



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

Summarischer Untersuchungsbericht 310/16

Weniger schwerer Seeunfall

**Brand im Bereich des kombinierten Kessels
mit zwei verletzten Besatzungsmitgliedern
an Bord des Tankers WEICHSELSTERN
auf der Neue Weser Nord Reederei
am 19. August 2016**

30. Juli 2020

Bei dem vorliegenden summarischen Bericht im Sinne von § 27 Abs. 5 des Gesetzes zur Verbesserung der Sicherheit der Seefahrt durch die Untersuchung von Seeunfällen und anderen Vorkommnissen (Seesicherheits-Untersuchungs-Gesetz - SUG) handelt es sich um einen vereinfachten Bericht gemäß Art. 14 Abs. 1 S. 2 der Richtlinie 2009/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Festlegung der Grundsätze für die Untersuchung von Unfällen im Seeverkehr.

Die Untersuchung wurde in Übereinstimmung mit den vorgenannten Rechtsgrundlagen 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@bsh.de

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

Inhaltsverzeichnis

1	FAKTEN.....	4
1.1	Schiffsfoto.....	4
1.2	Schiffsdaten.....	4
1.3	Reisedaten	5
1.4	Angaben zum Seeunfall	5
2	UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE.....	6
2.1	Unfallhergang	6
2.2	Untersuchungsergebnisse.....	11
2.2.1	Kesselanlage.....	11
2.2.2	Ermittlungen an Bord.....	15
2.2.3	Verriegelung der Brenntür	15
2.2.4	Feststellungen zur Windbox und dem Brenner.....	19
2.2.5	Besatzung	23
2.2.6	Bereits durchgeführte Maßnahmen	23
3	FAZIT	24
4	QUELLENANGABEN.....	26
5	ANLAGEN.....	27

1 FAKTEN

1.1 Schiffsfoto



Abbildung 1: Weichselstern

1.2 Schiffsdaten

Schiffsname:	WEICHSELSTERN
Schiffstyp:	Chemikaliertanker
Flagge:	Portugal
Heimathafen:	Madeira
IMO-Nummer:	9183829
Unterscheidungssignal:	CQLI
Eigner:	MT "Weichselstern" Schifffahrtsgesellschaft mbH & Co. KG
Betreiber:	Nordic Tankers Trading A/S
ISM-Manager:	TB Marine Shipmanagement GmbH & Co. KG
Baujahr:	1999
Bauwerft:	Stocznia Gdynia SA
Klassifikationsgesellschaft:	American Bureau of Shipping (ABS)
Länge ü.a.:	162,16 m
Breite ü.a.:	27,0 m
Tiefgang maximal:	8,8 m
Bruttoraumzahl:	14.400
Tragfähigkeit:	21.823 t
Maschinenleistung:	7.860 kW
Hauptmaschine:	H. Cegielski-Poznan S.A., 6S46MC-C
Geschwindigkeit (max.):	12,1 kn
Werkstoff des Schiffskörpers:	Stahl
Schiffskörperkonstruktion:	Doppelhülle, Eisklasse 1A

1.3 Reisedaten

Abfahrtschafen:	Wilhelmshaven/ Deutschland
Anlaufhafen:	Reede, Warten auf Order
Art der Fahrt:	Berufsschiffahrt / International
Angaben zur Ladung:	Ballast
Besatzung:	21
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	Tv= 4,7 m, Ta= 6,5 m
Lotse an Bord:	Nein
Anzahl der Passagiere:	keine

1.4 Angaben zum Seeunfall

Art des Seeunfalls:	Weniger schwerer Seeunfall; Brand im Bereich des Kombikessels mit zwei verletzten Besatzungsangehörigen
Datum/Uhrzeit:	19. August 2016, 01:15 Uhr ¹
Ort:	Nordsee, Neue Weser Nord Reede
Breite/Länge:	ϕ 53° 53,6'N λ 007° 51,6'O
Fahrtabschnitt:	Reede
Folgen:	Zwei verletzte Besatzungsmitglieder, Schäden an der kombinierten Kesselanlage

Ausschnitt aus Seekarte Nr. (21) 87 (INT 1413) des BSH

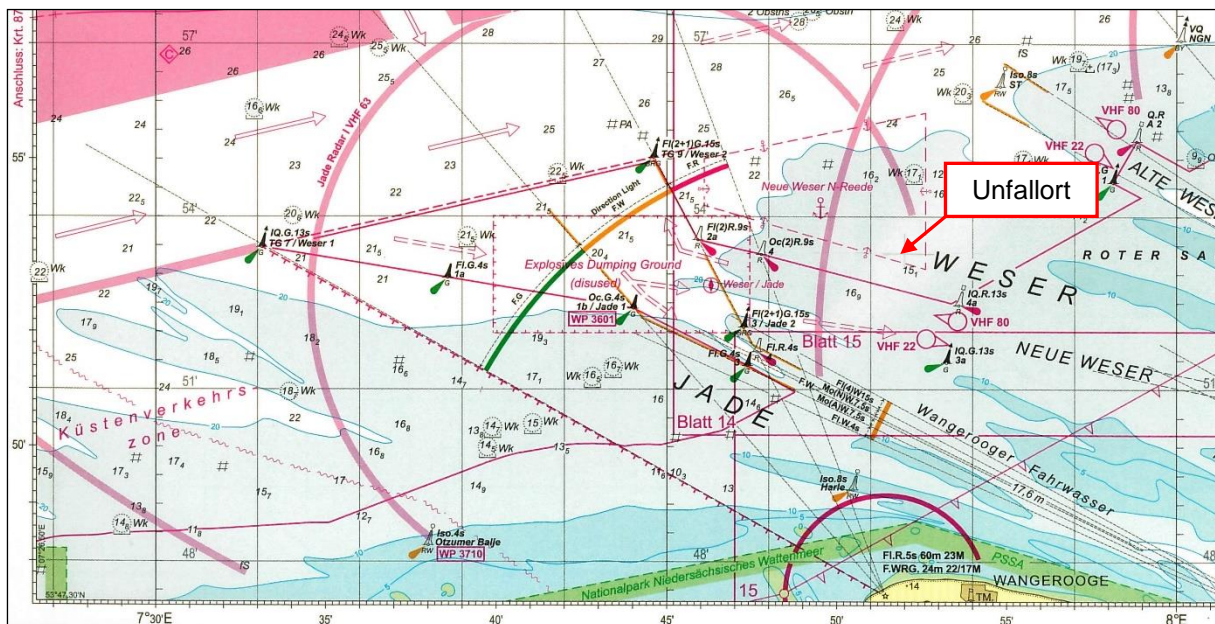


Abbildung 2: Unfallort

¹ Alle Zeiten im Bericht beziehen sich auf die Ortszeit (UTC + 2 Stunden). Diese war gleich Bordzeit.

2 UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

2.1 Unfallhergang

Der unter portugiesischer Flagge fahrende Tanker WEICHSELSTERN ankerte am 18.08.2016 auf der Neue Weser Nord Reede. Das Schiff befand sich im Ballast und wartete hier auf einen neuen Auftrag. Die WEICHSELSTERN ist ein Chemikalien- und Produktentanker.

Der Wind wehte an diesem Tag mit 2 Bft aus nordöstlicher Richtung. Seegang und Dünung waren entsprechend niedrig.

Die nachfolgende Beschreibung des Unfallhergangs beruht auf den Schilderungen des 2. technischen Schiffsoffiziers (nachfolgend als 2. Ing. bezeichnet) und des 3. technischen Schiffsoffiziers (nachfolgend als 3. Ing. bezeichnet), die durch die Untersucher der Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung (BSU) befragt wurden. Darüber hinaus wurden die Eintragungen in das Brückentagebuch und das Maschinentagebuch sowie das elektronische Alarmprotokoll des Maschinenraums herangezogen.

Der Betrieb der Maschinenanlage der WEICHSELSTERN erfolgte auf Reede wachfrei. Auf diesen Modus war am Abend des 14.08.2016 umgestellt worden. Zur Vorbereitung der Maschinenanlage für die Nacht wurde, seitdem regelmäßig um 22:00 Uhr eine letzte Kontrolle des Maschinenraums durchgeführt. Diese dauerte üblicherweise zwischen 30 und 60 Minuten. Die Verantwortung für diese Kontrolle wechselte täglich zwischen den beiden genannten technischen Schiffsoffizieren.

Am Unfalltag wurde diese Kontrolle durch den 2. Ing. durchgeführt. Er meldete sich dazu um 22:00 Uhr telefonisch auf der Brücke an. Kurz bevor der 2. Ing. den Maschinenraum wieder verlassen wollte, er hatte sich bereits um 23:00 Uhr² auf der Brücke abgemeldet, ertönte ein Alarm zur kombinierten Kesselanlage. Von den beiden Kesselanlagen³ an Bord wurde zu diesem Zeitpunkt nur diese betrieben. Der 2. Ing. quittierte den Alarm und informierte die Brücke um 23:05 Uhr⁴ über seinen weiter andauernden Aufenthalt im Maschinenraum.

Die kombinierte Kesselanlage wurde zu dieser Zeit mit Marinedieselöl befeuert und im Automatikmodus betrieben. So geschaltet, startet der Brenner des Kessels bei der Unterschreitung eines bestimmten Wertes des Dampfdrucks und stoppt nach der Erreichung des voreingestellten Wertes automatisch. *„Zwischen diesen beiden Grenzwerten erfolgt die Leistungsregelung des Brenners durch den Kombinationsregler (Compound Regulator), der den Brennstoffzufluss reguliert und*

² Laut Eintrag im Maschinentagebuch.

