



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

Untersuchungsbericht 431/15

Schwerer Seeunfall

**Schwerer Maschinenschaden mit
anschließendem Brand
an Bord des Frachters THETIS D
am 26. Oktober 2015
in der Kieler Bucht**

14. Juni 2018

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

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

Bei der Auslegung des Untersuchungsberichtes ist die deutsche Fassung maßgebend.

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



Direktor: Ulf Kaspera
Tel.: +49 40 31908300
posteingang-bsu@bsh.de

Fax.: +49 40 31908340
www.bsu-bund.de

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	6
2	FAKTEN	7
2.1	Foto	7
2.2	Schiffsdaten.....	7
2.3	Reisedaten	8
2.4	Angaben zum Seeunfall	9
2.5	Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen	10
3	UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG	11
3.1	Unfallhergang	11
3.2	Untersuchung	11
3.2.1	Besichtigungen.....	11
3.2.2	Zeugenbefragung.....	13
3.2.3	Hauptmaschine	14
3.2.4	Pleuellagerinspektion vor dem Unfall	17
3.2.5	Gutachten MAN Werkstoffprüflabor.....	18
3.2.6	Technisches Gutachten für die BSU	18
3.2.6.1	Pleuelstange.....	19
3.2.6.2	Pleuellager	21
3.2.6.3	Alarm- und Sicherheitssystem.....	22
3.2.6.4	Ergebnisse	23
3.2.7	AIS- und UKW-Aufzeichnungen der Verkehrszentrale	23
3.2.8	Schiffsdatenschreiber (VDR).....	27
4	AUSWERTUNG	28
4.1	Unfallhergang	28
4.2	Rekonstruktion der zeitlichen Abläufe	29
4.3	Inspektion des Pleuellagers vor dem Unfall.....	35
4.4	Befähigung der Maschinenbesatzung	39
4.5	Sicherheitsmanagement.....	40
4.6	Kommunikation.....	45
4.7	Hafenstaatkontrollen der THETIS D	45
4.8	Weitere Unfälle der THETIS D	45
5	DURCHGEFÜHRTE MAßNAHMEN	47
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN	50
6.1	Montagefehler	50
6.2	Meldeverpflichtungen und Beweissicherung	50
6.3	Sicherheitsmanagement.....	50
7	SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN	51
7.1	Reederei der THETIS D	51
7.2	Reederei der THETIS D	51
7.3	Klassifikationsgesellschaft der THETIS D	51

7.3.1	ISM: Wartung- und Instandhaltung.....	51
7.3.2	ISM: Unfallnachbereitung	51
8	QUELLENANGABEN.....	52

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schiffsfoto	7
Abbildung 2:	Seekarte	9
Abbildung 3:	Blick auf die Hauptmaschine, aufgenommen am 27. Oktober 2015	12
Abbildung 4:	Triebwerksöffnung von Zylinder Nr. 7, aufgenommen am 27. Oktober 2015.....	12
Abbildung 5:	Sortierte Trümmerteile, aufgenommen am 3. November 2015.....	13
Abbildung 6:	Trümmerteile vor einer Triebwerksöffnung von Zylinder 7, aufgenommen am 27. Oktober 2015.....	15
Abbildung 7:	Brandspuren im Maschinenraum.....	16
Abbildung 8:	Maschinenkontrollraum mit gelöster Deckenverkleidung.....	16
Abbildung 9:	Ersatz-Pleuelstange im Maschinenraum der THETIS D	17
Abbildung 10:	Beschädigtes Pleuellager nach dem Ausbau der Kurbelwelle.....	18
Abbildung 11:	Pleuelstange, technische Zeichnung	19
Abbildung 12:	Abgerissene Schrauben der Schafteilung.....	19
Abbildung 13:	Pleuelauge mit Ausbrüchen und seitlich verschobener Lagerbuchse	20
Abbildung 14:	Abgerissene Pleuelstange mit Detailvergrößerung der Bruchfläche.....	20
Abbildung 15:	Sichtbare äußerliche Schäden am Pleuellager.....	21
Abbildung 16:	Rücken der Lagerschalen.....	22
Abbildung 17:	Fahrtverlauf der THETIS D	25
Abbildung 18:	Auflaufende Maschinenalarme zur Unfallzeit, Auszug aus der graphischen Aufbereitung der BSU	29
Abbildung 19:	Auszug aus dem herstellerseitigen Diagnosesystem für die Hauptmaschine	31
Abbildung 20:	Auszug aus dem herstellerseitigen Diagnosesystem für die Hauptmaschine (Schmieröldruck des Turboladers, Fortsetzung).....	32
Abbildung 21:	Hydraulische Spannvorrichtung (Schematische Zeichnung)	36

