab Juni 2023 zusammen mit den anderen Parteien an allen Untersuchungen der Pumpen und Besprechungen zu den Ursachen teilzunehmen.

3.2.1.10 Reparaturen an der Ruderanlage vor dem Unfall

Für die Untersuchung lagen Reparaturberichte ab dem Jahr 2019 vor.

5. Juni 2019: Arbeiten durch das Unternehmen Remutech in Leeuwarden

Der Servicebericht stellt fest, dass der Kapitän zuvor über Probleme mit der Pumpe 2 berichtete. Die Pumpe habe sehr langsam reagiert und es sei zu „Hydraulic Lock“⁴⁰ und „Off Course“⁴¹-Alarmen gekommen. Der Servicetechniker stellte an Bord die folgenden Zeiten⁴² für das Bewegen des Ruders von 35° der einen Seite auf 30° Ruderlage auf der anderen Seite fest:

	Bb. 35° → Stb. 30°	Stb. 35° → Bb. 30°
Pumpe 1	19,4 Sek.	20,4 Sek.
Pumpe 2	34,3 Sek.	33,2 Sek.
Pumpe 1 + 2	14,1 Sek.	14,4 Sek.

Da mit der Pumpe 2 nur ein Pumpendruck von 8 bar, im Gegensatz zu 21,3 bar bei der Pumpe 1, erreicht werden konnte, wechselte der Servicetechniker die Pumpe 2 aus. Anschließend erreichte Pumpe 2 einen Druck von 23 bar. Dadurch verbesserten sich die Zeiten im Rudertest auf 20,6 Sek. resp. auf 20,5 Sek. Im gemeinsamen Betrieb beider Pumpen wurden 10,1 Sek. bzw. 10,3 Sek. erreicht.

Der Austausch der Pumpe führte überdies dazu, dass die beiden vorgenannten Alarme nicht mehr auftraten. Der Servicetechniker empfahl abschließend den Austausch aller zehn Relais im Schaltschrank. Eine Begründung dafür fügte er nicht an.

Auf Nachfrage teilte Remutech sinngemäß mit, dass im Nachhinein nicht versucht wurde, die Ursache für die verminderte Leistung durch eine Demontage der Pumpe 2 festzustellen.

10. Juni 2021: Arbeiten durch das Unternehmen Sandfirden Technics in Kiel

Der Servicebericht enthält die folgende Problemstellung: Die Pumpe 2 stoppt nicht sofort nach dem Erhalt des „Stoppsignals“. Stattdessen läuft sie weiter, so dass sich das Ruder um etwa 3° weiterbewegt. Außerdem besteht eine Leckage von Hydrauliköl. Im Rahmen der Reparatur wurden dann die folgenden Arbeiten ausgeführt:

⁴⁰ Die Elektronik der Ruderanlage prüft, ob der von der Brücke gegebene Befehl von der Ruderanlage ausgeführt wird. Der Alarm „Hydraulic Locking“ wird ausgelöst, wenn die Ruderanlage dem Befehl nach einer Verzögerungszeit von fünf Sekunden nicht folgt.

⁴¹ Alarm bei einer Abweichung vom vorgegebenen Kurs.

⁴² SOLAS Kapitel II-1 Regel 29 Pkt. 3.2. Die Vorschrift erlaubt für die beschriebene Bewegung des Ruders maximal 28 Sekunden beim Betrieb einer Pumpe.

- Das 4/3-Wege-Magnetventil wurde ausgewechselt, da hier eine Leckage bestand.
- Die Pumpe wurde ausgebaut, um eine weitere Leckage lokalisieren zu können. Hier wurde ein O-Ring gewechselt.
- Nach dem Zusammenbau waren keine Leckagen mehr festzustellen.
- Das 4/3-Wege-Magnetventil wurde modifiziert.⁴³
- Die Pumpe 2 wurde angepasst, da sie nach dem Einbau schneller als Pumpe 1 lief.

Der Techniker führt im Bericht aus, dass alle Beschädigungen darin begründet seien, dass die Pumpe 2 nicht durch sein Unternehmen geliefert wurde. Nur das würde sicherstellen, dass die Pumpe vor dem Einbau angepasst und getestet sei.

November 2021

Die Reederei gab gegenüber den Sachverständigen von VHT an, dass die Besatzung im November die Pumpe 2 durch eine bereits im Januar 2021 erworbene und im März 2021 gelieferte Pumpe in Eigenleistung ersetzt habe.

Diese Pumpe wurde durch die Reederei anscheinend nicht über eines der Serviceunternehmen für Ruderanlagen bezogen. Daher erfolgte keine der dort üblichen Kontrollen der Funktionalität und richtigen Konfiguration der Pumpe.

16. Dezember 2021: Arbeiten durch das Unternehmen Aalandia in Brake

Während der Besichtigung des Schiffes durch die BSU teilte der Leitende Ingenieur auf Nachfrage mit, dass es mit der Pumpe 2 der Ruderanlage im November 2021 ein Problem gegeben habe. Daher wurde von ihm eine Reparaturanforderung an die Reederei gesandt.

Diese Anforderung wurde durch die Untersucher eingesehen. Sie trägt das Datum vom 26. November 2021. Die Problembeschreibung lautet: *„Steering gear pump N2 not in working condition. We have signal on desktop: Hydraulic pump overload. Shore service is required asap.“*

Durch die Reederei wurde daraufhin ein Reparaturauftrag an das Unternehmen Aalandia vergeben. Die Reparatur wurde am 16. Dezember 2021 in Brake durchgeführt. Der Arbeitsbericht liegt der BSU vor. Der in Schreibschrift gefertigte Bericht lautet:

„Service for steering gear control cabinet → Order: change Relay K9 for (unleserlich) delivered by vessel

⁴³ Der Umfang der Modifizierung wurde nicht näher beschrieben.

- 1) *Found, that steering gear pump NO. 2 would only move rudder when isolating valves were opened manually. Traced fault – found loose cable for isolating valves. Fixed cable and found to be moving as normal.*
- 2) *On moving the rudder more than four seconds continuously, alarm “hydraulic lock” will sound.*
- 3) *A knocking sound is heard, when the rudder is moved in Starboard direction with pump NO2 only. (Not by the other pump)*
- 4) *The unit A1 Hydraulic locking ALARM UNIT should be repaired.
Spare No: HA 02-01-V; SNR.: 157720”*

In seiner schriftlich gefertigten Aussage gegenüber der Wasserschutzpolizei gab der Techniker zu Protokoll, dass er weder von der Reederei noch von der Besatzung eine Information zum Fehlerbild oder der Vorgeschichte erhalten hatte. Der Auftrag umfasste den Austausch des Relais 9 gegen ein von der Reederei bereitgestelltes Ersatzteil. Auf Nachfrage konnten ihm an Bord durch die Besatzung keine Unterlagen wie Funktionsbeschreibungen, Fehlerlisten mit Lösungsvorschlägen oder zusätzliche Schaltpläne zur Verfügung gestellt werden.

Der Techniker gab weiter zu Protokoll, dass die Anlage nach Abschluss der Arbeiten entsprechend der Vorgaben mit der Steuerung aus dem Ruderanlagenraum und von der Brücke aus funktionierte. Er gab außerdem an, dass er vom Schiff aus mit der verantwortlichen Person in der Reederei im Nachgang zur Reparatur telefonierte. Dabei legte er dar, dass sich das Ruder nun wie vorgesehen bewegen würde. Durch den Austausch des Relais sei aber nicht der früher diagnostizierte Fehler/Fehlalarm behoben worden. Er wies darauf hin, dass sich keine vollständige Dokumentation zur Ruderanlage an Bord befand. Zusätzlich schlug er vor, die Einheit A1 zu wechseln, um dieses Funktions- bzw. Logikmodul, das zur Erzeugung des Alarms „Hydraulic Locking“ genutzt werde, als Ursache für den Alarm auszuschließen.

3. Januar 2022: Arbeiten durch das Unternehmen DMR Kloska in Stralsund

Durch die Reederei wurde im Nachgang zu den Arbeiten von Aalandia am 23. Dezember 2021 ein Auftrag an die DMR Kloska Technik GmbH vergeben. Der Auftrag wurde am 3. Januar 2022 in Stralsund abgearbeitet. Laut des an Bord der PAIVI vorliegenden Nachweises wurden die folgenden Arbeiten durchgeführt: „*Check Unit Steering Gear 2, check Ampere Valves → o.k., Relais K5 fixed⁴⁴, adjust Relais K9, Test run ok*“. Die Kloska Technik GmbH teilte auf Nachfrage der BSU dazu am 16. Februar 2023 mit, dass das bereits an Bord vorhandene Hydraulic Lock Modul (HA

⁴⁴ Das Relais war durch den Servicetechniker lose im Schaltschrank vorgefunden worden. Es wurde durch den Techniker wieder auf die Klemmleiste gesetzt.

02_01_V)⁴⁵ durch den Techniker auf die Klemmleiste gesetzt wurde. Anschließend prüfte der Techniker die Funktion des Moduls und die des Relais. Das System arbeitete laut Bericht zu diesem Zeitpunkt wie vorgesehen.

3.2.1.11 Untersuchungen zur Feststellung der Unfallursache

31. März 2022: Überprüfung der Ruderanlage durch MacGregor

Bei der Überprüfung der Funktionen der Ruderanlage nach dem Unfall durch Servicetechniker von MacGregor wurde laut Servicebericht festgestellt, dass die Pumpeneinheit 1 ohne Probleme arbeitete. Um die Bewegung über 65° Ruderlage auszuführen, waren 20 Sekunden notwendig. Die Pumpeneinheit 2 benötigte dagegen 3 – 4 Sekunden, bevor sie sich nach dem Ruderbefehl zu bewegen begann. Die Bewegung begann dabei sehr langsam, etwa acht Sekunden für die ersten 5° Ruderlage, und nahm dann an Geschwindigkeit zu. Insgesamt wurden 28 Sekunden für die 65° benötigt.

In einem weiteren Test wurde geprüft, wie sich die Pumpeneinheit 2 verhielt, wenn während einer Bewegung des Ruders die Vorgabe der Bewegungsrichtung geändert wurde. Statt sofort in die Gegenrichtung zu starten lief das Ruder noch etwa 5 Sekunden in die zuvor geordnete Richtung weiter. Es begann dann, sich sehr langsam in die neue Richtung zu bewegen. Insgesamt dauerte es ca. zehn Sekunden, bevor die Gegenbewegung tatsächlich einsetzte.

Hinsichtlich anderer Bauteile wurde unter anderem im Bericht angemerkt, dass in den Schaltschränken keine gelösten Kabel vorgefunden wurden. Es wurde aber festgestellt, dass die Spule des Hauptschützes brummte.

Bei der Überprüfung aller Steuerelemente und Steuerungsmodi wurden keine Auffälligkeiten festgestellt. Der Bericht schließt mit der Empfehlung ab, die Pumpeneinheit 2 wegen einer Fehlfunktion auszutauschen. Außerdem sollte das Isolationsventil für die Einheit 2 getauscht werden. Da beide Hydraulikzylinder eine Leckage aufwiesen, wurde auch zu deren Wechsel geraten.