³ Bei der zweiten Anlage handelt es sich um einen ausschließlich mittels eines Ölbrenners betriebenen Hilfskessel.

⁴ Laut Eintrag im Maschinentagebuch. Laut Eintrag im Wachbuch der Brücke erfolgte diese Meldung um 22:40 Uhr.

gleichzeitig die zugeführte Luftmenge anpasst. Die Regelgröße des Kombinationsreglers ist der Dampfdruck.⁵

Der Alarm wurde durch das Überwachungssystem als „**Comb. Boiler Burner Stop 22:29:43 (ON-Time)**“ verzeichnet (siehe Abbildung 3). Am Schaltschrank wurde dieser Alarm durch das Aufleuchten einer Signallampe als „Flammenstörung“ ausgewiesen. Die Quittierung des Alarms durch den 2. Ing. erfolgte um **22:31:01 Uhr (OFF-Time)**, als dieser die „Reset“-Taste drückte. Dadurch wurde die Kesselsteuerung zurückgesetzt und alle Alarme gelöscht (Abbildung 6). Zuvor wäre ein Neustart der Anlage nicht möglich gewesen. Der 2. Ing. begab sich dann zum Kessel, um dort den Zustand zu überprüfen. Durch das Schauglas für den Kesselraum war keine Flamme mehr erkennbar. Er kehrte dann in den Maschinenkontrollraum (MKR) zurück, um den 3. Ing. mittels Telefon nach der letzten Wartung des Kessels zu befragen. Dies geschah, da der 3. Ing. innerhalb seines Arbeitsbereiches auch für die Kessel zuständig war. Der 3. Ing. wurde auch gebeten in den MKR zu kommen.



Abbildung 3: Anzeige der Alarme für den kombinierten Kessel

⁵ Buro, Norbert: Analyse des Brandes auf M/T Weichselstern (Seeunfall) am 19.08.2016 auf Außenreedee Emden, Seite 5, 18.07.2017. Im Weiteren als Kesselgutachten bezeichnet. Für das vollständige Gutachten siehe - Anlagen zum Bericht - auf der Internetseite der BSU.

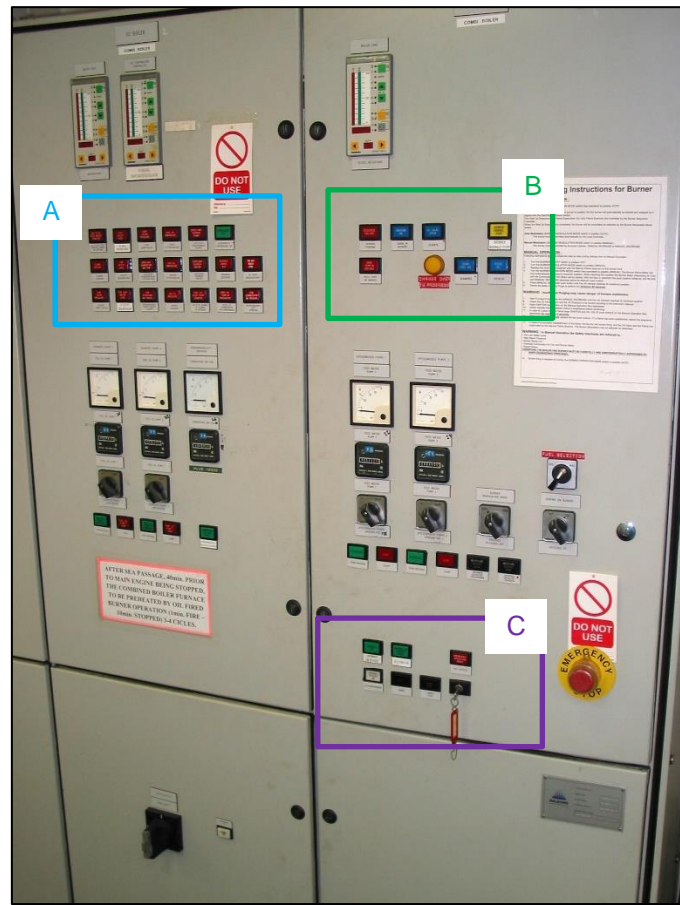


Abbildung 4: Schaltschrank für den kombinierten Kessel
 Kontrol- und Schaltbereiche A, B und C

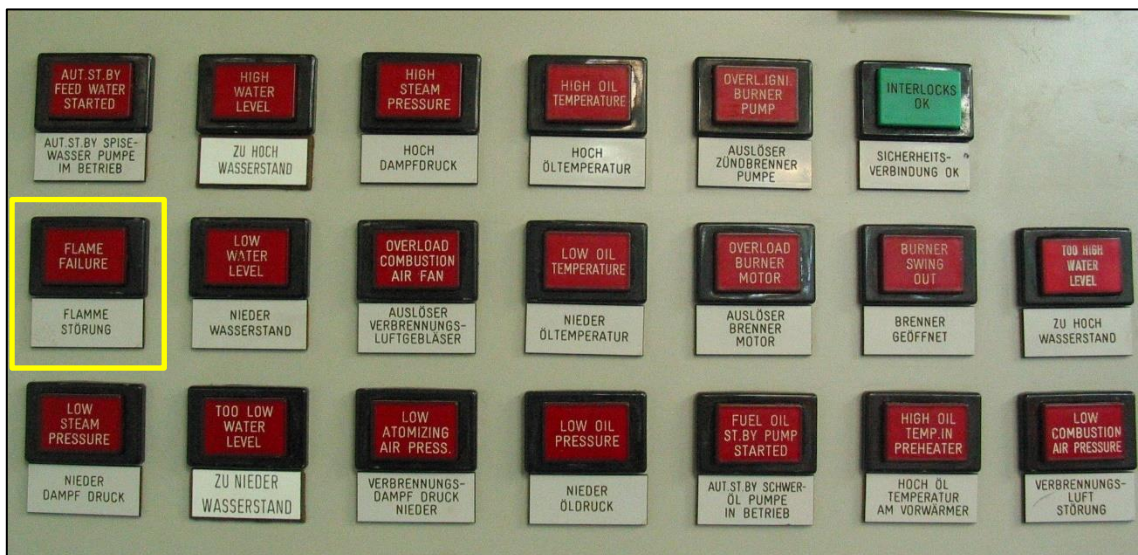


Abbildung 5: Bereich A: Alarmtableau (Ausschnitt aus Abb. 4)
 Signalisierung „Flame Failure/Flamme Störung“ gelb umrandet.

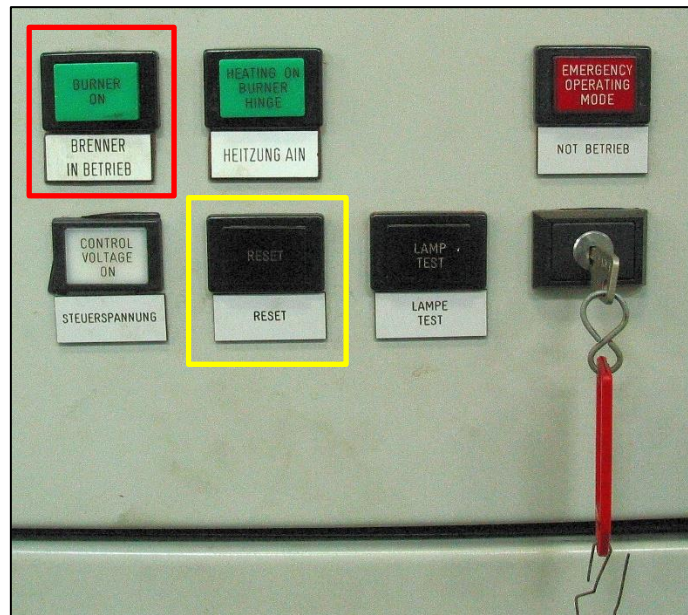


Abbildung 6: Bereich B: „Reset“-Taste und „Burner On/Brenner in Betrieb“-Taste innerhalb des Tableaus

Wenig später kam der 3. Ing. in den MKR. Beide Ingenieure gingen dann zum Kessel. Hier überprüften sie die zwei Sensoren für die Flammenüberwachung und den Zündbrenner, bei dafür geöffneter Brennertür. Der Zündbrenner wurde dazu aus dem Führungsrohr herausgezogen. Es konnten jedoch keine Verunreinigungen oder Schäden festgestellt werden. Daher wurde der Zündbrenner wieder im Führungsrohr montiert und die Brennertür geschlossen.

Im MKR wurde der Kessel dann automatisch gestartet. Dazu wurde der Knopf „Brenner in Betrieb“ gedrückt. Der 2. Ing. gab an, dass die Kontrolllampe des Hauptbrenners „Zünde in Betrieb“ anschließend nicht aufleuchtete.