Abbildung 22: Arbeitskarte für das Spannen der Pleuellagerschrauben.....	36
Abbildung 23: Abgebrochener Drehstift in einer der oberen Pleuelschraubenmuttern	37
Abbildung 24: Override-Drucktaste am Fahrstand auf der Brücke	43
Abbildung 25: Override-Drucktaste im Bedienfeld im Maschinenkontrollraum	44

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: AIS-Fahrtverlaufsdaten der THETIS D.....	24
Tabelle 2: UKW-Protokoll Kiel Traffic, Kanal 67	26
Tabelle 3: Auszug aus der Konfiguration des Splash-Oil-Monitoring-Systems auf der THETIS D.....	30
Tabelle 4: Synchronisation der verschiedenen Aufzeichnungen zur Klärung des Unfallhergangs	33
Tabelle 5: Anzugswerte für die Schraubverbindung der Pleuelstange (Auszug aus dem Herstellerhandbuch)	35

1 Zusammenfassung

Das unter der Flagge Liberias fahrende Containerschiff THETIS D war auf der Reise von Gdynia (Polen) nach Bremerhaven, als am Morgen des 26. Oktober 2015 im Maschinenraum ein schwerer Schaden an der Hauptmaschine auftrat. Die Hauptmaschine wurde automatisch gestoppt. Das Triebwerk eines Zylinders war vollständig zerstört worden. Es trat eine größere Menge Schmieröl aus, die sich entzündete. In der Folge kam es zu einem Brand im Maschinenraum.

Die THETIS D befand sich zu diesem Zeitpunkt auf dem Kiel-Ostsee-Weg etwa 5,6 sm nordöstlich des Leuchtturmes Kiel. Durch Herstellen des Verschlusszustandes verlosch der Brand im Maschinenraum selbständig. Die manövrierunfähige THETIS D wurde mit Hilfe von zwei Schleppern in den Kieler Ostuferhafen geschleppt.

Durch den Unfall kam es weder zu Personen- noch zu Umweltschäden.

2 FAKTEN

2.1 Foto



Abbildung 1: Schiffsfoto

2.2 Schiffsdaten

Schiffsname:	THETIS D
Schiffstyp:	Containerschiff
Nationalität/Flagge:	Liberia
Heimathafen:	Monrovia
IMO-Nummer:	9372274
Unterscheidungssignal:	D5BV6
Reederei:	Drevin Bereederungs-GmbH & Co. KG
Baujahr:	2009
Bauwerft/Baunummer:	J. J. Sietas / 1262
Klassifikationsgesellschaft:	DNV GL
Länge ü.a.:	168,11 m
Breite ü.a.:	27,04 m
Bruttoreaumzahl:	17.488
Tragfähigkeit:	16.950 t
Tiefgang maximal:	9,60 m
Maschinenleistung:	11.200 kW
Hauptmaschine:	MAN 58/64 CD
Geschwindigkeit:	19,0 kn
Werkstoff des Schiffskörpers:	Stahl
Mindestbesatzung:	11

2.3 Reisedaten

Abfahrtshafen:	Gdynia / Polen
Anlaufhafen:	Bremerhaven / Deutschland
Art der Fahrt:	Berufsschiffahrt International
Angaben zur Ladung:	Container
Besatzung:	14
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	8,70 m
Lotse an Bord:	Nein
Kanalsteurer:	Nein
Anzahl der Passagiere:	keine

2.4 Angaben zum Seeunfall

Art des Seeunfalls: Datum/Uhrzeit: Ort: Breite/Länge: Fahrabschnitt: Platz an Bord: Folgen (für Mensch, Schiff, Ladung und Umwelt sowie sonstige Folgen):	Schwerer Seeunfall 26. Oktober 2015, 08:29 Uhr ¹ Kieler Bucht $\varphi 54^{\circ}31,92' N \ \lambda 010^{\circ}25,43' O$ Hohe See Maschinenraum schwere Schäden an der Hauptmaschine und im Maschinenraum, keine Personen- oder Umweltschäden
--	--

