



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

## **Untersuchungsbericht 338/19**

### **Sehr schwerer Seeunfall**

**Feuer im Maschinenraum an Bord des  
Mehrzweckfrachters KELLY  
mit einem toten und zwei verletzten  
Besatzungsmitgliedern auf der Elbe  
am 6. September 2019**

27. Juli 2021

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

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

Bei der Auslegung des Untersuchungsberichtes ist die deutsche Fassung maßgebend.

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

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

Fax.: +49 40 3190 8340  
[www.bsu-bund.de](http://www.bsu-bund.de)



## Änderungsverzeichnis

Seite	Änderung	Datum

## Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG .....	8
2	FAKTEN .....	9
	2.1 Schiffsfoto.....	9
	2.2 Schiffsdaten.....	9
	2.3 Reisedaten .....	10
	2.4 Angaben zum Seeunfall / Vorkommnis im Seeverkehr .....	10
	2.5 Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen .....	11
3	UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG .....	13
	3.1 Unfallhergang .....	13
	3.1.1 Weitere Maßnahmen.....	21
	3.2 Untersuchung .....	22
	3.2.1 Besatzung .....	22
	3.2.2 KELLY .....	23
	3.2.2.1 Heizsystem auf Schiffen .....	25
	3.2.2.2 Heizsystem auf der KELLY:.....	25
	3.2.3 Ermittlungen an Bord der KELLY .....	25
	3.2.4 Feststellungen zum ersten Besichtigungszeitpunkt am 07.09.2019 und der Folgebesichtigung am 09.09.2019 .....	26
	3.2.5 Untersuchung der möglichen Unfallursache.....	37
	3.2.5.1 Thermalöl als Brennstoff .....	38
	3.2.5.1.1 Ergebnis der Ölanalysen vom 07.09.2019 .....	39
	3.2.5.1.2 Öluntersuchung der Reederei .....	40
	3.2.5.1.3 Verunreinigungen im Thermalölsystem im weiteren Verlauf .....	41
	3.2.5.1.4 Feststellungen zum Besichtigungszeitpunkt am 21.01.2020 .....	41
	3.2.5.1.5 Ergebnisse vom 03.01.2020 .....	41
	3.2.5.1.6 Ergebnisse der Ölanalyse vom 22.01.2020 .....	42
	3.2.5.1.7 Ergebnisse der Ölanalyse vom 11.02.2020 .....	42
	3.2.5.2 Zündquelle: Offene Flamme oder Funke durch den Gebrauch eines Feuerzeuges .....	42
	3.2.5.3 Zündquelle: Offene Flamme oder Funke durch die Benutzung eines Bunsenbrenners mit Gaskartusche .....	44
	3.2.5.4 Zündquelle: Schaltkasten der Regelventile .....	44
	3.2.5.5 Zündquelle: Regelventile .....	47
	3.2.6 Untersuchung der Todesursache .....	50
4	AUSWERTUNG .....	51
	4.1 Bewertung der möglichen Unfallursachen.....	51
	4.2 Vermeidbarkeit des Unfalls.....	53
	4.3 Allgemeine Auswertung von Ölanalysen .....	53
	4.4 Sicherheitsmanagement der Reederei .....	56
	4.5 Hafenstaatenkontrollen und Inspektion durch die Klassifikationsgesellschaft.....	58
5	DURCHGEFÜHRTE MAßNAHMEN .....	59

6	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	61
7	SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN .....	62
7.1	Hansa Shipping .....	62
7.2	Hansa Shipping .....	62
7.3	Hansa Shipping .....	62
7.4	Hansa Shipping .....	62
7.5	Klassifikationsgesellschaft RINA .....	62
8	QUELLENANGABEN.....	63
9	ANLAGEN.....	64
9.1	Sicherheitsdatenblatt Texatherm 32, 46.....	64
9.2	SGS Prüfbericht der Ölproben.....	69
9.3	MQ Engineering Inspektionskurzbericht.....	75

### **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: typische Kennwerte von Texatherm 32.....	39
Tabelle 2: Vergleich der Ölanalysen.....	40

### **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: MV Kelly .....	9
Abbildung 2: Unfallort .....	11
Abbildung 3: ausgebautes Rohrleitungsstück / Arbeitsbereich im Thermalölsystem	14
Abbildung 4: Schematische Darstellung des Raums zum Zeitpunkt unmittelbar vor der Explosion.....	16
Abbildung 5: Schematische Darstellung des Separatorenraums zum Zeitpunkt kurz nach der Explosion.....	17
Abbildung 6: hinterer Bereich des Separatorenraums .....	19
Abbildung 7: Eingänge zum Maschinenraum .....	24
Abbildung 8: Blick in Vorausrichtung und auf den Eingang zum Separatorenraum..	27
Abbildung 9: Blick aus Richtung Separatorenraum in Richtung Ausgang Maschinenraum.....	28
Abbildung 10: Blick aus Richtung Separatorenraum in Richtung Ausgang Maschinenraum.....	29
Abbildung 11: Blick vom gegenüberliegenden Maschinenkontrollraum in den Separatorenraum .....	30
Abbildung 12: Schaltkasten der Regelventile mit heraushängendem Kabelstrang...	31



Abbildung 45: Inspektionskurzbericht von MQ Engineering GmbH ..... 75  
Abbildung 46: Inspektionskurzbericht von MQ Engineering GmbH ..... 76  
Abbildung 47: Inspektionskurzbericht von MQ Engineering GmbH ..... 77  
Abbildung 48: Inspektionskurzbericht von MQ Engineering GmbH ..... 78

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Das unter der Flagge von Malta fahrende Mehrzweckfrachtschiff KELLY befand sich am 06. September 2019 auf der Reise von Rotterdam, Niederlande nach Kaliningrad, Russland. Das Schiff war zu dem Zeitpunkt nicht beladen und war für die Lotsung von See nach Brunsbüttel Richtung NOK<sup>1</sup> entsprechend personell besetzt. Um 13:35 Uhr löste ein Brand im Separatorenraum den Feueralarm aus. Durch den an Bord befindlichen Lotsen wurde die Revierzentrale Brunsbüttel informiert, mit der gleichzeitigen Anforderung von Unterstützungskräften. Zwischenzeitlich war die Besatzung der KELLY in die Brandbekämpfung und Bergung zweier Crewmitglieder eingebunden. Von den drei im Maschinenraum befindlichen Crewmitgliedern, konnte eine schwerverletzte Person den noch immer brennenden Maschinenraum eigenständig verlassen. Die durch die Besatzung eingeleiteten Maßnahmen zur Brandbekämpfung führten zu einem schnellen Erlöschen des Brandes. Das Brandgeschehen beschränkte sich dadurch nur auf den Maschinenraum.

Zeitgleich kam es zu einem Ausfall des Schiffsantriebs und der bordeigenen Stromversorgung. Der Lotse an Bord stimmte zusammen mit dem Kapitän das sichere Anker ab, um eine Grundberührung oder unkontrolliertes Vertreiben des Schiffes zu verhindern. Parallel dazu wurden landseitige Rettungskräfte sowie die Feuerwehr alarmiert und durch das Havariekommando, welches dann die Gesamteinsatzleitung innehatte, koordiniert.

Die Übernahme des ersten Verletzten erfolgte durch die VIKING ENERGY, mit der Weitergabe an den Crewtender MASTER P, der diesen dann nach Brunsbüttel verbrachte. Von dort aus wurde das Besatzungsmitglied mit einem Rettungshubschrauber in eine Spezialklinik für Brandverletzungen nach Hamburg geflogen. Den zweiten Verletzten wuschte ein Hubschrauber der Bundespolizei direkt von Bord der KELLY auf und brachte ihn ebenfalls in die Klinik nach Hamburg. Bei dem dritten Besatzungsmitglied konnte ein auf dem Schiff eingetroffener Notarzt nur noch den Tod feststellen.

Die Untersuchung hat Anhaltspunkte für Verbesserungen bei der Erstellung von Risiko- und Gefährdungsbeurteilungen durch die Schiffsbesatzung gefunden, um das mögliche Gefährdungspotential bei Arbeiten an Wärmeträgeranlagen kenntlich zu machen. Zusätzlich wurde eine Empfehlung an die Klassifikationsgesellschaft gegeben, ihr Regularien für die Besichtigung von Thermalölanlagen nach längerem Stillstand und Reparatur zu ergänzen.

---

<sup>1</sup> NOK: Nord-Ostsee-Kanal – verbindet als Bundeswasserstrasse die Nordsee mit der Ostsee.  
Beginn: Brunsbüttel, Elbe (Nordsee)  
Ende: Kiel-Holtenau, Kieler Förde (Ostsee)

## 2 FAKTEN

### 2.1 Schiffsfoto

Quelle: Hansa Shipping



Abbildung 1: MV Kelly

### 2.2 Schiffsdaten

Schiffsname:	KELLY
Schiffstyp:	Mehrzweckfrachtschiff
Flagge:	Malta
Heimathafen:	Valetta
IMO-Nummer:	9255622
Unterscheidungssignal:	9HA4962
Eigner (nach Equasis):	HS KELLY OU
Reederei:	Hansa Ship Management OU
Baujahr:	2004
Bauwerft:	Hull: Daewoo-Mangalia Heavy Industries S.A. (Hull No.: 1042) Bodewes Scheepswerf "Volharding" Foxhol B.V. (Hull No.: 515)
Klassifikationsgesellschaft:	Registro Italiano Navale (RINA)
Länge ü.a.:	132,20 m
Breite ü.a.:	15,87 m
Tiefgang:	7,75 m
Bruttoreaumzahl:	6.361
Tragfähigkeit:	9.857 t
Maschinenleistung:	3.840 kW

Hauptmaschine:	MAK 8M32C; Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG
Geschwindigkeit:	15 kn (leer); 13,5 kn (beladen)
Werkstoff des Schiffskörpers:	Stahl
Schiffskörperkonstruktion:	Doppelhülle, Eisklasse 1A

### 2.3 Reisedaten

Abfahrtshafen:	Rotterdam / Niederlande
Anlaufhafen:	Kaliningrad / Russland
Art der Fahrt:	Berufsschiffahrt / International
Angaben zur Ladung:	Ballast
Besatzung:	13
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	Tv= 4,20 m, Ta= 4,60 m
Lotse an Bord:	Ja
Kanalsteurer:	Nein
Anzahl der Passagiere:	keine

### 2.4 Angaben zum Seeunfall / Vorkommnis im Seeverkehr

Art des Seeunfalls:	Sehr schwerer Seeunfall (SSU); Brand im Maschinenraum mit einem toten und zwei verletzten Besatzungsmitgliedern
Datum/Uhrzeit:	06.09.2019, 13:30 Uhr <sup>2</sup>
Ort:	Elbe, Tonne 51,
Breite/Länge:	φ 53°51,5'N λ 009°02,1'E
Fahrtabschnitt:	Elbe Revierfahrt Anfahrt Nordostseekanal, Höhe Brunsbüttel
Platz an Bord:	Separatorenraum innerhalb des Maschinenraums
Menschlicher Faktor:	Ja
Folgen:	Ein totes und zwei verletzte Besatzungsmitglieder, Brandschäden im Maschinenraum

<sup>2</sup> Alle Zeiten im Bericht beziehen sich auf die Ortszeit (UTC + 2 Stunden).

Ausschnitt aus Seekarte 46 (INT 1453) des BSH

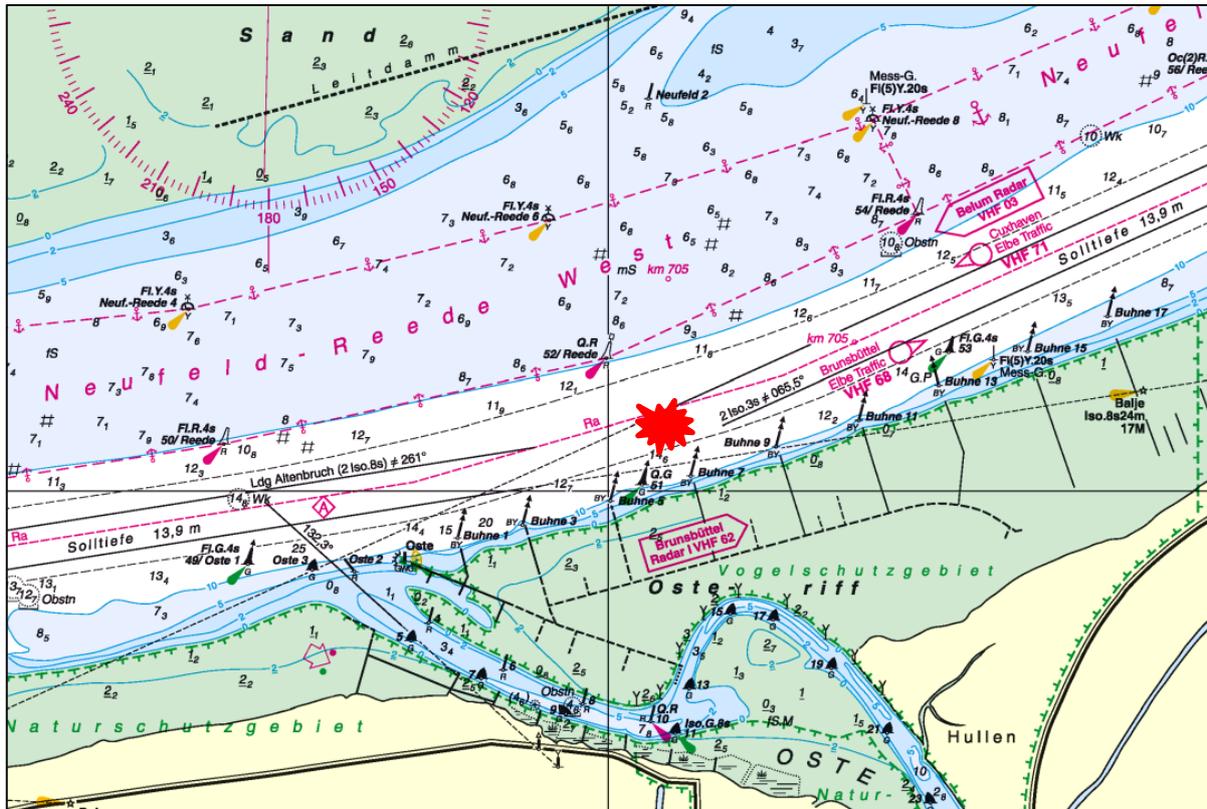


Abbildung 2: Unfallort

## 2.5 Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen

Beteiligte Stellen:

Verkehrszentrale Brunsbüttel, Wasserschutzpolizei (WSP) Hamburg, Kriminalpolizei Cuxhaven, Havariekommando (HK), Feuerwehr Brunsbüttel, Feuerwehr Stade, Feuerwehr Cuxhaven, Rettungsleitstellen West, Stade und Hamburg

Eingesetzte Mittel:

Brandbekämpfungseinheit Brunsbüttel und Cuxhaven, Feuerwehr Stade, Schlepper PARAT, Seenotrettungskreuzer ANNELIESE KRAMER, Zollboot GLÜCKSTADT, Schlepper FAIRPLAY XV, Einsatzboot der DLRG Brunsbüttel, Hubschrauber der Bundespolizei PIROL 806, Schlepper MULTRA SALVOR 3, Crewversetzboot MASTER P, Schlepper LUCHS, Rettungshubschrauber CHRISTOPH 29, Schlepper HELMUT, Polizeiboot VOßBROOK, Arbeitsboot VIKING ENERGY, OSC des Havariekommandos, Rettungshubschrauber CHRISTOPH HANSA

Ergriffene Maßnahmen:

Brunsbüttler Feuerwehr mittels Schlepper PARAT an Bord verbracht;  
 im weiteren Verlauf Umsetzung der Aufträge des Havariekommandos über den OSC vor Ort;

---

Transport eines Verletzten mit der MASTER P an Land und von dort Transport in ein Krankenhaus,  
Transport des anderen Verletzten mittels Hubschrauber in ein Krankenhaus,  
Transport von Feuerwehrleuten und Notärzten zur KELLY mittels Seenotrettungskreuzer und Rettungshubschrauber,  
Verholen des Schiffes an die Südpier Brunsbüttel mit Schleppern - dort Aufnahme der Ermittlungen durch die Wasserschutzpolizei

## **3 UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG**

### **3.1 Unfallhergang**

Die Beschreibung des Unfallhergangs beruht auf der Anhörung der Schiffsbesatzung mit Ausnahme des Leiters der Maschinenanlage und eines der beiden überlebenden Brandopfer. Der Zweite technische Schiffsoffizier wurde noch im Krankenhaus aufgesucht und unter Zuhilfenahme eines Übersetzers zum Unfallhergang befragt. Der zweite schwerverletzte Motormann konnte aufgrund seiner lebensbedrohlichen Verletzungen und dem daraus resultierenden Schockzustand nicht befragt werden und gab den Teil seiner Erinnerungen bzgl. des Unfallhergangs in Form eines schriftlichen Statements zu einem späteren Zeitpunkt ab. Die Reederei stellte Kopien des Schiffstagebuches und des Brückentagebuches zur Verfügung. Zusätzlich ist ein Statement of Facts und ein Record of Events übergeben worden. Außerdem wurde eine Kopie des Ausdrucks des Alarm-Event-Logs, das besondere Ereignisse im Maschinenraum und in anderen technischen Einrichtungen dokumentiert, überlassen. Darüber hinaus lagen der BSU die Einsatzberichte aller beteiligten Stellen vor. Ferner trug das schriftliche Statement des an Bord befindlichen Lotsen maßgeblich zur Aufklärung der zeitlichen Abfolge der Ereignisse und der ergriffenen Maßnahmen durch die Schiffsbesatzung und geordneten Rettungsstellen bei. So soll sich im weiteren Verlauf der Unfalldarstellung hauptsächlich auf das Ablaufprotokoll des Lotsen bezogen werden. Die Schilderungen aus Sicht der Besatzung wurden zur leichteren Unterscheidung in kursiver Schriftform ausgeführt.

Das unter der Flagge von Malta fahrende Mehrzweckfrachtschiff KELLY war im Ballast auf dem Weg von Rotterdam (NL) über den Nord-Ostsee-Kanal (NOK) nach Kaliningrad (RUS). Der Lotse betrat am 06.09.2020 um 11:00 Uhr die Brücke des Schiffes und meldete die Lotsenbesetzung Scharhörn Radar. Nach dem gängigen Informationsaustausch und der verbalen Bestätigung des Kapitäns, dass aktuell alle Systeme einsatzbereit sind und keine Störungen vorliegen, erfolgte ebenfalls die Meldung an die Verkehrszentral Cuxhaven. Von dort aus erhielt das Schiff die Information, dass die KELLY um 14:30 Uhr eine klare Schleuse zum Einlaufen in den NOK erwarten dürfte. Mit der Übergabe der Verantwortung an den wachhabenden Offizier, verließ der Kapitän daraufhin die Brücke mit der Bitte, ihn 30 Minuten vor Ankunft auf der Nordwest-Reede wieder zu informieren. Um 12:30 Uhr passierte das Schiff den Radarturm Cuxhaven. Wie vereinbart, fand sich der Kapitän um 13:20 Uhr wieder auf der Brücke ein. 13:31 Uhr erfolgte die Meldung an die Verkehrszentrale Brunsbüttel, bei Passage der Tonne 51, dass man sich einkommend zum Kanal befindet.

*Die Maschinenbesatzung, bestehend aus zwei Motormännern, dem Zweiten und dem Leitenden Ingenieur, hatte an diesem Tag wie immer ihren Dienst um 08:00 Uhr aufgenommen. Für den Vormittag waren Arbeiten am Thermalölsystem geplant. Da aufgrund der kälter werdenden Außentemperaturen die zur Verfügung stehende Heizleistung nicht mehr ausreichte, sollte ein vermutlich blockiertes Rohrleitungsstück aus besagtem System im Separatorenraum aufgenommen und gereinigt werden. Zu dieser Arbeit waren der Zweite Ingenieur und zwei Motormänner eingeteilt. Dazu hatte man ein Leitungsventil und eines der beiden Regelventile geschlossen aber nicht stromlos gestellt. Da beide Ventile nicht vollständig schlossen, hatte man in das*

waagrecht liegende Ventil einen Putzlappen gesteckt und unter das senkrecht verlaufende Ventil einen Eimer eingehängt. Dieser wurden nach eigenen Angaben des Zweiten Ingenieurs im Verlauf des Vormittages mehrfach durch ihn geleert. Die Entsorgung des Lecköls erfolgte in den Sludge Tank<sup>3</sup> außerhalb des Separatorenraums.

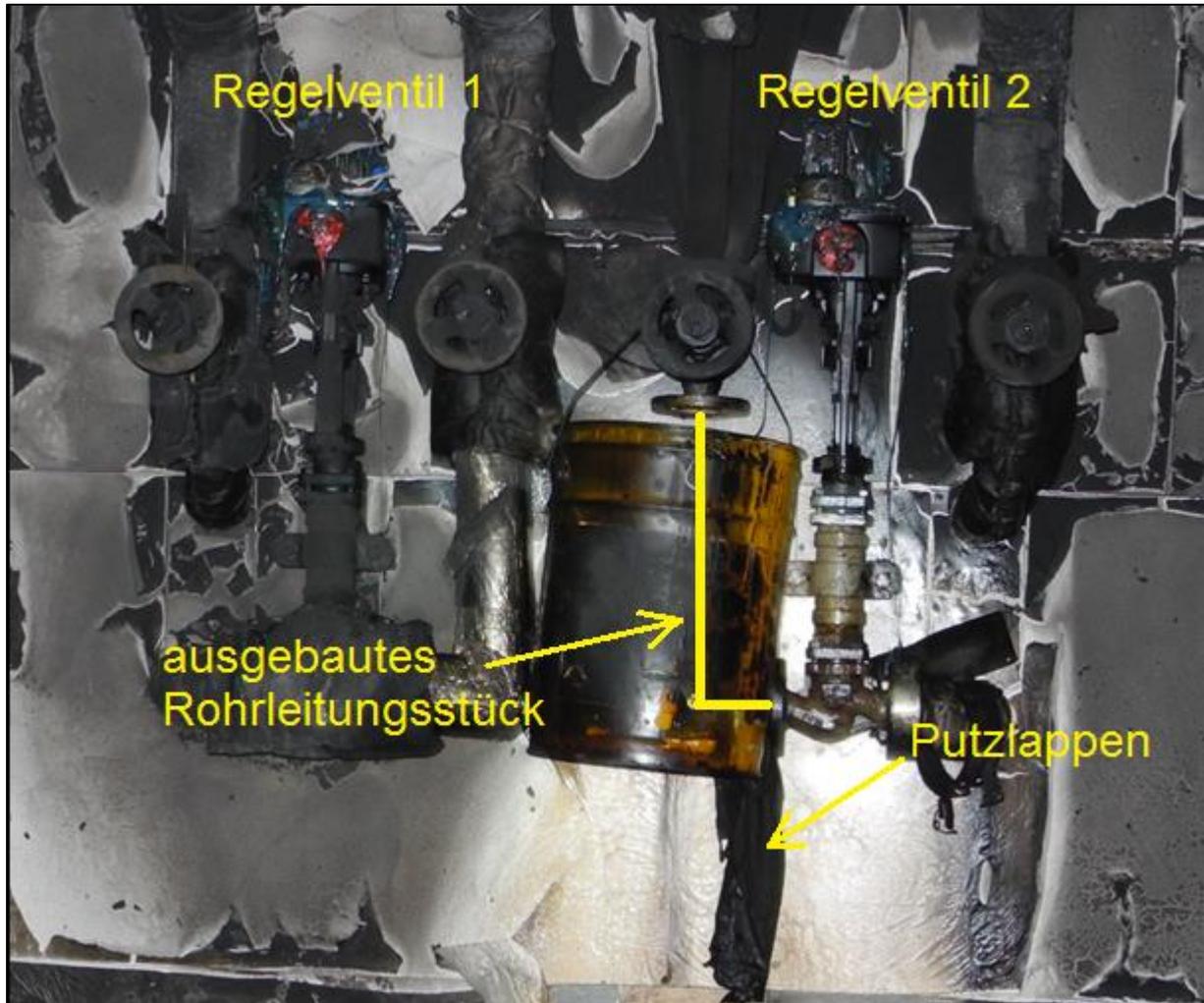


Abbildung 3: ausgebautes Rohrleitungsstück / Arbeitsbereich im Thermalölsystem

Die im demontierten Leitungsstück vorgefundenen Ablagerungen oder in diesem Fall angenommenen festgesetzten Brennstoffrückstände eines früheren Brennstoffeinbruchs in das Thermalölsystem, wurden mechanisch entfernt und das Leitungsstück anschließend mit Druckluft freigeblasen. Diese Arbeit war nach Aussage des Zweiten Ingenieurs abgeschlossen und man hatte besprochen, das Rohrstück wieder zu montieren, um für die anstehende Kanalpassage zur Verfügung zu stehen. Unmittelbar nach dieser Äußerung, nahm er ein zischendes oder vielmehr pfeifendes

<sup>3</sup> Sludge Tank: Tanks für Ölrückstände (Schlamm). Jedes Schiff mit einer Bruttoreaumzahl von 400 und mehr, muss mit einem oder mehreren Tanks mit ausreichender Kapazität ausgestattet sein, um die Ölrückstände (Schlamm) aufzunehmen, die bei der Reinigung von Kraftstoff und Schmierölen sowie aus Öllecks in den Maschinenräumen anfallen.