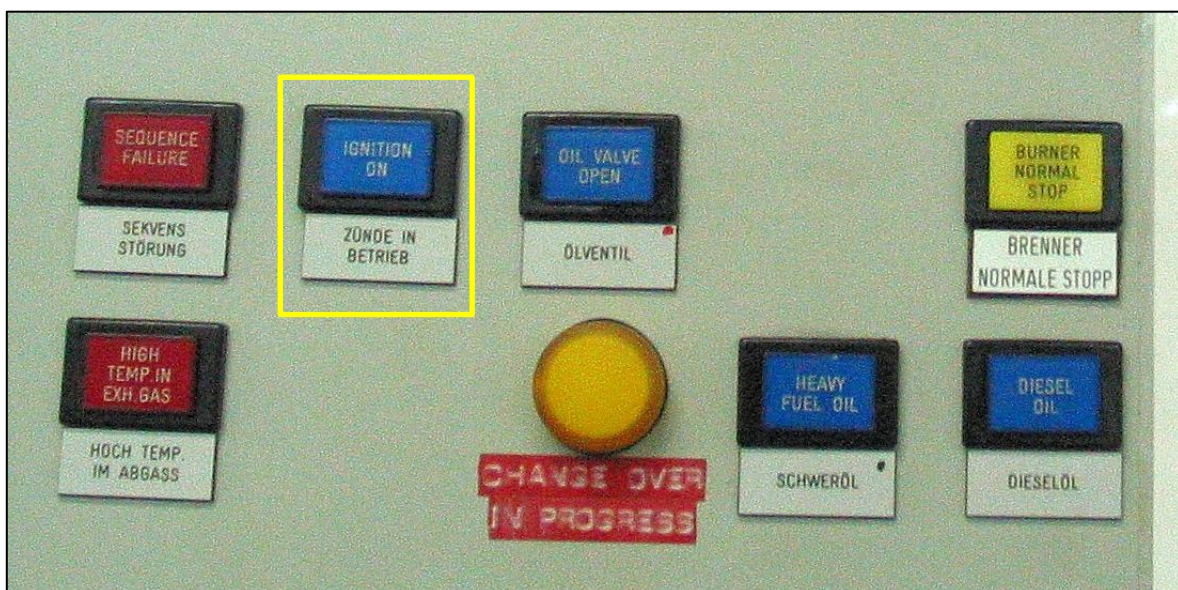


Abbildung 7: Bereich C: Kontrolllampe „Ignition On/Zünde in Betrieb“ hier gelb markiert

Aufgrund der Abfolge der Alarme gehen die Untersucher davon aus, dass sich während dieses Startvorgangs beide Ingenieure noch im MKR aufhielten. Der nächste Alarm wurde mit der gleichen Signalisierung um **22:48:17 Uhr** ausgelöst. Um **22:55:44 Uhr** wurde dieser Alarm zurückgesetzt (siehe Abbildung 3). Ursächlich für diesen Alarm war möglicherweise das Ausbleiben der Zündung.

Die Untersucher gehen außerdem davon aus, dass, anders als durch die beiden Zeugen geäußert, durch die Ingenieure kurz darauf ein zweiter automatischer Start durchgeführt wurde. Dafür sprechen die aufgezeichneten Alarme. Nach dem Start begaben sich beide zum Kessel, um direkt am Brenner den Startvorgang zu beobachten. Bei ihrem Eintreffen war die Vorbelüftung noch nicht abgeschlossen. Die Lüfterklappe schloss dann langsam. Beide positionierten sich vor dem Brenner. Der 3. Ing. stand dabei rechts und hinter dem 2. Ing., als dieser sich zur Kontrolle der Absperrventile am Brenner zu diesen hinunterbeugte. In diesem Moment schlug unvorhergesehen die Brennertür auf und die noch vorhandene Flamme des Brenners strich zunächst über die im linken Bereich des Kessels befindlichen Teile des Maschinenraums und dann über die beiden Ingenieure. In der Überwachung wurde wegen des Aufschlagens der Brennertür der Alarm „**Comb. Boiler Burner Stop 23:01:18 ON-Time**“ generiert. Diesem folgte der „**Fire Alarm**“ um **23:01:27 Uhr**.

Insbesondere der 2. Ing. wurde dabei durch die Flamme erheblich verletzt. Der weniger betroffene 3. Ing. eilte in den Maschinenraum, um von dort den Notstopp zu drücken. Anschließend informierte er den Leiter der Maschinenanlage. Der 2. Ing. begann in der Zwischenzeit mit dem Löschen des durch den Flammenaustritt verursachten Brandes in der Umgebung der Brennertür mit Hilfe von Handfeuerlöschern. Hier war insbesondere die elektrische Verkabelung in Brand geraten. Dabei kam ihm später der 3. Ing. zu Hilfe. Sie löschten wegen der Hitze, und da die Feuerlöscher aus verschiedenen Bereichen des Maschinenraums herangeholt werden mussten, abwechselnd. Durch den Einsatz von 7 Feuerlöschern konnten sie den örtlich begrenzten Brand löschen.

Die beiden Ingenieure wurden dann durch hinzueilende Besatzungsmitglieder erstversorgt. Der Kapitän nahm Kontakt zum Funkärztlichen Beratungsdienst in Cuxhaven auf, um sich hinsichtlich der Behandlung der Brandverletzten unterstützen zu lassen. Von dort wurde offensichtlich auch auf MRCC Bremen verwiesen. Daher rief der Kapitän der WEICHSELSTERN am 19.08.2016 um 00:17 Uhr direkt dort an.

Da für den auf Helgoland stationierten Hubschrauber kein Notarzt zur Verfügung stand, wurde dessen Einsatz durch die Seenotleitung wieder abgesagt und ein Hubschrauber der Northern HeliCopter GmbH mit einem Notarzt zum Einsatz gebracht. Dieser Hubschrauber startete um 01:07 Uhr von der Insel Baltrum und erreichte das Schiff um 01:27 Uhr. Nachdem beide Verletzten um 02:00 Uhr an Bord der Maschine genommen waren, flog der Hubschrauber sie in ein Spezialkrankenhaus in Hamburg. Das Schiff verblieb auf Reede.

2.2 Untersuchungsergebnisse

2.2.1 Kesselanlage

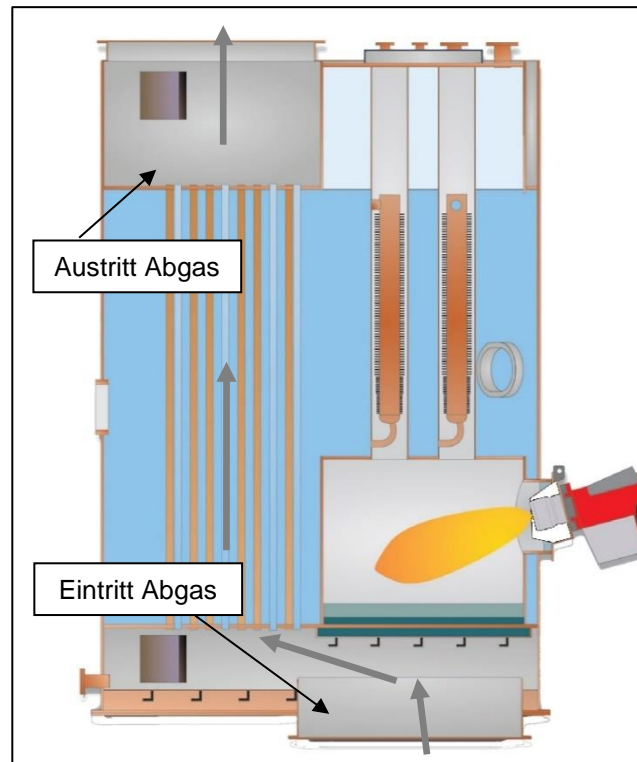
Die mit dem Unfall in Zusammenhang stehende Kesselanlage der WEICHSELSTERN ist eine kombinierte Kesselanlage. Das bedeutet, dass während des Betriebs der Hauptmaschine, der an Bord notwendige Dampf mit Hilfe der durch den Kessel geleiteten Abgase erzeugt werden kann. Bei nicht ausreichender Abgasmenge bzw. im Fall des Stillstandes der Hauptmaschine kann die notwendige Wärme mit Hilfe eines mit Schweröl betriebenen Brenners erzeugt werden. Die Kesselanlage und der Brenner sind Produkte des Herstellers Aalborg Industries⁶ mit der Bezeichnung Mission OC. Für den Betrieb in SECA-Gebieten⁷ wurde die Anlage bzw. der Brenner im Jahr 2012 auf die zusätzliche Möglichkeit des Betriebes mit Marine Diesel Oil (MDO) umgebaut. Dieser Umbau erfolgte durch die Saacke GmbH. Der Umbau war zuvor durch die damalige Klassifikationsgesellschaft Germanischer Lloyd genehmigt und nach der Fertigstellung im Oktober 2013 abgenommen worden. Durch die aktuelle Klassifikationsgesellschaft des Schiffes, das American Bureau of Shipping, erfolgte eine Besichtigung der Kesselanlage im Oktober 2014. Im Januar 2016 wurde eine weitere Besichtigung der Kesselanlage im Rahmen der jährlichen Besichtigung der Maschinenanlage durchgeführt. Alle Besichtigungen wurden ohne Auffälligkeiten absolviert.

Durch die Reederei wurden zwei Wartungsberichte (Juni 2016, Juli 2016) übergeben. Diese enthielten keine Hinweise auf festgestellte Unregelmäßigkeiten.

Der kombinierte Kessel ist ein vertikaler Kessel. Der prinzipielle Aufbau ist in Abbildung 8 ersichtlich.

⁶ Aalborg Industries ist seit 2011 Teil von Alfa Laval – Marine Boilers & Heaters.

⁷ SECA - Sulphur Emission Control Area.