Ausschnitt aus Seekarte 54, BSH

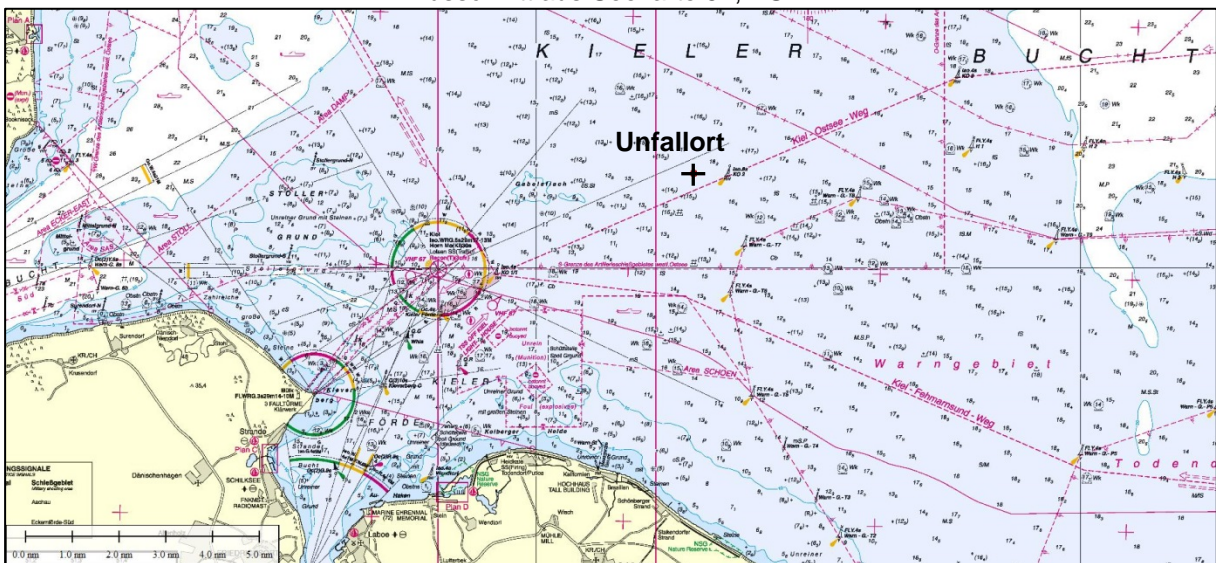


Abbildung 2: Seekarte

¹ Alle Uhrzeiten im Bericht beziehen sich auf die Ortzeit = UTC+1.

2.5 Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen

Beteiligte Stellen:	Verkehrszentrale Travemünde, Wasserschutzpolizei (WSP) Kiel
Eingesetzte Mittel:	Schlepper KIEL und KITZEBERG
Ergriffene Maßnahmen:	Herstellen des Verschlusszustandes des Maschinenraums, Schleppen des Schiffes in den Kieler Hafen
Ergebnisse:	Brand selbständig erloschen, Schiff sicher in den Kieler Hafen geschleppt

3 UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG

3.1 Unfallhergang

Das unter der Flagge Liberias fahrende Containerschiff THETIS D war am 26.10.2015 auf der Reise von Gdynia nach Bremerhaven. Die Seewetterbedingungen waren gut. Der Wind wehte aus südöstlicher Richtung mit Windstärke 3 und die Sichtweite betrug 10 sm. Die Brücke der THETIS D war von 08:00 Uhr an mit dem wachhabenden 1. Nautischen Offizier und dem Kapitän besetzt. Der wachhabende 2. Ingenieur war im Separatorenraum, und der Oiler führte im Rudermaschinenraum Malerarbeiten aus. Gegen 08:30 Uhr gab es im Maschinenraum einen lauten Knall und eine heftige Erschütterung, gefolgt von starken Schiffsvibrationen. Sowohl das eingesetzte Maschinenpersonal als auch die Brückenbesatzung nahmen danach eine starke Rauchentwicklung wahr. Die Hauptmaschine stoppte automatisch. Die THETIS D befand sich zu diesem Zeitpunkt auf dem Kiel-Ostsee-Weg, 5,6 sm nordöstlich des Leuchtturms Kiel.

Das Triebwerk eines Zylinders war vollständig zerstört worden. Es trat eine größere Menge Schmieröl aus, die sich entzündete. Durch Herstellen des Verschlusszustandes verlöschte der Brand im Maschinenraum selbständig binnen 20 Minuten. Die Besatzung überstand den Unfall unverletzt.

Um 11:00 Uhr wurde eine Schleppverbindung zur manövrierunfähigen THETIS D hergestellt. Sie wurde durch die Schlepper KIEL und KITZEBERG in den Kieler Ostuferhafen geschleppt, wo sie um 17:02 Uhr festmachte.

Anfang November 2015 wurde die THETIS D nach Hamburg geschleppt, wo die Ladung gelöscht wurde. Anschließend wurde die THETIS D in der Norderwerft in Hamburg repariert.