Es wurden während der Überprüfung Pumpen vorgefunden, die erkennbar vom gleichen Typ sind:

Pumpe 1: SAM Hydraulik: MD10V28ME06DX11HE2 1108AFB0012301⁴⁶

⁴⁵ Entspricht der „Einheit A1“ zur Erzeugung des Alarms „Hydraulic Locking“. Siehe Bericht zu den Arbeiten am 16. Dezember 2021. Das Bauteil war durch die Reederei zuvor für die Reparatur am 3. Januar 2022 beschafft worden.

⁴⁶ Im Gegensatz zur Pumpe von Brevini wurden durch die Untersucher für die Pumpe von SAM Hydraulik im Internet keine Unterlagen gefunden, die eine Erklärung für die Bedeutung der letzten 14 Zeichen ermöglicht hätten.

Pumpe 2: Brevini: MD10V28ME06DX11HE224 252520FE00XXXXAH



Abbildung 23: Pumpe 1 des Herstellers SAM Hydraulik⁴⁷



Abbildung 24: Pumpe 2 des Herstellers Brevini⁴⁸

26. April 2022: Laborbericht zur Untersuchung des Ölfilters

Durch die Sachverständigen des VHT wurde einer der Ölfiler (siehe auch Abbildung 15 zum Sitz des Filters) an das Rappen Institut für Schäden an Verbrennungskraftmaschinen (RISV) für eine Analyse des Filterinhaltes gegeben. Laut Beschriftung auf dem Filter war mit diesem der alte Filter am 2. Januar 2022 durch die Besatzung der PAIVI ausgetauscht worden. Der vorliegende Filter war zum Zeitpunkt

⁴⁷ Quelle: BSU.

⁴⁸ Quelle: BSU.

der Entnahme für die Analyse 1.246 Stunden im Einsatz. Das Labor sollte „Unter Zuhilfenahme der instrumentellen Analytik [...] Rückstände auf dem Filtervlies hinsichtlich ihrer geometrischen Erscheinungsform sowie der elementaren Zusammensetzung [...]“⁴⁹ analysieren.

Durch die Untersuchung wurden „[...] *Partikel nachgewiesen, die typischerweise nicht hydraulischen Systemen zuzuordnen sind. Sie können ggf. lokal den Volumenstrom im System beeinträchtigen und adhäsiven Verschleiß begünstigen.*“⁵⁰ Siehe dazu auch Abbildung 25.



Abbildung 25: Aus dem Ölfiter extrahierte Rückstände⁵¹

Lichtmikroskopische Aufnahme mit 100-facher Vergrößerung. Siehe auch eingefügter Skalenbalken der Länge 100 µm rechts unten.

Im Rahmen der Untersuchung wurden der BSU auch ein Datenblatt mit den Ergebnissen der regelmäßigen Analysen des Hydrauliköls der Ruderanlage übergeben. Das Blatt umfasst fünf Analysen im Zeitraum vom 3. August 2017 bis zum 17. März 2021⁵². In diesem Zeitraum gab es keine auffälligen Veränderungen, die zu einer Empfehlung durch das Prüflabor geführt hätten.

⁴⁹ Laborbericht MD-VHB a122 vom 26. April 2022 des RISV, S. 1.

⁵⁰ Ebda. Seite 8.

⁵¹ Quelle: Laborbericht MD-VHB a122 vom 26. April 2022 des RISV, S. 2.

⁵² Datum der Entnahmen der Ölproben.

16. Mai 2022: Überprüfung beider Pumpen bei Pokrandt

An diesem Tag wurden beide Pumpen auf einem Teststand der Firma Pokrandt Hydraulikservice GmbH in Hamburg untersucht. Dabei waren Mitarbeiter von MacGregor und VHT anwesend. Zunächst wurde festgestellt, dass die Pumpe 1 mit einem Typenschild von SAM Hydraulik und die Pumpe 2 mit einem Typenschild von Brevini versehen war. Beide Unternehmen gehören heute zum Konzern Dana Incorporated. Auf beide Pumpen waren Magnetventile montiert die mit einem Typenschild von Brevini ausgestattet waren.

Pumpe 1 verhielt sich auf dem Teststand unauffällig. Die Pumpe 2 war, wie bereits dargestellt, bei der Überprüfung an Bord aufgefallen. Dieses Verhalten zeigte sich auf dem Teststand erneut. Die Techniker tauschten dann das Magnetventil der Pumpe 1 gegen das der Pumpe 2. Dass führte dazu, dass nun auch die Pumpe 2 unauffällig, d. h. ohne Verzögerungen arbeitete.

Die weitere Untersuchung ergab, dass das Magnetventil der Pumpe 2 um 180° verdreht montiert worden war. Dadurch lag die Bohrung für die Druckquelle (P) auf der Position des Abflusses (T). Nach Ansicht der Sachverständigen führte das zu dem beobachteten verzögerten Ansprechverhalten, da die Bohrlöcher so nicht bündig übereinanderlagen. Die grundsätzliche Funktion sei aber, nach Auffassung der Sachverständigen und MacGregors, trotz der Querschnittsverengung gegeben gewesen (siehe dazu auch nachfolgende Seite).

Während dieser Begutachtung wurden an beiden Pumpen keine Verschleißerscheinungen festgestellt.

Da zunächst keine Ersatzpumpe vorrätig war, wurde die Basisplatte des Magnetventils an der Pumpe 2 vor dem Zusammenbau gedreht. Beide Pumpen wurden dann für den weiteren Einsatz als geeignet angesehen und wieder an Bord der PAIVI installiert.

Die Untersucher der BSU gehen davon aus, dass es sich bei der Pumpe 2 noch immer um die Pumpe handelte, die durch die Besatzung im November 2021 in Eigenleistung ausgetauscht worden war. Daher bestand auch die Möglichkeit, dass beim Austausch das alte Magnetventil weiterverwendet, jedoch durch die Besatzung der PAIVI falsch montiert wurde. Der Lieferant der Pumpe, die Dana SAC Germany GmbH⁵³, stellte jedoch auf Anfrage der BSU im April 2024 hin klar, dass die Pumpe im März 2021 mit einem montierten 4/3-Wege-Magnetventil geliefert worden war. Darüber hinaus wurde die Möglichkeit einer um 180° verdrehten werksseitigen Montage ausgeschlossen, da dies aufgrund der Geometrie der Befestigungsbohrungen nicht möglich sei. Zur Verdeutlichung wurde die nachfolgende Skizze übermittelt.

⁵³ Im Weiteren mit Dana SAC abgekürzt bezeichnet.

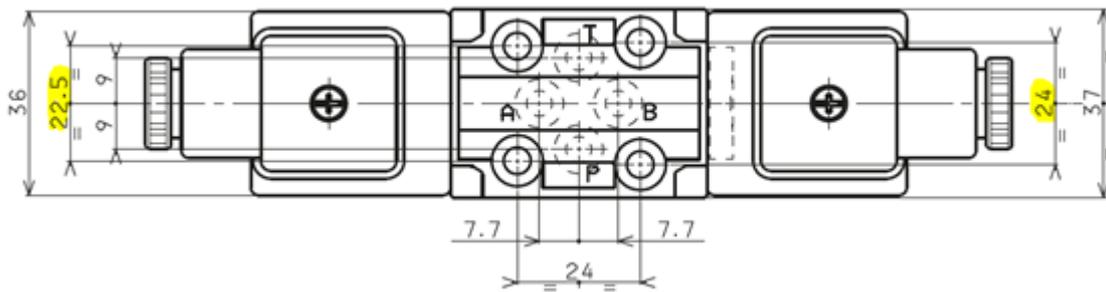


Abbildung 26: Darstellung Nr. 1 der Befestigungsbohrungen⁵⁴

Im Zusammenhang mit der Stellungnahme zum ersten Entwurf übermittelte die Dana SAC später zwei weitere Zeichnungen (Abbildung 27).

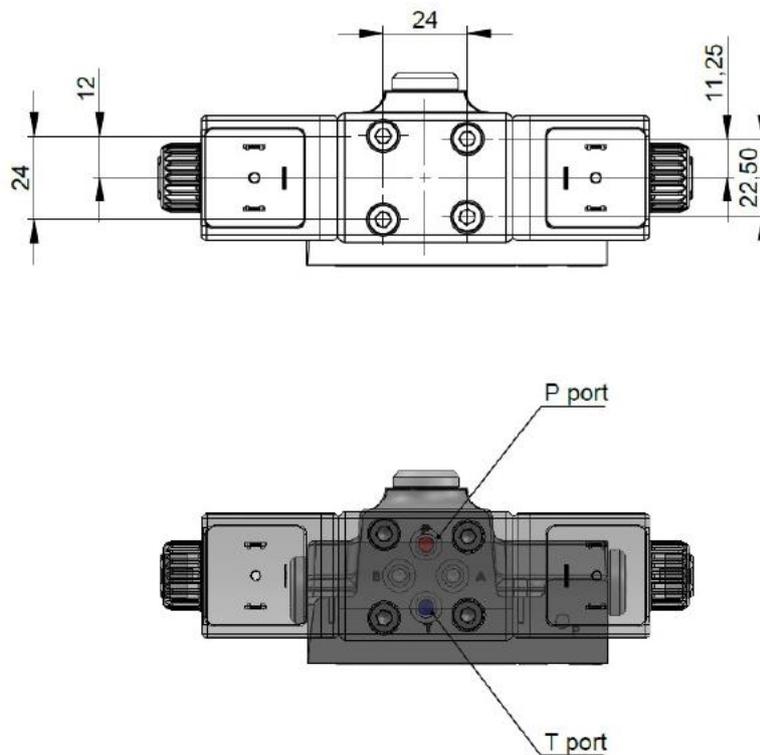


Abbildung 27: Darstellung Nr. 2 der Befestigungsbohrungen und der Bohrungen für die hydraulischen Zu- und Ableitungen⁵⁵

⁵⁴ Quelle: Dana SAC.

⁵⁵ Aus Stellungnahme zum ersten Entwurf von Dana SAC Germany GmbH. Hier aus dem Schreiben der PWG Srl.

Zu den Zeichnungen teilte das Unternehmen in diesem Zusammenhang mit, dass es durch die verdrehte Montage zu keiner Querschnittsverengung käme (siehe dazu auch Abbildungen 26 und 27).

3. Juni 2022: Einsatz eines Technikers an Bord der PAIVI

Die BSU geht davon aus, dass der nachfolgend beschriebene Einsatz eines Servicetechnikers von MacGregor auf Bitte der Reederei hin erfolgte. Der Techniker stellte, wie aus dem dazu gefertigten Bericht ersichtlich ist, fest, dass die Pumpe 1 gut arbeitete. An der Pumpe 2 waren verschiedene Kabel falsch angeschlossen. Dies wurde durch den Techniker behoben. Außerdem generierte die Ruderanlagensteuerung einen „Hydraulic Locking Alarm“. Der Techniker führte das darauf zurück, dass die interne Drucküberwachung des Magnetventils durchgehend aktiviert war. Die Erklärung des Technikers war wie folgt: Bei einem Ruderbefehl fällt der Druck zunächst ab. Der Druckabfall wird durch das System erkannt und es wird der Hydraulic Locking Alarm aktiviert. Nachdem der Techniker die Steuerung auf „Non Zero Position Control“ umgeschaltet hatte, trat der Alarm nicht mehr auf.