Abbildung 8: Prinzipskizze der kombinierten Kesselanlage⁸

Im Brennerbetrieb wird der zugeführte Brennstoff mittels eines Rotationszerstäuberbrenners durch dessen Drehung und eine Lufröhre fein versprüht, mit Luft (Primärluft) vermischt und in die Brennkammer hineingeblasen. Die Zündung erfolgt durch einen gesonderten Zündbrenner (Ignition Burner). Diesem wird ebenfalls Brennstoff (Diesel) zugeführt, welcher elektrisch gezündet wird. Um die Verbrennung optimal zu gestalten, wird in die Brennkammer über die Windbox weitere Luft (Sekundärluft und Tertiärluft) mittels eines Gebläses hineingedrückt und beim Eintritt durch eine Drallvorrichtung (Swirler), ein Ring mit fächerförmig angebrachten Blechen, verwirbelt. Die Luftmenge wird über ein Verstellsystem gesteuert und damit der geregelt eingespritzten Brennstoffmenge angepasst (siehe auch Abbildungen 9, 10 und 11).

„Die Steuerungen des Kombi-Kessel werden über eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) der Firma Telemecanique (TSX 17) realisiert und befinden sich mit dem separat aufgebauten, elektrischen Sicherheitssystem in 2 Schaltschränken im Maschinenkontrollraum. Mit Ausnahme des manuellen Betriebes (Notbetrieb) ist damit eine Bedienung für das Ein- und Ausschalten des Brenners, Quittierung von Störungen und anderer Vorgänge sowie Grenzwerteinstellungen für Start/Stop des Brenners u.a. vom Maschinenkontrollraum aus möglich ...“⁹

⁸ <https://www.alfalaval.de/produkte/waermeuebertragung/heizkessel/oel-gasbetriebener-dampfkessel-fuer-verbundstoffe/aalborg-oc/>, abgerufen am 15.10.2019.

⁹ Kesselgutachten S. 6.

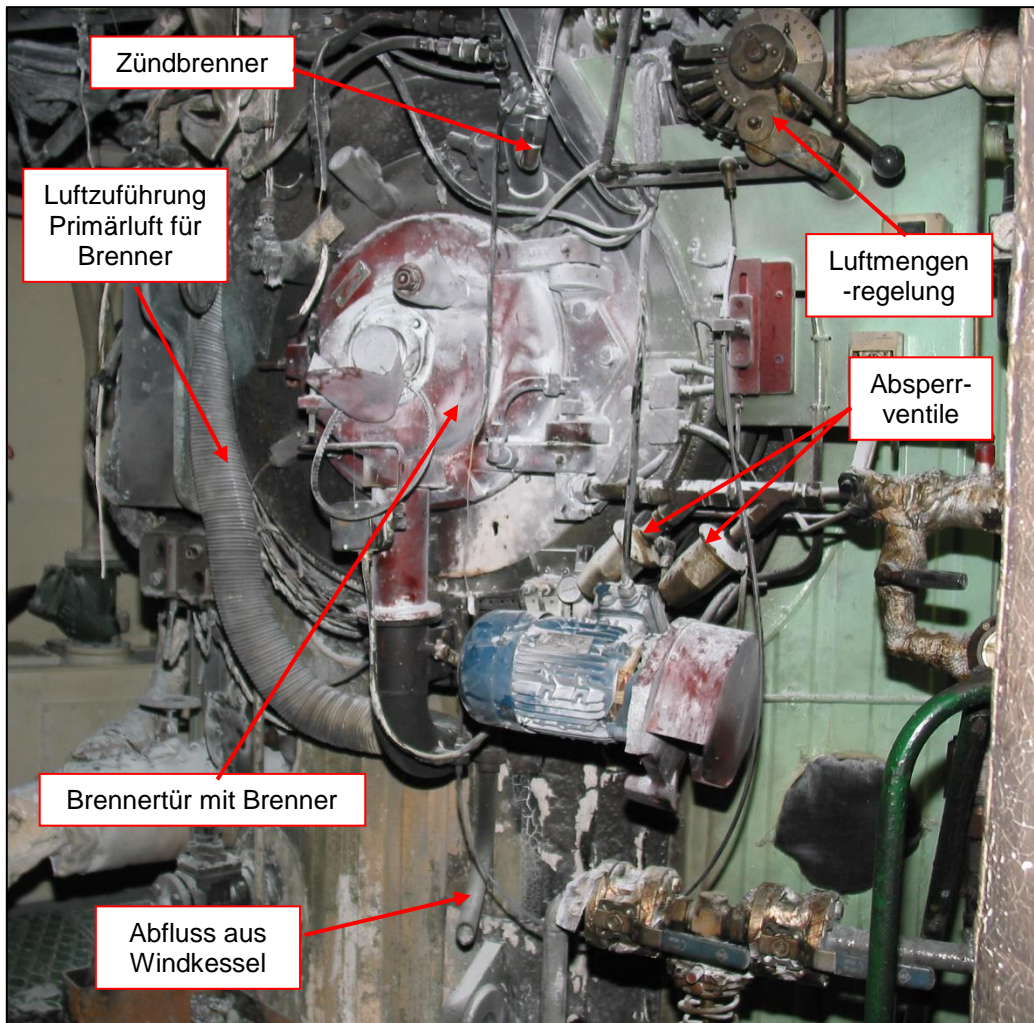


Abbildung 9: Kombiniertes Kessel und sein Brenner

Der Elektromotor für den Antrieb des Rotationszerstäuberbrenners ist abgerissen und hängt an einem Kabel vor der Brennertür.

Der automatische Zündvorgang erfolgt in vorprogrammierten Schritten. Er beginnt mit dem Spülen/Belüftung der Brennkammer mit Hilfe des Gebläses. Dabei sind alle Regelklappen voll geöffnet. Zum Ende der Belüftung werden die Regelklappen geschlossen. Anschließend wird der Zündbrenner gestartet. Mit ihm wird das durch den Rotationszerstäuberbrenner erzeugte Brennstoff-Luft-Gemisch in der Brennkammer entzündet. Nach dem Zünden des Hauptbrenners wird der Zündbrenner abgeschaltet. Im weiteren Schritt werden dann alle Luftmengen und die Brennstoffmenge erhöht.

Die Überwachung des Brenners erfolgt bei dieser Kesselanlage durch einen Flammenwächter für die Hauptflamme. Für die Hauptflamme ist ein weiterer Notbetriebsflammenfühler vorhanden. Der für den Betrieb mit MDO ursprünglich vorgesehene Flammenfühler für die Flamme des Zündbrenners konnte aufgrund der baulichen Gegebenheiten nicht eingebaut werden. Die Anlage wurde dennoch durch den Germanischen Lloyd abgenommen und bei den Besichtigungen durch die neue Klassifikationsgesellschaft ABS nicht bemängelt.

Der Rotationszerstäuberbrenner wird durch einen außerhalb des Brennraums befindlichen Elektromotor über einen Zahnriemen in Rotation versetzt. Über einen beweglichen, gepanzerten Schlauch wird die Primärluft zugeführt. Die gesamte Konstruktion bildet eine Art Tür, die über ein rechts angeschlagenes Scharnier bewegt werden kann. Der Öffnungsgrad beträgt nahezu 180°. Im geöffneten Zustand ist der Blick in die Brennkammer möglich. Der Verschluss der Tür wird durch eine Verriegelung hergestellt. Während des Betriebes des Brenners wird der Verschluss der Tür durch einen Kontrollschalter überwacht. Ein Öffnen der Tür führt zum sofortigen Schließen der beiden elektrisch-pneumatischen Ventile, die sich in der Brennstoffzuführungsleitung befinden. Nach Auskunft des Herstellers beträgt die Schließzeit der Ventile weniger als eine Sekunde.

Neben den genannten Sicherheitsvorrichtungen sind weitere vorhanden. Sie beziehen sich beispielsweise auf den Kesselwasserstand, den Brennstoff oder die zugeführte Luft. Sie hatten, für das hier beschriebene Ereignis keine Bedeutung und werden daher nicht weiter beschrieben.

Der Brennraum ist außerdem mit einem Fenster versehen, über das die Flamme des Hauptbrenners von außen kontrolliert bzw. begutachtet werden kann.

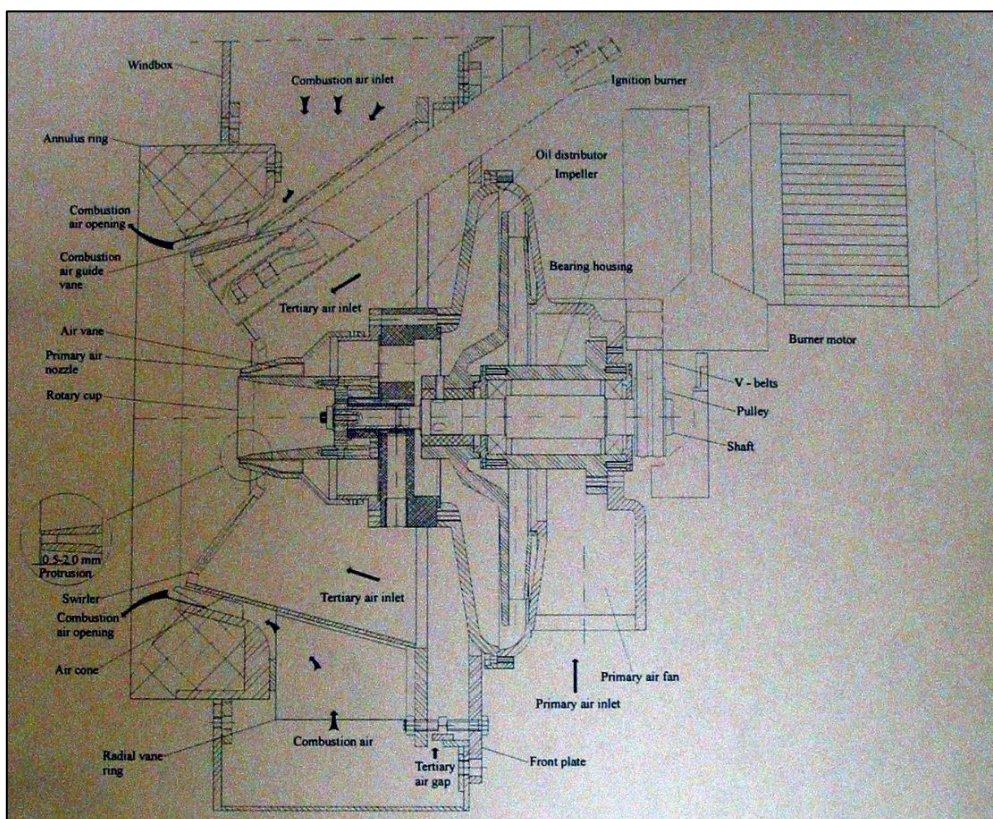


Abbildung 10: Prinzipieller Aufbau Brenner, Windbox und Luftzuführung¹⁰

¹⁰ Entnommen aus Aalborg Industries SD5590#01.0.