*Geräusch wahr, gefolgt von einer Explosion<sup>4</sup> aus dem vorderen Bereich des Separatorenraumes.*

Um 13:35 Uhr wurde der Feualarm auf dem Schiff automatisch ausgelöst. Die Rauchentwicklung aus dem Maschinenraum war zu diesem Zeitpunkt bereits so massiv, dass dieses auch direkt auf der Brücke merkbar war. Zur Klärung der Situation entsandte der Kapitän Besatzungsmitglieder. Zeitgleich kam es zum Ausfall der Maschinenanlage. Die Steuerfähigkeit blieb zu diesem Zeitpunkt jedoch noch erhalten. Der Lotse meldete den Vorfall unverzüglich der Verkehrszentrale Brunsbüttel, mit der Bitte um Aktivierung der Feuerwehr und des Rettungsdienstes sowie Informationsweitergabe an die Schifffahrt im Bereich des Havaristen. Nach der dringlichen Empfehlung des Lotsens an den Kapitän, ein Besatzungsmitglied zum Vorschiff zu schicken, um die Ankerwinde zu bedienen, erfolgte 13:37 Uhr der Ausfall der bordeigenen Stromversorgung inklusive des Batterie-Backups für das Navigationsequipment. Bedingt dadurch war eine schiffsseitige Kommunikation über UKW nicht mehr möglich. Der Lotse schaltete daraufhin sein eigenes Handfunkgerät ein. Die Rückmeldung der VKZ Brunsbüttel mit der Information, dass die Rettungskette aktiviert und Hilfe auf dem Weg ist, wurde um 13:40 Uhr entgegengenommen. Eine Unterstützung durch Schlepper wurde ebenfalls zugesagt.

*Nach Angabe des Zweiten Ingenieurs füllte sich der Separatorenraum schlagartig mit dichtem beißenden Rauch, begleitet von Feuer. Abbildung 4 zeigt die Positionen der drei Verunfallten zum Zeitpunkt der Explosion. Er hatte seinen beiden offenbar unter Schock stehenden Kollegen zugeschrien, ihm zu folgen. Beim Verlassen des Separatorenraums sei er selbst mehrfach auf dem öligen Boden ausgerutscht und gestürzt. Ölbenetzte Areale seines Overalls, vorrangig im Bereich der Arme und Beine, standen in Flammen.*

---

<sup>4</sup> Von dem Zweiten Ing. bezeichnetes Ereignis mit anschließendem Feuer.

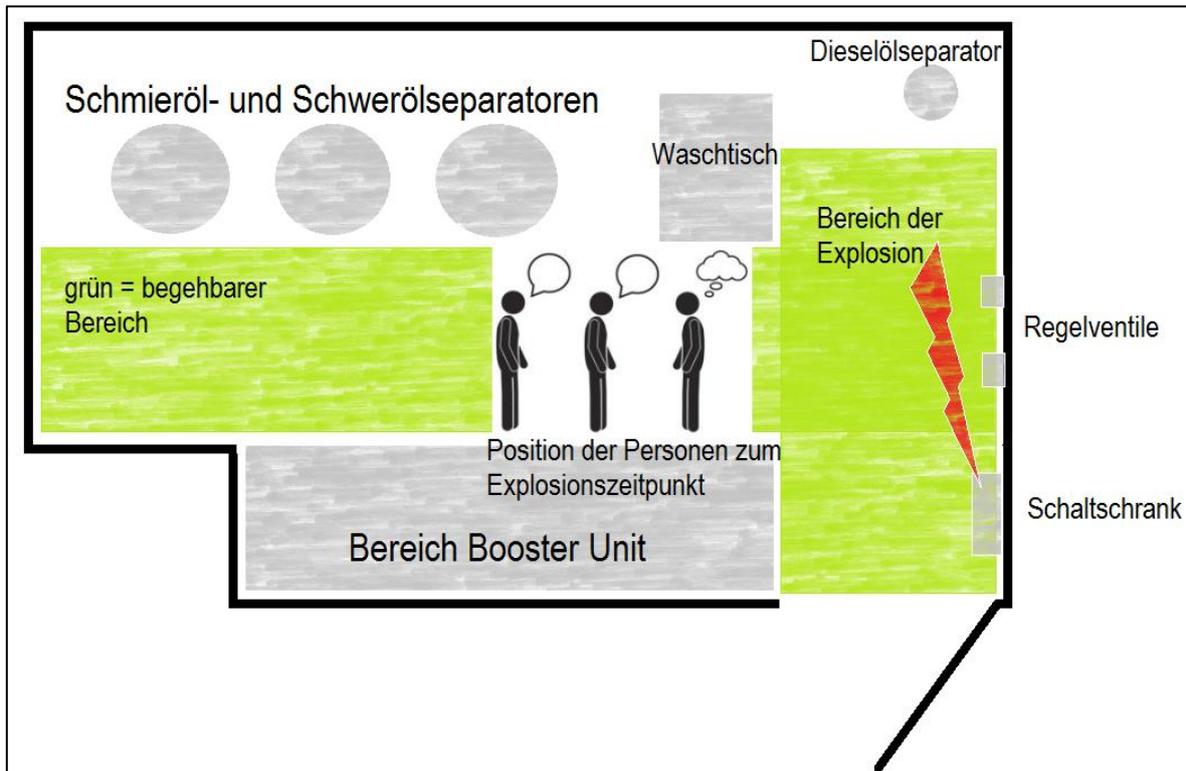


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Raums zum Zeitpunkt unmittelbar vor der Explosion  
Von links: verstorbener Motormann, schwer verletzter Motormann, schwer verletzter 2.Ing.

*Vor dem Separatorenraum, im Maschinenraum auf dem Boden liegend, habe er immer wieder nach seinen beiden Kollegen gerufen. Zu diesem Zeitpunkt war die Sicht bereits null. Da er weder etwas von ihnen sah oder hörte, hoffte er auf einen physischen Kontakt. Dieser blieb jedoch aus. Unter Einfluss des Schocks und nunmehr kaum noch in der Lage zu atmen, verließ er in der Annahme, dass beide Besatzungsmitglieder tödlich verunglückt wären, den Maschinenraum. Dabei versuchte er noch, die Brennstoffpumpen und Lüfter abzustellen.*

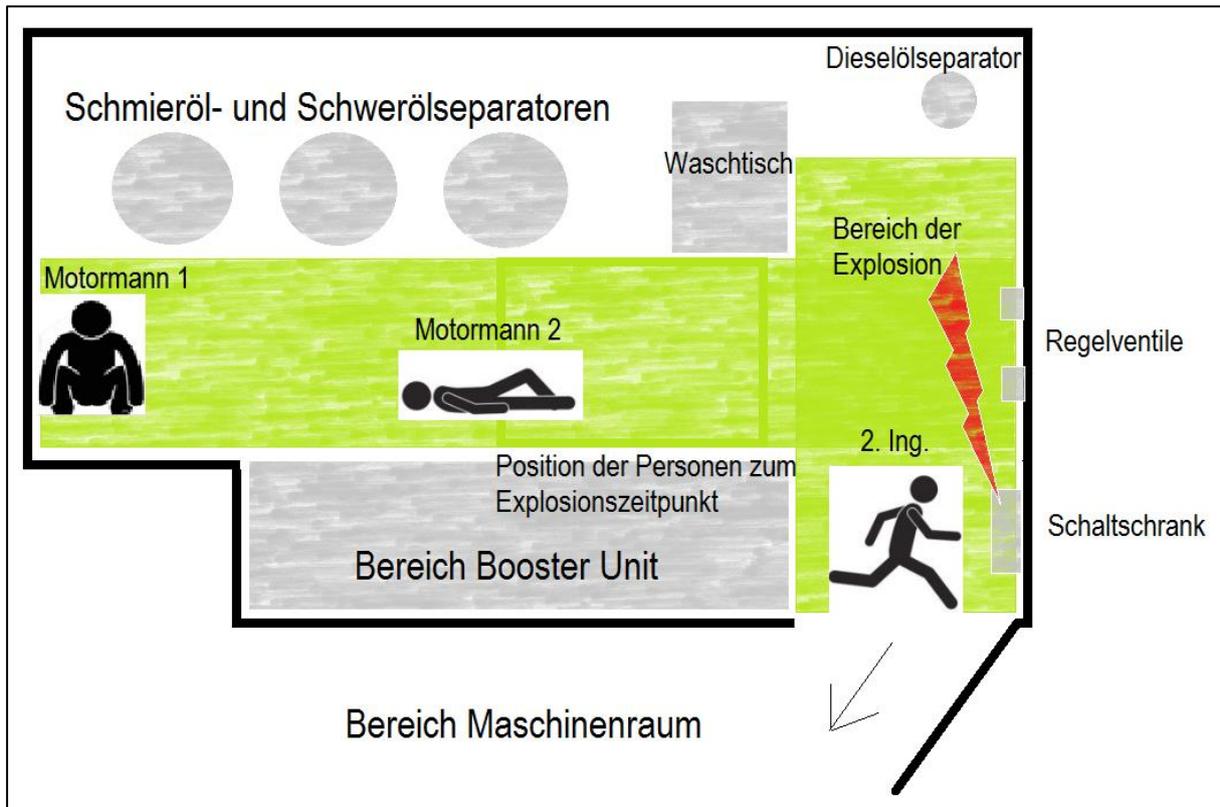


Abbildung 5: Schematische Darstellung des Separatorenraums zum Zeitpunkt kurz nach der Explosion

Das nunmehr manövrierunfähige Schiff fing an, in südwestlicher Richtung zu vertreiben. Um dem entgegenzuwirken, notankerte die KELLY oberhalb der Tonne 53, außerhalb des grünen Tonnenstrichs. Innerhalb weniger Minuten boten mehrere Fahrzeuge, die sich in unmittelbarer Nähe befanden, ihre Hilfeleistung an. Es wurde durch den Lotsen die Anwesenheit von medizinisch geschultem Bordpersonal abgefragt. Der Schiffsführer der VIKING ENERGY bestätigte diese Anfrage, sicherte uneingeschränkte Hilfe zu und erklärte sich bereit, die verunfallten Personen zu übernehmen.

Um 13:50 Uhr bestätigte der Kapitän die fortlaufende Brandbekämpfung und die Versorgung des ersten Verletzten aus dem Maschinenraum. Dieser war von der Brücke<sup>5</sup> aus auf dem Hauptdeck zu sehen und zeigte sichtlich starke Brandverletzungen, reagierte aber augenscheinlich auf Ansprache. Bei dieser Person handelte es sich um den Zweiten Ingenieur, der aus eigenen Kräften den Brandort verlassen konnte.

*An Deck angekommen, traf der Zweite Ingenieur auf den Leitenden Ingenieur. Laut schreiend und wiederholend „Fire, fire!“ rufend, fragte er eher formell seinen Vorgesetzten, die CO<sub>2</sub> Anlage auslösen zu dürfen. Ob nun er selbst oder der Leitende Ingenieur die CO<sub>2</sub>-Flutung des Maschinenraumes über die an Deck befindliche*

<sup>5</sup> Die bodentiefen Fenster an Steuerbord und Backbord der Brücke haben die Sicht auf das Hauptdeck Vorkannte Aufbauten von der Brücke aus möglich gemacht.

*Auslösestation eingeleitet hatte, entzog sich seiner Erinnerung. Auch der Leitende Ingenieur konnte hierzu keine Angaben mehr machen. Hauptantrieb seines Handelns war nach eigenen Angaben die Intension, die übrige Besatzung und das Schiff vor weiterem Schaden zu bewahren. Der Kapitän wurde in diese Entscheidung nicht miteinbezogen oder darüber informiert. Lediglich der einsetzende CO<sub>2</sub>-Alarm setzte ihn darüber in Kenntnis.*

Zum besseren Verständnis und aus der Sicht der Untersucher relevant soll erwähnt werden, dass Maschinenraum und Separatorenraum über zwei getrennte CO<sub>2</sub> Anlagen verfügen, die unabhängig voneinander ausgelöst werden können. Dennoch ist es eine rechtlich verpflichtende Maßnahme geschlossene Räume, wie es der Maschinenraum ist, vor dem Fluten mit CO<sub>2</sub> zu evakuieren und die Vollständigkeit der Besatzung an einem dafür ausgewiesenen Platz sicher zu stellen. In wie weit eine Evakuierung der beiden noch im Separatorenraum verbliebenen Besatzungsmitglieder möglich gewesen wäre, vermögen die Untersucher der BSU nicht zu beurteilen. Es ist zu vermuten, dass der zusätzliche Zeitaufwand durch anderweitige Brandbekämpfung, auch dem zweiten Motormann das Leben gekostet hätte.

Im Zusammenhang mit dem Ausfall der bordeigenen Stromversorgung ist zu erwähnen, dass eine Brandbekämpfung mittels Wasser nicht mehr möglich war, da auch die Feuerlöschpumpen nicht mehr in Betrieb genommen werden konnten. Auch das automatische Starten des Notdiesels blieb aus und verhinderte die Möglichkeit, das Feuerlöschsystem unter Druck zu nehmen. Warum nicht augenblicklich versucht wurde den Notdiesel manuell zu starten, konnte von keiner der beteiligten Personen beantwortet werden.

Unterdessen bot der Kapitän des Crewtenders MASTER P an, den Verletzten nach Übernahme durch die VIKING ENERGY mit maximaler Geschwindigkeit nach Brunsbüttel zu bringen.

Zeitgleich stellte der Lotse die Anfrage an die Verkehrszentrale Brunsbüttel, wie der Status der Entsendung von Hilfskräften ist. Von dort aus wurde mitgeteilt, dass der Schlepper PARAT dabei wäre, die Feuerwehr im Vorhafen aufzunehmen um dann auf dem direkten Weg zum Havaristen zu fahren. 13:57 Uhr rief der Lotse bei der DGzRS Leitstelle in Bremen an, um den Status des Seenotrettungskreuzers ANNELIESE KRAMER aus Cuxhaven abzufragen und mit der Bitte, die Information über mindestens eines Schwerverletzten an Bord weiterzugeben. Ferner wurde noch mal darauf hingewiesen, dass Hilfeleistung dringend und unverzüglich notwendig ist.

14:09 Uhr wurde der Zweite Ingenieur mit Hilfe des Bordkranes der VIKING ENERGY an Bord der VIKING ENERGY übernommen.

*Das Brandbekämpfungsteam des Schiffes, bestehend aus zwei Decksmännern, betrat den Maschinenraum unter Vollatemschutz. Begleitet wurde das Team vom Zweiten Offizier, ebenfalls unter Vollatemschutz. Auf offene Flammen trafen sie beim Begehen nicht. Die Sicht, bedingt durch den dichten schwarzen Rauch, war selbst unter dem Licht von Taschenlampen nahezu Null. Im Separatorenraum angekommen, fanden sie einen der beiden Motormänner auf dem Boden liegend vor (Abbildung 5).*

Um 14:12 Uhr meldete der Kapitän der KELLY die Bergung eines weiteren Verunfallten, der ebenfalls von der Brücke aus zu sehen war. Die Besatzung leitete umgehend Wiederbelebungsmaßnahmen ein. Das Crewmitglied wurde als Motormann auf der Besatzungsliste geführt.

Wenige Minuten später meldete der Kapitän des Schiffes auch die Löschung des Brandes. Diese Information gab der Lotse an die Verkehrszentrale Brunsbüttel weiter mit der zeitgleichen Anforderung von Hubschrauberunterstützung. Des Weiteren wurde noch mal auf die Dringlichkeit der Bereitstellung eines Notarztes in Brunsbüttel hingewiesen, da die Evakuierung des ersten Schwerverletzten (2. Ing.) unmittelbar bevorstand.

*Kurz nach der Bergung des Motormannes, begab sich das Brandbekämpfungsteam zurück in den Separatorenraum. Dort fand man die letzte verunfallte Person, hockend mit dem Rücken zur Wand, im hinteren Bereich des Raumes (Abbildung 5 und 6). Die Zufuhr von Sauerstoff über eine Maske brachte, soweit wahrnehmbar, keine Reaktionen hervor. Aufgrund der Größe und des Gewichts von ca. 130 kg und der hockenden Haltung, war es den beiden Rettern nicht möglich, den Motormann aus der Ecke des Raumes herauszuziehen. Deshalb wurden der Erste und Zweite Offizier und der Erste Ingenieur zur Hilfe geholt. Unter großen Anstrengungen brachte man den Verunfallten an Deck und begann sofort mit Wiederbelebungsmaßnahmen, die jedoch erfolglos blieben.*



Abbildung 6: hinterer Bereich des Separatorenraums

Nach dem Ablaufprotokoll des Lotsen wurde der Zweite Ingenieur um 14:35 Uhr von Bord der VIKING ENERGY an Deck des Crewtenders MASTER P übergeben und von diesem nach Brunsbüttel verbracht. Anschließend wurde mit dem Kapitän der VIKING ENERGY vereinbart, dass sein Schiff an der Backbordseite der KELLY eine Plattform für eintreffende Rettungskräfte bilden sollte. Auf der Steuerbordseite war der Schlepper MULTRA SALVOR 3 mit der Positionssicherung beauftragt. Der Schlepper FAIRPLAY XV wurde als Assistenzschlepper festgemacht.

Um 14:39 Uhr erfolgte die Kontaktaufnahme mit dem Lotsen durch das Havariekommando (HK). Nach der Statusabfrage wurde seitens des HK die Notwendigkeit einer Helikopterunterstützung abgefragt. Der Lotse bestätigte dies und daraufhin erfolgte die sofortige Veranlassung des Helikoptereinsatzes zum Abtransport der Verletzten.

Die offizielle Erklärung des Havariekommandos, bezüglich der Übernahme der Gesamteinsatzleitung, erfolgt um 14:45 Uhr. Unmittelbar mit der Übernahme kam der Havariestab in Cuxhaven zusammen.

Um 14:50 Uhr, kurz nach der Ankunft des Schleppers FAIRPLAY XV, erreichte auch der Seenotrettungskreuzer ANNELIESE KRAMER zusammen mit der Brandbekämpfungseinheit der Feuerwehr Cuxhaven und einem Notarzt den Havaristen. Der Einsatzleiter der Feuerwehr gab die Informationen an das Havariekommando weiter, dass bereits eine verletzte Person von Bord gebracht und das Feuer gelöscht wurde. Die Maschine samt Energieversorgung des Schiffes war immer noch unklar. 15:06 Uhr erfolgte dann die Meldung an das HK, dass bei einem dritten Besatzungsmitglied der Tod durch den Notarzt festgestellt wurde. Wenige Minuten später setzte der Rettungshubschrauber CHRISTOPH HANSA den an Bord befindlichen Notarzt ab und begab sich im Anschluss nach Brunsbüttel in die Bereitstellung. Im unmittelbaren Anschluss erreichte der Schlepper PARAT den Havaristen und ging längsseits der VIKING ENERGY, um die Einsatzkräfte der Feuerwehr Brunsbüttel an Bord zu bringen. Zwischenzeitlich war auch die Einheit der Feuerwehr Stade auf der KELLY eingetroffen.

15:10 Uhr gab der Kapitän des Havaristen bekannt, dass es sich um einen Brand im Separatorenraum gehandelt hat. Zeitgleich meldete MASTER P die Rückkehr von Brunsbüttel und die Übergabe des Verunfallten zweiten Ingenieurs an die Rettungskräfte dort. Zur weiteren Unterstützung blieb MASTER P vorerst beim Schiff.

Mittlerweile gelang es der restlichen Maschinenbesatzung, die Notstromversorgung an Bord der KELLY wiederherzustellen. Normalerweise soll der Notstromgenerator innerhalb weniger Minuten nach einem Blackout automatisch starten, die Hilfsaggregate über die Notstromschiene mit Strom versorgen, um dann über die Hauptschiene den normalen Stromversorgungsbetrieb aller Aggregate zu gewährleisten. Warum dieses im Falle der KELLY nicht stattgefunden hat, konnte im Nachgang nicht geklärt werden.

15:18 Uhr meldete sich der Helikopter der Bundespolizei und zeigte seine unmittelbare Ankunft an. Da die Tragfähigkeit der Lukendeckel nicht eindeutig geklärt werden konnte, wurde vom Einsatzleiter der Feuerwehr entschieden, den Verletzten

aufzuwünschen. Das und der Weitertransport in eine Spezialklinik nach Hamburg erfolgte 15:44 Uhr.

Zuvor erreichte der On Scene Coordinator (OSC) des Havariekommandos den Havaristen. Er verblieb aber auf dem Schlepper TOW 8 und hielt von dort aus Kontakt zum Lotsen und der an Bord befindlichen Einsatzleitung der Feuerwehr. Auf Bitte des Lotsen wurde der unter Schock stehende Erste Ingenieur von einem Notarzt betreut.

16:15 Uhr trafen zwei Beamte der Wasserschutzpolizei Cuxhaven auf der KELLY ein und beschlagnahmten den Leichnam des Verunfallten und versiegelten den Separatorenraum. Die Entscheidung des Havariestabes (HAST), die Einsatzkräfte der Feuerwehr Brunsbüttel bis zum Erreichen des Notliegeplatzes an Bord zu lassen, wurde über den OSC vor Ort an alle Beteiligten kommuniziert. Der Erste Ingenieur äußerte die Bitte, den Maschinenraum inspizieren zu dürfen, um gegebenenfalls Ventile zu schließen. Das erfolgte in Begleitung der Feuerwehr und unter Atemschutz.

18:25 Uhr traf eine Ermittlungsgruppe der Wasserschutzpolizei Hamburg (WSP HH) ein und löste die Beamten der Wasserschutzpolizeireviere Cuxhaven ab. Nach Rücksprache mit dem HAST wurden durch den OSC nach und nach die Einsatzkräfte reduziert.

18:38 Uhr betrat der Erste Ingenieur zusammen mit einem Beamten der WSP HH und einem Trupp der Feuerwehr erneut den Maschinenraum, um die Stromversorgung des Schiffes über die Generatoren wiederherzustellen. Bis dahin erfolgte dies über den Notstromgenerator. Zwischenzeitlich hielt der Lotse Rücksprache mit der NOK-Lenkung und dem diensthabenden Nautiker, ob bei Ankunft des Schiffes eine freie Schleuse zur Verfügung stehen würde.

Um 19:00 Uhr gab der Kapitän der KELLY bekannt, dass die Stromversorgung wiederhergestellt war. Somit war auch das Einholen des Steuerbordankers möglich. Basierend auf dieser Meldung entsandte die Verkehrszentrale Brunsbüttel den zweiten Schlepper, die LUCHS. 40 Minuten später erfolgte die Meldung des Lotsen an die VkZ Brunsbüttel, dass die Schleppverbindung mit den Schleppern FAIRPLAY XV achtern und LUCHS vorne steht und das Schiff klar zum Hieven des Ankers ist. Daraufhin beendete das Havariekommando die Gesamteinsatzleitung und übergab die Einsatzlage an die zuständige VkZ Brunsbüttel.

20:30 Uhr wurde der Seelotse durch einen Kanallotsen abgelöst und die KELLY machte sich auf den Weg zu dem ihr zugewiesenen Notliegeplatz am Südkai in Brunsbüttel, wo das Schiff um 22:00 Uhr festmachte.

### **3.1.1 Weitere Maßnahmen**

Nach dem Festmachen betrat ein Trupp der Feuerwehr Brunsbüttel zur erneuten Kontrolle den Maschinenraum. Die Temperatur lag unverändert bei 50 °C und Brandnester wurden nicht detektiert oder konnten ausgeschlossen werden. Nach Beendigung der Kontrollmaßnahmen übernahm die Besatzung der KELLY bis zum nächsten Morgen die Brandwache. Der Einsatz Feuerwehr endete um 23:00 Uhr.

## **3.2 Untersuchung**

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung wurde am Nachmittag des Unfalltages durch das Havariekommando (HK) über das Ereignis informiert.

### **3.2.1 Besatzung**

An Bord der Kelly befanden sich zum Unfallzeitpunkt 13 Besatzungsmitglieder. Mit Ausnahme der beiden ukrainischen Motormänner stammten die restlichen 11 Personen aus Russland. Die Beschreibung der Qualifikation beschränkt sich auf die Schiffsleitung und den am Unfallgeschehen bzw. der Brandbekämpfung direkt beteiligten Personen.

Der 54-jährige russische Kapitän ist seit Dezember 2018 für die Reederei Hansa Shipping tätig. Er fährt seit 1981 zur See und ist seit 25 Jahren als Kapitän im Einsatz. Laut Wachplan war er für den Brückendienst von 08:00 – 12:00 Uhr und von 20:00 – 24:00 Uhr eingeteilt.

Der 49-jährige russische Erste Offizier fährt seit 1999 zur See. Seit 2013 hält er die Lizenz des Ersten Offiziers und fährt als solcher bei der Reederei Hansa Shipping. Als Stellvertreter des Kapitäns und Sicherheitsbeauftragter des Schiffes unterstehen ihm die Besatzungsmitglieder der Decksabteilung. Seine Navigationswache auf der Brücke war laut Plan von 04:00 – 08:00 Uhr und von 16:00 – 20:00 Uhr.

Der 26-jährige russische Zweite Offizier fährt seit 7 Jahren zur See und 4 Jahre davon als Zweiter Offizier. Für die Reederei Hansa Shipping ist er seit 2 Jahren im Einsatz. Seine Dienstzeiten auf See und im Hafen sind laut Wachplan von 00:00 – 04:00 Uhr und 12:00 – 16:00 Uhr.

Der zum Brandbekämpfungsteam gehörende 26-jährige russische AB<sup>6</sup> fährt seit 2017 unter diesem Rank. Seinen Dienst auf der KELLY trat er im August 2019 an. Es ist sein erster Vertrag in dieser Reederei. Seine tägliche Arbeitszeit auf See war von 08:00 – 17:00 Uhr festgelegt. In den Häfen war er der Teil der Gangway Wachhabenden von 00:00 – 04:00 Uhr und 12:00 – 16:00 Uhr.