Durch den Techniker wurden zudem Korrekturen am Ruderlagenanzeiger und der Signalführung/Rückkopplungssteuerung durchgeführt. Er merkte dazu an, dass die Feedback Unit in keinem guten Zustand sei und daher durch den Hersteller geprüft werden sollte.

19. Juni 2022: Einsatz eines Technikers an Bord der PAIVI

Ein Techniker des Unternehmens Sandfirden Technics kam aufgrund der Anforderung durch die Schiffsbesatzung zum Einsatz. Durch die Besatzung waren folgende Probleme gemeldet worden: Beim Einschalten der Ruderanlage vor dem Ablegen gab die Steuerung der Pumpe 1 einen „Low Servo Oil Pressure“-Alarm aus. Wenn dann versucht wurde, das Ruder zu bewegen, trat der „Hydraulic Locking Alarm“ auf und das Ruder bewegte sich nur sehr langsam. Nach 4 – 5 Versuchen verschwanden die Alarme und die Anlage arbeitete anschließend normal.

Bei der Überprüfung stellte der Techniker laut dem vorliegenden Bericht fest, dass die vier Endlagenschalter nicht fehlerfrei arbeiteten. Der Grund dafür waren zwischen den Schaltschränken vertauschte Kabel. Im Schaltschrank der Pumpe 2 fand der Techniker „eine Menge unprofessioneller Lösungen“, die falsche Operationen und viele Alarme verursachten. Der am häufigsten auftretende Alarm war der „Hydraulic Locking Alarm“. Der Techniker tauschte verschiedene Module und eine größere Anzahl von Relais aus. Außerdem korrigierte er die Nullstellung an der Pumpe 1.

29. August 2022: Verschiedene Tests zur Identifizierung der Ursache für den Ruderausfall

Im August 2022 war eine Ersatzpumpe vorhanden, so dass der Austausch gegen eine der gebrauchten Pumpen auf der PAIVI ausgeführt werden sollte. Um aber bei der Ursachenforschung zu einem Ergebnis zu kommen, sollten zuvor nochmals mit der am Unfalltag vorhandenen Konstellation verschiedene Tests durchgeführt werden. Diese Tests wurden durch Mitarbeiter von MacGregor und des VHT durchgeführt. Für die Tests wurde das Magnetventil an der Pumpe 2 wieder in den ursprünglichen Zustand, also um 180° verdreht, zurückversetzt.

Der von MacGregor dazu gefertigte Bericht führt aus, dass der Kapitän bei der Ankunft auf dem Schiff über „Low Servo Pressure“-Probleme an der Pumpeneinheit 1 berichtete. Während der umfangreichen und lang andauernden Versuche⁵⁶ mit einer oder beiden Pumpen im Betrieb kam es im parallelen Betrieb zweimal zu einem Abfall des Hydrauliköldrucks im Servosystem an der Pumpeneinheit 1 auf 6 bar⁵⁷. Wenn das geschah, dann bewegte sich das Ruder sehr langsam bzw. kam zum Stehen. Einmal wurde dabei auch die Pumpeneinheit 2 beeinflusst, an der es ebenfalls zu einem Druckabfall kam. Bei beiden Ereignissen wurde kein Alarm aus der Ruderanlage heraus ausgelöst. Als daraufhin die Pumpe 1 gestoppt wurde, erreichte die Pumpe 2 automatisch wieder den normalen Betriebsdruck.

Im Anschluss an die Tests wurde die Pumpe 1 durch eine neue Pumpe ersetzt und für eine nähere Untersuchung mitgenommen.

Der teilnehmende VHT-Sachverständige führte in seinem Bericht zum aufgetretenen Druckabfall aus, dass das Sicherheitsventil möglicherweise von Zeit zu Zeit im geöffneten Zustand hängen bliebe, was dann zum Druckabfall führen würde.

27. September 2022: Austausch der Pumpe 2

Die Pumpe 2 wurde durch MacGregor-Servicetechniker durch eine neue Pumpe ersetzt. Die ausgebaute Pumpe wurde für weitere Untersuchungen bereitgehalten.

2. November 2022: Untersuchung der Pumpen 1 und 2

Nachdem am 27. September 2022 auch die Pumpe 2 an Bord der PAIVI durch eine neue Pumpe getauscht worden war, standen nun die Pumpe 1 und die Pumpe 2 für eine Demontage bei MacGregor zur Verfügung. An der Begutachtung nahm ein VHT-Sachverständiger teil.

⁵⁶ Meint auch Steuerung der Ruderanlage von der Brücke oder aus dem Rudermaschinenraum sowie Follow-Up- und Non-Follow-Up-Betrieb.

⁵⁷ Der übliche Betriebsdruck beträgt 20 bar.

An der Servopumpe der Pumpe 1 wurden mehrere Beschädigungen festgestellt. Das waren unter anderem:

- Kratzer und Verschleiß innerhalb der Servopumpe (Abbildung 28), einer sogenannten „Gerotorpumpe“ (Innenzahnradpumpe), am inneren Rotor,
- Verschleiß an der Passfeder und Passfedernut der Achse des inneren Rotors.

Bei der Demontage der Pumpe 2 wurden auch Schleifmarken innerhalb des Gehäuses der Servopumpe gefunden.

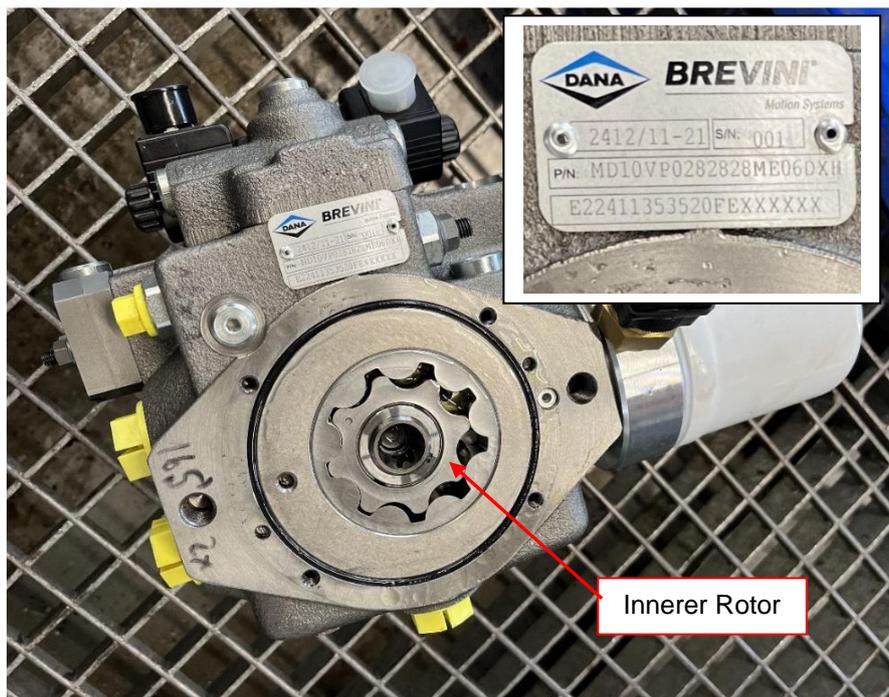


Abbildung 28: Blick auf eine vergleichbare geöffnete Servopumpe⁵⁸

5. April 2023: Spülen des Hydrauliksystems in Brunsbüttel

Im Zusammenhang mit der Spülung des Hydraulikölsystems der Ruderanlage der PAIVI wurden am Boden des Hydrauliköltanks Schweißperlen gefunden. Nach dem zweimaligen Spülen mit frischem Öl fanden sich am Tankboden noch immer kleine Metall- und Messingpartikel von mehr als 1 mm Größe. Ein weiterer Spülgang fand nicht statt. Zu diesem Vorgang wurden erstmals auch SCUA-Sachverständige hinzugeholt.

⁵⁸ Quelle: BSU.

18. April 2023: Austausch der Pumpe 1 auf der PAIVI in Lübeck

Die Pumpe 1 wurde aus unbekanntem Gründen erneut durch einen Techniker von MacGregor ausgewechselt.

26. April 2023: Eingang eines Statements von MacGregor bei VHT⁵⁹

MacGregor hatte im Zuge der Untersuchung auch zum Lizenznehmer der Ruderanlage Sandfirden Technics Kontakt aufgenommen, um zu klären, ob der Abfall des Öldrucks im Servo-System der einen Pumpe auch den Öldruck des Servo-Systems der anderen Pumpe beeinflussen könnte und wenn ja, warum.

Das Ergebnis der gemeinsamen Überlegungen von MacGregor und Sandfirden wurde wie folgt formuliert:

„Wir besprachen die Möglichkeit, dass eine Pumpe von der anderen Pumpe beeinflusst werden könnte, falls ein Problem mit niedrigem Servoöldruck auftritt, was bei den Tests an Bord der Fall war. Eine Pumpe meldete einen niedrigen Servoöldruck, der Servodruck fiel weiter ab, was zu einer langsamen Bewegung der Pumpe führte, und die andere Pumpe war ebenfalls betroffen. Als die Pumpe mit dem niedrigen Servodruck [manuell] abgeschaltet wurde, erholte sich die andere Pumpe und nahm ihre normale Bewegung/Leistung wieder auf.“

Das Ergebnis unserer Diskussion war, dass es theoretisch möglich ist, dass eine Pumpe die andere bei niedrigem Servodruck beeinflusst. Der Servodruck ist auf 16 bar eingestellt, und der Niedrig-Servo-Alarm wird bei 10 bar ausgelöst. Der Alarm wird sowohl an den Starttafeln der Ruderanlage als auch auf der Brücke ausgelöst. Da die Servopumpen der beiden Originalpumpen als defekt befunden wurden [...], ist es wahrscheinlich, dass die Hauptursache Schmutz war, der die Servopumpen blockiert/beschädigt hat, was zu einer abnormalen Bewegung/Leistung führte. Das Öl für die Servopumpen wird ungefiltert direkt aus dem Tank des Lenkgetriebes bezogen.“⁶⁰

13. Juli 2023: Untersuchung des Ölfilters der am 18. April 2023 ausgebauten Pumpe

Bei der Untersuchung des Ölfilters der im April ausgetauschten Pumpe 1 wurde durch das Labor folgendes festgestellt:

⁵⁹ Addendum No. 1 zum Survey Report “M/V PAIVI – collision with M/V BJOERKOE, Kiel Canal” des VHT.

⁶⁰ Übersetzung aus dem Englischen durch die BSU.