3.2 Untersuchung

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung (BSU) wurde am Vormittag des 26. Oktober 2015 durch die Verkehrszentrale Travemünde und die WSP Kiel über den Unfall an Bord der THETIS D informiert. Zunächst wurde der Unfall, entsprechend den Angaben der Schiffsführung der THETIS D, als Maschinenschaden beschrieben. Erst im späteren Verlauf des Tages stellte sich heraus, dass der Unfall über einen gewöhnlichen Maschinenschaden hinausging. Die BSU nahm daraufhin am Abend des 26. Oktober 2015 die Unfalluntersuchung auf. Der Flaggenstaat der THETIS D, Liberia, wurde informiert und nahm ebenfalls die Untersuchung des Seeunfalls auf.

3.2.1 Besichtigungen

Eine erste Besichtigung durch das Untersucherteam der BSU an Bord erfolgte im Kieler Ostuferhafen am 27. Oktober 2015. Der Maschinenraum war zu diesem Zeitpunkt nur behelfsmäßig beleuchtet, da die meisten Lampen durch das Feuer zerstört worden waren (siehe Abb. 3).



Abbildung 3: Blick auf die Hauptmaschine, aufgenommen am 27. Oktober 2015

Bei Inaugenscheinnahme der Hauptmaschine stellte sich heraus, dass die beidseitigen Triebwerksöffnungen von Zylinder 7 erhebliche Schäden aufwiesen. Die Wartungsdeckel beider Seiten waren abgesprengt, und es waren große Stücke des Motorgestells herausgebrochen (siehe Abb. 4).

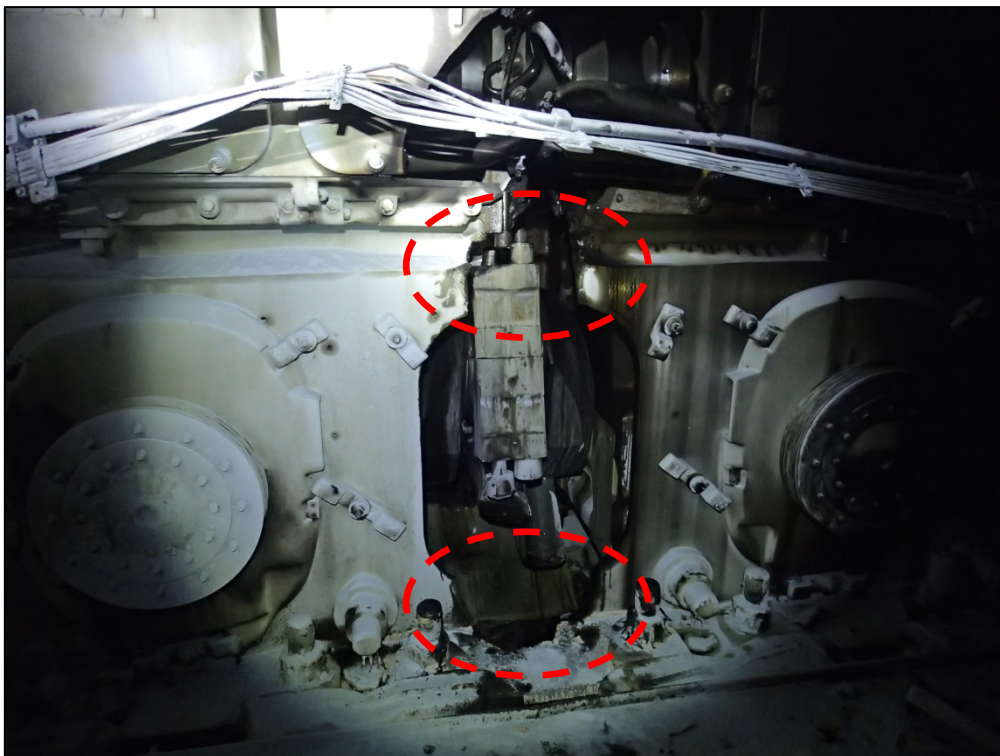


Abbildung 4: Triebwerksöffnung von Zylinder Nr. 7, aufgenommen am 27. Oktober 2015

Das Untersucherteam der BSU dokumentierte das vorgefundene Schadensbild im Maschinenraum (siehe Ziffer 3.2.3). Der Kapitän und der Leiter der Maschinenanlage wurden zum Unfallhergang befragt. Zudem wurden die Ausdrücke des Maschinendruckers und Daten des Maschinenalarmsystems sowie des Motorensicherheitssystems gesichert.

