

Analyse des Brandes auf M/T Weichselstern  
(Seeunfall)  
am 19.8.2016  
auf Außenreedede Emden

Norbert Buro

18. Juli 2017

beauftragt durch  
Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung (BSU)

## Exzerpt

Auf M/T Weichselstern (IMO Nummer 9183829) kam es am 19.8.2016 zu einem Brand am Brennerstand des sogenannten Kombi-Kessels, d.h. es kann das Abgas der Hauptmaschine als auch ein Ölbrenner zur Dampferzeugung verwendet werden. Der Brenner war in Betrieb, die Hauptmaschine war abgestellt. Dabei öffnete sich die Brennertür schlagartig, so dass die Flamme des Rotationszerstäubers über den ganzen Öffnungswinkel der Brennertür von nahe 180° aktiv war. In Folge kam es zu einem Brand und vor allem zu erheblichen Brandverletzungen zweier Besatzungsmitglieder, die sich im Öffnungswinkel der Brennertür befanden.

Die Flamme des Rotationszerstäubers erlosch durch Notabschaltung, jedoch erst nachdem die Brennertür vollständig geöffnet hatte.

Wesentlich für die Beurteilung des Unfalls ist die Ursache für das Öffnen der Brennertür. Als direkte Ursache lässt sich der Bruch der Verriegelung der Brennertür identifizieren, die aus einem Bolzen mit Haken besteht. Bei dem Bolzen handelt es sich nicht um ein Originalteil, sondern um eine Gewindestange. Bedeutsamer ist jedoch, dass der Haken aus Gussmaterial brach und zwar an einer geschweißten Stelle. Die Schweißung wurde entgegen den allgemeinen Regeln der Technik durchgeführt. Der Zeitpunkt der mangelhaft ausgeführten Schweißung kann nicht mehr festgestellt werden, mithin kann dieser auch länger zurückliegen. Der Bruch des Hakens ist eine Folge der unsachgemäßen Reparaturschweißung und damit direkte Ursache für Brand und Personenschaden.

Im Windkessel des Brenners wurde Dieselöl gefunden. Eine Verpuffung im Kessel, in deren Folge der beschädigte Haken gebrochen sein könnte, wird dennoch ausgeschlossen. Während des regulären Zündvorganges kommt es zu einem Druckaufbau im Feuerraum und damit zu einer Belastung der Brennertür, die von einem unbeschädigten Haken auch bei hoher Lastspielzahl leicht ertragen werden kann (Dauerfestigkeit). Bei dem durch die Schweißung massiv geschädigten Haken war die Lastspielzahl bis zum Bruch deutlich reduziert (Zeitfestigkeit) und erreichte diese zum Unfallzeitpunkt.

## Inhalt

1. Technische Beschreibung der relevanten Anlagenteile .....	3
2. Beschreibung des Unfallhergangs.....	6
3. Bewertung des Unfallherganges .....	9
4. Bewertung der Unfallursachen .....	9
5. Empfehlungen und Kritik .....	11
Referenzen .....	13
Bilderanhang .....	14

## 1. Technische Beschreibung der relevanten Anlagenteile

Die Maschinenanlage der M/V Weichselstern verfügt über einen Kombi-Kessel (Combined Boiler), der einerseits über die Abgase der Hauptmaschine und andererseits über einen Ölbrenner mit Rotationszerstäuber und Zündbrenner betrieben werden kann. Der Brenner des Kessels kann mit Dieselöl (Diesel Oil, DO) als auch Schweröl (Heavy Fuel Oil, HFO) betrieben werden. Der erzeugte Dampf mit Betriebsdruck von 12 bar wird für Heizzwecke unterschiedlicher Art wie Tankheizungen und Vorwärmungen benötigt. Hersteller des Kessels und Brenners ist die Firma Aalborg Industries, Dänemark.

Für das im Jahr 1999 in Gdingen auf der Werft Stocznia Gdynia (Bau Nr. 8189/2) gebaute Schiff war nur ein Betrieb des Brenners bzw. des Rotationszerstäubers mit Schweröl vorgesehen. Aufgrund der veränderten Bestimmungen nach Marpol für SECA Gebiete erfolgte in 2012 ein Umbau der Brennstoffversorgung des Brenners durch die Firma Saacke, Bremen, so dass zusätzlich Dieselöl eingesetzt werden konnte. Die Umschaltung und Ansteuerung der genannten Ventile erfolgt durch einen Schalter im Maschinenkontrollraum, der in den Schaltschrank des Kesselherstellers eingebaut wurde. Die durchgeführten Umbauarbeiten wurden durch eine Abnahme (Survey Statement) durch den Germanischen Lloyd in 2012 und 2013 ohne Beanstandung angenommen. Zudem erfolgte im Oktober 2014 ein Boiler Survey und im Januar 2016 ein Annual Machinery Survey durch American Bureau of Shipping (ABS) aus dem sich keine Mängel oder Anmerkungen ergaben.