„Zu den metallisch basierten Partikeln wurden typischerweise abrasiv wie auch adhäsiv generierte Erscheinungsformen erkannt. Hinsichtlich der vorliegenden Elemente können die Partikel Gleitlagersystemen zugeordnet werden.

Es wurden Partikel lokalisiert, die einer Rückstandsbildung aus thermischer Beanspruchung des Schmierstoffes zuzuordnen sind. Lokale Reibwertüberhöhungen begründen z. B. adhäsiven Verschleiß und damit einhergehende thermische Beanspruchung sowie umgekehrt.“

3.2.1.12 Beschädigungen an den Servopumpen

Im Zusammenhang mit den festgestellten Beschädigungen an beiden Servopumpen fragte die BSU bei Sandfirden Technics nach, ob ein zusätzlicher Filter vor den Servopumpen nicht der Erhöhung der Ausfallsicherheit des Systems dienen würden. Daraufhin wurde geantwortet, dass es nicht unzulässig sei, einen Filter vor der Pumpe einzufügen. Allerdings würde das Betriebshandbuch des Herstellers einen Filter auf der Druckseite empfehlen.⁶¹ In dieser Art und Weise ist die Pumpe, wie im Bericht dargestellt, auch konstruiert. Bei vergleichbaren Ruderanlagen von Sandfirden würden Pumpen eines anderen Herstellers verwendet. Bei diesem wären die Filter nicht in die Pumpe integriert, jedoch würde der externe Filter sich ebenfalls auf der Druckseite befinden.

Sandfirden sieht keine negativen Folgen für die Ausfallsicherheit. Solange die Sauberkeit des Hydrauliköls gewährleistet sei, würde kein Risiko bestehen. Mögliche Fremdkörper würden darüber hinaus auch durch den Filter in der Rücklaufleitung aufgenommen werden.

Die Aussage bezieht sich auf den Filter in der Rücklaufleitung vom federbelasteten Rücklaufventil (Magnetventil) zum Hydrauliktank (siehe Abbildung 34). Dieses Magnetventil dient lt. Sandfirden der Entlüftung des Hydrauliksystems. Sandfirden schreibt, dass mit diesem Ventil ein Teil des Öls im geschlossenen Hauptsystem zu Kühl- und Filterzwecken abgelassen werden kann. Die Untersucher der BSU gehen allerdings davon aus, dass hier keine größeren Ölmengen abgeführt werden, da nur eine Entlüftung oder ein Druckausgleich stattfindet, und dass daher die Reinigungsleistung eher gering ist.

⁶¹ SAMHYDRAULIK: Cod. 05-0081-A04: Installation and Commissioning Notes - MD10V Pumps, Special Points (Seite 4): "... We always recommend whenever possible to use the boost pressure filter instead of the suction filter."

3.2.2 BJOERKOE

3.2.2.1 Schiff

Die BJOERKOE ist ein Schiff der Bodewes Trader 5400 Serie. Es verfügt über zwei Laderäume. Der Rumpf erfüllt die Anforderungen der Eisklasse B1. Die Aufbauten befinden sich achtern.

Das Schiff ist mit einem Verstellpropeller und einem Bugstrahlruder ausgestattet. Es ist kein eigenes Ladegeschirr vorhanden.

Die Sicht nach voraus ist nicht eingeschränkt. Der zum Bewegen der Lukendeckel über den Luken installierte Lukenwagen behindert die seitliche Sicht nur im Bereich vor den Aufbauten. Das Schiff verfügt über offene Brückennocken.

3.2.2.2 Besatzung

Die Besatzung der BJOERKOE bestand am Unfalltag aus neun Personen. Davon hatten fünf Personen die polnische Staatsbürgerschaft, vier Besatzungsmitglieder waren philippinischer Nationalität. Die Bordsprache war Englisch. Die Eintragungen in das Schiffstagebuch erfolgten in englischer Sprache.

3.2.2.3 Fahrtverlauf

Bei den Ermittlungen der BSU hinsichtlich des Fahrtverlaufs und der Geschehnisse auf der Brücke der BJOERKOE während des Unfalls waren insbesondere die Aufzeichnungen des Schiffsdatenschreibers von Bedeutung. Das Schiff ist mit einem Schiffsdatenschreiber des Herstellers Highlander ausgerüstet. Eine Kopie der Rohdaten wurde durch die Reederei zur Verfügung gestellt.

Durch den Schiffsdatenschreiber wurde nur das Bild eines der Radargeräte der BJOERKOE aufgezeichnet. Es ist ersichtlich, dass dieses Radargerät in den Betriebszustand Head Up und Relative Motion (Relative) geschaltet war. Folgende Einstellungen waren außerdem ausgewählt: Off Center; Anzeigebereich = 0,5 sm, Entfernungsrings im Abstand von 0,1 sm; 1. variabler Messring (VRM) = 0,37 sm, 2. variabler Messring = 0,029 sm. Die PAIVI war als gefährliches Fahrzeug (1) in der „Alarm List“ erfasst, da sich mit ihr eine gefährliche Annäherung⁶² ergeben würde. Die errechneten Daten für diese Annäherung werden im Feld „Target Data“ in der linken Spalte angezeigt (siehe z. B. Abbildung 29).

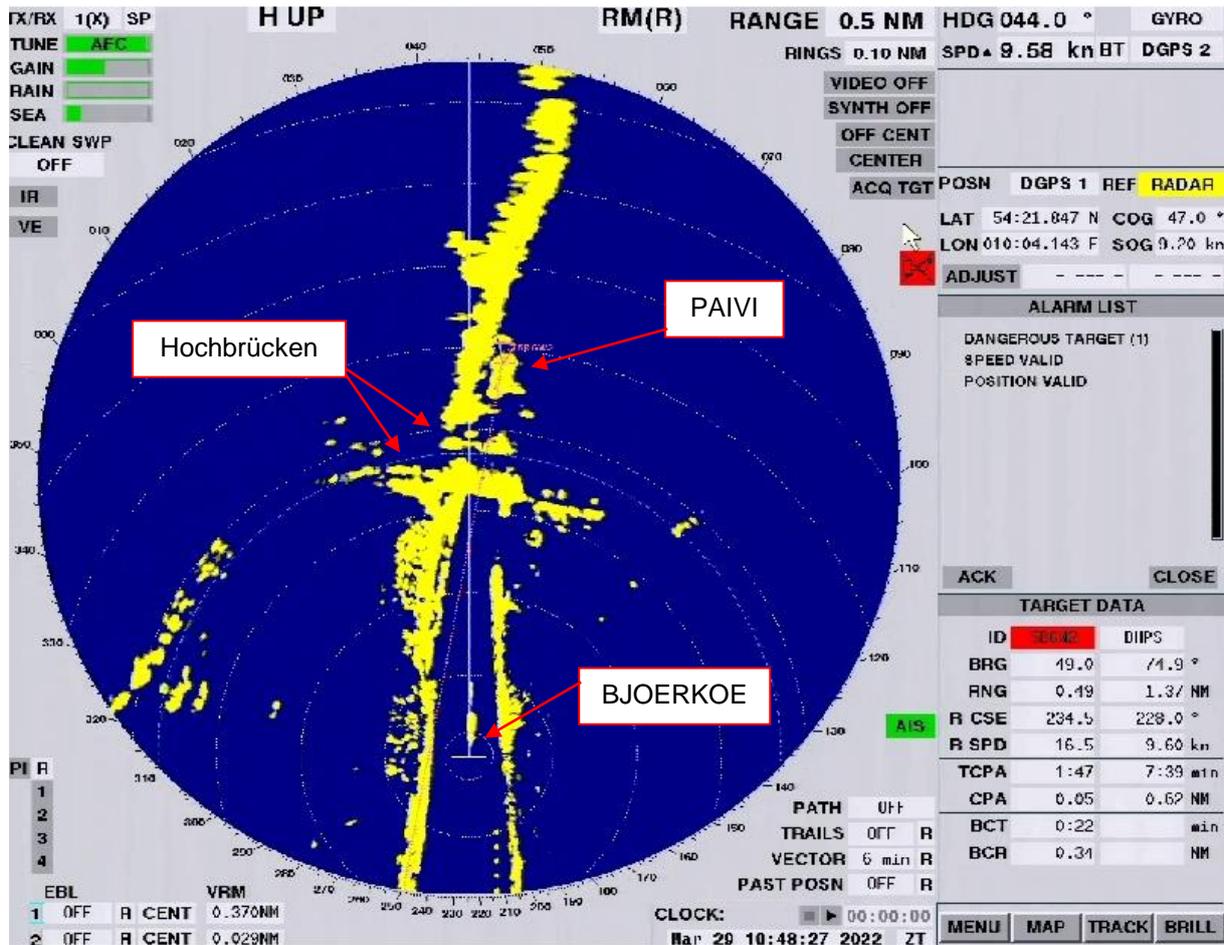
Schiffsdatenschreiber zeichnen üblicherweise Radarbilder nicht in einem Videoformat auf. Vielmehr werden in regelmäßigen Abständen einzelne Aufnahmen des Radarbildes, vergleichbar mit einem Bildschirmfoto, gefertigt. In diesem Fall wurde

⁶² Das ist während der Kanalpassage mit jedem entgegenkommenden Fahrzeug der Fall.

durch den Schiffsdatenschreiber alle 15 Sekunden ein Foto gespeichert. Die Speicherzeit kann am unteren Rand des Bildes abgelesen werden.