Der ebenfalls zum Brandbekämpfungsteam gehörende 63-jährige russische AB fährt seit 1977 zur See und begann seinen ersten Vertrag in der Reederei Hansa Shipping und somit auch seinen ersten Einsatz auf der KELLY im September 2019. Seine Arbeitszeit beginnt um 08:00 Uhr und endet um 17:00 Uhr und wird durch eine einstündige Mittagspause von 12:00 bis 13:00 Uhr unterbrochen.

Der 50-jährige russische Leiter der Maschinenanlage fuhr seinen ersten Vertrag auf diesem Schiff und in dieser Reederei. Die Lizenz zum Ersten Ingenieur hält er seit 2008.

Der 36-jährige russische Zweite Ingenieur fährt bereits seit 3 Jahren für die Reederei Hansa Shipping. Die Lizenz zum Zweiten Ingenieur hält er seit 2016. Es war der erste Einsatz auf der KELLY, der im September 2019 startete.

---

<sup>6</sup> AB: engl. Able Seaman oder Able-bodied Seaman, bezeichnet einen befähigten Decksmatrosen der Handelsmarine mit mehr als zwei Jahren Seefahrtszeit.

Der 35-jährige ukrainische Motormann, der bei dem Unfall ums Leben kam, fuhr seit 2005 zur See.

Der 26-jährige ukrainische Motormann, der bei dem Unfall ebenfalls schwer verletzt wurde, begann seine Seefahrerkarriere 2014 als Maschinenkadett. Seit 2015 fährt er als Motormann. Für die Reederei Hansa Shipping ist er seit Dezember 2018 tätig. Er trat seinen ersten Kontrakt auf der KELLY im August 2019 in St. Petersburg an. Die tägliche Arbeitszeit war von 08:00 – 17:00 Uhr festgelegt.

### **3.2.2 KELLY**

Bei der KELLY handelt es sich um ein 2004 gebautes Mehrzweckfrachtschiff ohne Bordkräne. Neben Stück- und Schüttgut kann das Schiff auch Container an Deck und in den Luken transportieren. Es ist ein Doppelhüllenschiff und mit der Eisklasse 1 A klassifiziert. Ausgestattet ist die KELLY mit zwei Laderäumen. Diese werden mit Pontonlukendeckeln, die mittels eines Portalkrans bewegt werden, geschlossen. Das Schiff verfügt über einen linksdrehenden Propeller, ein herkömmliches Ruder und ein Bugstrahlruder.

Das Schiff stand bis Oktober 2018 unter dem Management der Wagenborg Agencies BV und wurde ab Januar 2019, nach dem Wechsel des Eigentümers, unter das Management der Hansa Shipping LTD-MTA gestellt. In den 4 Monaten dazwischen lag das Schiff ohne Management in Rotterdam auf. Bei bzw. vor der Übernahme in das Management von Hansa Shipping wurde das Schiff auf seine Seetauglichkeit überprüft. Der Umfang der vorgefundenen Mängel machte einen Werftaufenthalt von mehreren Wochen notwendig. Unter anderem wurde, für den Unfall relevant, festgestellt, dass sich im Thermalölsystem erhebliche Verunreinigungen durch Brennstoff befanden. Der Eintrag des Kraftstoffes in das Thermalölsystem erfolgte durch eine defekte Heizschleife in einem der Vorrattanks. Dieser war im Tankplan als HFO No. 5 ps ausgewiesen. Nach Aussage der Reederei wurde das Thermalöl während der Reparatur aus dem System abgelassen. Die defekte Heizschleife wurde durch die Werft repariert. Das Thermalölsystem wurde dann gereinigt, gespült und mit Frischöl aufgefüllt sowie einer Druckprüfung unterzogen.

Die örtliche Beschreibung des Schiffes beschränkt sich vorrangig auf die für den Unfall relevanten Gegebenheiten (Abbildung 7).

Es gibt für den Maschinenraum zwei Zugänge. Einer erfolgt an der Vorkante der Aufbauten Höhe Hauptdeck (Abb. 7 rote Pfeile) über die Werkstatt. Der andere Zugang befindet sich auf der Rückseite der Aufbauten auf dem Poopdeck<sup>7</sup> (Abb. 7 orangene Pfeile). Dieser ist nach dem Sicherheitsplan des Schiffes als primärer Fluchtweg gekennzeichnet.

Auf dem Hauptdeck vor den Aufbauten ist eine sogenannte Montageluke zu finden. Diese ist wasserdicht und dient dem Einbringen von Ersatzteilen und Verbrauchsmaterialien in den Maschinenraum. Der Lukendeckel wird durch mehrere

---

<sup>7</sup> Poopdeck: bezeichnet das Deck eines Aufbaus über dem Hauptdeck am Hinterschiff.



### **3.2.2.1 Heizsystem auf Schiffen**

Auf größeren Handelsschiffen wird der Dampf vorwiegend zur Schwerölaufbereitung (um 95°C) und zur Endvorwärmung (um 130°C) vor der Einspritzung benötigt. Außerdem dient er zur Wohnraumbeheizung und Warmwasserversorgung. Der Abgaskessel und der Hilfskessel sind über das gemeinsame Dampfsystem verbunden. Über eine einfache Zweipunktregelung wird der Brenner und das Gebläse des Hilfskessels eingeschaltet, wenn der Druck im Dampfsystem einen unteren Grenzwert (z.B. 6 bar) unterschreitet. Im Seebetrieb liefert der Abgaskessel in der Regel genügend Dampf, so dass der Hilfskessel nur bei kleiner Last (Revierbetrieb) oder bei stillstehender Maschine (im Hafen) zuschaltet.

### **3.2.2.2 Heizsystem auf der KELLY:**

Eine andere, auf Schiffen jedoch selten angewendete Methode zur Beheizung ist die Anwendung von Thermalöl statt des Wasser-Dampf-Kreislaufes. Es wird aus hochausraffinierten, paraffinbasischen Grundölen auf Mineralölbasis hergestellt, die durch Additivierung eine hohe thermische Stabilität erhalten haben. Auch hier wird ähnlich wie beim Wasser-Dampf-Kreislauf ein abgasbeheizter Wärmetauscher genutzt. Vorteile sind ein "druckloses" System, keine Korrosion, einfache und genaue Temperaturregelung, keine Wasseraufbereitung notwendig, keine Kondensatverluste und keine Frostgefahr bei Stillstand der Anlage. Nachteile sind die Kosten für das Thermalöl, gesundheitsgefährdenden Inhaltsstoffe, Alterungsneigung des organischen Wärmeträgers und die höhere Gefährdung: Gerissene Rohre führen im Abgasstrang zu Ölleckagen und Bränden. Das auf der KELLY verwendete TEXATHERM 32 wird für Wärmeübertragungsanlagen im Betriebstemperaturbereich von -15°C bis 300°C eingesetzt.

### **3.2.3 Ermittlungen an Bord der KELLY**

Zum Zeitpunkt der ersten Besichtigung durch die BSU am Tag nach dem Unfall waren 10 der 13 Besatzungsmitglieder an Bord anwesend. Zusätzlich hatten sich der Managing Director und der Safety & Quality Manager der Reederei Hansa Shipping eingefunden. Die Interessen der Reederei, des Schiffes und die der Besatzung wurden durch zwei Anwälte vertreten. Durch den P&I-Versicherer<sup>8</sup> war ein Besichtiger bestellt worden. Aufgrund der Schockzustände und Trauer über den Verlust eines Kollegen sahen die Mitarbeiter der BSU von einer Befragung der Besatzung an diesem Tag ab. Die Reederei und auch die Anwälte hatten der BSU zugesagt, dass diese Besatzungsmitglieder zu einem späteren Zeitpunkt für eine Befragung zur Verfügung stehen würden. Diese Befragung fand am 09.09.2019 statt.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass nach der Feststellung des Brandes am 06.09.2019 durch die Besatzung umfangreiche Rettungsmaßnahmen bis zum Eintreffen der Rettungskräfte durchgeführt worden sind. Herkömmliche Brandbekämpfung fand nicht statt, da das Feuer durch die Einleitung von CO<sub>2</sub> gelöscht wurde. Der Maschinenraum wurde nach der Bergung der dritten Person nicht mehr durch die Besatzung betreten. Lediglich die an Bord eingetroffenen Rettungskräfte

---

<sup>8</sup> P&I-Versicherung: Die P&I (Protection and Indemnity) -Versicherung ist eine umfassende Haftpflichtversicherung für Schäden gegenüber Dritten. Sie deckt die Haftungsrisiken des Versicherten ab, die aus dem Betrieb des Schiffes entstehen.

hatten den Unfallort auf Glutnester hin inspiziert und der erste Ingenieur hatte in Begleitung von Beamten der Wasserschutzpolizei den Maschinenraum betreten, um die Stromversorgung des Schiffes wiederherzustellen. Da der Maschinenraum bis zum Eintreffen der Untersucher aber nicht verschlossen bzw. versiegelt worden war, musste bei der Besichtigung davon ausgegangen werden, dass nicht mehr der Zustand zum Zeitpunkt des Brandausbruchs vorhanden war. Dies schließt auch den Verschlusszustand der Lüftung des Maschinenraumes mit ein. Insofern wird auf bestimmte Feststellungen nur eingegangen, wenn sie mit dem Brandausbruch, der Brandbekämpfung oder Schritten der Personenbergung in Verbindung stehen oder einen für die Untersucher interessanten Aspekt darstellen.

### **3.2.4 Feststellungen zum ersten Besichtigungszeitpunkt am 07.09.2019 und der Folgebesichtigung am 09.09.2019**

Die Untersuchungen an Bord begann am Folgetag des Unfalltages am Südkai in Brunsbüttel. Die Geschehnisse des Vortages waren der Besatzung sichtlich anzumerken. So reagierte zum Beispiel der noch unter Schock stehende Erste Ingenieur auf keinerlei Ansprache. Basierend darauf ist von einer offiziellen Befragung der Besatzung an diesem Tag abgesehen worden. Informationen zum Unfallhergang wurden von den Anwälten, den beiden Mitarbeitern der Reederei und dem Kapitän eingeholt. Vereinzelt suchten Besatzungsmitglieder das Gespräch zu einem der Untersucher und gaben in groben Abrissen das Geschehene wieder. Dabei wurde versucht, zunächst so wenig Fragen wie möglich zu stellen, um verfälschte Aussagen zu vermeiden und die Erinnerungen möglichst nicht zu beeinflussen.

Anzumerken ist die Feststellung der unterschiedlichen Wahrnehmungen und Beobachtungen der einzelnen Personen. Dies spiegelte sich später auch in den Interviews der Besatzungsmitglieder und den anschließend verfassten Stellungnahmen wieder, in denen eine sogenannte Harmonisierung zu erkennen war. Bekannterweise überschwemmen Stresshormone das Gehirn und führen dazu, dass man auch seine Wahrnehmung sehr eng ausrichtet, und alles in der Peripherie wird mehr oder weniger ausgeblendet. Das bedeutet, dass unter Stress die Perzeption häufig sehr eingeschränkt ist. So werteten die Untersucher die Aussagen und Angaben mit primärer und sekundärer Relevanz<sup>9</sup>.

Nach telefonischer Rücksprache mit den Beamten der zuständigen Kriminalpolizei Polizei Cuxhaven und unter der Auflage, den Unfallort nur zu besichtigen, betraten die Untersucher der BSU zusammen mit dem Kapitän und den beiden Vertretern der Reederei den Maschinenraum. Der Separatorenraum stand unter dem Status eines polizeilich abgesperrten Raumes, durfte aber ebenfalls betreten und inspiziert werden.

Die nachfolgend abgebildeten Fotos entstanden aufgrund der zerstörten elektrischen Einrichtungen unter der Zuhilfenahme von Taschenlampen und den bordseitig bereitgestellten Scheinwerfern.

---

<sup>9</sup> Ein Crewmitglied hat z.B. ausgesagt, dass der II. Ing. von Kopf bis Fuß in Flammen stand, wobei jedoch nur ein Teil seiner von Öl durchtränkten Kleidung brannte. Die Wahrnehmung und das was sich dann als Bild in seinem Kopf verankert hatte, war somit eine andere. Trotzdem war seine Aussage prinzipiell nicht falsch.

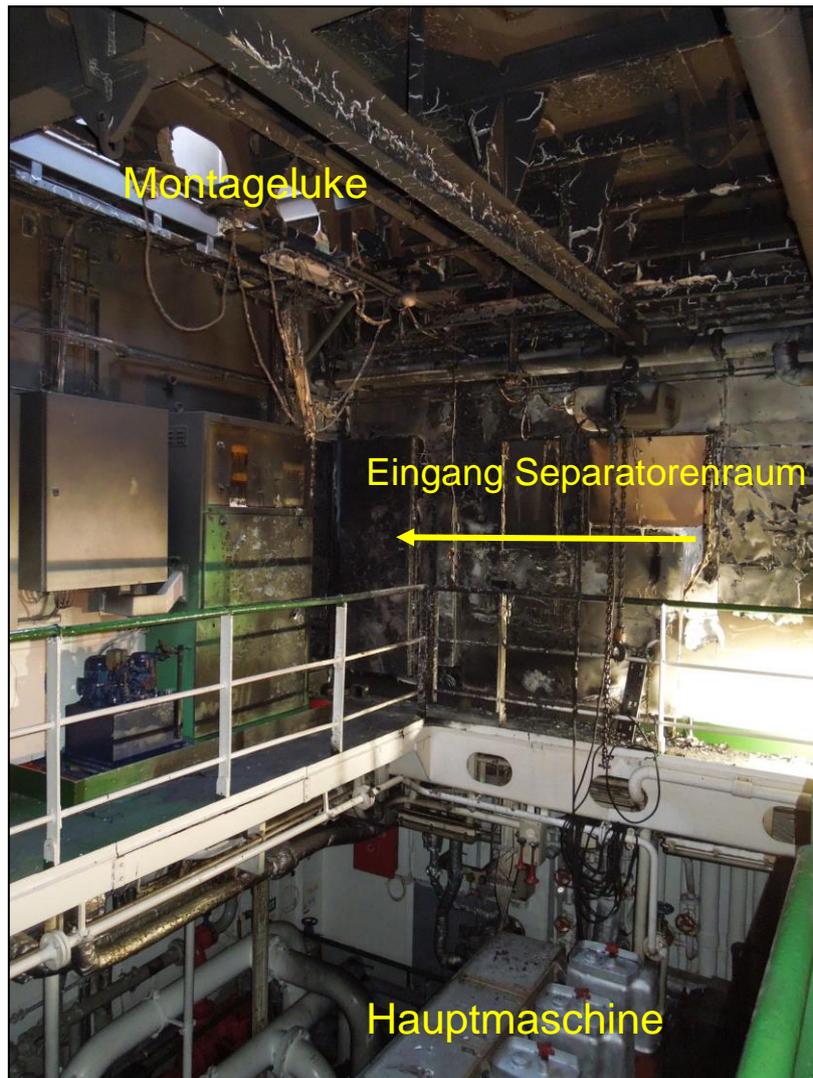


Abbildung 8: Blick in Vorausrichtung und auf den Eingang zum Separatorenraum

Die Beschädigungen im Maschinenraum selbst als auch im angrenzenden Separatorenraum erstreckten sich hauptsächlich über die vordere Schottwand und die benachbarten Deckenbereiche. Nicht betroffen waren die achteren Bereiche und die Böden der Räume. Die Hauptmaschine und die Areale unterhalb der Galerie sind nicht thermisch belastet worden. Bei der Betrachtung der Schadensausdehnung fiel auf, dass der Ursprung des Brandes offensichtlich im Separatorenraum lag. Charakteristisch waren hier die aus dem Raum in den Maschinenraum hinein ablaufende Brandspuren (Abbildung 8).



Abbildung 9: Blick aus Richtung Separatorenraum in Richtung Ausgang Maschinenraum



Abbildung 10: Blick aus Richtung Separatorenraum in Richtung Ausgang Maschinenraum

Abbildungen 9 und 10 zeigen den von der Besatzung gewählten Rettungsweg. Auch hier zu sehen ein unbenutzter Feuerlöscher (Puder). Den Schilderungen der Retter nach hatten sie erhebliche Probleme, den letzten und als groß und massiv beschriebenen Motormann aus dem Maschinenraum zu bergen. Er habe sich mehrfach entweder mit einem Arm oder Bein in dem linksseitigen Geländer verhakt, was den Abtransport um ein Vielfaches erschwerte. Die Verwendung einer Trage wurde nicht in Betracht gezogen. Vermutlich wäre eine Lagerung und Fixierung des Verunfallten aufgrund der limitierten Bewegungsmöglichkeiten im Separatorenraum zeitnah kaum möglich gewesen. Hinzu kam die immer noch die massiv eingeschränkte Sicht.



Abbildung 11: Blick vom gegenüberliegenden Maschinenkontrollraum in den Separatorenraum

Im Zugangsbereich des Separatorenraums befand sich rechts ein geöffneter Schaltschrank. Die Einbauhöhe wurde mit Unterkante 1,40 m und Oberkante 1,80 m vermessen. Ein- und Anbauteile des Schrankes lagen auf dem Fußboden sowie vor als auch hinter der Durchgangstür. Ob diese Teile durch die Explosion aus dem Raum heraus geschleudert wurden oder durch die Bergungsmaßnahmen der Besatzung dort hingelangt sind, ließ sich nicht rekonstruieren. Die Bauteile wiesen nur einseitige Brandspuren auf. Sie befanden sich auf der aus dem Gehäuse weisenden Seite, dem Bedienfeld.



Abbildung 12: Schaltkasten der Regelventile mit heraushängendem Kabelstrang



Abbildung 13: Veränderungen am Schaltschrank

Die in der Abbildung 13 zu sehenden Aufnahmen zeigen, dass ein zuvor auf dem Boden liegendes Bauteil wieder in die Tür des Schaltschranks eingesetzt worden war, obwohl der Raum unter dem polizeilichen Status eines beschlagnahmten Tatortes stand. Ob zwischen den beiden Besichtigungsterminen weitere Veränderungen vorgenommen worden sind, kann im Nachgang nicht mehr nachvollzogen werden. Ebenso bleibt die Frage offen, wer diesen versiegelten Raum betreten hat und ob eventuell vorgenommene Änderungen Einfluss auf die erstellten Gutachten hatten.

Unterhalb der Maschinenraumdecke mit großflächigen Brandbeschädigungen gab es auch klar abgegrenzte Bereiche. So reichte die thermische Einwirkzone im Mittel 1,5 m nach unten. Unmittelbar darunterliegende Einbauten wiesen nur geringfügige Schäden, abgesehen von oberflächlichen Verschmutzungen, auf. Bei Betrachtung der Ausprägung, also der Schwere der Zerstörungen, fiel auf, dass es vielfach Areale gab, die sehr stark durch die Brandwirkung beeinflusst wurden. Direkt angrenzende Bereiche waren teilweise nur minimal verrußt oder thermisch belastet (Abbildung 14).



Abbildung 14: Brandzone unterhalb der Decke



Abbildung 15: Explosionsort

Im Durchgangsbereich, bzw. an der in Vorausrichtung vorn liegenden Schmalseite des Raumes, befand sich ein geöffnetes Rohrsystem. An der rechten Rohrgruppe hing an dem Handrad des Ventiles ein orangefarbener Eimer, der nahezu komplett mit Thermalöl gefüllt war. Die Brandspuren nahmen in den Raum hinein mit der Entfernung von dieser Rohrgruppe ab.

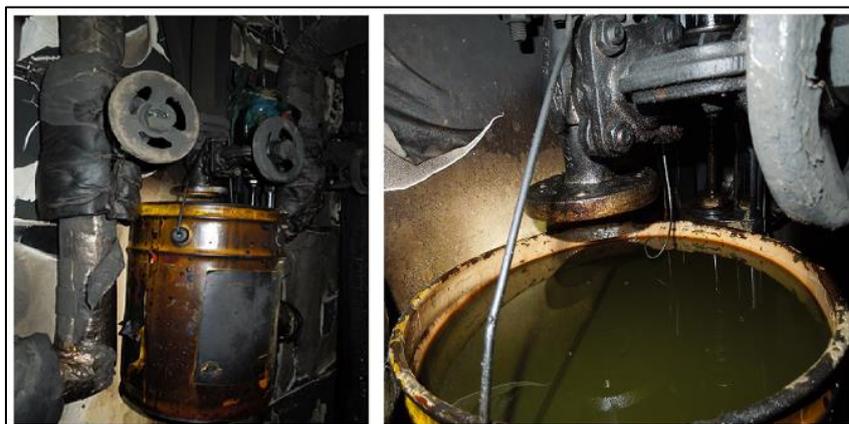


Abbildung 16: mit Thermalöl gefüllter Eimer unterhalb des Ventils



Abbildung 17: Blick aus dem Separatorenraum in den Maschinenraum hinein.  
Gegenüber ist der Eingang zum Maschinenkontrollraum zu sehen.



Abbildung 18: Blick aus dem Separatorenraum in den Maschinenraum  
Auf dem Boden liegend ist ein Arbeitsluftschlauch zu sehen. Er wurde zum Freiblasen des demontierten Rohrleitungsstückes verwendet.

Unter dem Rohrsystem (Abb. 19) zeigt sich ein Brandtrichter ausgehend aus dem Fußbodenbereich in Richtung Decke ablaufend. Der Brandtrichter lag links von der geöffneten Leitung am hier aufgehängten Eimer. Hier zeigte sich ebenfalls eine aus dem Brandtrichter herauskommende Aufbrandspur.



Abbildung 19: Teilübersichtsaufnahme des Brandortes mit geöffnetem Rohrsystem

In der Abbildung 20 ist ein sogenannter Waschtisch zu sehen, in dem das demontierte Rohrleitungsstück zusammen mit entfernten Feststoffrückständen lag.



Abbildung 20: links - Waschtisch; rechts - demontiertes Rohrleitungsstück aus dem Thermalölsystem mit entfernten Feststoffrückständen

Unmittelbar links vom Brandort befand sich ein auf einem Podest stehender und mit MDO<sup>10</sup> gekennzeichneter Separator. Dieser war laut Aussage des Zweiten Ingenieurs nicht in Betrieb.



Abbildung 21: MDO Separator - weniger als 2 m vom Brandausbruchsort entfernt

Unterhalb des Eimers lag ein Hammer auf dem Fußboden, daneben befand sich ein Arbeitsschuh. Des Weiteren lag links vom Brandtrichter die entfernte Isolierung für das offengelegte Regelventil. Diese Isolierung zeigte eine Brandspur aus Richtung des sichtbaren Brandtrichters. Im Fußbodenbereich war im Brandtrichterursprung eine elektrische Tanksensoreinheit angebracht. Unmittelbar dahinter war ein Weißbrand innerhalb des Brandtrichters zu erkennen.



Abbildung 22: zeigt den Ausgangspunkt des Brandtrichters.

Roter Pfeil: weist auf die Sensoreinheit  
Gelbe Pfeile: Brandtrichter

<sup>10</sup> MDO: **Marinedieselöl** (MDO von englisch *Marine Diesel Oil*) ist ein Treibstoff für Schiffsdieselmotoren und ein Gemisch verschiedener Mitteldestillate aus der Erdölverarbeitung. Internationale Handelsbezeichnung eines solchen Öles ist Marine (Distillate) Fuel Oil.



Abbildung 23: hinterer Bereich des Separatorenraums

Zusammenfassend kann hinsichtlich der Schadensausdehnung und Schadensausprägung im betroffenen Maschinenraum festgehalten werden, dass eine zwar örtlich eingegrenzte, aber teilweise starke Schädigung insbesondere an den vorderen Schottwänden, Deckenbereichen, Schaltschränken und Kabelbahnen zu verzeichnen war. Andere Einbauten, wie zum Beispiel Lampen, sind augenscheinlich nur eingeschmolzen. Es konnte daher davon ausgegangen werden, dass es sich um ein rasantes und räumlich sowie zeitlich begrenztes Brandereignis gehandelt hat, obwohl keine Kühlmaßnahmen bzw. aktive Abwehrmaßnahmen eingeleitet wurden.

### 3.2.5 Untersuchung der möglichen Unfallursache

Für die stattgefundenen Explosion mit Brandfolge musste zusätzlich zu dem richtigen Mischungsverhältnis drei weitere Voraussetzungen erfüllt sein:

- Das Vorhandensein von brennbarem Stoff (flüssig, fest oder gasförmig),
- Das Vorhandensein eines Oxidationsmittels und
- eine Zündquelle, die in der Lage war das brennbare System zu entzünden.

Die drei genannten Komponenten können durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst werden. Folge dessen sind Brände als äußerst komplex zu beschreiben.

Der für diesen Vorgang notwendige Sauerstoff, also das Oxidationsmittel, wurde aus der Umgebungsluft bereitgestellt. Das Thermalöl mit den Ausgasungen rückte als Brennstoff in den Fokus und sollte deshalb labortechnisch untersucht werden. Basierend auf den Feststellungen zum ersten Besichtigungszeitpunkt und der

Folgebesichtigung am 09.09.2019, kristallisierten sich mehrere Optionen als Zündquelle heraus die im Folgenden detaillierter erläutert werden sollen.

- Offene Flamme oder Funke durch den Gebrauch eines Feuerzeuges
- Offene Flamme oder Funke durch die Benutzung eines Bunsenbrenners mit Gaskartusche
- Schaltkasten der Regelventile
- Regelventile

### 3.2.5.1 Thermalöl als Brennstoff

Am Tag der Begehung, einen Tag nach dem Unfallereignis, wurden drei Thermalölproben durch die BSU sichergestellt.