Die wesentlichen Komponenten des Brennstoffsystems zeigt die nachfolgende Tabelle.

Komponente	Anzahl	Herkunft		Bemerkung
		Aalborg/Bauwerft	Saacke	
Tagestank Dieselöl	1	X		Gleichzeitig Service Tank für sonstigen Maschinenbetrieb
Tagestank Schweröl	1	X		Gleichzeitig Service Tank für sonstigen Maschinenbetrieb
Brennstoffpumpen für Schweröl	2	X		Haupt- und Reserve
Brennstoffpumpen für Dieselöl	2	X		Diese sind identisch mit den Dieselpumpen für die Hilfsdiesel.

Vorwärmer für Schweröl	1	X		
Temperaturregler für Vorwärmer	1	X		
Druckregler für Schweröl	1	X		
Druckregler für Dieselöl	1		X	
Vorlaufleitungen Schweröl	1	X		
Vorlaufleitung Dieselöl	1		X	
Rücklaufleitung Schweröl	1	X		
Rücklaufleitung Dieselöl	-	-	-	Nicht existent
Automatisches Absperrventil Vorlauf Dieselöl	1		X	
Automatisches Absperrventil Rücklauf Schweröl	1		X	
3-Wege-Ventil Umschaltung Schweröl/Dieselöl	1		X	
Kombinationsregler mit Servo-Motor	1	X		
Elektrisch-pneumatische Absperrventile	2	X		Dienen zur Brennstoffunterbrechung zum Rotationszerstäuber bei Notabschaltung
Dieselöl-Pumpe für Zündbrenner	1	X		
Automatische Steuerung zur Umschaltung Schweröl/Dieselöl und umgekehrt	1		X	Eingebaut im Schaltschrank von Aalborg

Der Brenner kann im Automatikmodus als auch manuell betrieben werden. Im Automatikmodus wird der Brenner automatisch gezündet und dann betrieben, wenn der Dampfdruck unter einen Grenzwert fällt. Ist ein oberer Grenzwert erreicht schaltet der Brenner aus. Dieser Automatismus gilt auch bei zusätzlicher Beheizung durch Abgase der Hauptmaschine, so dass bei ausreichender Abgasbeheizung kein Brennerbetrieb erfolgt. Zwischen diesen beiden Grenzwerten erfolgt die Leistungsregelung des Brenners durch den Kombinationsregler (Compound regulator), der den Brennstoffzufluss reguliert und gleichzeitig die zugeführte Luftmenge anpasst. Die Regelgröße des Kombinationsreglers ist der Dampfdruck. Der Zündvorgang des Hauptbrenners erfolgt durch einen Zündbrenner (Ignition burner). Dabei wird zunächst am Zündbrenner Dieselöl über eine Düse zerstäubt und das entstehende Gemisch mittels an elektrischer Hochspannung liegenden Elektroden gezündet. Die so entstehende Zündflamme zündet dann den Hauptbrenner mit seinem Rotationszerstäuber.

Der Brenner kann auch manuell betrieben werden, was jedoch als Notbetrieb angesehen wird. In diesem Fall ist die Hebelverbindung zwischen Kombinationsregler und Servo-Motor zunächst zu öffnen, so dass der Kombinationsregler manuell bedient werden kann. Der weitere Ablauf entspricht dem automatischen Zündvorgang durch manuelles Bedienen von Zündbrenner und Hauptbrenner.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen automatischem und manuellem Modus sind die jeweils aktiven Sicherheitsverriegelungen. Die nachfolgende Tabelle zeigt diese und deren Status im jeweiligen Modus.