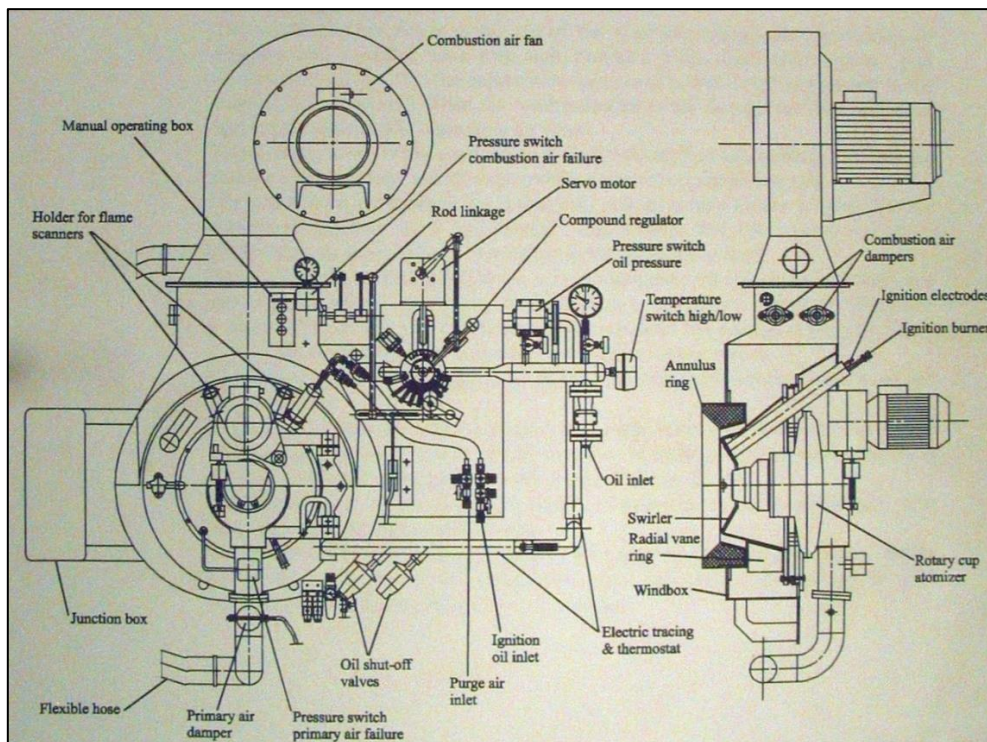


Abbildung 11: Rotationszerstäuberbrenner und zugehörige Bauteile¹¹

2.2.2 Ermittlungen an Bord

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung erhielt am Morgen des 19.08.2016 durch die tägliche Lagemeldung des Maritimen Sicherheitszentrums Cuxhaven Kenntnis von dem Ereignis. Die Wasserschutzpolizei (WSP) Wilhelmshaven teilte auf Nachfrage mit, dass ein Streifenboot zur WEICHSELSTERN unterwegs sei, um erste Erkenntnisse zu gewinnen. Mit dem sehr kooperativen Management des Schiffes wurde eine Besichtigung der WEICHSELSTERN am 20.08.2016 auf der Reede verabredet und durchgeführt. Herr Prof. Dr.-Ing. Buro stellte sich kurzfristig der BSU als Gutachter zur Verfügung. Er nahm an der Besichtigung des Schiffes teil.

Während der Besichtigung an Bord wurden die Gegebenheiten im Maschinenkontrollraum und im Maschinenraum im Bericht des kombinierten Kessels in Augenschein genommen. Durch die Maschinenraumbesatzung wurde das übliche Vorgehen zum Starten des Brenners demonstriert. An der Kesselanlage wurden der vorgefundene Zustand sowie die Brandschäden dokumentiert und untersucht.

2.2.3 Verriegelung der Brennertür

Bei der Untersuchung wurde festgestellt, dass die Türverriegelung der Brennertür gebrochen war. „Die Brennertür wird über einen am Kessel drehbar gelagerten Haken, der einen Bolzen in der Brennertür umfasst, mechanisch verschlossen [Abbildung 14]. Im Haken befindet sich zudem eine Feststellschraube mit Handrad, die eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Haken und Bolzen herstellt.“¹² Das Bruchstück der Türverriegelung konnte aufgefunden werden. Die gesamte Türverriegelung wurde

¹¹ Ebda.

¹² Kesselgutachten Seite 6.

durch die BSU sichergestellt. Wie in Abbildung 12 ersichtlich, war an dem Haken geschweißt worden.

Zur Beurteilung des Ausgangsmaterials und der Qualität der Schweißung wurde ein Gutachten bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Müller in Auftrag gegeben. Im Rahmen des Gutachtens¹³ wurden die folgenden Prüfungen durchgeführt:

- a) Direkte Sichtprüfung nach DIN EN ISO 5817 (2014-06)
- b) Bewertung der Schweißverbindung nach DIN EN ISO 5817 (2014-06)
- c) chemische Analysen von Grundwerkstoff und Schweißgut
- d) Bruchflächenuntersuchung
- e) Mikroschlifferstellung und metallografische Prüfung
- f) Härteprüfungen in Anlehnung an DIN EN ISO 9015-1

Der Gutachter macht unter anderem folgende Feststellungen:

- a) *„Im Verbindungsstück zwischen Drehgelenk und Haken befindet sich eine Schweißverbindung. Das Schweißgut weist einen deutlichen Farbunterschied zum Grundwerkstoff auf, was auf einen nichtartgleichen Schweißzusatzwerkstoff hinweist. Der Bruch liegt im Randbereich der Schweißverbindung. Die Rissufer weisen makroskopisch keine Hinweise (z. B. Schwingungsriefen) auf einen Schwingungsbruch auf. Vielmehr weist die makroskopische Ausbildung der Rissufer auf einen Gewaltbruch hin, [...], wobei deutlich wird, dass der Zusatzwerkstoff den Grundwerkstoff ringförmig umschließt.“¹⁴*
- b) *„Setzt man diese Kriterien für die Bewertung an [...], so erfüllt die Schweißverbindung nicht mal die untersten Anforderungen dieser Vorschrift¹⁵. Wie Bild [...] zeigen, ist beim Schweißen auch Zusatzwerkstoff auf den Kopf des Drehgelenkes gelangt, was die Vermutung nährt, dass die Schweißung im eingebauten Zustand erfolgt ist.“¹⁶*
- c) *„Da der Grundwerkstoff und das Schweißgut unterschiedliche Farbgebung aufweisen, wurden Analysen sowohl vom Grundwerkstoff, als auch vom Schweißgut durchgeführt. Dabei erfolgten die chemischen Analysen nach SLV-AA WT011:2014). Die chemische Analyse weist die typische Zusammensetzung eines Graugusses mit relativ geringem Schwefel -und Phosphorgehalt auf.“¹⁷*
- d) *„Der hohe Nickelgehalt in Messung 1 weist deutlich auf die Verwendung eines Nickel-Basiswerkstoffes als Zusatzwerkstoff hin, wie er für das „Artfremdeschweißen“ (früher auch Kaltschweißen genannt) Verwendung findet. Auffällig hingegen ist Messung 2. Das Verhältnis der Elemente Kohlenstoff und Nickel lässt sich nicht so eindeutig durch eine Aufmischung von*

¹³ Müller, Lutz: Fachliche Stellungnahme für Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung (Schweißverbindung an einem Graugussteil), 2016. Im Weiteren als Schweißgutachten bezeichnet. Für das vollständige Gutachten siehe Anlagen zum Bericht auf der Internetseite der BSU.

¹⁴ Ebda. Seiten 2-3.

¹⁵ DIN EN ISO 5817 (2014-06).

¹⁶ Ebda. Seite 3.

¹⁷ Ebda. Seite 4.