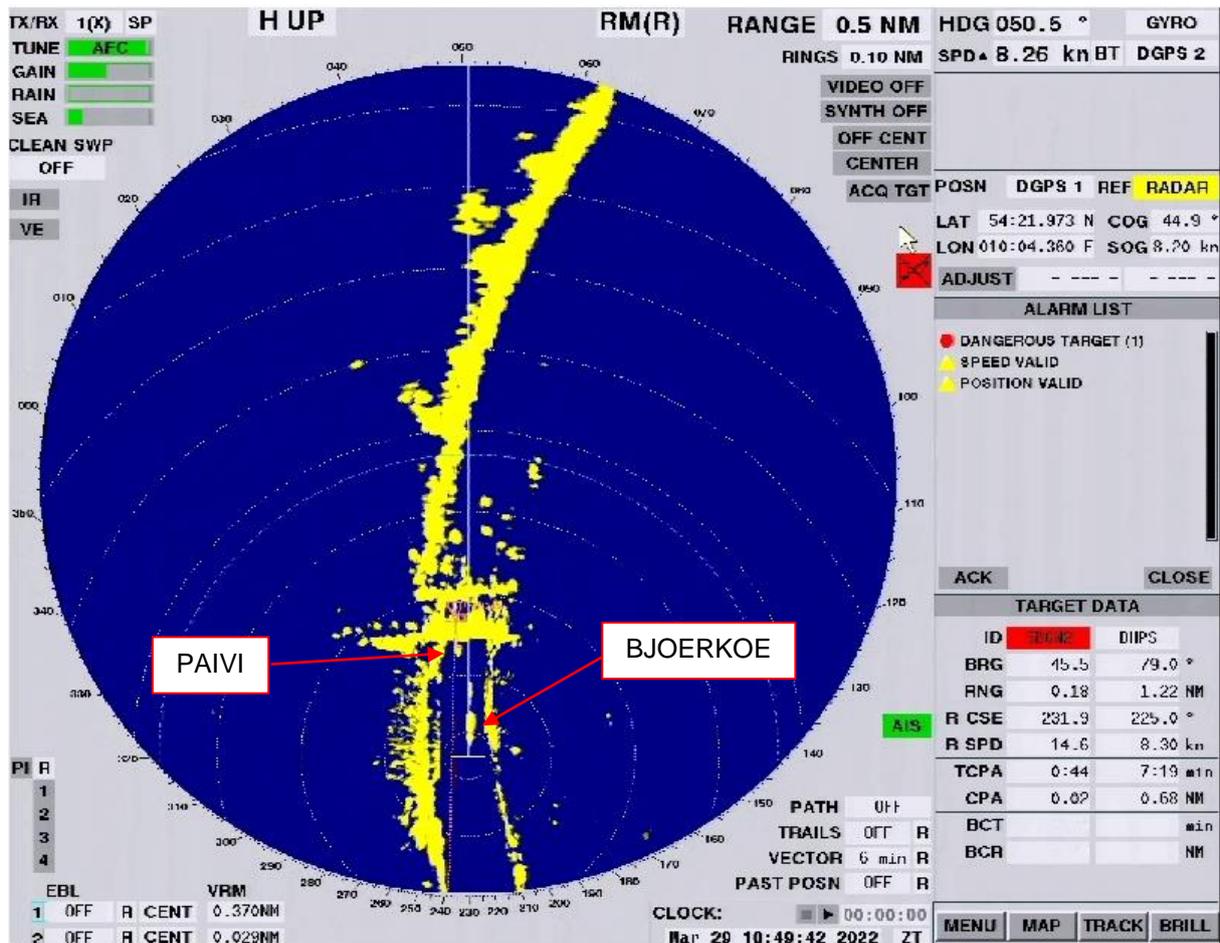
Die Audio-Daten werden kontinuierlich gespeichert. Daher wird in der nachfolgenden Auswertung die weitergelaufene Zeit zum jeweiligen Bild addiert, um den Ablauf in der korrekten zeitlichen Reihenfolge darzustellen.

Um 10:48:27 Uhr (Abbildung 29) näherte sich die BJOERKOE den Levensauer Hochbrücken aus westlicher Richtung. Die Vorausrichtung des Schiffes (HDG) lag bei 44° und die Geschwindigkeit über Grund (SOG) betrug 9,2 kn. Die PAIVI befand sich noch östlich der Hochbrücken und war 0,49 sm (siehe Target Data) entfernt. Der Abstand bezieht sich dabei auf die Distanz zwischen den beiden AIS-Antennen der Schiffe. Aus den AIS-Daten werden auch die Angaben für den Zeitpunkt der dichtesten Annäherung (TCPA) und dem sich zu diesem Zeitpunkt ergebenden Abstand (CPA) errechnet. Auch die Angaben für den Zeitpunkt, an dem die PAIVI den Bug passieren sollte (BCT) und der dabei vorhandene Abstand (BCR), werden so ermittelt.

Abbildung 29:BJOERKOE: Radarbild von 10:48:27 Uhr⁶³

In der Audio-Aufzeichnung ist um 10:49:38 Uhr ein Ausruf zu hören, der auf eine außergewöhnliche Situation hinweist. Es ist wahrscheinlich, dass dieser Ausruf durch den Kanalsteurer getätigt wird. Da der Lotse unmittelbar darauf beginnt, mehrfach „General Alarm!“ zu rufen, weist dies ebenfalls auf einen ungewöhnlichen Umstand im Zusammenhang mit der PAIVI hin. Die Untersucher gehen davon aus, dass der Lotse mit seinem Ausruf auf die bevorstehende mögliche Kollision hinweisen wollte und dass mit dem Alarm die restliche Besatzung der BJOERKOE gewarnt werden sollte. Im weiteren Verlauf der Aufzeichnung ist allerdings kein Alarmsignal zu hören.

⁶³ Quelle: VDR der BJOERKOE. Anmerkungen: BSU.

Abbildung 30: BJOERKOE: Radarbild von 10:49:42 Uhr⁶⁴

Um 10:49:42 Uhr (Abbildung 30) hat der Bug der PAIVI die westlichere Brücke bereits passiert. Um 10:49:49 Uhr gibt der Lotse die Order „Hart Backbord!“. Er beabsichtigt damit eine Drehung in Richtung der PAIVI, um so eine Kollision beider Schiffe im Bugbereich zu erreichen. Es soll also verhindert werden, dass der Bug der PAIVI den vorderen Laderaum der BJOERKOE trifft.

Das Geräusch des Aufpralls der PAIVI auf die BJOERKOE ist um 10:50:06 Uhr zu hören (Bezugsbild ist Abbildung 31). Anschließend wird begonnen, die Lage zu sondieren, und der Lotse informiert die VKZ NOK über die Kollision.

⁶⁴ Quelle: VDR der BJOERKOE.

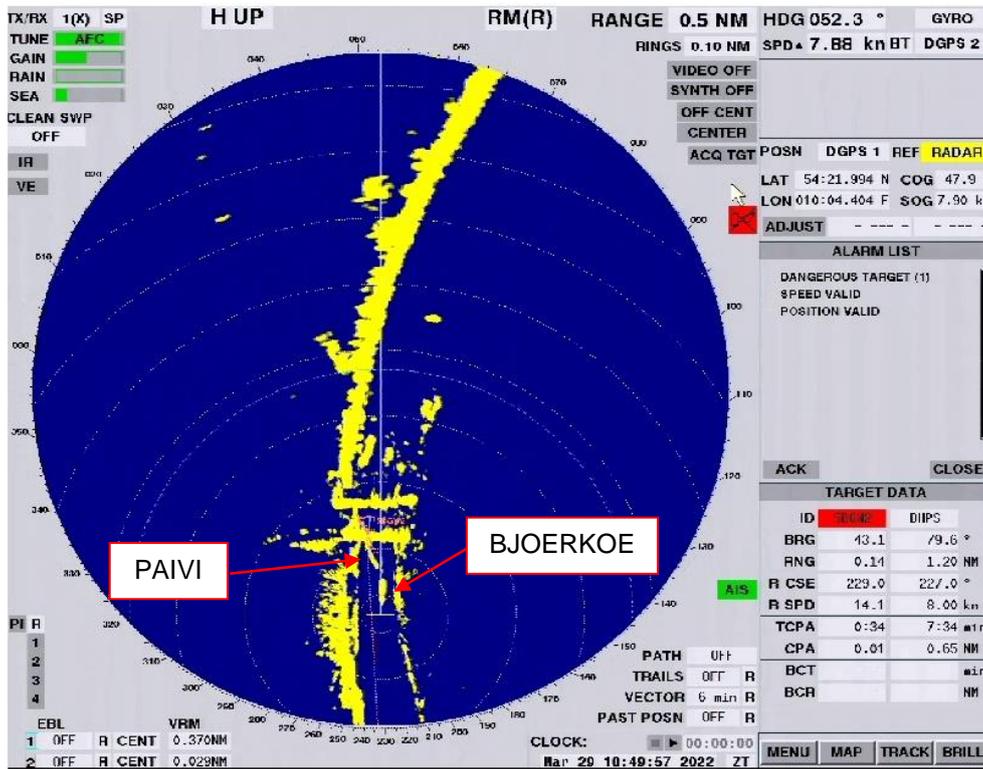


Abbildung 31: BJOERKOE: Radarbild um 10:49:57 Uhr⁶⁵

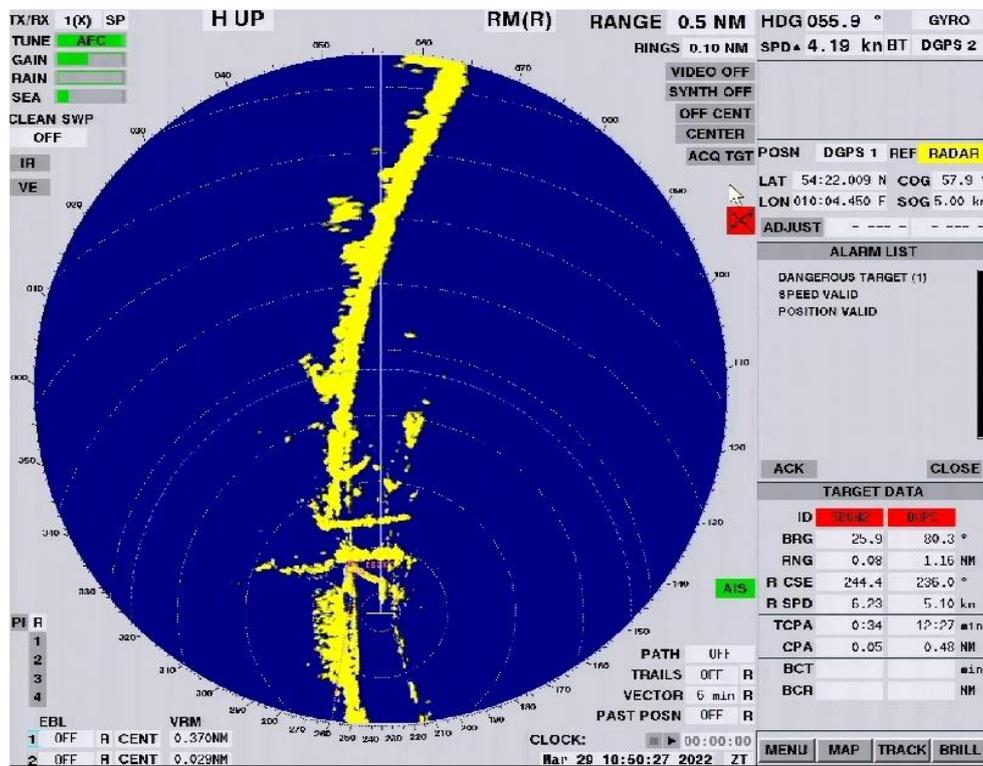


Abbildung 32: BJOERKOE: Radarbild 10:50:27 Uhr

⁶⁵ Quelle Abbildung 31 u. 32: VDR der BJOERKOE.

4 AUSWERTUNG

4.1 Einleitung

Die Schiffsführung der BJOERKOE wurde durch das auf sie Zudrehen der PAIVI vollkommen überrascht. Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt bereits bestehenden dichten Annäherung der PAIVI und des durch den Kanal eingeschränkten Manöverraums waren die Handlungsmöglichkeiten der BJOERKOE sehr begrenzt. Die Empfehlungen des Lotsen der BJOERKOE waren für die Untersucher der BSU daher nachvollziehbar und sinnvoll. Das gilt auch für die Order an den Kanalsteurer, mit einer Hartruderlage nach Backbord auf die PAIVI zuzudrehen. Da sich die BJOERKOE zuvor für das Durchfahren der Rechtskurve in einer langsamen Drehung nach Steuerbord befand, hatten dieses Kommando und seine Umsetzung aufgrund der noch vorhandenen Zeit allerdings nur einen sehr geringen Effekt.