1. Frischölprobe aus dem Vorratstank
2. Ölprobe aus dem unter dem demontierten Rohleitungsstück angebrachten Eimer
3. Ölprobe aus dem Leitungssystem



Abbildung 24: Thermalölproben der KELLY

Um eine repräsentative Probenentnahme zu gewährleisten, wurden die Probengläser randvoll gefüllt und ohne Lufteinschluss verschlossen. Hintergrund dieses Vorgehens ist die Vermeidung von Oxidation des Öles. Frisches Thermalöl sollte ein hellbernsteinfarbenes oder auch honigfarbenes Farbspektrum haben. Die Proben zwei

und drei waren nahezu schwarz. Bereits nach 24 Stunden waren teerartige Ablagerungen im Bodenbereich der Frischölprobe, siehe linke Flasche in Abbildung 30, erkennbar.

### 3.2.5.1.1 Ergebnis der Ölanalysen vom 07.09.2019<sup>11</sup>

Die drei entnommenen Proben wurden einem Labor der SGS Germany GmbH übergeben. Bei dem verwendeten Wärmeträgeröl handelte es sich um TEXATHERM 32, der Firma Caltex. Da auch die Referenzprobe aus dem Vorratstank verunreinigt war, wurden die Angaben aus dem Produktdatenblatt der Bewertung zugrunde gelegt.

Test	Prüfmethoden	Ergebnisse
<b>Viskositätsklasse ISO VG</b>		<b>32</b>
Dichte bei 15°C, kg/l	ASTM D1298	0,857
Farbe	ISO 2049	1,0
Kinemat. Viskosität bei 40°C, mm <sup>2</sup> /s	ISO 3104	32
Kinemat. Viskosität bei 100°C, mm <sup>2</sup> /s	ISO 3104	5,4
Viskositätsindex	ISO 2909	101
Flammpunkt, COC, °C	ISO 2592	220
Selbstentzündungstemperatur, °C	ASTM E659	320

Tabelle 1: typische Kennwerte von Texatherm 32

Um eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu haben, wurden die Analysen der drei Ölproben mit den typischen Kennwerten in nachfolgender Tabelle gegenübergestellt.

<sup>11</sup> Die unter den Punkten 3.2.5.1.1 bis 3.2.5.1.7 angegebenen Daten entsprechen dem Datum der Probenentnahme

Test	Ergebnisse				Kommentar
	typische Kennwerte	Frischölprobe aus Vorratstank	Olprobe aus Eimer im Separatorenraum	Ölprobe aus Rohrleitungssystem	
Dichte bei 15 °C, kg/m <sup>3</sup>	857				
Dichte bei 20 °C, kg/m <sup>3</sup>	860	831	823,3	822	Werte aller 3 Proben viel zu niedrig
Farbzahl	1	8	8	8	erhebliche Abweichungen zum typ. Kennwert
Aussehen	hell-gelblich	trüb-bräunlich, sichtbare	schwarz, sichtbare	schwarz, sichtbare Feststoffe	erhebliche Abweichungen zum typ. Kennwert
Kinematische Viskosität bei 40 °C, mm <sup>2</sup> /s	32	6,039	2,183	2,085	Werte aller 3 Proben extrem zu niedrig
Zündtemperatur, °C	320	235	230	230	
Wasser, mg/kg	<50	364	185	161	
Gehalt an Leicht siedern DK/Masse-%	0	24,7	81,5	85	DK = Dieseldieselkraftstoff; leichte Anteile die einer Dieselfraktion entsprechen
Flammpunkt, COC, °C	>200	<140	<172	<172	Um zu klären, um wieviel kleiner der tatsächliche Flammpunkt ist, wurde eine ergänzende Analyse gemäß der Methode DIN EN ISO 3679 durchgeführt. Bei 100 °C ergab sich, dass die Probe sofort brannte und vom Gerät nicht detektiert werden konnte.

Tabelle 2: Vergleich der Ölanalysen

In allen drei Proben wurden 24,7 – 85,0 Masse-% leichte Anteile, die einer Dieselfraktion entsprechen, detektiert. Es wurde eine Vielzahl an leichtflüchtigen Komponenten der Substanzklassen Paraffine, Naphthene und Aromaten identifiziert. Weiterhin ergab eine ergänzende Analyse gemäß der Methode nach DIN EN ISO 3679, dass die Proben bei 100 °C sofort brennen und der Flammpunkt vom Gerät nicht detektiert werden konnte. Der Flammpunkt wird basierend darauf bei weit unter 100 °C angenommen. Der eigentlich erwartete Flammpunkt sollte bei 200 °C liegen. Der von der BSU beauftragte Gutachter Dipl. Ing. Lars Tober (GSSOmbH Rostock) konnte bei Zündversuchen feststellen, dass ein sehr geringer Flamm- und Brennpunkt des Thermalöls zwischen 55°C und 60°C vorlag. Der Siedebeginn war ebenfalls aufgrund des zu hohen Gehaltes leichter Anteile nicht detektierbar. Weil die Proben für ein Thermalöl untypische leichte Anteile enthielten, konnte die Hochtemperatur simulierte Destillation nicht ausgewertet werden, da diese leichten Fraktionen in den Lösungsmittelpeak rutschten und damit ebenfalls nicht mehr auswertbar waren.

### 3.2.5.1.2 Öluntersuchung der Reederei

Die durch die Rederei in Auftrag gegebene Analyse der Thermalölprobe vom 10.09.2019, über den FAST Service von Chevron, wurde im Ergebnis mit *URGENT – corrective Action recommended*<sup>12</sup> bewertet. Als Kommentar wurde dem Report hinzugefügt, dass der Flammpunkt unterhalb von 140 °C liegt und dieser Fakt eine Kontamination mit Brennstoff anzeigt oder das Vorhandensein leichter Anteile die

<sup>12</sup> Engl.: URGENT - Corrective action recommended = Dringend - Korrekturmaßnahmen empfohlen.

entstehen, wenn das Öl extremer Temperaturen ausgesetzt wurde. Der Zustand des Öles schloss einen sicheren Betrieb somit aus und ein Ölwechsel sollte in Betracht gezogen werden. Ferner wurde das Vorhandensein von Wasser angezeigt. Ebenso der signifikante Abfall der Viskosität.

### **3.2.5.1.3 Verunreinigungen im Thermalölsystem im weiteren Verlauf**

Durch die Reederei wurde der Analysereport vom 05.12.2019 zur Verfügung gestellt. Das Thermalölsystem wurde nach eigenen Angaben zuvor durch die Werft mechanisch und mittels einer Dampf-Zirkulation-Methode gereinigt und anschließend mit Frischöl gespült. Zur Neubefüllung des Systems hatte man zu TEXATHERM 46 gewechselt. Grund hierfür war ein höherer Flammpunkt von 235 °C im Vergleich zu dem von Texatherm 32 mit 220 °C. Trotzdem war auch dieser Report mit dem Hinweis *ATTENTION – Oil suitable; Monitoring*<sup>13</sup> versehen. Der ermittelte Flammpunkt lag oberhalb des Sicherheitslimits von 140 °C aber unterhalb von 190 °C. Als Empfehlung wurde ein Ausdampfen bzw. Ausgasen empfohlen, um leichte Anteile zu entfernen.

### **3.2.5.1.4 Feststellungen zum Besichtigungszeitpunkt am 21.01.2020**

Da es noch offene Fragen hinsichtlich des Schiffsbetriebes gab, wurde die KELLY am 21.01.2020 erneut durch zwei Untersucher der BSU aufgesucht. Das Schiff war zu diesem Zeitpunkt in Rendsburg und seit dem 06.12.2019 wieder in Fahrt. Die Besatzung bzw. Personen vom Unfalltag waren nicht mehr an Bord. Die Kommunikation erwies sich, wie auch schon mit der vorherigen Besatzung, als äußerst schwierig. Obwohl die ausgewiesene Bordsprache Englisch sein soll, war die Abfrage einfachster Fakten kaum möglich. Lediglich der Kapitän war der englischen Sprache in akzeptabler Weise mächtig.

Nach Sichtung der letzten Analysereports des Thermalölsystems konnte festgestellt werden, dass sich die relevanten Kennwerte kaum von den Ergebnissen der Ölanalysen vom 07.09. bzw. 10.09.2019 unterschieden. Auf die Frage hin, welche Gegenmaßnahmen ergriffen wurden, erklärte der Leitende Ingenieur, dass er seitens der Reederei die Anweisung erhalten habe, 200 L Öl aus dem System abzulassen und durch Frischöl aufzutoppen. Danach sollte erneut eine Probe zur Analyse eingeschickt werden, um den erhofften Mischungseffekt zu verifizieren. Zum Zeitpunkt der Besichtigung war das Ergebnis der letzten Probenentnahme vom 03.01.2020 noch nicht verfügbar und sollte nach Erhalt an die BSU weitergeleitet werden.

Die Angaben zur Gesamtmenge des Thermalöles im System (inkl. Vorratstank) variieren zwischen 1400 L und 2912 L. So beruft sich die Reederei auf die Aussage des Leitenden Ingenieurs und gab eine Menge von 1400 L an. Im Maschinentagebuch wurde jedoch am 09.09.2019 die Übernahme von 2912 L TEXATHERM 46 aus Fässern in den Vorratstank notiert. Aufgrund der Kommunikationsbarriere liegt die Vermutung nahe, dass die 2912 L das Thermalölsystem inklusive Vorratstank widerspiegeln und die 1400 L sich allein auf die im System befindliche Menge bezieht.

### **3.2.5.1.5 Ergebnisse vom 03.01.2020**

Durch die Reederei wurden zwei Proben zur Analyse in Auftrag gegeben. Zum einen direkt aus dem Thermalölsystem und die zweite Probe wurde dem Vorratstank

---

<sup>13</sup> Engl.: ATTENTION – Oil suitable; Monitoring = Achtung – Öl verwendbar; Überwachung.

entnommen. Das Öl hatte zu diesem Zeitpunkt 300 Betriebsstunden durchlaufen. Bei dem beauftragten Labor handelte es sich dieses Mal um ein Labor der Firma Castrol. Das Ergebnis der beiden Analysen lag am 27.01.2020 vor. Die Probe aus dem System wurde seitens des Labors mit dem Vermerk *kritisch* eingestuft und als nicht geeignet für die weitere Verwendung angesehen. Es wurde vorgeschlagen, einen Teil oder sogar die gesamte Ölmenge zu tauschen. Der Flammpunkt lag bei 120 °C statt bei 235 °C und die kinematische Viskosität bei 40 °C wurde bei 38,09 mm<sup>2</sup>/s statt der 46 mm<sup>2</sup>/s ermittelt. Im Vergleich zu allen vorherigen Analysen war ein signifikanter Anstieg von Eisen (39 ppm) zu verzeichnen, was auf Anlagenkorrosion hinweist. Farblich wurde die Probe als bernsteinfarben-trüb eingestuft.

Die Analyse der Ölprobe aus dem Vorratstank ergab keine Auffälligkeiten. Das Aussehen wurde mit farblos-klar angegeben und der Flammpunkt bei >190 °C ermittelt.

#### **3.2.5.1.6 Ergebnisse der Ölanalyse vom 22.01.2020**

Eine erneute Probenentnahme erfolgte am 22.01.2020, dessen Analyseergebnis am 29.01.2020 verfügbar war. Das ausführende Labor war in diesem Falle eines der Firma Chevron. Die durchlaufenden Betriebsstunden wurden mit 400 angegeben, also 100 Stunden mehr als anlässlich der vorherigen Analyse. Die Probe bzw. das gesamte Öl wurde mit dem Hinweis *ATTENTION – Oil suitable; Monitoring* markiert und mit dem Hinweis, dass der Flammpunkt oberhalb von 140 °C (Sicherheitsgrenze) aber unterhalb von 190 °C liegt, kommentiert. Die kinematische Viskosität bei 40 °C wurde mit 43,0 mm<sup>2</sup>/s angegeben. Ferner wurde ein sicheres Entlüften und Ausgasen des Systems empfohlen, um leichte Anteile aus dem Öl zu entfernen.

#### **3.2.5.1.7 Ergebnisse der Ölanalyse vom 11.02.2020**

Die letzte Analyse die der BSU vorliegt, stammt vom 11.02.2020 (Berichtsdatum: 14.02.2020). Durchgeführt wurde die Analyse wie zuvor durch ein Labor der Firma Chevron. Da es offensichtlich Fehleintragungen hinsichtlich der Betriebsstunden der Anlage und des Öls gegeben hatte, wurde auf die Angabe hier verzichtet. Auch diese Probe wurde mit dem Hinweis *ATTENTION – Oil suitable; Monitoring* gekennzeichnet und mit dem gleichen Kommentar wie die Probe vom 22.01.2020 versehen. Die kinetische Viskosität bei 40 °C sank marginal auf 42,8 mm<sup>2</sup>/s. Hingegen stieg der Eisengehalt im Vergleich zur vorherigen Probe (11 ppm) auf 18 ppm.

#### **3.2.5.2 Zündquelle: Offene Flamme oder Funke durch den Gebrauch eines Feuerzeuges**

Am Unfallort, unmittelbar im Durchgangsbereich<sup>14</sup>, wurde eine angebrochene Schachtel Zigaretten gefunden. Ein Feuerzeug konnte nicht sichergestellt werden. Ebenso war kein Aschenbecher oder die an Bord für solche Zwecke üblich verwendeten Behältnisse zu finden. Die Ermittlungen ergaben, dass mindestens zwei der drei Verunfallten Raucher waren. Welcher der drei Personen der Besitzer dieser Zigaretenschachtel war, konnte nicht mehr ermittelt werden. Nach Aussage des Zweiten Ingenieurs hatte niemand zum Unfallzeitpunkt und auch zu keinem anderen Zeitpunkt im Separatoren- oder Maschinenraum geraucht. Es galt für den gesamten Bereich ein generelles Rauchverbot. Denkbar ist, dass die Zigaretten beim Sturz des

---

<sup>14</sup> Eintritt aus dem Maschinenraum in den Separatorenraum.

Zweiten Ingenieurs oder bei den Bergemaßnahmen der beiden anderen Besatzungsmitglieder aus der Tasche herausgefallen sind.



Abbildung 25: Zigarettenschachtel am Unfallort

### 3.2.5.3 Zündquelle: Offene Flamme oder Funke durch die Benutzung eines Bunsenbrenners mit Gaskartusche

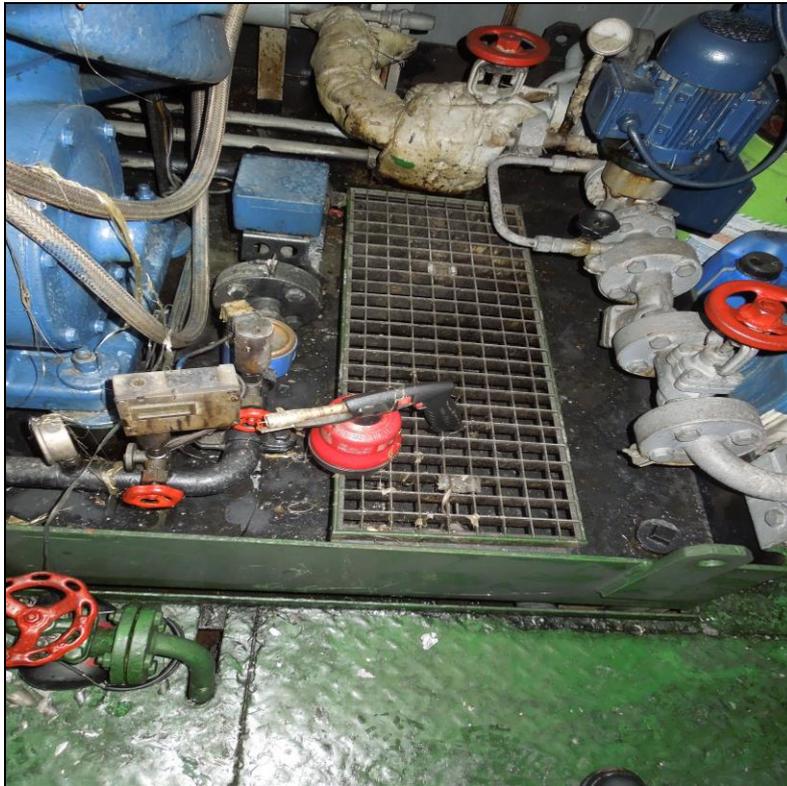


Abbildung 26: Bunsenbrenner zwischen den Separatoren

Zwischen dem Waschtisch und dem mit HFO<sup>15</sup> gekennzeichneten Separator, stand auf dem Boden ein Bunsenbrenner mit Gaskartusche. Aufgrund seiner Lage und der Position des Zweiten Ingenieurs und dessen Brandverletzungen, sowie der Brandmerkmale im Eingangsbereich des Separatorenraums, gehen die Untersucher der BSU davon aus, dass der Bunsenbrenner nicht der Auslöser der Explosion war. Zu welchem Zweck dieser genutzt wurde, konnte nicht geklärt werden.

### 3.2.5.4 Zündquelle: Schaltkasten der Regelventile

Wie zuvor schon beschrieben, befand sich im Eingangsbereiches des Separatorenraums ein Schaltschrank, der für die Regelung der Stell- bzw. Regelventile verantwortlich ist. Die Tür des Schanks war am Tag der ersten Begehung des Unfallortes geöffnet und ein Kabelstrang hing lose heraus. Nach Aussage des Zweiten Ingenieurs, ist der Schaltschrank am Unfalltag nicht geöffnet worden, um die Regelventile vor dem Beginn der Arbeiten stromlos zu schalten.

Durch die Scandinavian Underwriters Agency GmbH (SCUA), die wiederum vom Schiffsversicherer eingesetzt wurde, wurde ein Gutachten hinsichtlich einer möglichen Brandursache, ausgehend vom Schaltschrank, in Auftrag gegeben. Im Zuge der Gutachtenerstellung rückte der schon benannte Kabelstrang in den Fokus und wurde daher in ein akkreditiertes Materialprüfungslabor zur metallurgischen Untersuchung

<sup>15</sup> HFO: **Schweröl** (englisch *Heavy Fuel Oil*, *HFO*) ist ein Rückstandsöl aus der Destillation oder aus Crackanlagen der Erdölverarbeitung.

gesandt. Der Inspektionskurzbericht ist als Anlage 8.3 diesem Bericht beigelegt. Basierend auf den zur Verfügung gestellten Angaben, die sich alleine auf den Schaltschrank bezogen, wurde dann eine Unfallursache ermittelt, die aus Sicht der Untersucher der BSU nicht ansatzweise geteilt werden kann. Auf Fragen der BSU zum Gutachten und dem Teilgutachten durfte auf Veranlassung des Versicherers keine Auskunft erteilt werden.

In der Zusammenfassung des Gutachtens, heißt es:

*„Nach den Untersuchungen geht der Gutachter mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit von einem Kurzschluss mit Lichtbogen an der Unterkante des Steuerschaltchranks für die Steuerventile des Daytank und des Settlingtank als Zündquelle eines sich in dem Separaterraum [sic] aus Thermalöl gebildeten zündfähigen Dampf-Luft-Gemisch aus.*

*Der Schaltschrank war zum Schadenseintrittszeitpunkt nicht verschlossen. Durch das Einquetschen des aus dem Schaltschrank herunter hängenden [sic] Kabelbaumes mittels der Schaltschranktür wurden Einzelleiter des Kabelbaumes geschädigt und bei mindestens einem spannungsführenden Leiter wurde ein Kurzschluss verursacht.*

*Die auf dem Fußboden des Separatorenraumes gefundene Zigarettenschachtel mit ungenutzten Zigaretten werden einem der Geschädigten während der Bergung aus der Tasche gefallen sein. Zigarettenkippen und ein Feuerzeug wurden in dem Raum und in dem Maschinenraum nicht lokalisiert.*

*Inwieweit Voruntersuchungsergebnisse durch die Wasserschutzpolizei vorliegen und evtl. Gegenstände bei deren Untersuchungen sichergestellt wurden, ist dem Gutachter nicht bekannt.“<sup>16</sup>*

In der Zusammenfassung der Stellungnahme zum Gutachten heißt es weiter:

*„Mit den Untersuchungsergebnissen des Materialprüfungslabors wird die von dem Gutachter in seinem Zwischenbericht aufgestellte Theorie, dass durch Schließen der Schaltschranktür es in dem, aus dem Steuerschaltschrank lose herunter hängenden [sic], Kabelbaum zum elektrischen Kurzschluss mit Störlichtbogen gekommen ist und dadurch das in dem Separatorenraum vorhandene explosive Dampf-Luft-Gemisch gezündet wurde, bestätigt.“<sup>17</sup>*

Das Gutachten wurde am 26.09.2019, 20 Tage nach dem Unfall, erstellt und final am 22.01.2020 mit einer Stellungnahme abgeschlossen. Verunreinigungen im Thermalöl oder ein möglicher Defekt der Regelventile selbst, wurden aus Sicht der BSU gar nicht oder nur andeutungsweise als Ursache in Betracht gezogen. Das Materialprüfungslabor hat nach eigenen Angaben Schlussfolgerungen aus denen vom Gutachter gemachten Untersuchungsergebnissen und den zur Verfügung gestellten Informationen gezogen.

Wesentliche Aspekte zum möglichen Unfallhergang wurden nicht hinterfragt oder in Betracht gezogen. So gab es z.B. nach Ansicht der Untersucher drei Theorien, wie es

---

<sup>16</sup> Gutachten zum Brand auf dem Motorschiff „Kelly“ (IMO-Nr.: 9255622). 26.09.2019. S. 16.

<sup>17</sup> Stellungnahme zum Brand auf dem Motorschiff „Kelly“ (IMO-Nr.: 9255622). 22.01.2020. S. 2.

zu einer Öffnung der Schaltschranktür und einhergehend damit, zur Beschädigung der Kabel gekommen sein könnte.

1. Die Tür des Schrankes könnte durch die Explosion aufgeschlagen worden sein. Die Steuerelemente (Blöcke), die in der Tür steckten, wurden möglicherweise herausgeschleudert und fanden sich deshalb außerhalb des Separatorenraums wieder, genauso wie Teile des Schließmechanismus. Der Kabelstrang könnte gleichfalls mit der aufgeschlagenen Schaltschranktür aus den Steuerelementen herausgerissen worden sein.
2. Die Tür des Schrankes war ge- nicht verschlossen und wurde im Zuge der Bergung der beiden Motormänner unbeabsichtigt geöffnet und der Kabelstrang dabei herausgerissen und beschädigt. Der letzte (verstorbene) Motormann musste aufgrund seiner Größe und seines Gewichtes von 5 Personen aus dem Separatorenraum herausgeholt werden.
3. Der Zweite Ing. konnte – zwar schwer verletzt und noch selbst brennend – den Raum eigenständig verlassen. Er hat ausgesagt, dass er mehrfach auf dem öligen Boden im Durchgangsbereich ausgerutscht und hingefallen ist. Auch dabei könnte der unverschlossene Schrank unbeabsichtigt geöffnet und der Kabelstrang herausgerissen und beschädigt worden sein.

Bei den Theorien 2 und 3 besteht die Möglichkeit, dass mechanische Schäden an den Kabeln durch die Bergungsmaßnahmen zustande gekommen sein könnten und auch die Steuerelemente und Teile des Schließsystems auf den Boden vor dem Eingangsbereich zum Separatorenraum gelangten. Unter der Annahme, die Kabel hätten im Zuge der Explosion oder durch den „Fluchtversuch“ des 2. Ing. eine mechanische Schädigung erfahren, könnte es auch noch nach der Explosion bzw. Durchzündung zu einem Kurzschluss gekommen sein. Ebenso könnten die Aufschmelzungen an den Kabeln auch durch die thermische Belastung während des Brandes eingetreten sein. Das Feuer wurde erst durch den 2. Ing. mittels CO<sub>2</sub>-Einleitung in den Maschinenraum gelöscht und einen Blackout gab es erst Minuten später. Das heißt, der Schaltkasten bzw. die Kabel waren unmittelbar nach der Explosion noch stromführend.

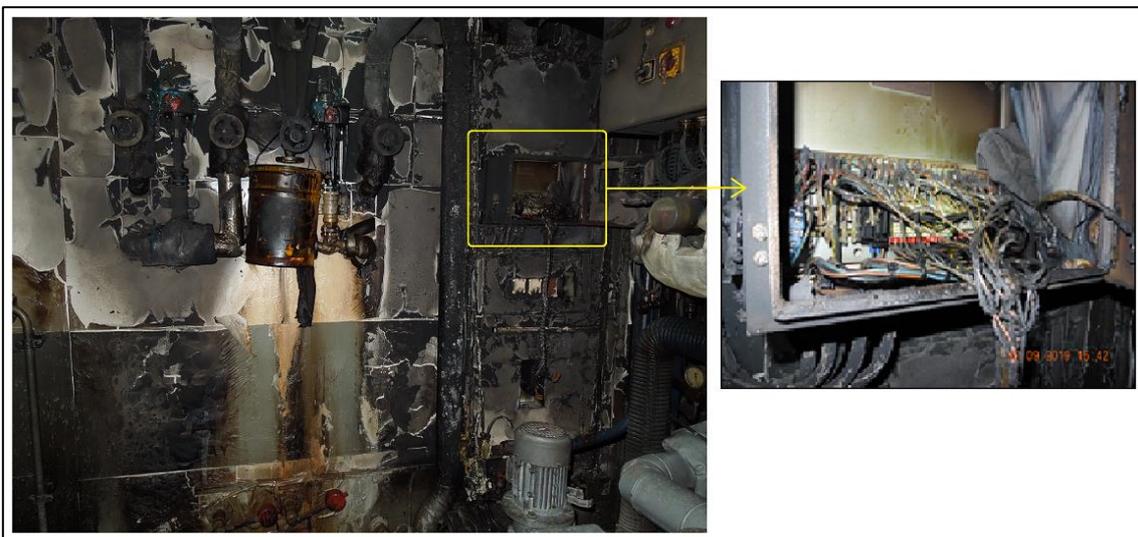


Abbildung 27: geöffnete Schaltschranktür der Regelventile

### **3.2.5.5 Zündquelle: Regelventile**

Bei der Begehung des Unfallortes wurden durch die BSU zwei Regelventile sichergestellt und zur weiteren Begutachtung an das Sachverständigenbüro Herrgesell gegeben. Der Zweite Ingenieur hatte ausgesagt, dass die beiden Regelventile nicht stromlos gesetzt worden waren und keiner der drei Besatzungsmitglieder an dem dazugehörigen Schaltschrank gearbeitet hatte. Die Vermutung der BSU ging dahin, dass eines der beiden bzw. beide Ventile permanent angesteuert worden waren und so gegebenenfalls als Zündquelle gedient haben könnten. Anhand des zur Verfügung stehenden Schaltplanes sind die Ventile zur Regelung des Heizkreislaufes in den Vorlauf eingebaut worden. In den dahinterliegenden Brennstofftanks war ein Temperaturgeber installiert, der mit dem Regelventil kooperiert. Das System wird nach Aussage des Zweiten Ingenieurs mit 6 bar bei 120° C betrieben.