*Grundwerkstoff und Schweißzusatzwerkstoff erklären. Möglicherweise fand im Rahmen der Reparatur punktuell auch ein sehr eisenhaltiger Zusatzwerkstoff mit nur geringen Nickelgehalten Verwendung.*¹⁸

- e) *„Die Bilder [...] zeigen die Bruchflächen der Rissufer. Die Rissfläche weist deutlich das Bild eines Gewaltbruches auf. Spuren von Schwingungsanrissen konnten nicht gefunden werden. Darüber hinaus wird deutlich, dass das Schweißgut sich als Ring um den Grundwerkstoff legt. An einigen Stellen bildet sich eine dünne Schicht zwischen Zusatz- und Grundwerkstoff aus [...] und an anderen Stellen haben sich in diesem Bereich Schlackeeinschlüsse abgelagert [...].“*¹⁹
- f) *„Um das Gefüge über die Schweißverbindung zu interpretieren und die Härte messen zu können, wurde der Riegel längs geschnitten. Bild [...] gibt einen Überblick über den Schweißbereich (hell-Grundwerkstoff; dunkel-Zusatzwerkstoff). Im linken Bildteil ist ein weiterer Anriss zu erkennen. Darüber hinaus wird deutlich, dass nur eine unzureichende Nahtvorbereitung stattgefunden hat und [dass] das Schweißgut eine deutliche Nahtüberhöhung aufweist. In einer Übersichtsaufnahme über das Schweißgut wird deutlich, dass sich durch die Aufmischung von Grundwerkstoff und artfremden Grundwerkstoff stark unterschiedliche Gefügebereiche ausbilden, [...]. Die Art und die Menge der sich bildenden Gefüge hängt aber, neben der chemischen Zusammensetzung auch von den thermischen Bedingungen beim Schweißen ab.“*²⁰
- g) *„[...] haben sich im Bereich der Schmelzlinien sehr unterschiedliche Härtewerte ausgebildet. So weist der Übergang zum hoch nickelhaltigen Schweißgut über den gesamten Bereich nur moderate Härtewerte auf, [...]. Anders in dem Bereich, in dem sich Martensit und Restaustenit gebildet haben, [...]. Hier werden Härtewerte von deutlich über 500 HV gemessen, was die Härterisse erklärt. Die gemessenen Werte korrespondieren mit den im Schliffbild identifizierten Gefügebildungen.“*²¹

Zusammenfassend stellt Herr Prof. Dr.-Ing. Müller fest:

„Die Schweißverbindung wurde mit einem hochnickelhaltigen Zusatzwerkstoff geschweißt. Die Ausführung der Schweißung (Endkrater, Kerben im Nahtübergang) ist z.B. nach DIN EN ISO 5817 (2014-06) nur knapp in die Gruppe D (keine Anforderungen an die Nahtqualität) einzuordnen. Dies gilt auch für andere Bewertungsrichtlinien.

Die Rissflanken weisen keine Merkmale eines Schwingungsrissses auf, vielmehr weisen diese Merkmale eines Sprödbruches auf.

¹⁸ Ebda. Seite 5.

¹⁹ Ebda. Seite 6.

²⁰ Ebda. Seiten 6-7.

²¹ Ebda. Seite 8.

Wie die mikroskopischen Schliffbilder zeigen, haben sich spröde Gefüge (Ledeburit, Martensit, Härtewerte von über 550 HV) im Nahtübergangsbereich durch die thermischen Bedingungen bei den gewählten Schweißbedingungen gebildet. Hierdurch können die thermisch bedingten Spannungen beim Abkühlen der Schweißverbindung nicht kompensiert werden, so dass sich Risse gebildet haben. Zum anderen haben sich Heißrisse im Nickelzusatzwerkstoff gebildet, die zum einen durch niedrigschmelzende Eutektika, die sich bei diesen Werkstoffen auf den Korngrenzen bilden und zum anderen durch die thermisch bedingten Zugspannungen entstehen.

Als Ursache für das Versagen des Bauteils muss die nicht fachgerechte Schweißverbindung angesehen werden. Diese weist neben äußeren starken Unregelmäßigkeiten auch innere Fehler (Härtegefüge mit Rissen; Spannungsbedingte Heißrisse) auf. Darüber hinaus weisen Nickellegierungen geringere Festigkeiten als der Grundwerkstoff Gusseisen auf.

Es ist somit davon auszugehen, dass die Summe dieser Unzulänglichkeit die Belastbarkeit der Schweißverbindung deutlich eingeschränkt haben.²²

Durch die Besatzung wurde angegeben, dass kein Mitglied der an Bord befindlichen Crew an der Türverriegelung Schweißarbeiten ausgeführt hatte. Der Zeitpunkt der Herstellung der Schweißverbindung konnte nicht ermittelt werden.

Im Zusammenhang mit der Türverriegelung wurde außerdem festgestellt, dass der ursprüngliche Bolzen, der das Gegenstück des Hakens an der Brenntür darstellt (Abbildung 15), auf der WEICHSELSTERN durch eine Gewindestange ersetzt worden war. Auch hierzu konnte weder Grund noch Zeitpunkt ermittelt werden. Die Untersucher gehen aber davon aus, dass der Ersatz keine Einschränkung der Funktionalität oder Sicherheit darstellte.

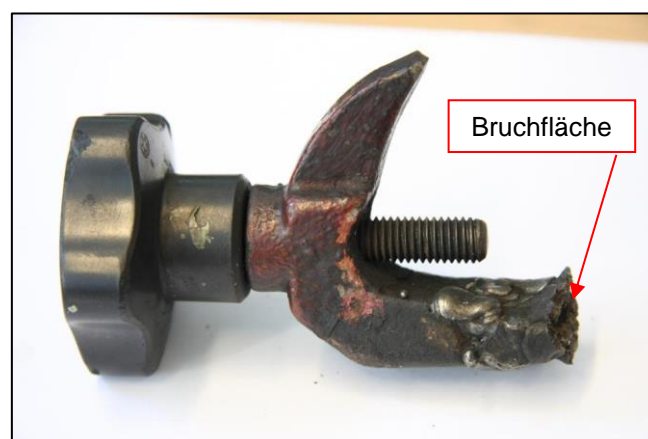


Abbildung 12: Gebrochener Haken der Türverriegelung

²² Ebda. Seiten 9-10.

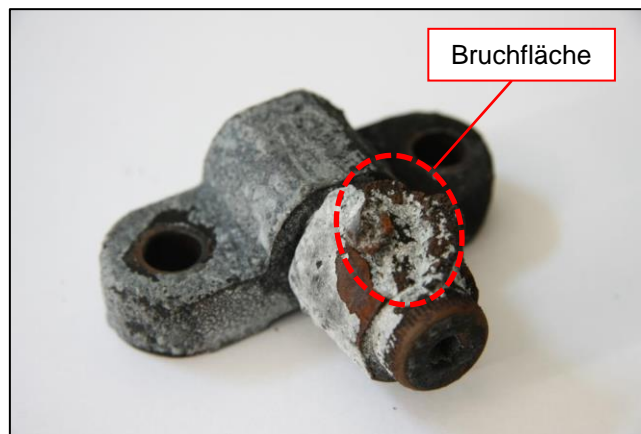


Abbildung 13: Gegenstück; zuvor am Kessel montiert (Abb. 15)

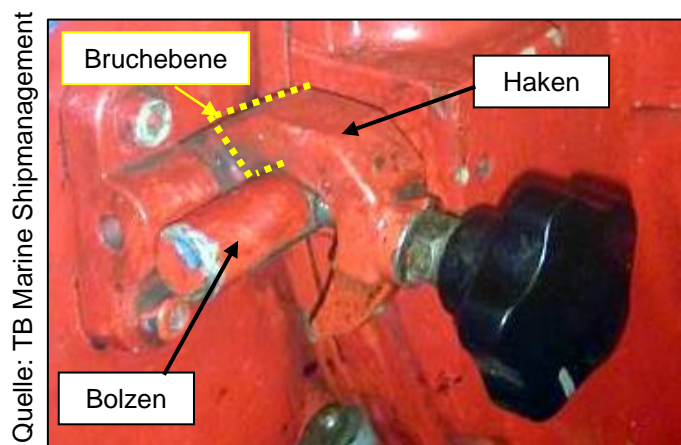


Abbildung 14: Vergleichbares Bauteil eines Schwesterschiffes

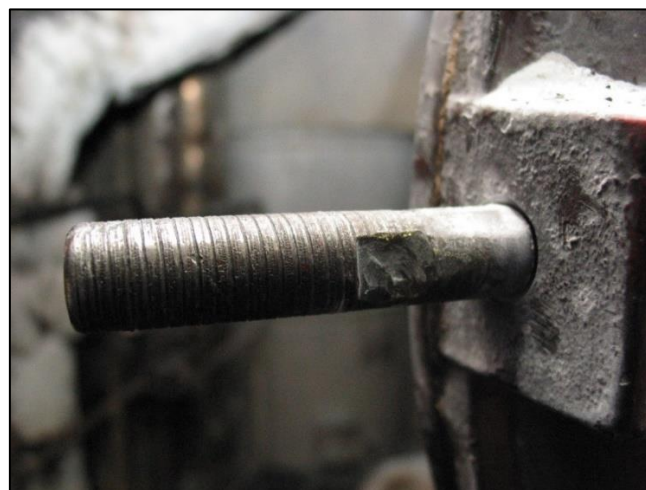


Abbildung 15: Bolzen der Türverriegelung

2.2.4 Feststellungen zur Windbox und dem Brenner

Während der Besichtigung der Windbox (Abbildung 16 und Abbildungen 10 und 11) wurde festgestellt, dass der Zündbrenner nicht vollständig in sein Führungsrohr eingeführt war (Abbildung 16). Der Zündbrenner wird üblicherweise mit einer Flügelschraube im Führungsrohr gesichert. Es konnte im Rahmen der Untersuchung

nicht sicher bestimmt werden, ob bzw. durch welches Ereignis der Zündbrenner um ca. 5 cm aus seiner eigentlichen Position gedrückt worden war.