Im weiteren Verlauf der Besichtigung stellte sich heraus, dass die Daten des Schiffsdatenschreibers (VDR) nicht durch die Schiffsführung gesichert worden waren (siehe Ziffer 3.2.8).

Die BSU beauftragte zur eingehenderen Untersuchung des Maschinenschadens einen Gutachter und führte mit diesem am 3. November 2015 eine weitere Besichtigung der THETIS D durch. Im Rahmen dieser Besichtigung erfolgte auch eine Befragung des Maschinenpersonals der THETIS D. Zwischenzeitlich hatten im Maschinenraum schon einige Reinigungs- und Aufräumarbeiten stattgefunden. Die Trümmerteile waren in Gruppen der einzelnen Bauteile zusammengefasst worden (siehe Abb. 5).

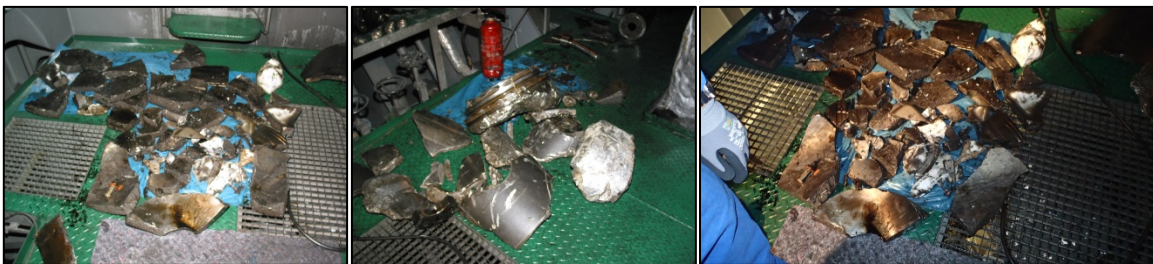


Abbildung 5: Sortierte Trümmerteile, aufgenommen am 3. November 2015

Das Untersucherteam der BSU ließ zwei Gewindeenden der Befestigungsschrauben des vorderen Kontergewichts von Zylinder 7 beschlagnahmen um zu prüfen, ob der Unfall gegebenenfalls durch ein gelöstes Kontergewicht an der Kurbelwelle verursacht wurde.

Weitere Besichtigungen der THETIS D in der Norderwerft in Hamburg fanden gemeinsam mit dem Gutachter am 9. und 24. November 2015 sowie am 15. Dezember 2015 statt. Unter anderem wurden noch eine Filterkerze aus dem Schmierölautomatikfilter sowie eine Schmierölprobe aus dem Indikatorfilter entnommen.

3.2.2 Zeugenbefragung

Das Untersucherteam der BSU befragte zunächst den deutschen Kapitän und den deutschen Leiter der Maschinenanlage. Letzterer fährt seit sieben Jahren für die Reederei der THETIS D. Seit dem 4. Mai 2015 hat er die Befähigung zur Leitung der Maschinenanlage. Des Weiteren interviewte das BSU-Team den ukrainischen 2. Ingenieur und den philippinischen Oiler. Die Besatzungsmitglieder schilderten den Unfallhergang wie folgt:

Die Brücke der THETIS D war am Morgen des 26. Oktober 2015 mit dem wachhabenden 1. Nautischen Offizier (philippinische Nationalität) und dem Kapitän besetzt. Um 08:24 Uhr sei es unvermittelt zu einer heftigen Erschütterung und starken Vibrationen gekommen. Die Hauptmaschine habe sofort gestoppt. Kurz darauf sei von der Brücke aus der Austritt von Rauch aus den Maschinenraumlüftern bemerkt worden. Man habe Generalalarm ausgelöst und überprüft, ob alle Besatzungsmitglieder unverletzt waren. Für den Maschinenraum sei der Verschlusszustand hergestellt worden. Der Brand sei daraufhin nach etwa 20 Minuten von selbst erloschen, so dass auf eine Flutung des Maschinenraumes mit

CO₂ habe verzichtet werden können. Die Maschinenbesatzung habe vor dem Unfall keine Auffälligkeiten der Hauptmaschine bemerkt. Der 2. Ingenieur habe sich zum Unfallzeitpunkt im Separatorenraum aufgehalten, welcher nur über den Maschinenraum zu begehen ist, und der Oiler sei im Rudermaschinenraum gewesen. Nach einem lauten Knall sei der 2. Ingenieur in Richtung des Maschinenraums geeilt. Vom Eingang des Maschinenraums habe er beobachten können, wie sich die Hauptmaschine heftig in alle Richtungen bewegte. Im Bereich des Turboladers seien Flammen zu sehen gewesen. Der Weg zum Maschinenkontrollraum sei durch schwarzen Rauch versperrt gewesen, so dass eine Notabschaltung der Hauptmaschine nicht von dort aus habe vorgenommen werden können. Der 2. Ingenieur habe sich über den vorderen Notausstieg retten können, und der Oiler sei über einen weiteren Notausstieg auf die achtere Manöverstation in Sicherheit gelangt.