Beide Ventile wurden einer zerstörungsfreien Untersuchung mittels Computertomographie unterzogen. Dadurch sollte die Funktionsfähigkeit beider Ventile festgestellt werden. Dabei zeigte sich an dem Gewindeverbindungsstück zwischen der Regeleinheit und dem Rohrventil, in Abbildung 28 als Koppel Interface bezeichnet, dass das Ventil (unmittelbar rechts des Eimers) nicht geschlossen war. Gleichzeitig zeigte sich in der Gewindeführung ein Gewindeversatz, der darauf schließen lässt, dass das Ventil nicht mehr voll funktionsfähig war.

Quelle: Sachverständigenbüro Herrgesell

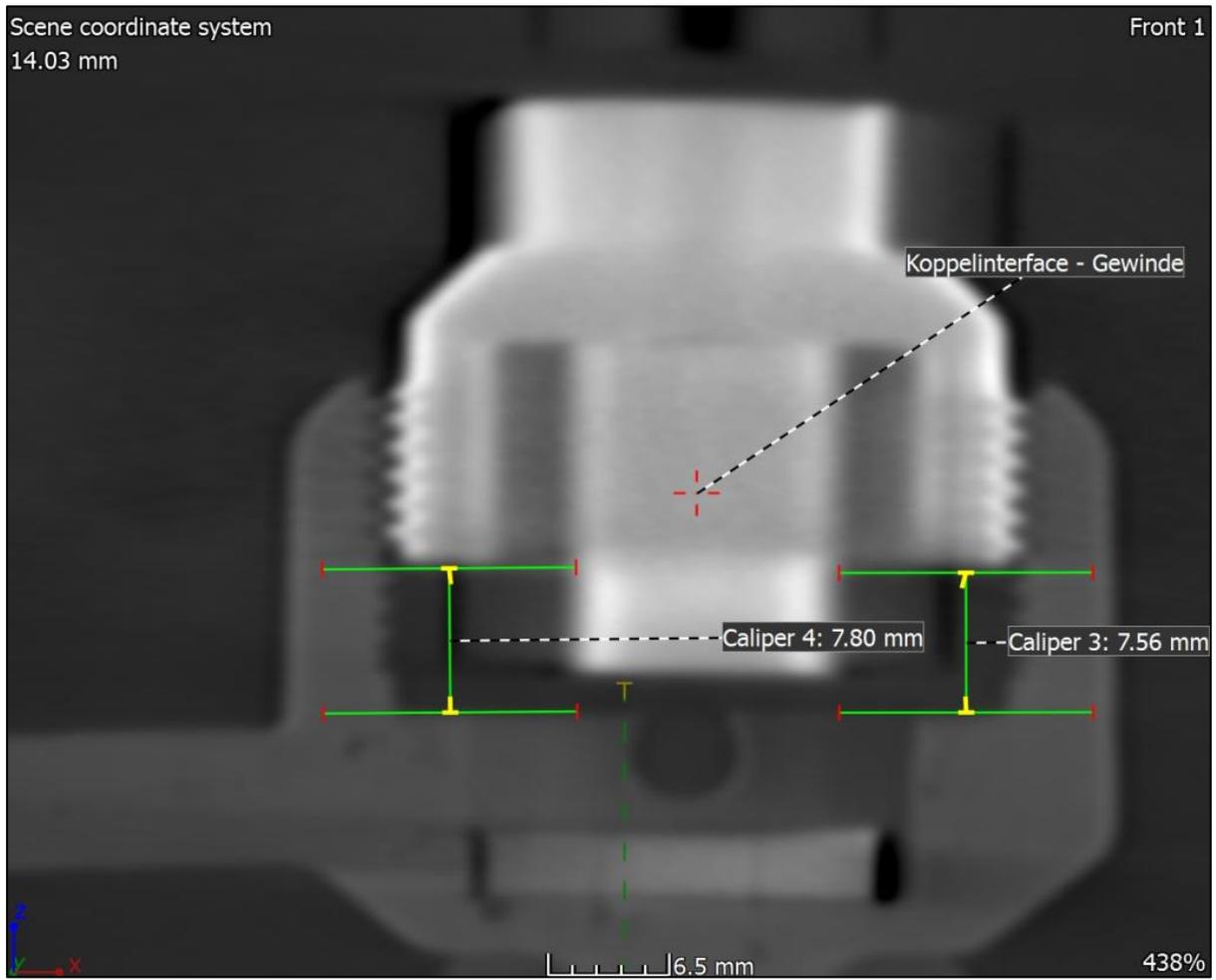


Abbildung 28: Koppel Interface

Quelle: Sachverständigenbüro Herrgesell

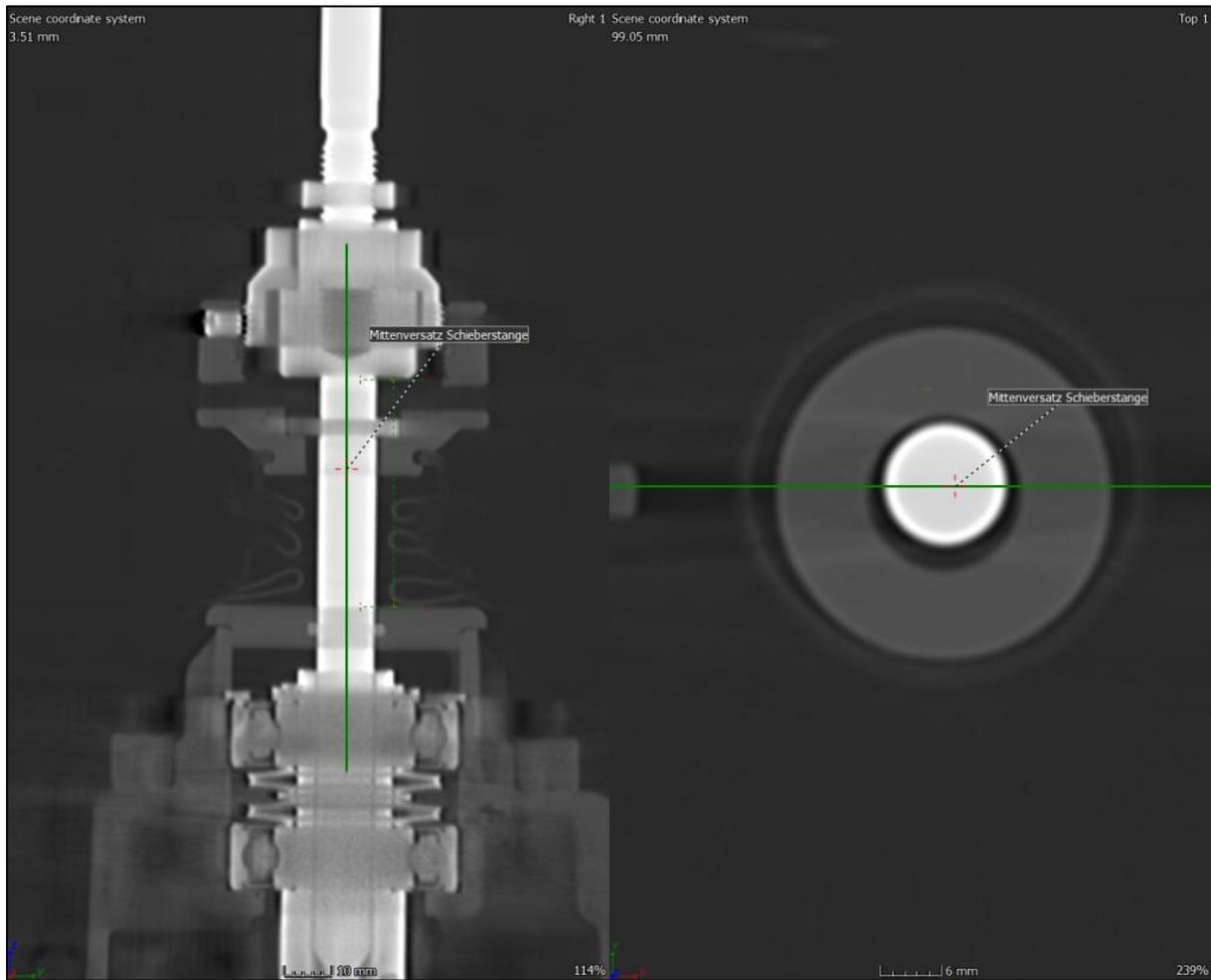


Abbildung 29: Mittenversatz Schieberstange

Auf Grund der vorliegenden Tatsachen wurde seitens des Gutachters angenommen, dass dieses Ventil bereits vor der Demontage des Rohrleitungsstückes bzw. vor Beginn der Reinigungsarbeiten defekt war.



Abbildung 30: Regelventile links nach dem Unfall und rechts nach der Reparatur

### 3.2.6 Untersuchung der Todesursache

Wie bereits Eingangs geschildert, sind bei dem Unfall zwei Besatzungsmitglieder der Maschinencrew schwer verletzt worden. Ein weiteres Crewmitglied, ein Motormann, verlor sein Leben. Zum Zeitpunkt der ersten Untersuchung war nicht zu klären, ob besagter Motormann durch das eingeleitete CO<sub>2</sub> ums Leben kam oder andere brand- und explosionsbedingte Einflüsse ursächlich waren. Daher wurde von der zuständigen Staatsanwaltschaft eine Obduktion veranlasst. Bereits im Vorfeld wurde eine Kohlenmonoxidbestimmung im Blut des Verunglückten in Auftrag gegeben.

Bei der Obduktion des Verstorbenen wurde nachfolgender Befund festgestellt:  
*„Hinweise für ein Explosionstrauma durch eine Druckwelle, bei dem innere Verletzungen entstehen können, fanden sich nicht. Darüber hinaus fanden sich keine Zeichen todesursächlicher oder todesmitursächlicher innerer Erkrankungen oder äußere Verletzungen.*

*Die bei der chemisch-toxikologischen Untersuchung erhobenen Befunde zeigten, dass zum Zeitpunkt des Todes sehr hohe Konzentrationen von Kohlenmonoxid-Hämoglobin (CO-Hb: 55%) vorgelegen haben. Diese Befunde sind zwanglos geeignet, den Tod in Folge einer Kohlenmonoxid-Intoxikation zu erklären. Auch bei der Sektion ergaben sich Befunde, die als Hinweis auf eine Kohlenmonoxidvergiftung gewertet werden können (eher hellrote Leichenflecke, lachsfarbene Muskulatur). Außerdem ergaben sich Zeichen des Gelebthabens mit Aspiration von Mageninhalt und Rus bis in die Peripherie der Atemwege sowie Ruß verdächtige Antragungen in der Speiseröhre und dem oberen Abschnitt des Magens. Die Untersuchungen ergaben keinen Hinweis darauf, dass Herr [...] zum Zeitpunkt des Todes unter Einfluss von Alkohol oder anderen zentral wirksamen Substanzen stand. Bei der immunchemischen Voruntersuchung hatten sich Hinweise auf das Vorhandensein von Ecstasy ergeben. Dieser Vorbefund wurde bei der beweissichernden Untersuchung nicht bestätigt. [...]*

*Zusammenfassend ergibt sich somit kein Hinweis darauf, dass Herr [...] zum Zeitpunkt des Todes unter dem Einfluss der o.g. zentral wirksamen Substanzen stand. Die Befunde sprechen für das Vorliegen einer tödlichen Intoxikation mit Kohlenmonoxid.*

*Es war ebenfalls angeregt worden, eine Untersuchung auf Kohlenmonoxid durchzuführen. Da die Proben nicht gasdicht asserviert worden waren, erschien so eine Untersuchung, für die ein Fremdversand erforderlich gewesen wäre, nicht zielführend.“<sup>18</sup>*

---

<sup>18</sup> Sektionsprotokoll vom 21.09.2019 und 20.01.2020, UKE Hamburg, Institut für Rechtsmedizin.

## 4 AUSWERTUNG

Der Unfall ereignete sich aufgrund von Arbeiten am Thermalölssystem mit seinem durch Kraftstoff verunreinigten Öl und dem daraus resultierenden niedrigen Flammpunkt. Was jedoch nicht eindeutig identifiziert werden konnte, war die Zündquelle.

### 4.1 Bewertung der möglichen Unfallursachen

Das Mehrzweckfrachtschiff KELLY wurde nach einer Auftriegszeit von 4 Monaten in das Management der Hansa Shipping LTD-MTA übernommen. Die bei der Übernahme festgestellten Mängel wurden während eines Werftaufenthaltes beseitigt. Unter anderem war das Thermalölssystem durch Kraftstoffeintrag über eine defekte Heizschleife in einem der Kraftstoffvorrattanks stark verunreinigt. Das gesamte System wurde abgelassen, gereinigt, gespült und anschließend mit Frischöl der Marke TEXATHERM 32 von Chevron aufgefüllt. Obwohl eine Kontrolle der Ölqualität nach solchen Maßnahmen vorgeschrieben ist, erfolgte diese nicht.

Auf eine Anfrage an die Chevron Deutschland GmbH, Lieferant des nach der Übernahme des Schiffes genutzten Thermalöls, erhielt die BSU folgende Antwort:

*Bei der „... Kontamination mit Brennstoffen wird empfohlen, die komplette Befüllung des Thermalölsystems auszutauschen. Alle Arten von Brennstoff sind instabil, wenn sie für einen längeren Zeitraum thermischer Belastung ausgesetzt sind. Sie erzeugen Kohlenstoffablagerungen und eine riesige Variation von leichten Fragmenten. Letzterer Aspekt berührt direkt die Sicherheit des Betriebes, da es den Flammpunkt direkt beeinflusst. Die ordnungsgemäße Reinigung und Spülung ist von entscheidender Bedeutung, da die kleinste Menge des Lösungsmittels/des Kraftstoffs (mit dem niedrigen Flammpunkt) im Thermalölssystem, zu einem niedrigen Flammpunkt des gesamten Systems führen kann. Daher wird der Besatzung dringend empfohlen, nach Abschluss der erforderlichen Reparatur- und Reinigungsarbeiten, das gesamte Volumen des Thermalöls durch frisches Öl zu ersetzen. Die meisten OEM<sup>19</sup> bieten spezielle Anweisungen oder Unterstützungsdienste für solche Fälle an.“<sup>20</sup>*

Am 6. September 2019 befand sich die KELLY auf der Reise von Rotterdam, über den Nord-Ostsee-Kanal, nach Kaliningrad. Kurz vor dem Erreichen der Brunsbütteler Schleuse, kam es im Separatorenraum zu einer Explosion mit anschließendem Feuer. Dabei kam ein Besatzungsmitglied ums Leben, zwei weitere wurden schwer verletzt. Das Feuer konnte bordseitig, durch Einleitung von CO<sub>2</sub>, erfolgreich bekämpft werden. Die drei durch das Ereignis unmittelbar betroffenen Personen waren beauftragt, eine verstopfte Leitung des Thermalölsystems zu demontieren und zu reinigen.

Die Bewertung der möglichen Zündquellen und der bei Untersuchung gemachten Feststellungen ergaben:

#### 1. Ölanalysen

Die von der BSU in Auftrag gegebenen Ölanalysen ergaben im Ergebnis einen signifikanten Anteil leichter Anteile einer Dieselfraktion. Das lässt darauf schließen, dass das Thermalöl zu einem erheblichen Grade mit Kraftstoff

<sup>19</sup> OEM: engl. Original Equipment Manufacturer (Originalausrüstungshersteller oder Erstausrüster)

<sup>20</sup> Aus dem Englischen durch die BSU übersetzt.

verunreinigt war. Woher dieser Eintrag in das Thermalöl stammte, konnte nicht eindeutig ermittelt werden. Dahingehend gibt es seitens der Untersucher folgende Theorie:

- Die bei dem ersten Werftaufenthalt eingeleiteten Maßnahmen zum Reinigen des Thermalölsystems beinhalteten das Ablassen und Reinigen des Systems. Laut Aussage der Reederei umfassten die Reinigungsarbeiten eine mechanische Säuberung der verstopften Rohre und das anschließende Spülen mit Heißdampf, um die verbliebenen Rückstände zu lösen. Das ist eine übliche und kostengünstigere Variante als die alleinige Verwendung von Chemikalien oder einem Chemikalien-Dieselmkraftstoff-Gemisch. Im Anschluss wurde das gesamte System final mit Frischöl gespült. Entweder waren die Maßnahmen nicht ausreichend, um alle Ablagerungen zu entfernen oder ein sorgfältiges Spülen mit Frischöl fand nicht statt. Im weiteren Betrieb kam es dann zu weiteren Auswaschungen im System, die dann das Frischöl entsprechend verunreinigten und in ihrer Konsequenz den Flammpunkt weit unter die sichere Betriebsgrenze von 140 °C drückten.

Eine Kontrolle des Öles nach Wiederinbetriebnahme der Anlage bzw. des Wiederaufnehmens des Schiffsbetriebes konnte durch Analyseberichte seitens der Reederei nicht nachgewiesen werden. Die Vorgaben des Anlagenherstellers sind dahingehend, dass das Öl nach längerem Stillstand oder nach Reparaturen zu testen ist und im weiteren Betrieb alle 6 Monate eine Analyse zu erfolgen hat. Eine Testung des Öles hatte es bis zum Unfallzeitpunkt offensichtlich nicht gegeben.

2. *Offene Flamme oder Funke durch den Gebrauch eines Feuerzeuges*  
Diese Hypothese kann verworfen werden, da keine Hinweise im Separatorenraum zu finden waren die darauf hindeuteten, dass zum Zeitpunkt der Explosion und auch zu keinem anderen Zeitpunkt dort geraucht wurde. Das wurde auch durch die Aussage des Zweiten Ingenieurs bestätigt.
3. *Offene Flamme oder Funke durch die Benutzung eines Bunsenbrenners mit Gaskartusche*  
Aufgrund des Standortes des Bunsenbrenners und der Position des Zweiten Ingenieurs und dessen Brandverletzungen, sowie der Brandmerkmale im Eingangsbereich des Separatorenraums, kann davon ausgegangen werden, dass der Bunsenbrenner nicht der Auslöser der Explosion war.
4. *Schaltkasten der Regelventile*  
Der Gutachter des Sachverständigenbüros Herrgesell als auch ein Mitarbeiter des Landeskriminalamtes 45 „Fachkommissariat Brand- und spezielle Unfallgeschehen“, schließen einen explosionsursächlichen Kurzschluss im Schaltschrank aus, halten ihn aber auch nicht für unmöglich. Was die beiden genannten Personen jedoch an der Theorie zweifeln lässt, dass ein Kurzschluss im Schaltkasten ursächlich für das Durchzünden gewesen sein soll, ist die Ausbildung eines Brandtrichters im Bodenbereich gut 1,5 m vom Schaltkasten entfernt. In diesem Bereich befindet sich auch ein stromführender Tanksensor. Im unmittelbaren Umfeld des Schaltkastens ist keinerlei Brandtrichterbildung zu erkennen.

#### 5. Regelventile

Das ausgebaute Rohrleitungsstück wurde zwischen dem Handrad und dem Regelventil entfernt. Nach Verschluss des Handventiles ist die Druckzuführung im System unterbrochen. Bei einer geringen Öffnung des Regelventils (Regelventil war hier augenscheinlich defekt und schloss separat nicht mehr vollständig) konnte der Druck aus dem restlichen Rohrstück entweichen bzw. wurde der Druck im System entspannt und somit konnte sich kein entzündbares Aerosol gebildet haben. Das vorgefundene Brandbild widerspricht auch einer Entzündung in Höhe des Regelventiles.

#### 4.2 Vermeidbarkeit des Unfalls

Die an Bord vorgefundene Lieferpapiere zeigten den mehrmaligen Erhalt von TEXATHERM 32.

- 23.01.2019 1040 L → 5 Fässer à 208 L
- 18.02.2019 1040 L → 5 Fässer à 208 L
- 18.04.2019 416 L → 2 Fässer à 208 L
- 19.06.2019 832 L → 4 Fässer à 208 L
  
- 04.11.2019 2912 L → 14 Fässer á 208 L TEXATHERM 46

Bei der Lieferung am 23.01.2019 gehen die Untersucher der BSU davon aus, dass es sich um die Neubefüllung des Thermalölsystems (ohne Vorratstank) im Zuge der Reparatur in der Werft handelte. Die Lieferung erfolgte kurz vor dem Ende des ersten Werftaufenthaltes Anfang 2019. Diese Menge korrespondiert allerdings nicht mit der von der Reederei gemachten Angabe von 1400 L. Im weiteren Verlauf wurden im Abstand von circa zwei Monaten immer wieder Fässer mit einer Gesamtmenge von 2288 L TEXATHERM 32 geliefert. Selbst bei der Annahme, dass die Lieferung vom 18.02.2019 dem Auffüllen des Vorratstanks zuzuordnen ist, ergibt sich immer noch eine Ölmenge von 1248 L, die bis zum Unfall verbraucht wurde. Da es sich hier um kein Verbrauchsöl handelt und Leckagen im System vom Chief selbst und auch von der Reederei verneint wurden ist davon auszugehen, dass man um die schlechte Qualität des Thermalöls wusste und daher immer wieder Teilmengen getauscht wurden. Diese Annahme würde auch mit der von der Besatzung gemachten Aussage übereinstimmen, dass man mit dem Wissen der einstigen Kontamination des Systems davon ausging, dass Reste des im Thermalöl verbliebenen Kraftstoffes die Leitung zugesetzt hatte. Das wiederum begründete die Demontage des Rohrleitungsstückes am Unfalltag.

#### 4.3 Allgemeine Auswertung von Ölanalysen

Im Wesentlichen erfolgen die Untersuchungen des Thermalöls im Hinblick auf eine erhöhte Brandgefahr, die von einer solchen Anlage ausgehen kann, wenn sich im Öl zu viele leicht brennbare Ölbestandteile gebildet haben. Welche Kriterien anhand einer Ölanalyse beurteilt werden können, ist in untenstehender Tabelle 3 aufgeführt. Sie sind ein wichtiges Instrument zur Überwachung der Wärmeübertragungsöle und der kompletten Anlagen. Schließlich können bei Veränderungen des Öls die Brandgefahr zunehmen oder Schäden auftreten. Die Anlagerung von Ölkohlen an den

Rohrinnenseiten der Kesselanlage kann so auch z.B. zur Zerstörung eines Rohres durch thermische Überlastung führen.

Altert ein Wärmeübertragungsöl überproportional schnell, sind meistens noch unentdeckte Probleme beim Betrieb der Anlage der Grund. So kann es vorkommen, dass eine Anlage mehrmals wöchentlich abgestellt wird, ohne dass das Öl noch durch die Zirkulationspumpe bis zum völligen Erkalten im System bewegt wird. Die Ursache für eine rapide Abnahme der Leistungsfähigkeit eines Öls sollte schnellstens ermittelt werden, denn das vorzeitig gealterte Öl enthält Säuren. Diese können Korrosion hervorrufen. Außerdem entstehen Polymerisationsprodukte, die feste oder pastöse Ablagerungen verursachen.

Gravierende Auswirkungen können auch ein zu schnelles Aufheizen der Ölfüllung oder eine permanent überhöhte Aufheizung des Öles nach sich ziehen. Selbst beim Betrieb unter „normalen“ Bedingungen entstehen im Öl leicht siedende Produkte. Sie „gasen“ meist über das Ausdehnungsgefäß in die Umgebungsluft aus. Wird das Öl aber höher erhitzt, um z.B. die bereits einsetzende Reduzierung der Heizleistung zu kompensieren, kann es regelrecht wie in einer Raffinerie gecrackt werden. Dabei bildet sich ein extrem hoher Anteil von leichtsiedenden Kohlenwasserstoff-Verbindungen, die den Flammpunkt drastisch senken. Darüber hinaus kann das Öl auch im Kessel zu sieden beginnen. Es entsteht ein erhöhter Dampfdruck in der Anlage. Außerdem wird das Öl benzinähnlich dünn und den Zirkulationspumpen droht Ausfall durch Kavitation.

Gleichzeitig mit den Leichtsiedern bleiben hoch siedende Produkte als langkettige Molekülverbindungen übrig. Diese verursachen koksartige Ablagerungen an den Heizflächen und im Rohrsystem. Letztendlich beeinträchtigen sie den Wärmeübergang, behindern die Strömung des Öls und verstopfen die Anlage.