Die Auswertung zur Ursache der Kollision befasst sich daher im Weiteren ausschließlich mit der PAIVI.

Da durch die Reederei keinerlei Unterlagen zum Safety Management übergeben wurden, können im Nachfolgenden keine Feststellungen zu den verschiedenen Verantwortungen des Managements an Land bzw. der Besatzung des Schiffes hinsichtlich der Aufgaben bei den Wartungen und Reparaturen der Ruderanlage der PAIVI gemacht werden.

4.2 Tagebuchführung

Im Schiffstagebuch der PAIVI gab es am 25. März 2022, dem Tag des Auslaufens aus dem Ladehafen Kokkola, weder einen Eintrag zur Ladungsmenge noch zu den Tiefgängen. In den zypriotischen Bestimmungen für das Führen des Schiffstagebuches⁶⁶, hier insbesondere in den „Instructions For Recording Information in The Official Deck Log BOOK“, ist Folgendes festgelegt:

20.3 *Upon the arrival or departure of a vessel from a port, the following must be recorded:*

20.3.1 *Forward draft, aft draft and midship draft.*

20.3.2 *Present quantity of cargo or ballast.*

Darüber hinaus gab es im gesamten betrachteten Zeitraum keine Einträge innerhalb des sogenannten „Noon Reports“, also der Übersicht über die während des Tages zurückgelegte Gesamtstrecke, die noch bevorstehende Distanz und andere

⁶⁶ The Merchant Shipping (Official Log Books, Ship's Articles and six-month Lists), Regulations of 2001.

Informationen. Auch zum Noon Report machen die zypriotischen Bestimmungen Vorgaben. Sie lauten unter anderem:

20.7.4.3 *The distance covered by the ship over the last 24 hours in nautical miles.*

20.7.4.5 *The average speed of the vessel over the last 24 hours.*

4.3 Fahrtverlauf

Nach dem Verlassen der Schleuse von Kiel-Holtenau war die Fahrt der PAIVI zunächst unauffällig. Aus den bislang besprochenen AIS-Aufzeichnungen ergaben sich keine direkten Hinweise auf die Möglichkeit einer zu dichten Annäherung an die nördliche Kanalböschung. Dies gilt insbesondere für den Bereich unterhalb der Levensauer Hochbrücken. Die bisher in die Untersuchung eingeführten Darstellungen geben allerdings nicht den AIS-Track im Zusammenhang mit den tatsächlichen Tiefenverhältnisse wieder. Dafür wurden beim WSA NOK auch die Peildaten für den Bereich unterhalb der Levensauer Hochbrücken erbeten. In diesen Plan wurden dann die AIS-Daten des Schiffes eingetragen (siehe Abbildung 33).

Die Darstellung der einzelnen Schiffsposition der PAIVI wird im Folgenden in Zusammenhang mit den Erkenntnissen aus der Audio-Aufzeichnung des Schiffsdatenschreibers der BJOERKOE (Pkt. 3.2.2.3) und dem Diagramm 1 gebracht. Im Diagramm ist erkennbar, dass sich die Vorausrichtung der PAIVI ab 10:49:32 Uhr änderte, das Schiff also begann, nach Backbord zu drehen. Zu diesem Zeitpunkt und zuvor befand sich das Schiff aber in einem Bereich, der bei einem Tiefgang des Schiffes von 5,4 m nach Ansicht der Untersucher nicht dazu führte, dass die PAIVI unter dem Einfluss des Bankeffektes stand. Das gilt auch, wenn man mögliche Fehlerquellen innerhalb der AIS-Daten und zeichnerische Ungenauigkeiten berücksichtigt. Die Eingabe für die Antennenposition am AIS-Gerät wurde durch die Untersucher überprüft und für korrekt befunden.

Die nächste dargestellte Position bezieht sich auf die Uhrzeit 10:49:43 Uhr. Sie ist mit dem maßstabsgerechten Schiffsumriss überdeckt. Aus Sicht der BJOERKOE ist dies die Situation, wie es das Radarbild in Abbildung 30 darstellt. Kurz zuvor, um 10:49:38 Uhr, war man auf der Brücke der BJOERKOE auf ein ungewöhnliches Verhalten der PAIVI aufmerksam geworden. Auch für diesen Zeitpunkt schließen die Untersucher wegen der vorhandenen Wassertiefe und dem Abstand zur Unterwasserböschung einen maßgeblichen Einfluss des Bankeffektes aus.

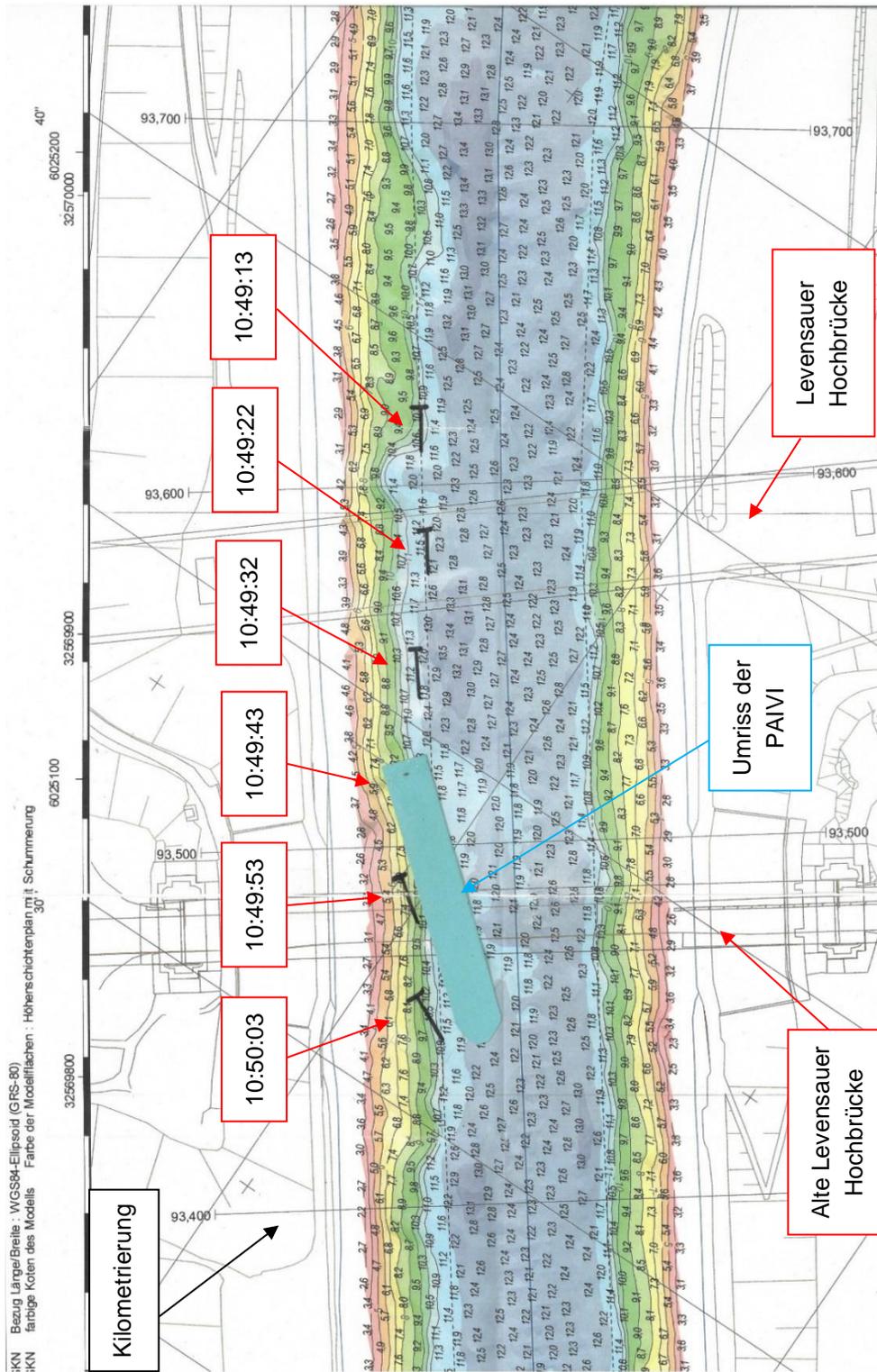


Abbildung 33: PAIVI: Peilplan mit eingetragenen AIS-Positionen⁶⁷

Die Richtung des dargestellten Vektors bezieht sich auf HDG. Die Länge des Vektors ist willkürlich gewählt.

⁶⁷ Quelle: Peilplan des WSA NOK. Bearbeitung durch die BSU.

Die BSU sieht den Umstand, dass der Lotse nach Aufforderung die Bedienung der Manöverelemente übernommen hatte, nicht als kritisch an. Der Kapitän war in der Lage, sofort auf die Notsteuerung umzuschalten, nachdem das Problem mit der Ruderanlage erkannt worden war. Da Tageslicht herrschte und die Sicht nicht eingeschränkt war, war die Anwesenheit eines zusätzlichen Ausgucks nicht notwendig.

4.4 Ruderanlage

4.4.1 Ursprüngliche Feststellungen

Am 28. August 2023 wurden während einer Besprechung, an der alle beteiligten Parteien sowie Untersucher der BSU teilnahmen, die bislang erlangten Erkenntnisse zusammengefasst.

1. Die Pumpe 2 war vor dem Unfall im Juni 2019 und im November 2021 getauscht worden.
2. Das 4/3-Wege-Magnetventil der Pumpe 2 war laut der Feststellung vom 16. Mai 2022 zum Unfallzeitpunkt falsch herum montiert. Dies führte anscheinend dazu, dass sie langsamer als die andere Pumpe anliefe und reagierte. Es wird durch die Sachverständigen und MacGregor aber davon ausgegangen, dass dieses Verhalten zum Unfallzeitpunkt durch die andere Pumpe ausgeglichen wurde, da beide Pumpen parallel betrieben wurden.
3. An der Pumpe 2 bzw. der gesamten Pumpeneinheit 2 waren zumindest seit dem Jahr 2019 wiederholt Probleme aufgetreten. Keine der durchgeführten Reparaturmaßnahmen, bei der verschiedene elektronische Bausteine gewechselt wurden, hatte einen durchgreifenden Erfolg.
4. Auch nach dem Unfall traten immer wieder Probleme an beiden Rudereinheiten auf.
5. Es wurden im April 2023 immer noch, trotz zweimaligen Spülens, Fremdpartikel im Hydraulikölsystem gefunden. Die Ursache ist unbekannt. Die für den Zeitraum vor dem Unfall vorliegenden und regelmäßig durchgeführten Öltests wiesen keine Auffälligkeiten auf.
6. Während der durch die VHT-Sachverständigen zusammen mit MacGregor durchgeführten Versuche an Bord der PAIVI kam es zweimal zu einem Druckabfall des Servoöldrucks auf 6 bar an der Pumpe 1. Bei einem dieser beiden Ereignisse wurde auch die Pumpe 2 beeinflusst. Auch hier kam es zu einem Druckabfall in beiden Servoölsystemen und zum Stillstand der gesamten Ruderanlage. Laut MacGregor kann die Stelleinheit der variablen Axialkolbenpumpe bei 6 bar nicht mehr bewegt werden. Es werden mindestens 12 bar Servoöldruck benötigt, um verzögerungsfrei schalten zu können.