3.2.3 Hauptmaschine

Bei der Hauptmaschine der THETIS D handelt es sich um einen Mittelschnellläufer von MAN B&W, Typ 8L58/64 CD, Baujahr 2009.

Arbeitsverfahren	4-Takt
Zylinderzahl	8
max. Dauernennleistung	11.200 kW
Nenn Drehzahl	428 min ⁻¹
Drehrichtung	rechtsdrehend
Zündfolge	1 – 4 – 7 – 6 – 8 – 5 – 2 – 3
Zugelassen für Kraftstoff	DM ² und RMK ³ nach ISO 8217

Der Hauptmotor war zum Zeitpunkt des Schadenseintritts ca. 32.840 Stunden in Betrieb gewesen.

Die THETIS D erlitt einen schweren Triebwerksschaden am Hauptmotor. Neben gebrochenen Triebwerksteilen an Zylinderstation 7 wurde das Motorgestell zerschlagen und es wurden Bruchteile der Anlage herausgeschleudert.

Die Wartungsdeckel der Triebwerksöffnungen von Zylinder 7 waren beidseitig abgesprengt worden (siehe Abb. 4). Trümmerteile lagen weiträumig verteilt; ein 50 kg Pulverlöscher hatte ausgelöst, nachdem er durch Trümmerteile getroffen worden war (siehe Abb. 6).