<b>Analysenwerte</b>	<b>Beurteilung</b>	<b>Warn- und Grenzwerte</b>
Verschleißmetalle: Eisen, Kupfer, Blei, Aluminium	Besonders Eisen weist auf Anlagenkorrosion hin. Aluminium informiert über Verschleiß der Zirkulationspumpe, Kupfer und Blei über eventuelle Buntmetallkorrosion.	Fe< 25 Al< 10 Cu, Pb < 5 übrige< 1
Additive: Phosphor, Zink, Schwefel, Kalzium, Barium	Additive sollten im Wärmeträgeröl (mit Ausnahme von geringen Mengen Phosphor) nicht enthalten sein. Falls doch vorhanden: Vermischung oder Rückstände aus dem Prozess	P< 50 übrige< 1
Verunreinigungen: Silizium, Kalium, Natrium, Wasser	Geringe Mengen an Silizium kommen vom Antischaumzusatz. Wasser ist meist nur in Anlagen zu finden, die häufig stillstehen. Es muss schonend durch langsames Aufheizen ausgedampft werden.	Si< 5 Na, K < 2 H <sub>2</sub> O 0,05%
Ölzustand: Vis. 40°, 100 °C, VI, Oxidation, Farbe	Das Öl darf durch Crack-Produkte nicht zu "dünn" oder durch Oxidationsprodukte nicht zu "dick" werden. Das FT-IR zeigt eventuelle Oxidation. Das Aussehen und die Farbe sollen bei Trendanalysen nicht deutlich von der vorherigen Probe abweichen.	Vis.:+/- 10% Oxi.:10 A/cm Farbe6
Neutralisationszahl (NZ), Acid Number (AN)	Öl wird zunehmend "sauer", NZ steigt durch die Einlagerung von Sauerstoffmolekülen und gibt so weitere deutliche Hinweise auf Ölalterung	NZ: < 0,25mgKO/g
Flammpunkt	Der Flammpunkt sinkt durch leicht flüchtige Ölbestandteile. Ein zu niedriger Flammpunkt fördert das Brandrisiko für eine Anlage.	> 100°C
Koksrückstand nach Conradson	Koksrückstand weist auf die Gefahr einer Bildung von Ablagerungen hin, die besonders im Kesselbereich auch unter Luftabschluss entstehen und die nicht durch Ölwechsel entfernt werden können.	< 0,5%

Tabelle 3: Analysewerte und Beurteilung von Thermalölproben

Ein fortgeschrittener Alterungsprozess und/oder das Cracken bei erhöhten Temperaturen verändern die Viskosität des Wärmeträgermediums. Bei der Ölalterung steigt sie in der Regel an, bei einem gecrackten Öl mit einem reduzierten Flammpunkt sinkt sie. Weil sich diese Prozesse zum Teil überlagern, muss die Viskositätsbestimmung mit anderen Analyseverfahren komplettiert werden. Ist die geforderte Viskosität nicht mehr vorhanden, passt die Abstimmung der Umwälzpumpen nicht mehr. Dies kann die Leistung der gesamten Anlage beeinträchtigen. Wichtige Kriterien sind z.B.:

- ein reduzierter Flammpunkt als Nachweis von Leichtsiedern aus einem evtl. Crackvorgang
- die Oxidation und die Neutralisationszahl als Kennwerte für die Alterung bzw. die verbliebene Leistungsfähigkeit des Öles
- der Koksrückstand nach Conradson, mit dem koksartige Rückstände und der Verdacht auf Hochsieder durch einen Crackprozess nachgewiesen werden.

#### **4.4 Sicherheitsmanagement der Reederei**

Durch die Reederei wurde das Safety Management Manual (SMM) sowie sich das daraus ableitende Fleet Procedures Manual (FPM) zur Verfügung gestellt. Die im SMM ausgewiesene Arbeitssprache ist Englisch. Dieses wurde auch auf der ersten Seite des Schiffstagebuches vermerkt. Teile der Manuals waren jedoch zusätzlich in russischer Sprache verfasst. Auf Nachfrage gab die Reederei als Grund an, dass man so sicherstellen möchte, dass alle Besatzungsmitglieder die relevanten Passagen in ihrer Muttersprache verstehen können. Dies wiederum bestätigte die Feststellung, dass das Englisch nicht bei allen Crewmitgliedern gleich gut bzw. fast gar nicht ausgeprägt war. Selbiger Eindruck ergab sich schon bei der Befragung der Zeugen.

Laut FPM liegt beim dem Kapitän und bei dem Leitende Ingenieur die Verantwortung, wann immer nötig, eine Gefährdungsanalyse (Risk Assessment) durchzuführen. Die Gefährdungsbeurteilung ist das Verfahren zur Beurteilung von Gesundheits- und Sicherheitsgefährdungen der Arbeitnehmer, die aus Gefahren am Arbeitsplatz resultieren. Sie ist eine systematische Untersuchung aller Aspekte der Arbeit, um herauszufinden:

- wodurch Verletzungen oder Schäden verursacht werden können,
- wie die Gefahren beseitigt werden können und, falls dies nicht möglich ist,
- welche Präventions- oder Schutzmaßnahmen zur Begrenzung der Gefährdungen vorhanden sind oder sein sollten.

Wird diese Analyse – der Ausgangspunkt eines Ansatzes zum Gesundheits- und Sicherheitsmanagement – nicht sorgfältig oder überhaupt nicht durchgeführt, können auch die entsprechenden Maßnahmen nicht identifiziert oder umgesetzt werden.

Bei Sichtung der an Bord befindlichen Unterlagen waren weder für den Maschinen- noch den Decksbereich Gefährdungsanalysen vorhanden. Dieser Fakt stellt das generelle Bewusstsein für Sicherheit an Bord in Frage. Das bordseitige Nichteinhalten

des FPM führte auch landseitig von der dafür zuständigen Person (DPA<sup>21</sup>) zu keinen Aufforderungen, Kontrollen oder Nachfragen.

Bei der Begehung des Unfallortes wurden auch die im Sicherheitsplan ausgewiesenen Rettungsmittel und -wege inspiziert. Die Rettungsmittel, einschließlich der Brandschutzanzüge, befanden sich an den dafür vorgesehenen und ausgewiesenen Plätzen und waren in ordnungsgemäßem Zustand. Der im Sicherheitsplan mit einem durchgehend grünen Pfeil gekennzeichnete primäre Rettungsweg, ist auch der von den Rettern gewählte Ausgang aus dem Maschinenraum. Der mit einem gestrichelten grünen Pfeil gekennzeichnete sekundäre Rettungsweg, führte über einen Schacht aus dem Maschinenraum hinaus. Die Distanz vom Separatorenraum hin zu diesem schachtartigen Notausstieg war mit 3,40 m um ein Vielfaches kürzer und wäre grundsätzlich auch einfacher zu passieren gewesen, als der gewählte Fluchtweg. Einer Bergung der Verletzten über diesen Weg wäre aber an dem Fehlen eines für einen derartigen Notausstieg vorgeschriebenen Gurt- bzw. Bergungssystem gescheitert. In diesem Zusammenhang ist festzustellen, dass das Anlegen eines Gurtes um eine bewusstlose Person mit Sicherheit zeitaufwändiger gewesen wäre. Wenn jedoch dieser Rettungsweg die einzige Möglichkeit ist, um aus dem brennenden Maschinenraum herauszukommen, muss ungeachtet des Mehraufwandes die Flucht und damit einhergehend auch der Abtransport bewusstloser Personen sichergestellt sein. Da die Nutzung des sekundären Rettungsweges in diesem Falle nicht in Betracht kam und auch keinen Einfluss auf den Rettungsverlauf hatte, soll in dem Bericht von einer Sicherheitsempfehlung abgesehen werden.

---

<sup>21</sup> DPA: Designated Person Ashore - Gemäß dem ISM-Code spielt die designierte Person an Land (DPA) eine Schlüsselrolle bei der effektiven Implementierung eines Sicherheitsmanagementsystems und übernimmt die Verantwortung für die Überprüfung und Überwachung aller Sicherheits- und Umweltschutzmaßnahmen.

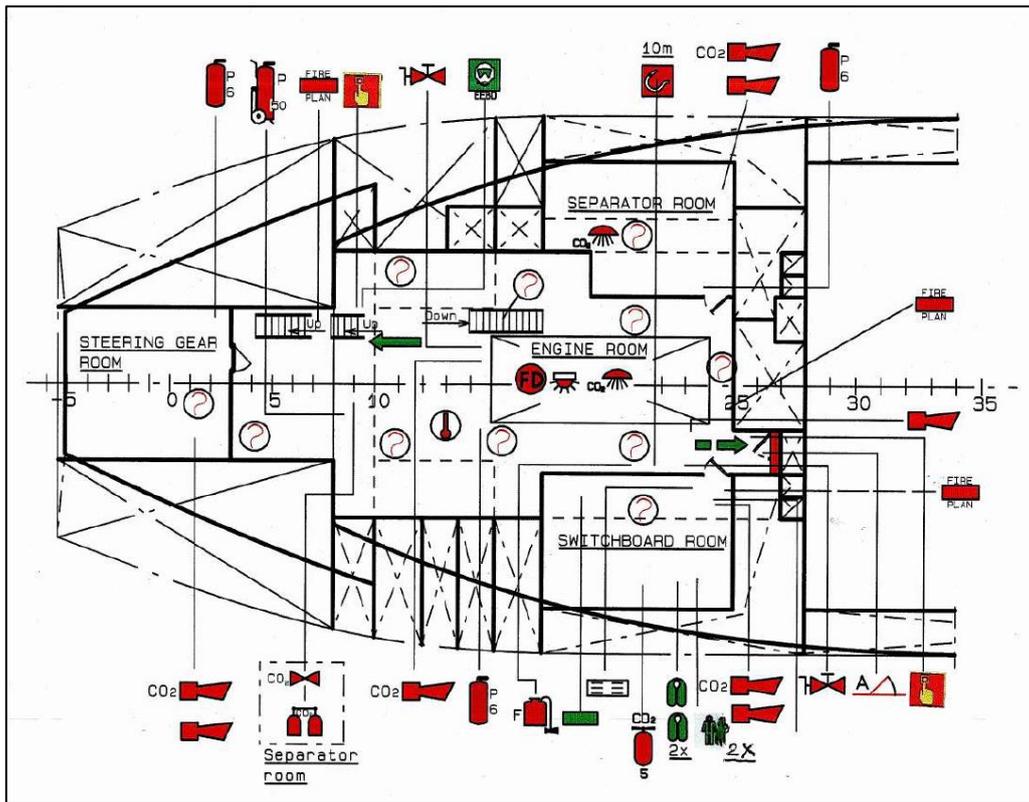


Abbildung 31: Ausschnitt aus dem Safety Plan

#### 4.5 Hafenstaatenkontrollen und Inspektion durch die Klassifikationsgesellschaft

Laut den Unterlagen der Klassifikationsgesellschaft ist die KELLY am 11. Januar 2019, mit der Wirkung zum 30. Januar 2019, von der Klasse aufgenommen worden. Dieses erfolgte im Zusammenhang mit der Übernahme in das Management von Hansa Shipping. Mit der Widerinfahrtsetzung des Schiffes wurden alle Zertifikate ohne Einschränkungen ausgestellt.

Im Zuge der Untersuchung wurde die Klassifikationsgesellschaft gefragt, wie konkret die Vorschriften aussehen für:

- Die Wiederinbetriebnahme von Thermalölkesseln nach längerer Stillstandzeit und
- nach Wiederinbetriebnahme von Thermalölkesseln nach Reparaturen.

Konkret wurde auf die Anfrage nur in Teilen eingegangen. Es wurde seitens RINA auf die Regularien und Instruktionen des allgemeinen Boiler Survey verwiesen. Nach Sichtung der zur Verfügung gestellten Unterlagen, enthält die Inspektion durch den Surveyor auch eine Kontrolle der Analyse des Wärmeträgeröles, das allerdings nur für die jährliche Besichtigung.

Die KELLY wurde bis zum Unfallzeitpunkt einmal, am 21. Februar 2019, durch die baltische Hafenstaatenkontrolle inspiziert. Dabei wurden keine Mängel festgestellt.

## 5 DURCHGEFÜHRTE MAßNAHMEN

Da sich offensichtlich kein positiver Trend in den Analysen einstellen wollte, hatte sich die Reederei entschieden Ende Februar 2020 eine chemische Reinigung des Thermalölsystems durch die in Aalborg ansässige Firma GLOBAL BOILER durchführen zu lassen. Dabei wurde ein Reinigungssystem mit dem Kesselsystem des Schiffes verbunden und dieses mit rund 1300 L herkömmlichen Dieselöl und 300 L Carbon Remover<sup>22</sup> befüllt. Nachdem man diese Lösung 15 Stunden hat zirkulieren lassen, wurden zur Optimierung des Reinigungsergebnisses weitere 100 L Carbon Remover hinzugefügt. Dieses Gemisch wurde dann für weitere 6 – 8 Stunden im Umlauf gebracht. Das Ergebnis fand sich als Rückstände in den Filtermatten und im Bodenbereich des Reinigungstanks wieder. Als Empfehlung sprach die Firma eine sorgfältige Spülung des Systems aus, um alle Rückstände von Diesel und Chemikalien zu entfernen. Ferner wurde empfohlen, dass Thermalöl nach der Reinigungsprozedur regelmäßig zu testen bzw. analysieren zu lassen. Ob und mit welchem Ergebnis dies durchgeführt wurde, entzieht sich der Kenntnis der BSU.



Quelle: Global Boiler Aalborg A/S

Abbildung 32: Rückstände in den Filtermatten

<sup>22</sup> Unitor <sup>TM</sup>Carbon Remover<sup>TM</sup>: ist ein leistungsstarkes, nicht korrosives Lösungsmittel bzw. Reiniger zur Entfernung von Kohlenstoffablagerungen.

Quelle: Global Boiler Aalborg A/S



Abbildung 33: Rückstände im Reinigungstank

## **6 SCHLUSSFOLGERUNGEN**

Durch die Untersuchungen der BSU konnten zweifelsfrei die Verunreinigungen im Thermalöl als Unfallursache identifiziert werden. Weiter wurden fünf mögliche Zündquellen für die Explosion im Separatorenraum der KELLY herausgearbeitet:

1. Offene Flamme oder Funke durch den Gebrauch eines Feuerzeuges
2. Offene Flamme oder Funke durch die Benutzung eines Bunsenbrenners
3. Kurzschluss im Schaltkasten der Regelventile
4. Regelventile
5. Tanksensor

Ein typisches Brandbild mit einem eindeutig ausgebildeten Brandtrichter, konnte im Bodenbereich – 1,5 m entfernt vom Schaltschrank – identifiziert werden. Unmittelbar unterhalb des Trichters befand sich ein stromführender Tanksensor. Basierend darauf, halten die Untersucher den Ausgangsort der Explosion in diesem Bereich für möglich. Da diese Zündquelle erst im weiteren Verlauf der Untersuchung in das Visier geraten ist, konnte der Sensor nicht mehr sichergestellt und einer technischen Prüfung unterzogen werden.

Die Ergebnisse der Thermalölproben ergaben eine erhebliche Verunreinigung mit Kraftstoff. Diese Tatsache hatte einen mitbestimmenden Anteil am Unfallgeschehen. Die Untersucher gehen davon aus, dass es nicht zu einer Explosion bzw. Durchzündung gekommen wäre, wenn das Öl den Parametern des Sicherheitsdatenblattes entsprochen hätte und sehen es als erwiesen an, dass das verunreinigte Thermalöl ursächlich für den Unfall am 06. September 2019 war.

Was jedoch unstrittig und eindeutig festgestellt werden konnte ist die Tatsache, dass wenn ein Bewusstsein für das Gefahrenpotential des mit Kraftstoff verunreinigten Thermalöls vorhanden gewesen wäre, dieser Unfall hätte vermieden werden können.

## **7 SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN**

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

### **7.1 Hansa Shipping**

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt der Reederei Hansa Shipping, die in ihrem Sicherheits- und Flottenverfahrenshandbuch (Chapter 19: Risk Management, Section 0, Subitem 3.2 Risk Analysis) festgelegten Anforderungen zu beachten und zu befolgen. Das gilt für den Bord- als auch für den Reedereibetrieb.

### **7.2 Hansa Shipping**

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt der Reederei Hansa Shipping, alle Qualitätsunterlagen vollständig in englischer und sofern es Sprachdefizite der Besatzung erforderlich machen, auch vollständig in russischer Sprache zu erstellen.

### **7.3 Hansa Shipping**

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt der Reederei Hansa Shipping, die durch den Lieferanten des Wärmeträgeröles im Sicherheitsdatenblatt vorgegebenen Regularien hinsichtlich der Testung des Öles nach Reparaturen zu befolgen.

### **7.4 Hansa Shipping**

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt der Reederei Hansa Shipping, ihr Flottenverfahrenshandbuch (Chapter 10: Maintenance, Section 0, Subitem 3.2.3 Lubrication Oil Samples) dahingehend zu ergänzen, dass auch eine Beprobung des Thermalöles im Intervall von 6 Monaten zu erfolgen hat.

### **7.5 Klassifikationsgesellschaft RINA**

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt der Klassifikationsgesellschaft RINA, die Regularien dahingehend zu konkretisieren, dass nach Reparatur und/oder längerer Stillstandzeit der Kesselanlage der Klassifikationsgesellschaft eine Qualitätsanalyse des Wärmeträgeröles vorzulegen ist.

## **8 QUELLENANGABEN**

- Ermittlungen Wasserschutzpolizei (WSP)
- Schriftliche Erklärungen/Stellungnahmen
  - Schiffsführung
  - Reederei
  - Klassifikationsgesellschaft
- Zeugenaussagen
- Gutachten/Fachbeitrag
- Seekarten und Schiffsdaten Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- Amtliches Wettergutachten Deutscher Wetterdienst (DWD)
- Radaraufzeichnungen Schiffssicherungsdienste/Verkehrszentralen (VTS)
- Unterlagen Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft (BG Verkehr)
  - Unfallverhütungsvorschriften (UVV-See)
  - Richtlinien und Merkblätter
  - Schiffsakten

## 9 ANLAGEN

### 9.1 Sicherheitsdatenblatt Texatherm 32, 46



# Sicherheitsdatenblatt

**ABSCHNITT 1 BEZEICHNUNG DES STOFFS BZW. DES GEMISCHS UND DES UNTERNEHMENS**

**1.1 Produktkennzeichnung**  
**Texatherm 32, 46**

Produktnummer(n): 001507, 021159, 219352, 219353, 801507, 821159

**1.2 Relevante identifizierte Verwendungen des Stoffs oder Gemischs und Verwendungen, von denen abgeraten wird**  
 Identifizierten Verwendungen: Öl für technische Zwecke

**1.3 Einzelheiten zum Lieferanten, der das Sicherheitsdatenblatt bereitstellt**  
 Chevron Belgium NV  
 Technologiepark-Zwijnaarde 2  
 B-9052 Gent  
 Belgium  
 E-Mail : eumsds@chevron.com

**1.4 Notrufnummer**  
**Notfallmaßnahmen bei einem Unfall auf dem Transportweg**  
 Europa: 0044/(0)18 65 407333  
**Gesundheitlicher Notfall**  
 Europa: 0044/(0)18 65 407333  
**Angaben zum Produkt**  
 Angaben zum Produkt: FAX number: 0032/(0)9 293 72 22

**ABSCHNITT 2 MÖGLICHE GEFAHREN**

**2.1 Einstufung des Stoffs oder Gemischs**

**EINSTUFUNG GEMÄSS CLP:**Chronische aquatische Toxizität: Kategorie 3, H412.

**2.2 Komponenten für die Etikettierung**  
 Gemäß den Kriterien die Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP):

---

Überarbeitungsnummer: 1	1 of 11	Texatherm 32, 46
Überarbeitungsdatum: NOVEMBER 11, 2015		SDS : 27108

Abbildung 34: Auszug aus dem Sicherheitsdatenblatt

**GEFAHRENHINWEISE:**

**Umweltgefahren:** Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung (H412).

- enthält: Arylamin. Kann allergische Reaktionen hervorrufen.

**VORSICHTSHINWEISE:**

**Vermeidung:** Freisetzung in die Umwelt vermeiden (P273).

**Entsorgung:** Entsorgung des Inhalts / des Behälters gemäß den örtlichen / regionalen / nationalen / internationalen Vorschriften (P501).

**2.3 Sonstige Gefahren**

Dieses Produkt ist keine - oder enthält keine - Substanz, die ein potenzieller PBT- oder vPvB-Stoff ist.

**ABSCHNITT 3 ZUSAMMENSETZUNG / ANGABEN ZU BESTANDTEILEN****3.2 Gemische**

Dieser Stoff ist eine Mischung.

KOMPONENTEN	CARN	EG-Nummer	REGISTRIERUNGSNUMMER	EINSTUFUNG GEMÄSS CLP	BETRAG
Hoch raffiniertes Mineralöl (C15-C50)	Gemisch	*	***	Keine	70 - 99 Gew.-%
Hoch raffiniertes Mineralöl (C15-C50)	Gemisch	*	**	Asp. Tox. 1/H304	30 - 80 Gew.-%
Alkylphenol	Gemisch	Vertraulich	**	Aquatic Acute 1/H400; Aquatic Chronic 1/H410	0.1 - 1.0 Gew.-%
Arylamin	Gemisch	Proprietär	**	Aquatic Acute 1/H400; Aquatic Chronic 1/H410; Acute Tox. 4/H302	0.1 - 1 Gew.-%

Der vollständige Wortlaut aller CLP H-angaben kann in Abschnitt 16 gefunden werden.

\*Enthält mindestens eine der folgenden EINECS-Nummern: 265-090-8, 265-091-3, 265-096-0, 265-097-6, 265-098-1, 265-101-6, 265-155-0, 265-156-6, 265-157-1, 265-158-7, 265-159-2, 265-160-8, 265-161-3, 265-166-0, 265-169-7, 265-176-5, 276-735-8, 276-736-3, 276-737-9, 276-738-4, 278-012-2.

\*\*Nicht verfügbar oder der Stoff muss aktuell nicht nach REACH registriert werden

\*\*\* Enthält eine oder mehrere der folgenden REACH-Registriernummern: 01-2119488706-23,

Überarbeitungsnummer: 1

2 of 11

Texatherm 32, 46

Überarbeitungsdatum: NOVEMBER 11, 2015

SDS : 27108

Abbildung 35: Auszug aus dem Sicherheitsdatenblatt

01-2119487067-30, 01-2119487081-40, 01-2119483621-38, 01-2119480374-36, 01-2119488707-21, 01-2119467170-45, 01-2119480375-34, 01-2119484627-25, 01-2119480132-48, 01-2119487077-29, 01-2119489287-22, 01-2119480472-38, 01-2119471299-27, 01-2119485040-48, 01-2119555262-43, 01-2119495601-36, 01-2119474889-13, 01-2119474878-16.

#### ABSCHNITT 4 ERSTE-HILFE-MASSNAHMEN

##### 4.1 Beschreibung der Erste-Hilfe-Maßnahmen

**Augen:** Es sind keine besonderen Erste-Hilfe-Maßnahmen notwendig. Als Vorsichtsmaßnahme gegebenenfalls Kontaktlinsen herausnehmen und die Augen mit Wasser spülen.

**Haut:** Es sind keine besonderen Erste-Hilfe-Maßnahmen notwendig. Als Vorsichtsmaßnahme kontaminierte Kleidung und Schuhe ausziehen. Das Material mit Wasser und Seife von der Haut abwaschen. Kontaminierte Kleidung und Schuhe entsorgen oder gründlich reinigen.

**Verschlucken:** Es sind keine besonderen Erste-Hilfe-Maßnahmen notwendig. Kein Erbrechen einleiten. Als Vorsichtsmaßnahme ärztliche Hilfe herbeiziehen.

**Einatmen:** Es sind keine besonderen Erste-Hilfe-Maßnahmen notwendig. Wenn übermäßige Konzentrationen in der Luft vorhanden sind, die gefährdete Person an die frische Luft bringen. Ärztliche Hilfe herbeiziehen, wenn Husten oder Atembeschwerden auftreten.

##### 4.2 Wichtigste akute und verzögert auftretende Symptome und Wirkungen

###### AKUTE SYMPTOME UND WIRKUNGEN

**Augen:** Anhaltende oder signifikante Augenreizung ist nicht zu erwarten.

**Haut:** Von der Berührung mit der Haut sind keine Gesundheitsschäden zu erwarten.

**Verschlucken:** Wird beim Verschlucken nicht als gesundheitsschädlich angesehen.

**Einatmen:** Wird nicht als gesundheitsschädlich beim Einatmen angesehen. Enthält ein Mineralöl auf Petroleumbasis. Kann nach anhaltendem oder wiederholten Einatmen der Ölnebel Reizung der Atmungsorgane oder andere Lungenschäden verursachen, wenn die Konzentrationen in der Luft über der empfohlenen Belastungsgrenze für Mineralölnebel liegen. Zu den Symptomen von Reizungen der Atmungsorgane gehören Husten und Atemschwierigkeiten.

**VERZÖGERTE ODER ANDERE SYMPTOME UND WIRKUNGEN:** Nicht eingestuft.

##### 4.3 Hinweise auf ärztliche Soforthilfe oder Spezialbehandlung

Nicht zutreffend.

#### ABSCHNITT 5 MASSNAHMEN ZUR BRANDBEKÄMPFUNG

##### 5.1 Löschmittel

Zum Löschen von Flammen Wasserebbe, Schaum, Löschpulver oder Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) verwenden.