<b>Sicherheitsverriegelung</b>	<b>Aktiv bei automatischem Betrieb</b>	<b>Aktiv bei manuellem Betrieb</b>
Kesselwasserstand zu niedrig	Ja	Ja
Dampfdruck zu groß	Ja	Ja
<b>Brennertür geöffnet</b>	<b>Ja</b>	<b>Ja</b>
Überlast Brenner-Motor	Ja	Ja
Überlast Motor Verbrennungsluftlüfter	Ja	Ja
Flammenüberwachung* im manuellen Betrieb	Ja	Ja
Flammenüberwachung* im automatischen Betrieb	Ja	Nein
Automatischer Start/Stop des Brenners	Ja	Nein

Brennstoffdruck zu niedrig	Ja	Nein
Brennstoffdruck zu hoch	Ja	Nein
Brennstofftemperatur zu hoch	Ja	Nein
Brennstofftemperatur zu niedrig	Ja	Nein
Druck Verbrennungsluft zu niedrig	Ja	Nein
Druck Zerstäuberluft zu niedrig	Ja	Nein

\* **Überwacht wird nur die Hauptflamme des Rotationszerstäubers. Eine Überwachung der Zündflamme ist weder vor noch nach dem Umbau durch die Firma Saacke existent.**

Die für den Unfall relevante Sicherheitsverriegelung ist **Brennertür geöffnet**, die durch einen Kontaktschalter an der Brennertür realisiert wird. Die Brennertür wird über einen am Kessel drehbar gelagerten Haken, der einen Bolzen in der Brennertür umfasst, mechanisch verschlossen. Im Haken befindet sich zudem eine Feststellschraube mit Handrad, die eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Haken und Bolzen herstellt.

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; zusätzlich seit 2012 auch die durch die Firma Saacke installierte Umschaltung von Schweröl auf Dieselöl und umgekehrt.

Zur Vollständigkeit sei erwähnt, dass ein zweiter Kessel existiert, der ausschließlich über einen Ölbrenner betrieben wird und dessen Betriebsdruck/Dampfdruck ebenfalls 12 bar beträgt. Die elektrische Energie wird über Generatoren mit Dieselmotoren zur Verfügung gestellt. Eine zentrale Überwachungs- und Alarmanlage der Firma Noris meldet technische Störungen i. A. und im Speziellen auch solche am Kombi-Kessel.

## 2. Beschreibung des Unfallhergangs

Zum Zeitpunkt des Unfalls befand sich M/V Weichselstern auf Reede, so dass die Hauptmaschine außer Betrieb war und der Kombi-Kessel ausschließlich durch den Brenner mit Dieselöl befeuert wurde. Der Brenner befand sich im Automatikbetrieb.

Das chronologische Geschehen beginnt mit dem

**Alarm „Comb. Boiler Burner Stop“ 22:29:43 ON-Time**

(Zeitstempel der Überwachungs- und Alarmanlage) in der Überwachungs- und Alarmanlage, der ein Erlöschen der Brennerflamme des Hauptbrenners anzeigt. Daraufhin quittierte der im Maschinenraum befindliche 2. Ingenieur den Alarm in der Überwachungs- und Alarmanlage sowie am Schaltschrank der Brennersteuerung durch Betätigen der Reset-Taste im Maschinenkontrollraum, so dass dieser um

#### **22:31:01 OFF-Time**

ging. Mit dem herbeigerufenen 3. Ingenieur wurde sodann der Brenner überprüft, wozu die Brennertür geöffnet und auch der Zündbrenner gezogen wurde. Laut Aussage des 3. Ingenieurs konnten jedoch keine Schäden oder Verunreinigungen festgestellt werden, so dass der Zündbrenner wieder montiert und die Brennertür geschlossen wurde. Anschließend kehrten beide Ingenieure zum Kontrollraum zurück und betätigten die Start/Run-Taste, um einen erneuten automatischen Zündvorgang einzuleiten. Laut Aussage des 2. Ingenieurs wurde die Kontrollleuchte „Ignition on“ dabei nicht aktiviert. Inwieweit es trotz dieser Aussage dennoch zu einer Zündflamme und ggf. auch zu einer Hauptflamme kam, lässt sich nicht zweifelsfrei klären. Hierzu hätte es einer Protokollierung der einzelnen Zündschritte (Datenerfassung) und eines Flammenwächters für die Zündflamme bedurft, die beide in dieser Anlage nicht vorhanden sind. Mithin kam es erneut zum