² Marinedieselöl

³ Schwerölsorte / Marines Rückstandsöl

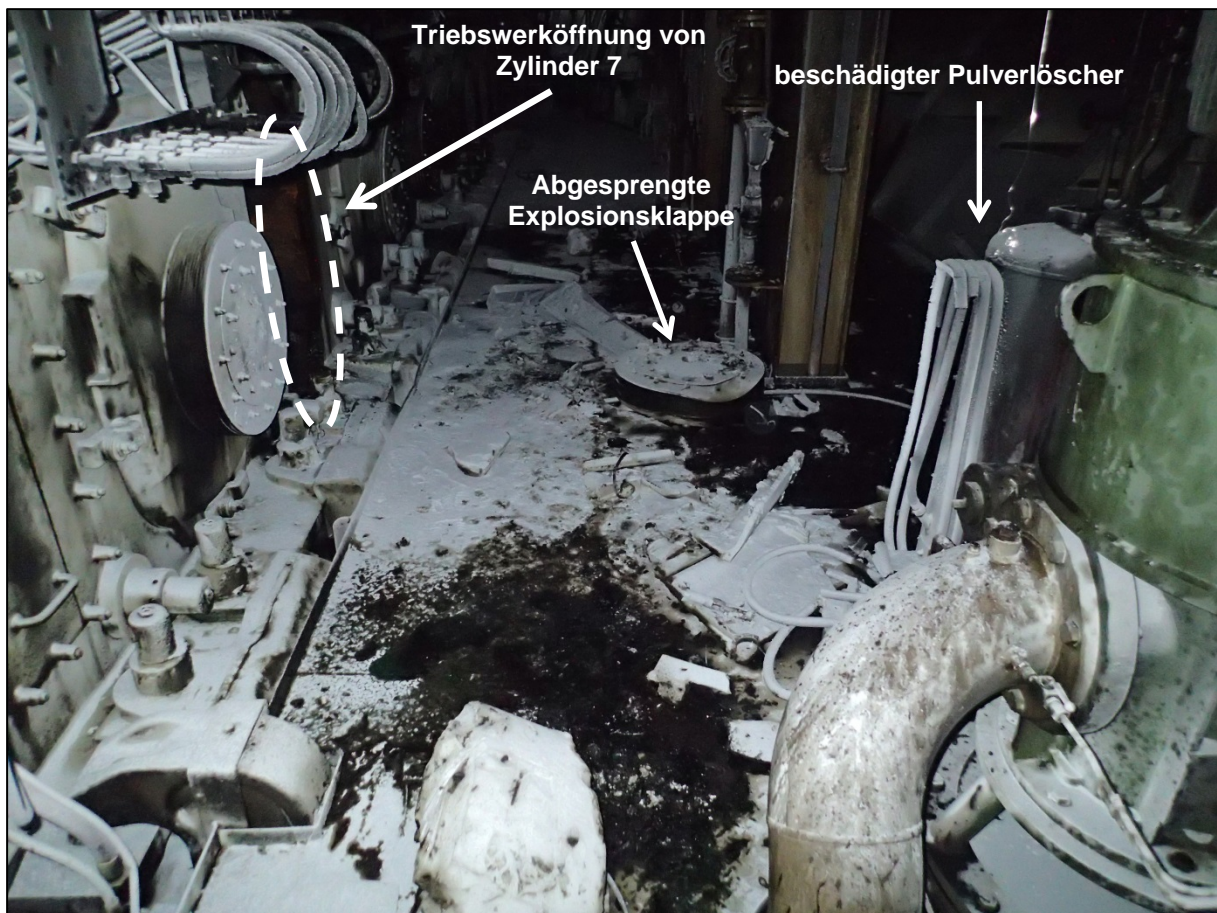


Abbildung 6: Trümmerteile vor einer Triebwerksöffnung von Zylinder 7, aufgenommen am 27. Oktober 2015

Teile der Pleuelstange lagen 7 m entfernt. Es war eine größere Menge Schmieröl ausgetreten.

Der gesamte Maschinenraum wies starke Schäden durch den Brand auf (Rußbildung, angeschmolzene Deckenbeleuchtung; siehe Abb. 7).



Abbildung 7: Brandspuren im Maschinenraum

Im Maschinenkontrollraum waren keine Brandspuren feststellbar. Dort hatte sich lediglich ein Teil der Deckenverkleidung gelöst (siehe Abb. 8).



Abbildung 8: Maschinenkontrollraum mit gelöster Deckenverkleidung

3.2.4 Pleuellagerinspektion vor dem Unfall

Angaben der Reederei zufolge war das Pleuellager der Zylindereinheit 7 am 25. März 2015 routinemäßig nach einer Betriebszeit von 30.400 Betriebsstunden durch den damaligen Leiter der Maschinenanlage zu Inspektionszwecken geöffnet und wieder geschlossen worden. Der jetzige Leiter der Maschinenanlage fuhr damals als 2. Ingenieur auf der THETIS D und war bei der Inspektion des Pleuellagers im März 2015 anwesend.

Für Arbeiten am Motor standen an Bord der THETIS D technische Arbeitskarten sowie ein Handbuch des Herstellers der Maschinenanlage zur Verfügung. Ob und inwieweit diese für die Pleuellagerinspektion herangezogen wurden, ließ sich im Nachhinein nicht mehr nachvollziehen.

Auf der THETIS D wurde eine Ersatzpleuelstange mitgeführt (siehe Abb. 9), so dass die Möglichkeit zum Austausch im Bedarfsfall bestand.



Abbildung 9: Ersatz-Pleuelstange im Maschinenraum der THETIS D

3.2.5 Gutachten MAN Werkstoffprüflabor

Der Hersteller der Hauptmaschine, MAN Diesel Turbo SE, ließ Teile des ausgebauten Motors der THETIS D in einem akkreditierten MAN Werkstattprüflabor begutachten. Die Untersuchungsergebnisse sowie eine Bilddokumentation der einzelnen Untersuchungsschritte wurden der BSU zur Verfügung gestellt.

Im Rahmen der Begutachtung wurde am 7. Dezember 2015 die Pleuellager einer Sichtprüfung unterzogen. Zusätzlich wurde eine Oberflächenrissprüfung sowie Härteprüfung im Bereich des Pleuellagerzapfens Nr. 7 durchgeführt. Bei der Untersuchung wurde u.a. eine hervorstehende Oberschale des Pleuellagers festgestellt. Eine weitere Begutachtung der Pleuelstange am 10. Dezember 2015 wies sehr stark ausgeprägte Frettingmerkmale⁴ auf den Auflageflächen des Pleuelschaftes sowie des Pleuellagerdeckels nach. Das Werkstofflabor deutete diese Befunde als Anzeichen für einen Vorspannungsverlust der zugehörigen Schraubenverbindung an der Lagerbohrung der Pleuelstange.

3.2.6 Technisches Gutachten für die BSU

Das Untersucherteam der BSU wurde bei der vorliegenden Sicherheitsuntersuchung durch Herrn Prof. Dipl.-Ing. Hark Ocke Diederichs unterstützt. Den Schwerpunkt der Begutachtung bildete die Untersuchung der schadhaften Pleuelstange der Zylinderstation 7 (vgl. Abbildung 10).