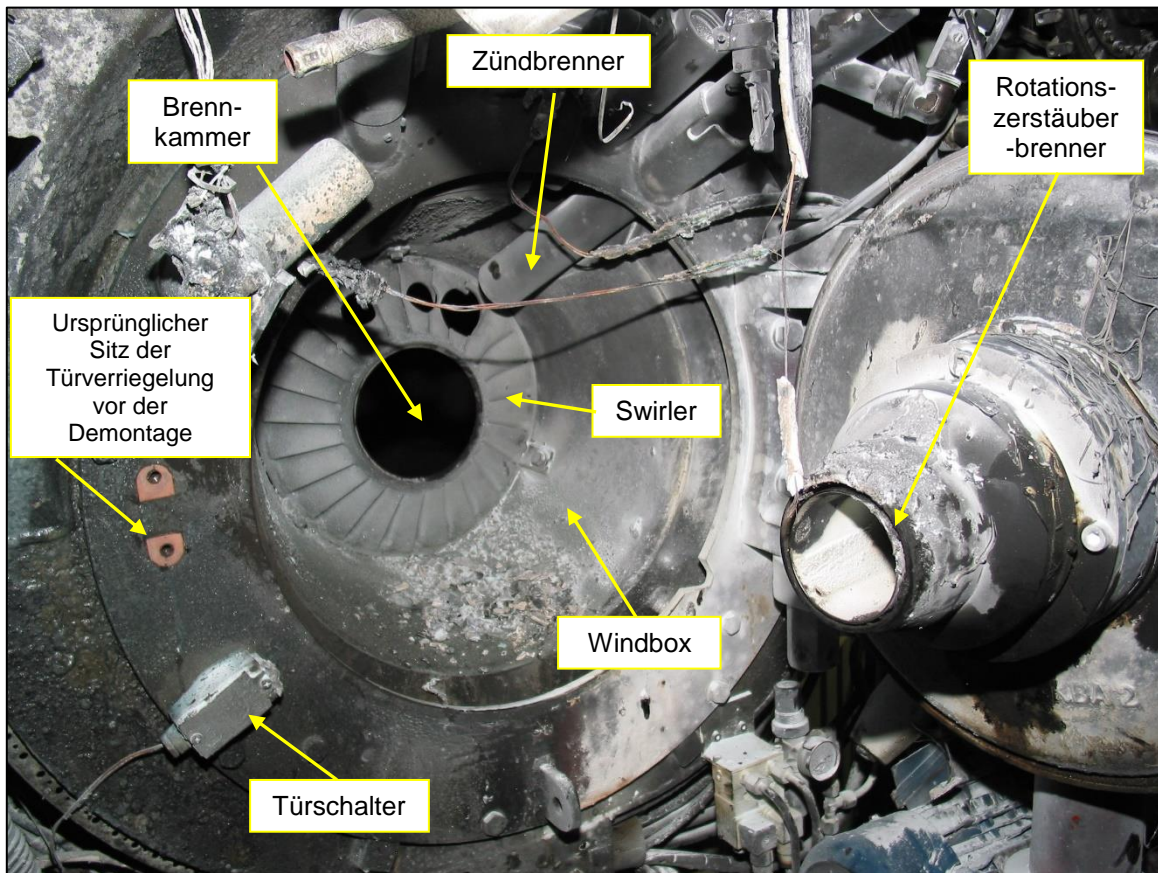


Abbildung 16: Brennertür mit Rotationszerstäuberbrenner und Windbox

Um einen besseren Zugang zur Brennkammer zu erlangen, wurde der Swirler demontiert. Nach dem Ausbau wurde festgestellt, dass sich im unteren Teil der Windbox eine größere Menge an MDO befand (Abbildung 17).



Abbildung 17: Kraftstoff in der Windbox

Das Ablassen des Brennstoffes über das dafür vorgesehene Ablassrohr, (siehe Abbildung 9) am Boden der Vertiefung, war zunächst nicht möglich, da zum einen der Absperrhahn sehr schwergängig und zum anderen das gesamte Rohr mit Schwerölrresten verstopft war. Die vorgefundene Brennstoffmenge wurde mit ca. 2 Litern bestimmt.



Abbildung 18: Abgelassener Brennstoff aus Windbox

Der Gutachter Herr Prof. Dr.-Ing. Buro stellt dazu in seinem Gutachten folgendes fest: „Die Herkunft dieser Menge wurde mit dem Kesselhersteller (Aalborg Industries) als auch der Umbaufirma (Saacke) besprochen und folgende mögliche Ursachen genannt:

- a) *inkorrekt installierter Zündbrenner (Pilot Burner),*
- b) *abgenutztes Schutzrohr des Zündbrenners,*
- c) *Ölnebelniederschlag durch inkorrekte Flammführung,*
- d) *ein Unterdruck im Maschinenraum kann eine Flammrückführung bewirken,*
- e) *undichte elektrisch-pneumatische Brennstoffventile.*

Die Ursachen b), c) und d) wurden seitens Aalborg als eher unwahrscheinlich angesehen, dem zuzustimmen ist. A) kommt nur dann als Ursache in Betracht, wenn keine Zündflamme entsteht, was in Folge des fehlenden Flammenwächters für den Zündbrenner nicht ausgeschlossen werden kann. E) würde bei nicht drehendem Rotationszerstäuber zu einem Eintritt von Kraftstoff führen, der sich sowohl auf dem Kesselboden als auch im Windkessel ansammeln kann.

Die elektrisch-pneumatischen Brennstoffventile wurden deshalb nach dem Unfall einer Dichtheitsprüfung unterzogen, wozu diese über 15 Minuten einem statischen Druck von 16 bar ausgesetzt wurden. Eine Undichtigkeit konnte nicht beobachtet werden. Dennoch ist ein Eintritt von Dieselöl über den Rotationszerstäuber auch mit dichten Brennstoffventilen möglich, da im Auslauf des Rotationszerstäubers noch Diesel in den Kessel gelangen kann. Dieser wird nicht mehr zerstäubt und kann über den Rand des

Bechers außen nach hinten in den Windkessel laufen. Über eine Vielzahl von Ausschaltvorgängen kann sich dadurch eine ansehnliche Dieselmenge im Windkessel ansammeln. Bei reinem Schweröl besteht diese Gefahr aufgrund der deutlich geringeren Fließfähigkeit kaum.

Eine weitere Herkunftsmöglichkeit des Dieselöls besteht in undichten Anschlussleitungen an den Rotationszerstäuber. Im Bereich der Rohrverschraubung fanden sich ölhaltige Flächen auf der Rückwand des Brenners. Mithin sind die beiden letztgenannten Möglichkeiten die wahrscheinlichste Ursache für das Dieselöl im Windkessel.“²³

Durch die Untersuchung konnte nicht geklärt werden, seit wann sich der Brennstoff an dieser Stelle befand. Die im Ablassrohr vorgefundene Verstopfung deutet aber auf einen länger andauernden Zustand hin. Die zwei vorgelegten Wartungsberichte zur Kesselanlage für die Monate Juni und Juli ergaben keine weiteren Hinweise.

Die Untersucher der BSU gehen davon aus, dass die Brennertür mit einiger Wucht aufschlug. Das kann aus dem abgebrochenen Elektromotor für den Antrieb des Rotationszerstäuberbrenners (siehe Abbildung 9) geschlossen werden. Der Brennraumüberdruck liegt üblicherweise im Bereich zwischen 8 und 20 mbar. Während des Zündvorganges des Brenners kann jedoch kurzzeitig ein höherer Druck auftreten. Dazu liegen allerdings keine Werte beim Hersteller vor.

Die Untersucher gehen weiter davon aus, dass die Flamme des Brenners ausgebildet war. Dafür sprechen die Verletzungen der beiden Ingenieure und die Brandschäden im Schwenkbereich der Brennertür. Die Untersucher sind der Ansicht, dass zwar unmittelbar mit dem Aufschlagen eine Abschaltung der Brennstoffzufuhr erfolgte. Jedoch sorgte der sich in der Leitung bis zum Brenner befindliche Brennstoff noch für längere Zeit, ein bis zwei Minuten, zum Aufrechterhalten der Flamme, da der Brenner noch nachläuft.

Eine genaue Untersuchung der Ablaufschritte während des Starts des Brenners bzw. der Bestimmung des Zeitpunktes des Auftretens der Fehlermeldung innerhalb des Startvorgangs war nicht möglich. „Hierzu hätte es einer Protokollierung der einzelnen Zündschritte (Datenerfassung) und eines Flammenwächters für die Zündflamme bedurft, die beide in dieser Anlage nicht vorhanden sind.“²⁴

Im Rahmen der Untersuchung wurde auch die Betriebsstätte bei Alfa Laval in Aalborg besichtigt. Dabei wurden auch bestimmte Feststellungen während der Untersuchung an Bord diskutiert. So konnte geklärt werden, dass die Formgebung der Fächer des Swirlers, hier war eine Rundung der Fächer festgestellt worden, bereits während des Produktionsprozesses und nicht durch ein explosionsartiges Ereignis im Brennraum geschah. Durch den Hersteller wurde angegeben, dass die Haken der Türverriegelung nach wie vor aus Grauguss hergestellt werden. Die Bedenken der BSU hinsichtlich der Sprödigkeit des verwendeten Materials im Vergleich zu Stahl konnten nachvollzogen

²³ Kesselgutachten Seite 10-11.