7. Bei dem beobachteten kompletten Druckabfall konnte die Situation erst durch ein Aus- und Wiedereinschalten der Ruderanlage normalisiert werden.
8. Nach Ansicht MacGregors war der beobachtete Druckabfall nicht mit einem elektrischen Ausfall oder einem Wackelkontakt erklärbar, daher muss ein hydraulisches Problem vorgelegen haben.

Aus den genannten Punkten wurde dann gemeinsam die nachfolgend dargestellte wahrscheinlichste Ursache erarbeitet.

Grundannahme: Zum Zeitpunkt des Ausfalls der Ruderanlage der PAIVI am Unfalltag stand das im Hydraulikölsystem der Ruderanlage vorhandene Sicherheitsventil offen. Das führte zum Druckabfall im System.

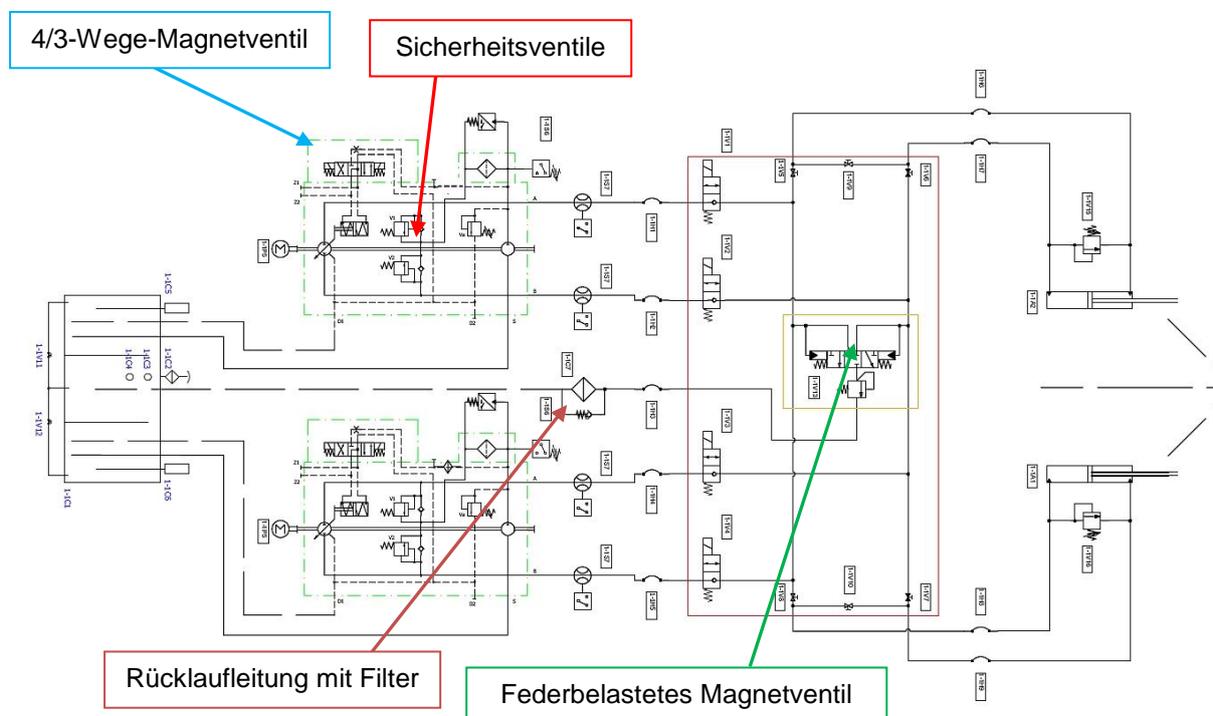


Abbildung 34: Schematische Darstellung der Ruderanlage der PAIVI⁶⁸

⁶⁸ Quelle: MacGregor.

Möglichkeit A:

Das Sicherheitsventil kann öffnen, wenn es einen Einfluss auf die Ruderanlage von außen gibt. Das könnte Wellenschlag oder der Kontakt mit einem größeren Gegenstand sein. Das wurde für die Kanalfahrt der PAIVI ausgeschlossen.

Möglichkeit B:

Die durch das falschherum verbaute 4/3-Wege-Magnetventil hergestellte Querschnittsverringering ließ den Systemdruck so ansteigen, dass das Sicherheitsventil regelmäßig öffnete, um den Überdruck abzubauen. Dabei blieben im Hydraulikölsystem bereits vorhandene Fremdpartikel im Ventilsitz des Sicherheitsventils hängen und verhinderten damit das dichte Schließen des Ventils. Der darauffolgende Abfluss des Hydrauliköls führt dann zum Druckabfall. Durch das Aus- und Wiedereinschalten des Systems spülte der Anlaufdruck die Fremdpartikel vom Ventilsitz, so dass dieses wieder vollständig schloss.

Für die Sachverständigen und die Vertreter von MacGregor besteht darüber hinaus die Möglichkeit, dass es die Steuerung der Hydraulik unter Umständen zulässt, dass auch bei nur einem blockierten Sicherheitsventil bei einer der Pumpen und dem sich daraus ergebenden Druckabfall an dieser Pumpe der Druck an der anderen Pumpe ebenfalls einbricht und dadurch der Systemdruck abfällt. Das dargestellte Szenario erklärt nach Ansicht der Untersucher der BSU allerdings nicht, warum es nicht zu einem „Low Servo Oil Pressure“-Alarm kam.

Theoretisch bliebe als letzte Möglichkeit die Beeinträchtigung beider Servopumpen durch zeitgleich aus dem Tank angesaugte Fremdkörper. Aber auch das hält die BSU für unwahrscheinlich.

4.4.2 Stellungnahme der Dana SAC zum ersten Entwurf

Dana SAC nahm im Mai 2024 im Rahmen der Stellungnahme zum ersten Entwurf die Gelegenheit wahr, einige der bisher gemachten Feststellungen kritisch zu hinterfragen. Einige der Anmerkungen wurden bereits bei Punkt 3.2.1.11 eingefügt. Darüber hinaus gab es die folgenden Anmerkungen:

- Alle begutachteten Pumpen der PAIVI wurden, unabhängig von den Angaben auf den Typenschildern, durch das italienische Unternehmen PWG Srl hergestellt.
- *„Der Steuerkolben steuert die Hauptpumpe und wechselt hier die Abgabe über Ausgang A oder B und somit die Ruderbewegung. Eine Verdrehung des [4/3-Wege-Magnet-]Ventils hätte also eine Invertierung der Steuerung zur Folge. Wenn nun beide Pumpen [Parallelbetrieb der Ruderanlage] im Betrieb sind, würden die Ruderzylinder von beiden Seiten mit Druck beaufschlagt und es würde keine Lenkbewegung mehr erfolgen.“*

- *In Ruhestellung des Ventils sind die Anschlüsse A und B mit dem Tank verbunden und der Steuerkolben [der Axialkolbenpumpe] wird durch die Federn zentriert. Dadurch wird die Hauptpumpe in Neutralstellung gebracht, was bei der verdrehten Einbaulage nicht passiert. Hier wird nun der Steuerkolben in der aktuellen Position eingespannt, da die Druckleitung P mit den Anschlüssen A und B verbunden ist.*
Ein plötzliches Auftreten (Bericht, Seite 14, Zeile 18-19) ist somit keine Symptomatik, sondern es hätte ab dem Austausch der Pumpe eine dauerhafte Fehlfunktion geben müssen, wenn das Ventil werkseitig falsch montiert worden wäre.
- *„Angesichts der vielen Partikel in dem untersuchten Filter [...] und dem Tank, liegt der Verdacht nahe, dass die vorhandene Filtration nicht ausreicht und dadurch das Ventil oder der Steuerkolben beeinträchtigt wurde, was wiederum zu dem verzögerten Ansprechverhalten der Pumpe führen würde. Dies wäre auch eine Erklärung für die lange Fehlfunktions-Historie und wiederholtes Auftreten derselben Fehler, trotz dem Austausch von Pumpe und Ventil. Des Weiteren ist nicht bekannt, an welcher Stelle das Öl für die Laboranalyse entnommen wird. Sollte dies nach dem Filter passieren, sind diese Werte ohnehin in Frage zu stellen. Eine Vorfiltration durch mindestens einen Saugfilter wird von unserer Seite empfohlen!“ [sic]*

Anhand des ersten Entwurfs der BSU kommt Dana SAC zu den folgenden Annahmen:

1. *Es fällt der Verdacht auf die Wartungsarbeiten vom 10. Juni 2021 [...], bei denen das Magnetventil „modifiziert“ wurde, was bei einem Austausch des Ventils absolut nicht notwendig gewesen wäre. Möglicherweise wurde hier das Ventil sowie die Steuerung angepasst, dass das Ventil um 180° verdreht montiert werden konnte (evtl. vergrößerte Befestigungsbohrungen). Um nach dem Austausch der Pumpe dasselbe Schaltverhalten wieder zu erreichen, hätte man dieses Ventil ebenfalls um 180° verdreht auf die neue Pumpe aufsetzen und austauschen können oder das neue Ventil ebenfalls „modifizieren“ können. Für diese Annahme sprechen die Berichte der Techniker vom 3. Juni 2022 [...], der „verschiedene falsch angeschlossene Kabel“ beheben musste, sowie der vom 19. Juni 2022 [...], der „eine Menge unprofessioneller Lösungen“ feststellte. [sic]*
2. *Fremdkörper, die durch unzureichende Ölfiltration, in die Pumpensteuerung gelangten, beeinträchtigten die Funktion des [4/3-Wege-Magnet-]Ventils und/oder des Steuerkolbens und damit die Verstellung der Axialkolbenpumpe. Dies führte in Folge zu einem stark verzögerten Ansprechverhalten der Pumpe und somit der Ruderbewegung. Des Weiteren ist nicht auszuschließen, dass zusätzlich das Druckbegrenzungsventil der Steuerleitung, durch Schmutzpartikel, einen Aufbau des Steuerdrucks verhinderte.*
3. *Die Verwendung eines Differenzialzylinders im geschlossenen Kreislauf ist grundsätzlich als sehr kritisch zu bewerten. Je nach Verhältnis von Kolbenseite zur Kolbenstangenseite (und Größe des Zylinders) muss eine nicht unerhebliche Menge Öl, von der Speisepumpe, nachgepumpt werden. Sollte diese benötigte Ölmenge zu groß für die verwendeten Speisepumpe sein, kommt es zu einer entsprechenden Verzögerung, sowie einem Druckabfall, bis*

die Ölmenge nachgepumpt wurde. Dies müsste vermehrt, bei schnellen und starken Lenkbewegungswechseln, auftreten und kann auch, wie im Bericht beschrieben, beide Pumpen gleichzeitig betreffen [...]. Während die Ölmenge nachgepumpt wird, ist eine Ruderbewegung nicht möglich, da hierzu der Druck für den Steuerkolben notwendig ist, um die Axialkolbenpumpe auf den anderen Abgang umzuschalten. [sic]

Nach Eingang der Stellungnahme der Dana SAC wurde diese an die anderen beteiligten Parteien weitergeleitet und es wurde um eine Stellungnahme gebeten. Es gingen keine Stellungnahmen dazu ein.