#### **Alarm „Comb. Boiler Burner Stop“ 22:48:17 ON-Time**

der um

#### **22:55:44 OFF-Time**

quittiert wurde. Daraufhin müssen beide Ingenieure einen zweiten automatischen Start des Brenners eingeleitet und sich unmittelbar zum Brenner begeben haben, um den Startvorgang zu beobachten. Bei Ihrem Eintreffen am Brenner war die Vorbelüftung noch nicht abgeschlossen und so stellten sie sich mittig bis rechts vor die Brennertür. Daraufhin trat der

#### **Alarm „Comb. Boiler Burner Stop“ 23:01:18 ON-Time**

auf und fast zeitgleich erfolgte der

#### **„Fire Alarm“ 23:01:27 ON-Time.**

Vermutlich während oder kurz nach dem Zündvorgang der Hauptflamme brach der Verschlusshebel der Brennertür und die Brennertür öffnete sich über den vollen

Öffnungswinkel von nahe 180°. Laut den Aussagen beider Ingenieure konnten bis zum Öffnen der Brennertür keine Unregelmäßigkeiten im Zündvorgang festgestellt werden. Ursache des Bruchs war eine Vorschädigung des Verschlussakens, die im Kapitel 4 weiter behandelt wird. Durch die Öffnung der Brennertür wurde die Sicherheitsverriegelung „Brennertür geöffnet“ angesprochen, wodurch die elektrisch-pneumatischen Schnellschlussventile schlossen. Dennoch erlosch die Flamme des Rotationszerstäubers erst nach der Abbrennzeit von 2 bis 3 Minuten des in der Leitung befindlichen Brennstoffes zwischen Schnellschlussventilen und Brenner-Becher. In dessen Folge wurden beide Personen von der Brennerflamme getroffen und erlitten schwerste Verbrennungen. Dennoch konnte der 3. Ingenieur in den Maschinenkontrollraum zurückkehren und nach eigenen Aussagen die Brennstoffversorgung und elektrische Versorgung unterbrechen, was vermutlich durch die Betätigung des Brenner-Notstopps erfolgte, wodurch der

**Alarm „Comb. Boiler Plant Fail.“ 23:03:03 ON-Time**

auftrat, mithin die Ausfallanzeige des Kombi-Kessels. Sodann wurde der Leitende Ingenieur telefonisch über den Vorfall unterrichtet.

In der Folge traten die Alarme

**„Over. Val. Open By Gen. Al.“ um 23:03:41 ON-Time**

sowie der Ausfall des ölgefeuerten Kessels

**„Oil Fir. Boil. Plant Fail.“ um 23:04:05 ON-Time**

als auch

**„Feed W. Oil Content High“ um 23:05:44 ON-Time**

auf.

Unterdessen begann der 2. Ingenieur den Brand zu löschen und wurde nach Rückkehr des 3. Ingenieurs und anderen Besatzungsmitgliedern hierin unterstützt. Das Feuer wurde schließlich mit 7 Pulverfeuerlöschern bordseitig gelöscht, die Brandverletzten versorgt und nachfolgend über den Luftweg abtransportiert.

Die Quittierung der genannten Alarme erfolgte im Zeitraum **00:10:30 OFF-Time** („Fire Alarm“ und „Comb. Boiler Burner Stop“) bis **3:01:53 OFF-Time** („Oil Fir. Boil. Plant Fail.“), wodurch der akute Unfall und dessen unmittelbare Folgen abgeschlossen waren.

### 3. Bewertung des Unfallherganges

Aus den vorstehend in 2. dargestellten Abläufen lässt sich kein direktes Fehlverhalten des Bordpersonals respektive der Geschädigten ableiten. Nach einem ersten Ausfall des Kessels erfolgte eine gemeinsame Untersuchung bzw. Wartung und dann ein Startversuch. Da dieser nicht erfolgreich war, sollte ein zweiter Start am Brenner genauer beobachtet werden, der dann zum beschriebenen Unfall führte. Dennoch wurde berichtet, dass der Kessel des Öfteren ausfiel, so dass hier offensichtlich keine ausreichende vorhergehende Ursachenanalyse erfolgte, was auch der technischen Inspektion bekannt gewesen sein sollte. Wäre diese erfolgt, hätte sich ein anderer Unfallhergang ergeben können.

Nach den Aussagen der Geschädigten und den davongetragenen Verletzungen muss von einer angemessenen Arbeitsbekleidung ausgegangen werden. Ebenso konnte keine unzulässige Überschreitung der Arbeitszeiten festgestellt werden. Dies gilt auch für die vorangegangenen Tage. Beide geschädigten Besatzungsmitglieder sind formal ausreichend qualifiziert (STCW-Patentinhaber) und verfügen über mehrjährige Berufserfahrung und auch längere Fahrtzeiten auf baugleichen Schiffen.