##### 5.2 Besondere vom Stoff oder Gemisch ausgehende Gefahren

**Verbrennungsprodukte:** Äußerst abhängig von den Bedingungen unter denen ein Verbrennen stattfindet. Wenn dieses Material verbrennt, entwickelt sich eine komplexe Mischung aus Schwebstoffen, Flüssigkeiten, Gasen, einschließlich Kohlendioxid, und unbestimmten organischen Verbindungen.

Überarbeitungsnummer: 1

3 of 11

Texatherm 32, 46

Überarbeitungsdatum: NOVEMBER 11, 2015

SDS : 27108

Abbildung 36: Auszug aus dem Sicherheitsdatenblatt

**BEGRENZUNG UND ÜBERWACHUNG DER UMWELTEXPOSITION:**

Siehe einschlägige Gemeinschaftsrechtsvorschriften bezüglich Umweltfragen oder, soweit zutreffend, Anhang.

**ABSCHNITT 9 PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE EIGENSCHAFTEN**

Achtung: Bei den nachfolgend angegebenen Daten handelt es sich um typische Werte; sie stellen keine Spezifikation dar.

**9.1 Angaben zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Eigenschaften****Aussehen**

Farbe: Farblos bis gelb

Aggregatzustand: Flüssigkeit

Geruch: Erdölgeruch

Geruchsschwelle: Keine Daten verfügbar

pH-Wert: Nicht zutreffend

Schmelzpunkt: Keine Daten verfügbar

Erstarrungspunkt: Nicht zutreffend

Siedebeginn: >315°C (599°F)

Flammpunkt: (Offener Tiegel nach Cleveland) 200 °C (392 °F) (Min.)

Verdampfungsgeschwindigkeit: Keine Daten verfügbar

Flammpunkt (Feststoff, Gas): Keine Daten Verfügbar

Entflammbarkeits-(Explosiv) Bereich (Vol.% in Luft):

Unterer/Untere/Unteres: Nicht zutreffend Oberer/Obere/Oberes: Nicht zutreffend

Dampfdruck: <0.01 mm Hg @ 37.8 °C (100 °F)

Dampfdichte (Luft = 1): >1

Dichte: 0.87 kg/l @ 15°C (59°F)

Löslichkeit: Löslich in organischen Lösemitteln; unlöslich in Wasser

Verteilungskoeffizient: n-Octanol/Wasser: Keine Daten verfügbar

Selbstentzündungstemperatur: Keine Daten verfügbar

Zersetzungstemperatur: Keine Daten verfügbar

Viskosität: 41.40mm<sup>2</sup>/s @ 40°C (104°F) (Min.)

Explosive Eigenschaften: Keine Daten Verfügbar

Oxidierende Eigenschaften: Keine Daten Verfügbar

9.2 Sonstige Angaben: Keine Daten Verfügbar

**ABSCHNITT 10 BESTÄNDIGKEIT UND REAKTIVITÄT**

10.1 **Reaktivität:** Kann mit starken Säuren oder starken Oxidationsmitteln wie Chloraten, Nitraten, Peroxiden usw. reagieren.

10.2 **Chemische Beständigkeit:** Dieses Material wird unter normalen Umgebungstemperaturen und -druckbedingungen bei der Lagerung und Handhabung als stabil angesehen.

10.3 **Möglichkeit gefährlicher Reaktionen:** Es tritt keine gefährliche Polymerisation auf.

10.4 **Zu vermeidende Bedingungen:** Nicht zutreffend

10.5 **Unverträgliche Materialien:** Nicht zutreffend

Überarbeitungsnummer: 1

6 of 11

Texatherm 32, 46

Überarbeitungsdatum: NOVEMBER 11, 2015

SDS : 27108

Abbildung 37: Auszug aus dem Sicherheitsdatenblatt

10.6 Gefährliche Zersetzungsprodukte: Keine bekannt (Keine erwartet)

#### ABSCHNITT 11 ANGABEN ZUR TOXIKOLOGIE

##### 11.1 Angaben zu toxikologischen Wirkungen

**Schwere Augenschädigung/ -reizung:** Die Bewertung der Gefahr von Augenreizungen beruht auf Daten Produktkomponenten.

**Ätz-/Reizwirkung auf die Haut:** Die Bewertung der Gefahr von Hautreizungen beruht auf Daten Produktkomponenten.

**Hautsensibilisierung:** Die Bewertung des Hautsensibilisierungspotentials beruht auf Daten Produktkomponenten.

**Akute dermale Toxizität:** Die Bewertung der akuten dermalen Toxizität beruht auf Daten Produktkomponenten.

**Schätzung der akuten Toxizität (Haut):** Nicht zutreffend

**Akute orale Toxizität:** Die Bewertung der akuten oralen Toxizität beruht auf Daten Produktkomponenten.

**Schätzung der akuten Toxizität (oral):** Nicht zutreffend

**Akute Toxizität nach Einatmen:** Die Bewertung der akuten Toxizität nach Einatmen beruht auf Daten Produktkomponenten.

**Schätzung der akuten Toxizität (Einatmen):** Not Applicable

**Keimzell-Mutagenität:** Die Gefahreinschätzung basiert auf Daten für Bestandteile oder für ein ähnliches Material.

**Karzinogenität:** Die Gefahreinschätzung basiert auf Daten für Bestandteile oder für ein ähnliches Material.

**Reproduktionstoxizität:** Die Gefahreinschätzung basiert auf Daten für Bestandteile oder für ein ähnliches Material.

**Spezifische Zielorgan-Toxizität - Einmalige Exposition:** Die Gefahreinschätzung basiert auf Daten für Bestandteile oder für ein ähnliches Material.

**Spezifische Zielorgan-Toxizität - Wiederholte Exposition:** Die Gefahreinschätzung basiert auf Daten für Bestandteile oder für ein ähnliches Material.

**Aspirationstoxizität:** Keine Daten verfügbar

##### ERGÄNZENDE TOXIKOLOGISCHE ANGABEN:

Gemäß Richtlinie 94/69/EG (21. Anpassung der DSD), Nota L, Bezug IP 346/92:

„DMSO-Extraktionsmethode“ Wir haben festgestellt, dass die Ausgangsöle in dieser Zubereitung nicht

Überarbeitungsnummer: 1

7 of 11

Texatherm 32, 46

Überarbeitungsdatum: NOVEMBER 11, 2015

SDS : 27108

Abbildung 38: Auszug aus dem Sicherheitsdatenblatt

## 9.2 SGS Prüfbericht der Ölproben

																																																										
<p><b>Prüfbericht: SP19-04411.001 Revision: 1</b>  <b>** Dieser Bericht annulliert und ersetzt das von SGS ausgefertigte Protokoll Nr. SP19-04411.001 vom 07/Jan/2020. **</b></p>		<p>Datum: 15/Jan/2020                  Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung                  Bernhard-Nocht-Str. 78                  Büren                  GERMANY                  33142</p>																																																								
<p><small>Die Ergebnisse in diesem Bericht beziehen sich auf die untersuchten Proben, wenn nicht anders vermerkt. Alle Untersuchungen wurden nach den neuesten Ausgaben der Normen durchgeführt, außer wenn eine Datierung genannt ist. Für die Ergebnisse gelten die in der Norm genannten Präzisionsangaben, die auf Anforderung berechnet werden. Beim Vergleich der Werte mit Spezifikationen oder anderen Anforderungen sind die in ISO 4269, ASTM D 3244, IP 367 und IP Anhang E genannten Erläuterungen und Verfahren zu berücksichtigen. Prüfberichte werden als pdf-Datei ohne Unterschrift versendet. Ein unterschriebenes Exemplar kann jederzeit angefordert werden. Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die auf Anfrage erhältlich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbeschränkung Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.</small></p> <p><small>Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die „Erkenntnisse“) beziehen, wurde(n) durch den Kunden oder durch im Auftrage des Kunden handelnde Dritte entnommen. Die Erkenntnisse geben keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle aus der die Probe angeblühtatsächlich entnommen wurde.</small></p> <p><small>Nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die DAkkS akkreditiertes Prüflaboratorium. Die hier berichteten Ergebnisse wurden im Rahmen der Akkreditierungsbedingungen ermittelt, mit Ausnahme der mit Stern (*) gekennzeichneten Untersuchungen, die nicht im Bereich der Akkreditierung dieses Labores liegen.</small></p>																																																										
<p>193414390</p> <table border="0" style="width:100%;"> <tr> <td style="width:33%;">KUNDENAUFTRAGSNR.:</td> <td style="width:33%;">nicht vorhanden</td> <td style="width:33%;">SGS AUFTRAGSNUMMER:</td> <td style="width:33%;">55722753_5191925</td> </tr> <tr> <td>KUNDENIDENTIFIKATION :</td> <td>Probe 1</td> <td>SCHIFF:</td> <td>Kelly</td> </tr> <tr> <td>STANDORT:</td> <td>Brunsbüttel</td> <td>PRODUKTBESCHREIBUNG:</td> <td>Frischöl - Texatherm 32</td> </tr> <tr> <td>HERKUNFT DER PROBE:</td> <td>Storage Tank</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROBENTYP:</td> <td>Wie übergeben</td> <td>PROBENEHMER:</td> <td>Kunde</td> </tr> <tr> <td>PROBENAHMEN:</td> <td>07/Sep/2019 09:28</td> <td>ERHALTEN AM:</td> <td>04/Dez/2019 09:30</td> </tr> <tr> <td>ANALYSIERT:</td> <td>05/Dez/2019 08:55 - 15/Jan/2020 13:24</td> <td>ABGESCHLOSSEN:</td> <td>15/Jan/2020 13:24</td> </tr> <tr> <td>TEIL-PROBE :</td> <td>[1: 250 ml Glas Flasche]</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROBENKOMMENTAR:</td> <td>Cargo/Containership IMO:9255622</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				KUNDENAUFTRAGSNR.:	nicht vorhanden	SGS AUFTRAGSNUMMER:	55722753_5191925	KUNDENIDENTIFIKATION :	Probe 1	SCHIFF:	Kelly	STANDORT:	Brunsbüttel	PRODUKTBESCHREIBUNG:	Frischöl - Texatherm 32	HERKUNFT DER PROBE:	Storage Tank			PROBENTYP:	Wie übergeben	PROBENEHMER:	Kunde	PROBENAHMEN:	07/Sep/2019 09:28	ERHALTEN AM:	04/Dez/2019 09:30	ANALYSIERT:	05/Dez/2019 08:55 - 15/Jan/2020 13:24	ABGESCHLOSSEN:	15/Jan/2020 13:24	TEIL-PROBE :	[1: 250 ml Glas Flasche]			PROBENKOMMENTAR:	Cargo/Containership IMO:9255622																					
KUNDENAUFTRAGSNR.:	nicht vorhanden	SGS AUFTRAGSNUMMER:	55722753_5191925																																																							
KUNDENIDENTIFIKATION :	Probe 1	SCHIFF:	Kelly																																																							
STANDORT:	Brunsbüttel	PRODUKTBESCHREIBUNG:	Frischöl - Texatherm 32																																																							
HERKUNFT DER PROBE:	Storage Tank																																																									
PROBENTYP:	Wie übergeben	PROBENEHMER:	Kunde																																																							
PROBENAHMEN:	07/Sep/2019 09:28	ERHALTEN AM:	04/Dez/2019 09:30																																																							
ANALYSIERT:	05/Dez/2019 08:55 - 15/Jan/2020 13:24	ABGESCHLOSSEN:	15/Jan/2020 13:24																																																							
TEIL-PROBE :	[1: 250 ml Glas Flasche]																																																									
PROBENKOMMENTAR:	Cargo/Containership IMO:9255622																																																									
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:35%;">EIGENSCHAFT:</th> <th style="width:20%;">METHODE</th> <th style="width:25%;">ERGEBNIS: EINHEIT:</th> <th style="width:10%;">MIN</th> <th style="width:10%;">MAX</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Konjugierte Diene und Styrol / GC-MS *</td> <td>SGS M1786</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dien-Gehalt *</td> <td></td> <td>siehe % (m/m)</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><i>Kommentar</i></td> </tr> <tr> <td colspan="5"><i>(Ergebnis: In der Probe wurden eine Vielzahl an leichtflüchtigen Komponenten der Substanzklassen Paraffine, Naphthene und Aromaten identifiziert.)</i></td> </tr> <tr> <td>Dichte bei 20 °C</td> <td>ASTM D4052-18a</td> <td>831,0 kg/m³</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>Temperatur *</td> <td>Visual</td> <td>22 °C</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>Aussehen *</td> <td>Visual</td> <td>trüb, ---</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Feststoffe, frei von ungelöstem Wasser</td> </tr> <tr> <td>Farbzahl</td> <td>DIN ISO 2049:2002</td> <td>D 8.0 --</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>Cleveland Flash Point (Open cup) *</td> <td>DIN EN ISO 2592:2018</td> <td>&lt;140 °C</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> </tbody> </table>				EIGENSCHAFT:	METHODE	ERGEBNIS: EINHEIT:	MIN	MAX	Konjugierte Diene und Styrol / GC-MS *	SGS M1786				Dien-Gehalt *		siehe % (m/m)	--	--	<i>Kommentar</i>					<i>(Ergebnis: In der Probe wurden eine Vielzahl an leichtflüchtigen Komponenten der Substanzklassen Paraffine, Naphthene und Aromaten identifiziert.)</i>					Dichte bei 20 °C	ASTM D4052-18a	831,0 kg/m³	--	--	Temperatur *	Visual	22 °C	--	--	Aussehen *	Visual	trüb, ---	--	--	Feststoffe, frei von ungelöstem Wasser					Farbzahl	DIN ISO 2049:2002	D 8.0 --	--	--	Cleveland Flash Point (Open cup) *	DIN EN ISO 2592:2018	<140 °C	--	--
EIGENSCHAFT:	METHODE	ERGEBNIS: EINHEIT:	MIN	MAX																																																						
Konjugierte Diene und Styrol / GC-MS *	SGS M1786																																																									
Dien-Gehalt *		siehe % (m/m)	--	--																																																						
<i>Kommentar</i>																																																										
<i>(Ergebnis: In der Probe wurden eine Vielzahl an leichtflüchtigen Komponenten der Substanzklassen Paraffine, Naphthene und Aromaten identifiziert.)</i>																																																										
Dichte bei 20 °C	ASTM D4052-18a	831,0 kg/m³	--	--																																																						
Temperatur *	Visual	22 °C	--	--																																																						
Aussehen *	Visual	trüb, ---	--	--																																																						
Feststoffe, frei von ungelöstem Wasser																																																										
Farbzahl	DIN ISO 2049:2002	D 8.0 --	--	--																																																						
Cleveland Flash Point (Open cup) *	DIN EN ISO 2592:2018	<140 °C	--	--																																																						
<p><i>ZEICHNUNGSBERECHTIGTER</i></p>																																																										
<p>i.V. STEFAN HEPPEL                  Division Manager Lab Operations</p>																																																										
1601202016490000048002	Seite 1 von 6	OGC-DE_Report-2014-12-10_v60a																																																								
SGS Germany GmbH	Am Neuen Rheinhafen 12a, D-67346 Speyer, Germany (t)+49 6232 1301-0																																																									
Member of the SGS Group ( Société Générale de Surveillance )																																																										
Geschäftsführer: Stefan Steinhardt, Sitz der Gesellschaft: Hamburg, HRB 4951 Amtsgericht Hamburg, Aufsichtsratsvorsitzender: Dirk Hellemans																																																										

Abbildung 39: Prüfbericht der Ölproben

				
<p><b>Prüfbericht: SP19-04411.001 Revision: 1</b></p> <p><b>** Dieser Bericht annulliert und ersetzt das von SGS ausgefertigte Protokoll Nr. SP19-04411.001 vom 07/Jan/2020. **</b></p>		<p>Datum: 15/Jan/2020</p> <p>Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung          Bernhard-Nocht-Str. 78          Büren          GERMANY          33142</p>		
<p><small>Nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die DAkkS akkreditiertes Prüflaboratorium. Die hier berichteten Ergebnisse wurden im Rahmen der Akkreditierungsbedingungen ermittelt, mit Ausnahme der mit Stern (*) gekennzeichneten Untersuchungen, die nicht im Bereich der Akkreditierung dieses Labores liegen.</small></p>				
<b>EIGENSCHAFT:</b>	<b>METHODE</b>	<b>ERGEBNIS: EINHEIT:</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
<p><small>(Erwarteter Flammpunkt: 200 °C          Ergänzende Analyse gemäß Methode DIN EN ISO 3679 bei 100°C ergab, dass die Probe sofort brennt und vom Gerät nicht detektiert wird.          Vermutlich liegt der Flammpunkt daher deutlich unter 100 °C.)</small></p>				
Zündtemperatur *	DIN 51794:2003	235 °C	--	--
Siedebeginn *	EN 15199-1:2006	siehe °C	--	--
Kommentar				
<small>(Nicht auswertbar, Gehalt leichte Anteile zu hoch)</small>				
Wassergehalt	ASTM D6304-16e1 (Procedure C)	364 mg/kg	--	--
Kinematische Viskosität bei 40°C *	ASTM D7042-16e3	6,039 mm <sup>2</sup> /s	--	--
Kommentar *	DIN 51405:2004	Auswertung --- DIN 51380 (DK): leichte Anteile 24,7 m-%	--	--
<p>Dieses Dokument ist nur in seiner Gesamtheit gültig, bitte richten Sie Ihre Aufmerksamkeit auf die Bedingungen und Konditionen auf Seite 1 des Berichts</p>				
<i>ZEICHNUNGSBERECHTIGTER</i>				
i.V. STEFAN HEPPE				
Division Manager Lab Operations				
1601202016600000048002	Seite 2 von 6	OGC-DE_Report-2014-12-10_v60a		
SGS Germany GmbH	Am Neuen Rheinhafen 12a, D-67346 Speyer, Germany (t)+49 6232 1301-0			
<small>Member of the SGS Group ( Société Générale de Surveillance )</small>				
<small>Geschäftsführer: Stefan Steinhardt, Sitz der Gesellschaft: Hamburg, HRB 4951 Amtsgericht Hamburg, Aufsichtsratsvorsitzender: Dirk Hellemans</small>				

Abbildung 40: Prüfbericht der Ölproben

																																																																								
<p><b>Prüfbericht: SP19-04411.002 Revision: 1</b>                  ** Dieser Bericht annulliert und ersetzt das von SGS ausgefertigte Protokoll Nr. SP19-04411.002 vom 07/Jan/2020. **</p>		<p>Datum: 15/Jan/2020                  Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung                  Bernhard-Nocht-Str. 78                  Büren                  GERMANY                  33142</p>																																																																						
<p><small>Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die „Erkenntnisse“) beziehen, wurde(n) durch den Kunden oder durch im Auftrage des Kunden handelnde Dritte entnommen. Die Erkenntnisse geben keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle aus der die Probe angeblich/tatsächlich entnommen wurde.</small></p> <p><small>Nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die DAkkS akkreditiertes Prüflaboratorium. Die hier berichteten Ergebnisse wurden im Rahmen der Akkreditierungsbedingungen ermittelt, mit Ausnahme der mit Stern (*) gekennzeichneten Untersuchungen, die nicht im Bereich der Akkreditierung dieses Labores liegen.</small></p>																																																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:50%;">193414390</td> <td style="width:50%;"></td> </tr> <tr> <td>KUNDENAUFTRAGSNR.:</td> <td>nicht vorhanden</td> </tr> <tr> <td>KUNDENIDENTIFIKATION :</td> <td>Probe 2</td> </tr> <tr> <td>STANDORT:</td> <td>Brunsbüttel</td> </tr> <tr> <td>HERKUNFT DER PROBE:</td> <td>Separator room</td> </tr> <tr> <td>PROBENTYP:</td> <td>Wie übergeben</td> </tr> <tr> <td>PROBENAHMEN:</td> <td>09/Sep/2019 09:31</td> </tr> <tr> <td>ANALYSIERT:</td> <td>05/Dez/2019 08:55 - 15/Jan/2020 13:24</td> </tr> <tr> <td>TEIL-PROBE :</td> <td>[1: 250 ml Glas Flasche]</td> </tr> <tr> <td>PROBENKOMMENTAR:</td> <td>Cargo/Containership IMO:9255622</td> </tr> <tr> <td>SGS AUFTRAGSNUMMER</td> <td>55722753_5191925</td> </tr> <tr> <td>SCHIFF:</td> <td>Kelly</td> </tr> <tr> <td>PRODUKTBESCHREIBUNG:</td> <td>Öl - Texatherm 32</td> </tr> <tr> <td>PROBENEHMER:</td> <td>Kunde</td> </tr> <tr> <td>ERHALTEN AM:</td> <td>04/Dez/2019 09:31</td> </tr> <tr> <td>ABGESCHLOSSEN:</td> <td>15/Jan/2020 13:24</td> </tr> </table>			193414390		KUNDENAUFTRAGSNR.:	nicht vorhanden	KUNDENIDENTIFIKATION :	Probe 2	STANDORT:	Brunsbüttel	HERKUNFT DER PROBE:	Separator room	PROBENTYP:	Wie übergeben	PROBENAHMEN:	09/Sep/2019 09:31	ANALYSIERT:	05/Dez/2019 08:55 - 15/Jan/2020 13:24	TEIL-PROBE :	[1: 250 ml Glas Flasche]	PROBENKOMMENTAR:	Cargo/Containership IMO:9255622	SGS AUFTRAGSNUMMER	55722753_5191925	SCHIFF:	Kelly	PRODUKTBESCHREIBUNG:	Öl - Texatherm 32	PROBENEHMER:	Kunde	ERHALTEN AM:	04/Dez/2019 09:31	ABGESCHLOSSEN:	15/Jan/2020 13:24																																						
193414390																																																																								
KUNDENAUFTRAGSNR.:	nicht vorhanden																																																																							
KUNDENIDENTIFIKATION :	Probe 2																																																																							
STANDORT:	Brunsbüttel																																																																							
HERKUNFT DER PROBE:	Separator room																																																																							
PROBENTYP:	Wie übergeben																																																																							
PROBENAHMEN:	09/Sep/2019 09:31																																																																							
ANALYSIERT:	05/Dez/2019 08:55 - 15/Jan/2020 13:24																																																																							
TEIL-PROBE :	[1: 250 ml Glas Flasche]																																																																							
PROBENKOMMENTAR:	Cargo/Containership IMO:9255622																																																																							
SGS AUFTRAGSNUMMER	55722753_5191925																																																																							
SCHIFF:	Kelly																																																																							
PRODUKTBESCHREIBUNG:	Öl - Texatherm 32																																																																							
PROBENEHMER:	Kunde																																																																							
ERHALTEN AM:	04/Dez/2019 09:31																																																																							
ABGESCHLOSSEN:	15/Jan/2020 13:24																																																																							
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:35%;">EIGENSCHAFT:</th> <th style="width:15%;">METHODE</th> <th style="width:25%;">ERGEBNIS: EINHEIT:</th> <th style="width:10%;">MIN</th> <th style="width:15%;">MAX</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Konjugierte Diene und Styrol / GC-MS *</td> <td>SGS M1786</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dien-Gehalt *</td> <td></td> <td>siehe % (m/m)</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Kommentar</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="3"><small>(Ergebnis: In der Probe wurden eine Vielzahl an leichtflüchtigen Komponenten der Substanzklassen Paraffine, Naphthene und Aromaten identifiziert.)</small></td> </tr> <tr> <td>Dichte bei 20 °C</td> <td>ASTM D4052-18a</td> <td>823,2 kg/m³</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>Temperatur *</td> <td>Visual</td> <td>22 °C</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>Aussehen *</td> <td>Visual</td> <td>sehr dunkel, schwarz, Spuren von Feststoffen, frei von ungelöstem Wasser</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>Farbzahl</td> <td>DIN ISO 2049:2002</td> <td>D 8.0</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>Cleveland Flash Point (Open cup) *</td> <td>DIN EN ISO 2592:2018</td> <td>&lt;172 °C</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="3"><small>(Erwarteter Flammpunkt: 200 °C Ergänzte Analyse gemäß Methode DIN EN ISO 3679 bei 100°C ergab, dass die Probe sofort brennt und vom Gerät nicht detektiert wird. Vermutlich liegt der Flammpunkt daher deutlich unter 100 °C.)</small></td> </tr> <tr> <td>Zündtemperatur *</td> <td>DIN 51794:2003</td> <td>230 °C</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>Oxidation und Nitration von gebrauchten Motorenölen mittels IR</td> <td>DIN 51453:2004</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Oxidation</td> <td></td> <td>30,2 A/cm</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> </tbody> </table>			EIGENSCHAFT:	METHODE	ERGEBNIS: EINHEIT:	MIN	MAX	Konjugierte Diene und Styrol / GC-MS *	SGS M1786				Dien-Gehalt *		siehe % (m/m)	--	--			Kommentar					<small>(Ergebnis: In der Probe wurden eine Vielzahl an leichtflüchtigen Komponenten der Substanzklassen Paraffine, Naphthene und Aromaten identifiziert.)</small>			Dichte bei 20 °C	ASTM D4052-18a	823,2 kg/m³	--	--	Temperatur *	Visual	22 °C	--	--	Aussehen *	Visual	sehr dunkel, schwarz, Spuren von Feststoffen, frei von ungelöstem Wasser	--	--	Farbzahl	DIN ISO 2049:2002	D 8.0	--	--	Cleveland Flash Point (Open cup) *	DIN EN ISO 2592:2018	<172 °C	--	--			<small>(Erwarteter Flammpunkt: 200 °C Ergänzte Analyse gemäß Methode DIN EN ISO 3679 bei 100°C ergab, dass die Probe sofort brennt und vom Gerät nicht detektiert wird. Vermutlich liegt der Flammpunkt daher deutlich unter 100 °C.)</small>			Zündtemperatur *	DIN 51794:2003	230 °C	--	--	Oxidation und Nitration von gebrauchten Motorenölen mittels IR	DIN 51453:2004				Oxidation		30,2 A/cm	--	--
EIGENSCHAFT:	METHODE	ERGEBNIS: EINHEIT:	MIN	MAX																																																																				
Konjugierte Diene und Styrol / GC-MS *	SGS M1786																																																																							
Dien-Gehalt *		siehe % (m/m)	--	--																																																																				
		Kommentar																																																																						
		<small>(Ergebnis: In der Probe wurden eine Vielzahl an leichtflüchtigen Komponenten der Substanzklassen Paraffine, Naphthene und Aromaten identifiziert.)</small>																																																																						
Dichte bei 20 °C	ASTM D4052-18a	823,2 kg/m³	--	--																																																																				
Temperatur *	Visual	22 °C	--	--																																																																				
Aussehen *	Visual	sehr dunkel, schwarz, Spuren von Feststoffen, frei von ungelöstem Wasser	--	--																																																																				
Farbzahl	DIN ISO 2049:2002	D 8.0	--	--																																																																				
Cleveland Flash Point (Open cup) *	DIN EN ISO 2592:2018	<172 °C	--	--																																																																				
		<small>(Erwarteter Flammpunkt: 200 °C Ergänzte Analyse gemäß Methode DIN EN ISO 3679 bei 100°C ergab, dass die Probe sofort brennt und vom Gerät nicht detektiert wird. Vermutlich liegt der Flammpunkt daher deutlich unter 100 °C.)</small>																																																																						
Zündtemperatur *	DIN 51794:2003	230 °C	--	--																																																																				
Oxidation und Nitration von gebrauchten Motorenölen mittels IR	DIN 51453:2004																																																																							
Oxidation		30,2 A/cm	--	--																																																																				
<p>Dieses Dokument ist nur in seiner Gesamtheit gültig, bitte richten Sie Ihre Aufmerksamkeit auf die Bedingungen und Konditionen auf Seite 1 des Berichts</p>																																																																								
<p><i>ZEICHNUNGSBERECHTIGTER</i></p>																																																																								
<p>i.V. STEFAN HEPPE                  Division Manager Lab Operations</p>																																																																								
160120201660000048002	Seite 3 von 6	OGC-DE_Report-2014-12-10_v60a																																																																						
SGS Germany GmbH	Am Neuen Rheinhafen 12a, D-67346 Speyer, Germany (t)+49 6232 1301-0																																																																							
<p><small>Member of the SGS Group ( Société Générale de Surveillance )</small></p> <p>Geschäftsführer: Stefan Steinhardt, Sitz der Gesellschaft: Hamburg, HRB 4951 Amtsgericht Hamburg, Aufsichtsratsvorsitzender: Dirk Hellemans</p>																																																																								