In Auswertung der Stellungnahme der Dana SAC stellt die BSU fest, dass die in Möglichkeit B (Pkt. 4.4.1) geschilderte Beeinflussung des Systems durch eine Querschnittsverringering aufgrund des verdreht montierten 4/3-Wege-Magnetventils nicht erfolgt sein kann.

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

5.1 BJOERKOE

Die Schiffsführung der BJOERKOE hätte durch keine Maßnahme die Kollision verhindern können. Nach dem Zusammenstoß wurden sinnvolle erste Maßnahmen getroffen. Das Schiff begann selbständig in Rückwärtsfahrt zur Weiche Schwartenbek zurückzukehren und wurde dabei später durch einen Schlepper unterstützt, den die Verkehrszentrale dorthin gesandt hatte.

5.2 PAIVI

5.2.1 Tagebuchführung

Die Untersucher sehen Versäumnisse bei der Führung des Schiffstagebuches durch die nautischen Offiziere, aber auch beim Management an Land. Zwar richten sich die Vorgaben für die Eintragungen in ein Schiffstagebuch in erster Linie an die Schiffsführung, gleichwohl ist es Aufgabe der Landorganisation, die Einhaltung dieser Vorgaben zu überprüfen.

Die festgestellten Versäumnisse hatten keinen Einfluss auf den Unfallverlauf.

5.2.2 Ruderanlage

Die Ruderanlage der PAIVI hat eine lange Reparaturgeschichte, die, zumindest nach den vorliegenden Erkenntnissen, im Jahr 2019 begann. Da die Reederei nicht direkt mit der BSU kooperierte, bleibt unklar, ob es auch davor zu Störungen und Reparaturversuchen kam. Trotz der Reparaturen kam es immer wieder zu ungewöhnlichem Verhalten, dessen Ursachen nicht endgültig aufgeklärt wurden. Das wurde möglicherweise auch dadurch beeinflusst, dass die Überwachung der Ruderanlage bei Störungen nur allgemein gehaltene Meldungen ausgab, die keine konkrete Feststellung der Ursache ermöglichten.

Erschwerend kam anscheinend hinzu, dass an Bord offensichtlich keine Unterlagen oder Schaltpläne zur Ruderanlage vorhanden waren. Das machte es den Servicetechnikern und der Besatzung wahrscheinlich schwer, wichtige Zusammenhänge zu erkennen.

Aufgrund der nicht vorhandenen Kooperation der Reederei konnte die BSU auf keinerlei Unterlagen zum Safety Management zugreifen. Daher waren im Rahmen dieser Seesicherheitsuntersuchung keine Feststellungen zu den Verantwortlichkeiten in der Landorganisation bzw. an Bord des Schiffes möglich.

Die BSU geht von einer technischen Ursache für das Ruderversagen und damit für die Kollision aus. Dieses Ruderversagen konnte durch die Schiffsführung der PAIVI zum

Unfallzeitpunkt offensichtlich auch nicht durch das Umschalten auf die Notsteuerung aufgehoben werden.

Die folgenden Feststellungen lassen sich machen:

- Vom Zeitpunkt des Ablegens in der Schleuse Kiel-Holtenau bis zur Kollision wurden keine Alarme durch das relativ einfache Überwachungssystem der Ruderanlage erzeugt, die zu einem Eintrag in das elektronische Alarm-Log des Schiffes geführt hätten.
- Zum Unfallzeitpunkt wurde die Ruderanlage mit beiden Ruderanlageneinheiten betrieben. Vom Ablegen in der Schleuse bis zur Kollision gab es keine Beobachtung eines gestörten Betriebes der Ruderanlage durch die Brückenbesatzung.
- Bei der ersten Besichtigung beider Ruderpumpen am 16. Mai 2022 auf dem Teststand des Unternehmens Pokrandt Hydraulikservice GmbH wurde festgestellt, dass das 4/3-Wege-Magnetventil der Pumpe 2 um 180° verdreht montiert worden war. Dadurch lag die Bohrung für die Druckquelle (P) auf der Position des Abflusses (T). Insgesamt wurde ein verzögertes Ansprechverhalten beobachtet. Die Verzögerung war nicht vorhanden, wenn beide Ruderanlageneinheiten parallel betrieben wurden.
- Bei der ersten Besichtigung der Pumpen wurde kein Verschleiß an den beiden Pumpen, hier insbesondere an den Servopumpen, festgestellt. Beide Pumpen wurden anschließend weiterbetrieben.
- Aufgrund der Feststellungen bei der ersten labortechnischen Untersuchung eines Filters ist es wahrscheinlich, dass sich zum Unfallzeitpunkt Fremdkörper im Hydraulikölsystem befanden.
- Alle später festgestellten Schäden an den Bauteilen der Servopumpe können nach Ansicht der Untersucher durch die bereits im System vorhandenen, aber auch im Zusammenhang mit einem weiteren Eintrag von Fremdkörpern in das Hydraulikölsystem durch die unfallbedingten Schäden an der Ruderanlage entstanden sein.

In Auswertung der im Rahmen der Stellungnahme zum ersten Entwurf eingebrachten Anmerkungen von Dana SAC kommen die Untersucher der BSU zu den folgenden Schlussfolgerungen:

- Die im November 2021 installierte Pumpe war mit einem montierten 4/3-Wege-Magnetventil geliefert worden. Der Hersteller schließt aufgrund der technischen Gegebenheiten eine verdrehte Montage des Magnetventils während der Produktion aus.
- Es konnte nicht festgestellt werden, wann oder durch wen die verdrehte Montage des Magnetventils erfolgte.
- Auch eine um 180° verdrehte Montage des 4/3-Wege-Magnetventils führte nicht zu einer Querschnittsverringering (siehe dazu auch Abbildungen 26 und 27).

- Eine verdrehte Montage hätte nach Ansicht von Dana SAC im Einzelbetrieb zu einer Invertierung der Steuerung und im Parallelbetrieb zu einer Blockierung der gesamten Steuerung führen müssen.
- Eine Beeinträchtigung des 4/3-Wege-Magnetventils und/oder des Steuerkolbens der Axialkolbenpumpe durch Fremdkörper kann nicht ausgeschlossen werden.
- Eine Beeinträchtigung der Funktion der Sicherheitsventile (Druckbegrenzungsventile) kann aufgrund der im Hydraulikölsystem vorgefundenen Fremdkörper ebenfalls nicht ausgeschlossen werden.

Im Rahmen der Untersuchung konnten wesentliche technischen Fragestellungen nicht vollumfänglich geklärt werden. Nach Auffassung aller beteiligten Parteien kann die konkrete technische Ursache für den Ruderausfall am Unfalltag nicht bestimmt werden.

Die Untersucher der BSU halten es jedoch für nicht unwahrscheinlich, dass Fremdkörper im Hydrauliksystem der gesamten Ruderanlage die Funktion einzelner Bauteile, wie beispielsweise der 4/3-Wege-Magnetventile, beeinträchtigen konnten. Fehlfunktionen durch verunreinigtes Hydrauliköl wurden im April 2023 auch von MacGregor und Sandfirden Technics für wahrscheinlich gehalten.

Ursächlich dafür ist nach Ansicht der Untersucher der BSU die fehlende Filtrierung des Ölstroms zu diesen Steuerelementen. Im Rahmen der Untersuchung wurde deutlich, dass die regelmäßigen Untersuchungen zur Qualität des Hydrauliköls hilfreich sein können, um Verschleißprozesse festzustellen. In diesem Fall lieferten sie aber keine Anhaltspunkte zu den nach dem Unfall festgestellten Fremdkörpern in den Filtern. Da Filter üblicherweise nicht regelmäßig untersucht werden, bleiben Verunreinigungen mit Fremdkörpern unentdeckt. Da aber die Reinheit des Hydrauliköls hinsichtlich Fremdkörper während des Betriebes nicht bestimmt werden kann, sind die Untersucher der BSU der Ansicht, dass eine vollständige Filtrierung des gesamten Hydraulikölstroms im Betrieb unumgänglich ist.

Aufgrund der Stellungnahme der Dana SAC erfolgte eine Neubewertung der bis dahin durch die BSU gemachten Feststellungen im Rahmen des ersten Entwurfs. Dies führte dazu, dass eine Sicherheitsempfehlung zur Filterung des gesamten Hydraulikölstroms an Sandfirden Technics hinzugefügt wurde. Die gleiche Sicherheitsempfehlung geht nun auch an die Reederei der PAIVI. Der überarbeitete Entwurf des Berichts wurde daher erneut zur Stellungnahme an die beteiligten Parteien versandt.

6 SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN

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

6.1 Reederei INTERSCAN Schiffahrtsgesellschaft mbH

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt der Reederei die Überprüfung ihrer Verfahrensweisen für den Schiffsbetrieb im Rahmen des bei ihr eingeführten Systems zur Organisation von Sicherheitsmaßnahmen, um sicherzustellen, dass:

- die Schiffe mit allen notwendigen technischen Handbüchern und Unterlagen ausgestattet sind,
- an Bord den Erfordernissen der Schiffstagebuchführung nachgekommen wird.

6.2 Reederei INTERSCAN Schiffahrtsgesellschaft mbH

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt der Reederei die Spülung des Hydraulikölsystems der gesamten Ruderanlage bis ein Zustand erreicht ist, bei dem alle Fremdkörper beseitigt sind. Darüber hinaus wird empfohlen, zusätzliche ÖlfILTER in den Zuleitungen zu den Servopumpen zu installieren.

6.3 Reederei INTERSCAN Schiffahrtsgesellschaft mbH

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt der Reederei dringend, die Zusammenarbeit mit Behörden, die Sicherheitsuntersuchungen durchführen, zu verbessern.

6.4 Sandfirden Technics B.V.

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt dem Unternehmen die Überarbeitung ihres Produktes dahingehend, dass auch der Ölstrom in den Steuerleitungen zu den 4/3-Wege-Magnetventilen gefiltert wird.

7 QUELLENANGABEN

- Ermittlungen der Wasserschutzpolizei Kiel
- Schriftliche Erklärungen/Stellungnahmen
 - der Schiffsführung der PAIVI
 - des Lotsen der PAIVI
- Zeugenaussagen
- Seekarte: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
- AIS- und UKW-Aufzeichnungen der Verkehrszentrale NOK
- VDR-Aufzeichnung der BJOERKOE
- Peilkarte des WSA NOK für das Unfallgebiet
- weitere in Fußnoten ausgewiesene Internet- und Literaturquellen