²⁴ Ebda. Seite 7.

werden. Die Klassifikationsgesellschaft DNV GL teilte auf Nachfrage mit, dass der mechanische Aufbau des Brenners allein in der Verantwortung des Herstellers liegt.

2.2.5 Besatzung

Der 2. Ing. hatte seinen Dienst auf der WEICHSELSTERN am 11.07.2016 begonnen. Dies war sein erster Kontrakt auf diesem Schiff. Er war seit 2011 auf Tankern als 2. Ing. unter Vertrag. Von 2007 bis 2011 hatte er Kontrakte als 3. Ing. auf Tankern und war daher aus dieser Zeit mit dem Betrieb von Kesselanlagen intensiv vertraut, da diese damals zu seinem Aufgabenbereich gehörten.

Der 3. Ing. hatte seinen Dienst auf der WEICHSELSTERN am 08.08.2016 begonnen. Zum Arbeitsbeginn war er durch den Leitenden Schiffingenieur eingearbeitet worden. Der 3. Ing. gab an, dass er nach einer dreijährigen Ausbildung zunächst als Able Seafarer Engine gefahren war. Laut der vorgelegten Unterlagen hatte er ab 2007 Verträge als 4. bzw. 3. Ing. Dabei war er überwiegend auf Tankern beschäftigt. In diese Zeit fiel auch eine Fahrzeit von ca. 5 Monaten auf einem Schwesterschiff, die im September 2012 begann.

Die vorgelegten Stundennachweise ergaben bei beiden Ingenieuren keinen Anhaltspunkt für eine Übermüdung.

2.2.6 Bereits durchgeführte Maßnahmen

Durch die Reederei wurden nach dem Unfall umfangreiche Maßnahmen in Angriff genommen. Unter anderem wurde zusammen mit dem Hersteller der Kesselanlage eine eigene Untersuchung der Unfallursache durchgeführt und alle vergleichbaren Kesselanlagen zusammen mit Serviceunternehmen überprüft. Alle Sicherheitseinrichtungen wurden in diesem Zusammenhang begutachtet und wenn notwendig erneuert bzw. neu eingestellt. Darüber hinaus wurden die Beschreibungen der Wartungsarbeiten detaillierter gefasst und vervollständigt. Das umfasst auch die Überprüfung des zur Windbox gehörenden Ablassrohres.

Aufgrund der umfangreichen Maßnahmen der Reederei konnte die BSU auf Sicherheitsempfehlungen verzichten.

3 FAZIT

Der Gutachter Herr Prof. Dr.-Ing. Buro stellt folgendes zusammenfassend fest:

- Bei der Besichtigung des Feuerraums, des Windkessels und der anderen Brennerkomponenten fand sich kein Indiz für eine Verpuffung. *„Geht man davon aus, dass sich Dieselöl bereits längere Zeit im Windkessel befand, ist eine Verpuffung just zum Zeitpunkt des Unfalls auch eher unwahrscheinlich. Mithin kann zwar eine mangelhafte Wartung und Überprüfung konstatiert werden, die jedoch kaum ursächlich für den Unfall war.“*²⁵
- Der Gutachter ist der Ansicht, *„..., dass ohne Vorschädigung des Verschlussakens der Unfall vermieden worden wäre. Der beim Zünden entstehende Druckimpuls hat hier ausgereicht, die Lastspielzahl der Zeitfestigkeit des geschädigten Hakens zu überschreiten, was bei einem unbeschädigten Haken nicht der Fall gewesen wäre.“*²⁶
- *„Der Hersteller des Kessels hat zwar verschiedene Sicherheitsverriegelungen vorgesehen, diese jedoch nicht auf Ihre Wirksamkeit überprüft. So sind zwar Einrichtungen zur Unterbrechung der Brennstoffversorgung vorhanden (elektropneumatisches Doppelventil), jedoch wird nach der Schließzeit der Ventile von einer Sekunde über ein bis zwei Minuten noch Brennstoff verbrannt (mündliche Aussage Aalborg Industries). In der Leitung zwischen Doppelventil und Rotationszerstäuber befindet sich noch ausreichend Brennstoff, der im auslaufenden Rotationszerstäuber verbrannt wird. Eine deutliche Verkürzung dieser Nachbrennzeit kann zunächst dadurch erreicht werden, dass das Doppelventil näher am Rotationszerstäuber platziert wird, wodurch die vorhandene Restbrennstoffmenge verringert wird.*

*Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Nachlaufzeit des Rotationszerstäubers, die durch die kinetische Energie des Antriebsstranges bzw. dessen Massenträgheitsmomente bestimmt wird. Eine hierzu wirkungsvolle Maßnahme wäre der Einbau einer Motorbremse, die den Antrieb schnell zum Stillstand bringt. Mit diesen Maßnahmen verringert sich die Nachbrennzeit.“*²⁷

- *„Der Umbau des Kessels auch für Dieselbetrieb berücksichtigt nicht, dass beim Auslaufen des Rotationszerstäubers Dieselöl, im Gegensatz zu Schweröl, leichter in den Windkessel gelangen kann.“*²⁸
- *„Eine konstruktive Evaluation des Verschlusses der Brennentür zeigt Sicherheitsmängel auf. Die Tür wird nur von einem Verschluss, dem Haken, gehalten. Bei Ausfall dieses Verschlusses gibt es keine Redundanz. Weiterhin ist der Verschlussaken aus Grauguss und damit für Beschädigungen anfälliger als duktiler Stahl.“*²⁹
- *„Der Kessel ist mit einem Flammenwächter ausgestattet, der jedoch nur die Hauptflamme und nicht die Zündflamme überwacht. Hierdurch ist es möglich, dass über den Zündbrenner unbemerkt Dieselöl in den Kessel gelangt und damit das*

²⁵ Kesselgutachten S. 11.

²⁶ Ebda. S. 11.

²⁷ Ebda. S. 12.

²⁸ Ebda. S. 13.

²⁹ Ebda. S. 12.

Risiko einer Kesselverpuffung steigt. Dieser Sicherheitsmangel ist nicht nur seit Herstellung des Kessels immanent, sondern wurde auch beim Umbau auf den Dieselölbetrieb nicht behoben. Vielmehr akzeptierten beide Klassifikationsgesellschaften, Germanischer Lloyd und American Bureau of Shipping, diesen Zustand.“³⁰

- *„Die automatische Bedienung des Kessels und dessen Zustandsanzeigen erfolgt vom Maschinenkontrollraum aus. Die dort angebrachten Beschriftungen der Bedienelemente und Anzeigen sind nicht immer eindeutig und können insbesondere in Notsituationen zu Fehlbedienungen führen. Dies gilt umso mehr, wenn mit häufig wechselndem Bedienungspersonal zu rechnen ist.“³¹*

Die festgestellten Fakten lassen den Schluss zu, dass die kombinierte Kesselanlage zum Unfallzeitpunkt in der üblichen sachgerechten Art und Weise betrieben wurde. Die Anlage wurde im Automatikmodus betrieben, so dass zum Unfallzeitpunkt keine regelnden Eingriffe durch die anwesenden Ingenieure erfolgten. Das Aufschlagen der Brennertür wurde sehr wahrscheinlich nicht durch ein außergewöhnliches Ereignis wie eine Verpuffung innerhalb des Kessels bewirkt. Die Untersucher gehen vielmehr davon aus, dass der normale Zündvorgang und die damit einhergehende leichte Druckerhöhung ursächlich für den Bruch der Schweißverbindung an der Türverriegelung der Brennertür zu diesem Zeitpunkt waren. Wie im Schweißgutachten beschrieben, entsprach die laienhaft hergestellte Schweißverbindung nicht den Mindestanforderungen an solch eine Arbeit.

Das Nachlaufen des Rotationszerstäubers bzw. die Aufrechterhaltung der Flamme nach dem Öffnen der Tür trotz des damit verbundenen Abschaltens der Brennstoffversorgung lag innerhalb der Spezifikation und entspricht den aktuellen technischen Vorschriften. Dennoch könnten durch die durch den Gutachter aufgezeigten Modifikationen hier Verbesserungen erreicht werden. Das würde auch bei einem schnellen und beabsichtigten Öffnen der Brennertür die Sicherheit erhöhen.

³⁰ Ebda. S. 12.

³¹ Ebda. S. 13.

4 QUELLENANGABEN

- Prof. Dr.-Ing. Buro: Analyse des Brandes auf M/T Weichselstern (Seeunfall) am 19.08.2016 auf Außenreederei Emden. Gutachten im Auftrag der BSU, 18. Juli 2017.
- Prof. Dr.-Ing. Müller: Fachliche Stellungnahme für die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung (Schweißverbindung an einem Graugussteil), 2016
- Ermittlungen der Wasserschutzpolizei Wilhelmshaven im Zusammenhang mit der Ermittlungsakte der Staatsanwaltschaft Oldenburg.
- Stellungnahmen der Reederei, von Alva Laval Aalborg – Marine Boilers & Heaters sowie Saacke
- Zeugenaussagen der Besatzung
- Technische Unterlagen zur kombinierten Kesselanlage
- Unterlagen und Stellungnahmen der Klassifikationsgesellschaft DNV GL und Unterlagen der Klassifikationsgesellschaft ABS.

5 ANLAGEN

Die beiden im Zusammenhang mit der Seeunfalluntersuchung des Falles im Auftrag der BSU in deutscher Sprache erarbeiteten Gutachten können von der Internetseite der BSU heruntergeladen werden.