### 4. Bewertung der Unfallursachen

Als primäre Unfallursache ist die Vorschädigung des Verschlussbogens der Brennertür zu nennen. Die Art der Vorschädigung durch Verwendung des falschen Schweißzusatzwerkstoffes und auch des Schweißverfahrens ist im materialtechnischen Gutachten genauer beschrieben. Wann diese fehlerhafte Schweißung erfolgte und von wem, ist nicht bestimmbar. Weiterhin wurde auch der vom Haken umfasste Originalbolzen in der Brennertür ausgetauscht. Vorgefunden wurde statt des Bolzens eine Gewindestange. Diesem Tatbestand wird jedoch keine direkte Unfallursache beigemessen, da dieser unbeschädigt war. Auffallend ist jedoch, dass weder der ausgetauschte Bolzen noch die Vorschädigung des Hakens bei einer Wartung und Überprüfung erkannt wurde. In diesem Zusammenhang sei auf die durchgeführten Arbeiten gemäß den Maintenance Reports vom 19.7.2016 und 19.6.2016 hingewiesen, wobei davon ausgegangen werden kann, dass die Schädigung zu diesen Zeitpunkten schon vorlag. In beiden Reports ist kein Mangel festgestellt worden. Relevante

Eintragungen diesbezüglich finden sich auch nicht im Maschinentagebuch. Laut den Betriebsunterlagen von Aalborg Industries (Boiler Maintenance, Maintenance und andere Abschnitte) sind wöchentliche, monatliche und auch jährliche Wartungen auszuführen, die nicht vollständig in den Reports abgebildet sind. Dies gilt insbesondere für die monatliche Forderung „Check the function of all other safety interlocks which are connected to the burner control system“. Ob zum Zeitpunkt des Annual Surveys 2016 oder gar des Boiler Surveys 2014 durch ABS die Vorschädigung des Hakens schon vorlag ist nicht bestimmbar, aber auch nicht auszuschließen.

Bei der Begutachtung des Kessels nach dem Unfall wurde etwa 1 Liter Dieselöl im Windkessel vorgefunden. Die Herkunft dieser Menge wurde mit dem Kesselhersteller (Aalborg Industries) als auch der Umbaufirma (Saacke) besprochen und folgende möglichen 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.

Gemäß dem vorliegenden Maintenance Report vom 15.6.16 wurde „Check F. O. cut off condition as per procedure given in manual “ und am 19.7.16 „Main and pilot burner found in good condition“ vermerkt, letzteres also genau einen Monat vor dem Unfall. Ob sich zu diesem Zeitpunkt bereits Dieselöl im Windkessel befand, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, jedoch gibt ein Indiz hierzu Anlass. Die Entwässerung des Windkessels war nämlich vollkommen verstopft, so dass hier über Jahre kein Ablauf mehr möglich war. Auch war der Absperrhahn offensichtlich lange nicht betätigt worden. Die wesentliche Frage aus dem vorgefundenen Dieselöl im Windkessel ist, ob hierdurch eine Verpuffung möglich gewesen ist, die zum Brechen des Verschlussakens führen kann. Für eine Verpuffung im Feuerraum gibt es auch nach Besichtigung des Feuerraums und von Brennerkomponenten wie dem Drallblech (Swirler) kein Indiz. Das Drallblech zeigte im Vergleich zu anderen Drallblechen keine Schädigung. 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. Abschließend sei festgestellt, 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.

## 5. Empfehlungen und Kritik

Aus der Gesamtbetrachtung des Unfalls und seiner Vorbedingungen lassen sich folgende Aspekte bestimmen.

- Eine Schweißung an Druckbehältern ist nach „DNV-GL Rules for classification of ship, Part 4 Systems and components, Chapter 7 Pressure equipment“ durchzuführen. Siehe hierzu insbesondere „Section 7 Manufacture, workmanship and testing“. Die schweißtechnischen Voraussetzungen und die Qualifikation des Personals für die Erfüllung dieser Regeln ist i. d. R. an Bord wie auch hier nicht gegeben. Dieser Regelverstoß ist Hauptursache für den Unfall.