Abbildung 41: Prüfbericht der Ölproben

		
<p><b>Prüfbericht: SP19-04411.002 Revision: 1</b>                  ** Dieser Bericht annulliert und ersetzt das von SGS ausgefertigte Protokoll Nr. SP19-04411.002 vom 07/Jan/2020. **</p>		<p>Datum: 15/Jan/2020                  Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung                  Bernhard-Nocht-Str. 78                  Büren                  GERMANY                  33142</p>
<p><small>Nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die DAkKS akkreditiertes Prüflaboratorium. Die hier berichteten Ergebnisse wurden im Rahmen der Akkreditierungsbedingungen ermittelt, mit Ausnahme der mit Stern (*) gekennzeichneten Untersuchungen, die nicht im Bereich der Akkreditierung dieses Labores liegen.</small></p>		
<b>EIGENSCHAFT:</b>	<b>METHODE</b>	<b>ERGEBNIS: EINHEIT: MIN MAX</b>
Nitration		0,0 A/cm
Siedebeginn *	EN 15199-1:2006	siehe °C
		Kommentar
(Nicht auswertbar, Gehalt leichte Anteile zu hoch)		
Wassergehalt	ASTM D6304-16e1 (Procedure C)	185 mg/kg
Kinematische Viskosität bei 40°C *	ASTM D7042-16e3	2,183 mm <sup>2</sup> /s
Kommentar *	DIN 51405:2004	Auswertung --- DIN 51380 (DK): leichte Anteile 81,5 m-%
<p>Dieses Dokument ist nur in seiner Gesamtheit gültig, bitte richten Sie Ihre Aufmerksamkeit auf die Bedingungen und Konditionen auf Seite 1 des Berichts</p>		
<i>ZEICHNUNGSBERECHTIGTER</i>		
<p>i.V. STEFAN HEPPEES                  Division Manager Lab Operations</p>		
150120201560000048002	Seite 4 von 6	OGC-DE_Report-2014-12-10_v60s
	Am Neuen Rheinhafen 12a, D-67346 Speyer, Germany (t)+49 6232 1301-0	
<p><small>Member of the SGS Group ( Société Générale de Surveillance )                  Geschäftsführer: Stefan Steinhardt, Sitz der Gesellschaft: Hamburg, HRB 4951 Amtsgericht Hamburg, Aufsichtsratsvorsitzender: Dirk Hellemans</small></p>		

Abbildung 42: Prüfbericht der Ölproben

																																							
<p><b>Prüfbericht: SP19-04411.003 Revision: 1</b></p> <p><b>** Dieser Bericht annulliert und ersetzt das von SGS ausgefertigte Protokoll Nr. SP19-04411.003 vom 07/Jan/2020. **</b></p>		<p>Datum: 15/Jan/2020</p> <p>Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung Bernhard-Nocht-Str. 78 Büren GERMANY 33142</p>																																					
<p><small>Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die „Erkenntnisse“) beziehen, wurde(n) durch den Kunden oder durch im Auftrage des Kunden handelnde Dritte entnommen. Die Erkenntnisse geben keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle aus der die Probe angeblich/tatsächlich entnommen wurde.</small></p> <p><small>Nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die DAkkS akkreditiertes Prüflaboratorium. Die hier berichteten Ergebnisse wurden im Rahmen der Akkreditierungsbedingungen ermittelt, mit Ausnahme der mit Stern (*) gekennzeichneten Untersuchungen, die nicht im Bereich der Akkreditierung dieses Labores liegen.</small></p>																																							
<p>193414390</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:30%;">KUNDENAUFTRAGSNR.:</td> <td style="width:30%;">nicht vorhanden</td> <td style="width:20%;">SGS AUFTRAGSNUMMER</td> <td style="width:20%;">55722753_5191925</td> </tr> <tr> <td>KUNDENIDENTIFIKATION :</td> <td>Probe 3</td> <td>SCHIFF:</td> <td>Kelly</td> </tr> <tr> <td>STANDORT:</td> <td>Brunsbüttel</td> <td>PRODUKTBESCHREIBUNG:</td> <td>Öl - Texatherm 32</td> </tr> <tr> <td>HERKUNFT DER PROBE:</td> <td>Engine Room</td> <td>PROBENEHMER:</td> <td>Kunde</td> </tr> <tr> <td>PROBENTYP:</td> <td>Wie übergeben</td> <td>ERHALTEN AM:</td> <td>04/Dez/2019 09:32</td> </tr> <tr> <td>PROBENAHMEN:</td> <td>09/Sep/2019 09:31</td> <td>ABGESCHLOSSEN:</td> <td>15/Jan/2020 13:24</td> </tr> <tr> <td>ANALYSIERT:</td> <td>05/Dez/2019 08:55 - 15/Jan/2020 13:24</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TEIL-PROBE :</td> <td>[1: 250 ml Glas Flasche]</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROBENKOMMENTAR:</td> <td>Cargo/Containership IMO:9255622</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				KUNDENAUFTRAGSNR.:	nicht vorhanden	SGS AUFTRAGSNUMMER	55722753_5191925	KUNDENIDENTIFIKATION :	Probe 3	SCHIFF:	Kelly	STANDORT:	Brunsbüttel	PRODUKTBESCHREIBUNG:	Öl - Texatherm 32	HERKUNFT DER PROBE:	Engine Room	PROBENEHMER:	Kunde	PROBENTYP:	Wie übergeben	ERHALTEN AM:	04/Dez/2019 09:32	PROBENAHMEN:	09/Sep/2019 09:31	ABGESCHLOSSEN:	15/Jan/2020 13:24	ANALYSIERT:	05/Dez/2019 08:55 - 15/Jan/2020 13:24			TEIL-PROBE :	[1: 250 ml Glas Flasche]			PROBENKOMMENTAR:	Cargo/Containership IMO:9255622		
KUNDENAUFTRAGSNR.:	nicht vorhanden	SGS AUFTRAGSNUMMER	55722753_5191925																																				
KUNDENIDENTIFIKATION :	Probe 3	SCHIFF:	Kelly																																				
STANDORT:	Brunsbüttel	PRODUKTBESCHREIBUNG:	Öl - Texatherm 32																																				
HERKUNFT DER PROBE:	Engine Room	PROBENEHMER:	Kunde																																				
PROBENTYP:	Wie übergeben	ERHALTEN AM:	04/Dez/2019 09:32																																				
PROBENAHMEN:	09/Sep/2019 09:31	ABGESCHLOSSEN:	15/Jan/2020 13:24																																				
ANALYSIERT:	05/Dez/2019 08:55 - 15/Jan/2020 13:24																																						
TEIL-PROBE :	[1: 250 ml Glas Flasche]																																						
PROBENKOMMENTAR:	Cargo/Containership IMO:9255622																																						
<b>EIGENSCHAFT:</b>	<b>METHODE</b>	<b>ERGEBNIS: EINHEIT:</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>																																			
Konjugierte Diene und Styrol / GC-MS *	SGS M1786	siehe % (m/m)	--	--																																			
Dien-Gehalt *		Kommentar																																					
(Ergebnis: In der Probe wurden eine Vielzahl an leichtflüchtigen Komponenten der Substanzklassen Paraffine, Naphthene und Aromaten identifiziert.)																																							
Dichte bei 20 °C	ASTM D4052-18a	822,0 kg/m³	--	--																																			
Temperatur *	Visual	22 °C	--	--																																			
Aussehen *	Visual	sehr dunkel, schwarz, Spuren von Feststoffen, frei von ungelöstem Wasser	--	--																																			
Farbzahl	DIN ISO 2049:2002	D 8.0 ---	--	--																																			
Cleveland Flash Point (Open cup) *	DIN EN ISO 2592:2018	<172 °C	--	--																																			
(Erwarteter Flammpunkt: 200 °C Ergänzte Analyse gemäß Methode DIN EN ISO 3679 bei 100°C ergab, dass die Probe sofort brennt und vom Gerät nicht detektiert wird. Vermutlich liegt der Flammpunkt daher deutlich unter 100 °C.)																																							
Zündtemperatur *	DIN 51794:2003	230 °C	--	--																																			
Oxidation und Nitration von gebrauchten Motorenölen mittels IR	DIN 51453:2004																																						
Oxidation		31,9 A/cm	--	--																																			

Dieses Dokument ist nur in seiner Gesamtheit gültig, bitte richten Sie Ihre Aufmerksamkeit auf die Bedingungen und Konditionen auf Seite 1 des Berichts

---

ZEICHNUNGSBERECHTIGTER

160120201660000048002

SGS Germanf GmbH

i.V. STEFAN HEPPE

Division Manager Lab Operations

Seite 5 von 6

Am Neuen Rheinhafen 12a, D-67346 Speyer, Germany (t)+49 6232 1301-0

OGC-DE\_Report-2014-12-10\_v60a

Member of the SGS Group ( Société Générale de Surveillance )

Geschäftsführer: Stefan Steinhardt, Sitz der Gesellschaft: Hamburg, HRB 4951 Amtsgericht Hamburg, Aufsichtsratsvorsitzender: Dirk Hellemans

Abbildung 43: Prüfbericht der Ölproben




Datum: 15/Jan/2020  
Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung  
Bernhard-Nocht-Str. 78  
Büren  
GERMANY  
33142

**Prüfbericht: SP19-04411.003 Revision: 1**  
**\*\* Dieser Bericht annulliert und ersetzt das von SGS ausgefertigte Protokoll Nr. SP19-04411.003 vom 07/Jan/2020. \*\***

Nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die DAKKS akkreditiertes Prüflaboratorium. Die hier berichteten Ergebnisse wurden im Rahmen der Akkreditierungsbedingungen ermittelt, mit Ausnahme der mit Stern (\*) gekennzeichneten Untersuchungen, die nicht im Bereich der Akkreditierung dieses Labores liegen.

EIGENSCHAFT:	METHODE	ERGEBNIS: EINHEIT:	MIN	MAX
Nitration		0,0 A/cm	--	--
Siedebeginn *	EN 15199-1:2006	siehe °C	--	--
		Kommentar		
(Nicht auswertbar, Gehalt leichte Anteile zu hoch)				
Wassergehalt	ASTM D6304-16e1 (Procedure C)	161 mg/kg	--	--
Kinematische Viskosität bei 40°C *	ASTM D7042-16e3	2,085 mm <sup>2</sup> /s	--	--
Kommentar *	DIN 51405:2004	Auswertung --- DIN 51380 (DK): leichte Anteile 85,0 m-%	--	--

**\*\* Ende der Analysenergebnisse \*\***

---

Dieses Dokument ist nur in seiner Gesamtheit gültig, bitte richten Sie Ihre Aufmerksamkeit auf die Bedingungen und Konditionen auf Seite 1 des Berichts

*ZEICHNUNGSBERECHTIGTER*

1601202016600000048002

i.V. STEFAN HEPPE  
Division Manager Lab Operations

OGC-DE\_Report-2014-12-10\_v60a

Seite 6 von 6

SGS Germany GmbH | Am Neuen Rheinhafen 12a, D-67346 Speyer, Germany (t)+49 6232 1301-0

---

Member of the SGS Group ( Société Générale de Surveillance )

Geschäftsführer: Stefan Steinhardt, Sitz der Gesellschaft: Hamburg, HRB 4951 Amtsgericht Hamburg, Aufsichtsratsvorsitzender: Dirk Hellemans

Abbildung 44: Prüfbericht der Ölproben

### 9.3 MQ Engineering Inspektionskurzbericht

<p><b>MQ Engineering GmbH</b> Hansestraße 27 18182 Rostock-Bentwisch Tel.: 0381/ 1283 60 info@mq-engineering.com</p>		 <p>Deutsche Akkreditierungsstelle D-15-19274-01-00</p> <p>Die Akkreditierung gilt für die in der Urkundenanlage D-IS-19274-01-00 aufgeführten Verfahren</p>		 <p>engineering</p>	
<b>Inspektionskurzbericht Nr. 51 142 -1</b>					
<b>Auftraggeber:</b>	<b>Sachverständigenbüro Dipl.- Ing. Harald Eden</b> Jeversche Str.17 26434 Wangerland <b>Herr Eden</b>				
<b>Aktenzeichen:</b>	GTA-SCUA-09-19				
<b>Untersuchungsmaterial:</b>	1 Stück Kabelbaum sowie mehrere bereits durch den Auftraggeber entnommene Einzeldrähte				
<b>Aufgabenstellung:</b>	Untersuchung von Kupferdrähten des Kabelbaums auf Kurzschlussmerkmale				
<b>Zweck der Untersuchung:</b>	Versicherungsfall/ Gerichtsfall				
<b>Datum der Untersuchungen:</b>	05.11.2019 bis 15.11.2019				
<b>Angaben des Auftraggebers/ Mitgeltende Unterlagen:</b>	siehe Seite 2				
<b><u>Durchgeführte Untersuchungen/ Verzeichnis der Anlagen:</u></b>	<p><b>A</b> Bildmaterial von der Einbausituation des Kabelbaums nach dem Schadensereignis sowie von dem Kabelbaum selbst, bereitgestellt durch den Auftraggeber (Anlage A)</p> <p><b>B</b> Untersuchungsmaterial/ Ergebnisse der visuellen Prüfung (Anlage 1)</p> <p><b>C</b> Ergebnisse der REM-, BSE- und EDX-Analyse (Anlage 2)</p>				
<b>Erbrachte Prüfleistungen:</b>	MQ Engineering GmbH, D-PL-19274-01-00 (MQE)				
<b><u>Untersuchungsdurchführung*:</u></b>					
<b>Fotodokumentation:</b>	Techn. Ass. M. Büttgenbach (MQE)				
<b>Rasterelektronenmikroskopie und EDX-Analyse:</b>	Techn. Ass. M. Büttgenbach (MQE)				
<b>Technische Dokumentation:</b>	P. Möller				
<b>Erstellung des Berichtes/ Kurzbewertung der Ergebnisse:</b>	<b>H. Oelschner, M. Sc.</b>				
<p><small>* sofern Untersuchungen durchgeführt wurden und sofern nicht Bestandteil der Inspektionstätigkeit des Verfassers</small>  <small>Stichworte: Kupferdrähte, Kurzschlussmerkmale</small>  <small>Ablage: U:\Untersuchungsberichte 2019\51142 SV Eden\51142-1 Inspektionskurzbericht.docx</small></p> <hr/> <p><small>Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Untersuchungsmaterialien.  Eine auszugsweise Vervielfältigung des Berichtes ist nicht gestattet.  Das geprüfte Material wird 6 Monate bei der MQ Engineering GmbH aufbewahrt.</small></p> <p><small>Durch die DAkkS akkreditierte Inspektionsstelle Typ A nach DIN EN ISO/IEC 17020; Registriernummer: D-IS-19274-01-00</small></p>					

Abbildung 45: Inspektionskurzbericht von MQ Engineering GmbH

Inspektionskurzbericht Nr. 51 142 -1

Untersuchung von Kupferdrähten eines Kabelbaums  
auf Kurzschlussmerkmale/ GTA-SCUA-09-19

Seite 2 von 4



<b>Übergebene Exemplare:</b>	2 x Auftraggeber in Deutsch und Englisch in Schriftform 1 x Auftraggeber per E-Mail in Deutsch und Englisch als PDF-Datei
<b>Der Bericht umfasst:</b>	4 Seiten und 3 Anlagen
<b>Datum:</b>	15.11.2019
<b>Revisions-Nr.:</b>	000

### 1. Sachverhalt/ Angaben des Auftraggebers/ Aufgabenstellung

Durch den Auftraggeber waren ein Abschnitt eines Kabelbaums sowie einzelne bereits durch den Auftraggeber auf Objektträgern fixierte Einzeldrähte des Kabelbaums aus einem Schaltschrank zur Untersuchung übersandt worden (Bild 1.1).

Zur Bearbeitung der Aufgabenstellung war durch den Auftraggeber Bildmaterial von der Einbausituation des Kabelbaums nach dem Schadensereignis sowie von dem Kabelbaum selbst übermittelt worden (siehe Anlage A).

Zusätzlich war durch den Auftraggeber ein Bereich des Kabelbaums gekennzeichnet worden, in dem auffällige Trennungen von Einzeldrähten vorlagen (siehe Bild 1.3).

Aufgabenstellung für die Untersuchungen war es gewesen, die z.T. getrennten Kupferdrähte des Kabelbaums hinsichtlich des Vorliegens von Kurzschlussmerkmalen zu untersuchen.

### 2. Durchgeführte Untersuchungen/ Kurzbewertung der Ergebnisse

Zur Bearbeitung der Aufgabenstellung wurden folgende Arbeitsschritte/ Untersuchungen durchgeführt:

1. Fotodokumentation,
2. visuelle Prüfung unter Zuhilfenahme eines Digitalmikroskops sowie
3. Untersuchungen im Rasterelektronenmikroskop (REM) unter Zuhilfenahme von Rückstreuelektronen- (BSE-) Detektor und EDX-Analyse.

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen und bewerten:

1. Der zur Untersuchung übersandte Kabelbaum sowie die bereits durch den Auftraggeber entnommenen Einzeldrähte wurden zunächst einer visuellen Prüfung unter Zuhilfenahme eines Digitalmikroskops unterzogen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Anlage 1 dokumentiert und lassen sich wie folgt zusammenfassen:
  - a. Die Isolierung der Kabel war überwiegend aufgeschmolzen und z.T. nicht mehr vorhanden, so dass die Kupfereinzeldrähte sichtbar waren (Bilder 1.2 bis 1.6).
  - b. In dem durch den Auftraggeber markierten Bereich war der Kabelbaum auffällig deformiert („geknickt“) und die einzelnen Kupferkabel des Kabelbaums lagen frei (Bilder 1.3 bis 1.5).

Abbildung 46: Inspektionskurzbericht von MQ Engineering GmbH

Inspektionskurzbericht Nr. 51 142 -1  
 Untersuchung von Kupferdrähten eines Kabelbaums  
 auf Kurzschlussmerkmale/ GTA-SCUA-09-19

Seite 3 von 4



- c. Die in dem durch den Auftraggeber markierten Bereich vorliegende Einzeldrahttrennung wies eine auffällig unebene Trennfläche auf, während der unmittelbar angrenzende Drahtabschnitt keine Oberflächenunregelmäßigkeiten aufwies (Bild 1.5).
  - d. Die Trennflächen der bereits durch den Auftraggeber entnommenen Einzeldrähte wurden unter Zuhilfenahme eines Digitalmikroskops hinsichtlich der Trennflächenmerkmale untersucht (Bilder 1.8 bis 1.13).
  - e. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden an den Drahttrennflächen lokalisierte Materialaufschmelzungen aufgefunden. Diese aufgeschmolzenen Drahtenden waren eindeutig von den zur Probenentnahme mechanisch erzeugten Drahttrennungen zu unterscheiden (vergleiche z.B. Bilder 1.8 und 1.9).
2. Basierend auf den Ergebnissen der visuellen Prüfung wurden mehrere Einzeldrähte ausgewählt (siehe Bild 1.14) und im Rasterelektronenmikroskop (REM) unter Zuhilfenahme von Rückstreuoelektronen-(BSE-) Detektor und EDX-Analyse hinsichtlich der Merkmale der Materialtrennungen untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Anlage 2 dokumentiert und werden in nachfolgender Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Ergebnisse der REM-, BSE- und EDX-Analyse

Pos.	Untersuchungsteil	REM-Probe Nr./ Probenentnahme in Anlage 1	Befund	Bilder in Anlage 2
1	Kabelbaum	REM-Probe 1/ Bild 1.14	die Drahttrennung wies die nach Vergleichsbildern aus /1/ typischen Merkmale einer kurzschlussbedingten Materialtrennung in Form einer unregelmäßigen Oberfläche sowie einer „Schmelzperle“ bei gleichzeitigem Vorliegen eines intakten Drahtquerschnitts des angrenzenden Drahtbereichs auf (Bild 2.3); bei der „Schmelzperle“ handelte es sich nachweislich um aufgeschmolzenes Kupfer (Bild 2.4, Spektrum 1); die angrenzende Drahtoberfläche wies Ablagerungen/ Verbrennungsrückstände der Isolierung auf (Bild 2.4, Spektrum 2)	2.2 bis 2.4
		REM-Probe 2/ Bild 1.14	die im Rahmen der Probenentnahme erzeugte mechanische Trennung wies die hierfür typischen Scher- und Deformationsmerkmale auf (Bild 2.6); das zweite Drahtende wies hingegen eine unregelmäßige Trennfläche auf, die aufgrund des zusätzlichen Vorliegens von Kupfermaterial auf der Drahtoberfläche selbst auf eine lokalisierte Aufschmelzung infolge eines Kurzschlusses zurückgeführt werden muss (Bild 2.7)	2.5 bis 2.7
		REM-Probe 3/ Bild 1.14	die mechanische Trennung zur Probennahme war eindeutig identifizierbar (Bild 2.9); die zweite Trennfläche war nicht eindeutig auswertbar (Bild 2.10)	2.8 bis 2.10
		REM-Probe 4/ Bild 1.14	unmittelbar im Bereich des Drahtendes lag eine „Schmelzperle“ aus Kupfer vor (Bilder 2.12 und 2.13, Spektrum 3); dieses geschmolzene Kupfer lag auf der eigentlichen Drahtoberfläche und wurde offensichtlich auf die Oberfläche „geschleudert“ (Bild 2.12)	2.11 bis 2.13
		REM-Probe 5/ Bild 1.14	auch die Trennfläche dieses Einzeldrahtes wies Merkmale einer lokalisierten Aufschmelzung auf (Bild 2.15)	2.14 und 2.15

Abbildung 47: Inspektionskurzbericht von MQ Engineering GmbH

Inspektionskurzbericht Nr. 51 142 -1

Untersuchung von Kupferdrähten eines Kabelbaums  
auf Kurzschlussmerkmale/ GTA-SCUA-09-19

Seite 4 von 4



### 3. Zusammenfassung/ Schlussfolgerungen

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass sowohl die Einzeldrahttrennung in dem durch den Auftraggeber gekennzeichneten Bereich des Kabelbaums als auch mehrere der bereits durch den Auftraggeber aus dem Kabelbaum entnommenen Einzeldrahttrennungen die charakteristischen Merkmale von Materialtrennungen infolge von Kurzschlussereignissen aufwiesen.

So wurden an mehreren Drähten stark lokalisierte Aufschmelzungserscheinungen aufgefunden, wie sie durch Lichtbögen bei Kurzschlussereignissen gebildet werden. Das Vorliegen von intakten (d.h. unaufgeschmolzenen) Drahtoberflächen unmittelbar angrenzend an diese Aufschmelzungserscheinungen muss als charakteristisches Merkmal von Kurzschlussereignissen eingestuft werden /1/.

### 4. Literatur

- /1/ Berkely Research Company: Copper Wire in Fire: experiments to produce arc beads in copper wires. Informationen aus dem Internet:  
<http://www.berkeleyrc.com/arcing.html>  
(zuletzt abgerufen am 14.11.2019)

Abbildung 48: Inspektionskurzbericht von MQ Engineering GmbH