- Die Angaben des Herstellers zur Wartung und insbesondere solche, die sich auf die Sicherheitseinrichtungen beziehen, sind einzuhalten. Aus den vorgelegten Aufzeichnungen ist keine ausreichende Überprüfung der Sicherheitseinrichtungen und Ausführung von Wartungsarbeiten erkennbar.
- 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 1 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.
- Eine konstruktive Evaluation des Verschlusses der Brennertür zeigt Sicherheitsmängel auf. Die Tür wird nur von einem Verschluss, dem Haken, gehalten. Bei Ausfall dieses Verschlusses gibt es keine Redundanz. Weiterhin ist der Verschlusshaken aus Grauguss und damit für Beschädigungen anfälliger als duktiler Stahl. Die zu Anfang bereits genannten DNV-GL Regeln Part 4, Chapter 7, Section 7 weisen in 2.5 auf die Materialauswahl für Türen hin. Dort ist Stahl genannt.
- 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 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.

- 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.
- 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.
- Der beschädigte Brenner konnte keiner weiteren detaillierten Untersuchung unterzogen werden. Aus dieser hätten sich ggf. weitere Aufschlüsse über die Ursache des vorgefundenen Dieselöls im Windkessel ergeben.

## Referenzen

- Unterlagen der Firma Saacke Maine Systems zur Vorlage bei der Klassifikationsgesellschaft Germanischer Lloyd (DNV-GL) zur Genehmigung der Umbauarbeiten am Kombi-Kessel vom 24.8.2012
- Survey Statement Germanischer Lloyd vom 7.10.2017 und 12.10.13
- Technische Zeichnungen der Firma Aalborg zum Verschlusskasten und Bolzen der Brennertür
- Technische Betriebsunterlagen Aalborg Industries
- Maschinentagebuch M/V Weichselstern auszugsweise
- Zeugenanhörung Ltd. Ingenieur, Kapitän und anderes maschinentechnisches Personal an Bord am 20.8.2017
- Zeugenanhörung 2. Ingenieur während Krankenhausaufenthalt am 9.9.2016
- Zeugenanhörung 3. Ingenieur während Krankenhausaufenthalt am 31.8.2016
- Schweiß- und Materialgutachten des gebrochenen Hakens

## Bilderanhang



Brennertür mit Brenner nach Brand



Gewindebolzen in Brennertür für den Verschlussshaken (kein Originalteil)



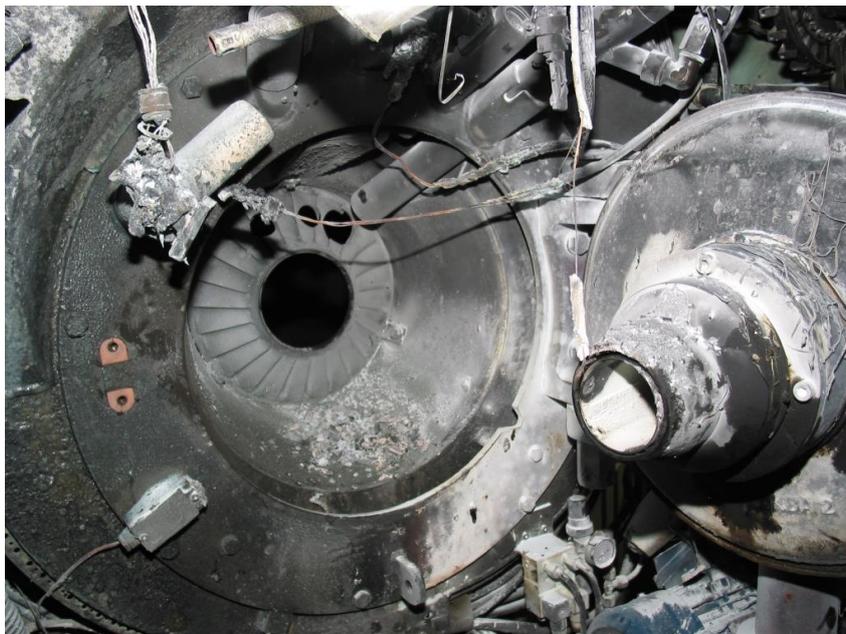
Gebrochener und geschweißter Haken der Brennertür aus Gussmaterial



Gegenstück des gebrochenen Hakens



Drallblech des Kessels ohne Beschädigung nach Brand



Windkessel mit Rotationszerstäuber nach Brand



Dieselöl im Windkessel nach Brand



Brennerrückwand mit Anschlussleitung und Ölflecken



Relevante Alarme



Auszug Bedienung am Brennerschrank