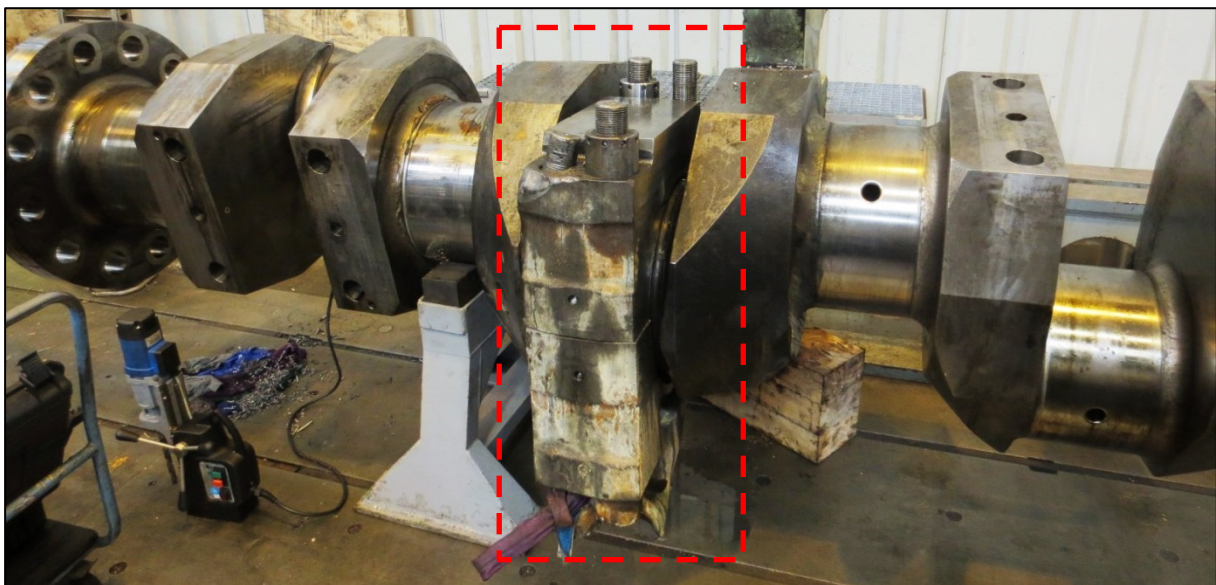


Abbildung 10: Beschädigtes Pleuellager nach dem Ausbau der Pleuelstange

Die von Prof. Diederichs durchgeführten Untersuchungen und deren Ergebnisse aus seinem Gutachten vom 31. Oktober 2016 werden im Folgenden auszugsweise wiedergegeben.

⁴ Anzeichen für sogenannte „Fresser“ als Folge trockener Reibung.

3.2.6.1 Pleuelstange

Hinsichtlich der Pleuelstange führt der Gutachter aus:

„Die schaftgeteilte Pleuelstange besteht aus dem oberen Teil mit einem gestuften Pleuelauge und dem unteren Teil mit dem Pleuellager. Beide Teile sind an der Schaftteilung durch sechs Dehnschrauben miteinander verbunden.“

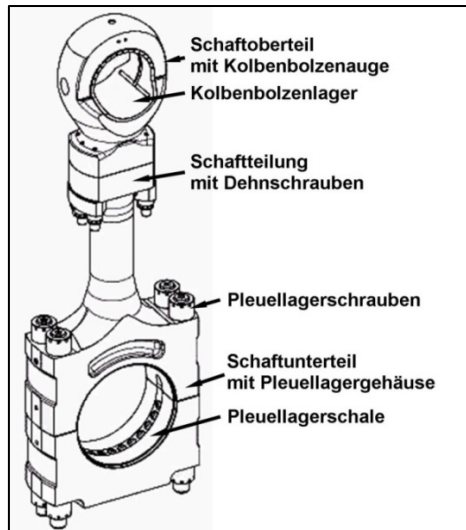


Abbildung 11: Pleuelstange, technische Zeichnung

[Das Kolbenbolzenlager] ist einteilig und in das Kolbenbolzenauge eingepresst. Das Pleuellager ist zweiteilig mit einer Ober- und einer Unterschale ausgeführt, die durch vier Schrauben im Lagergehäuse verspannt werden. (...) Die Pleuelstange [der THETIS D] ist an der Schaftteilung auseinander gerissen und kurz oberhalb des Pleuellagers gerissen.

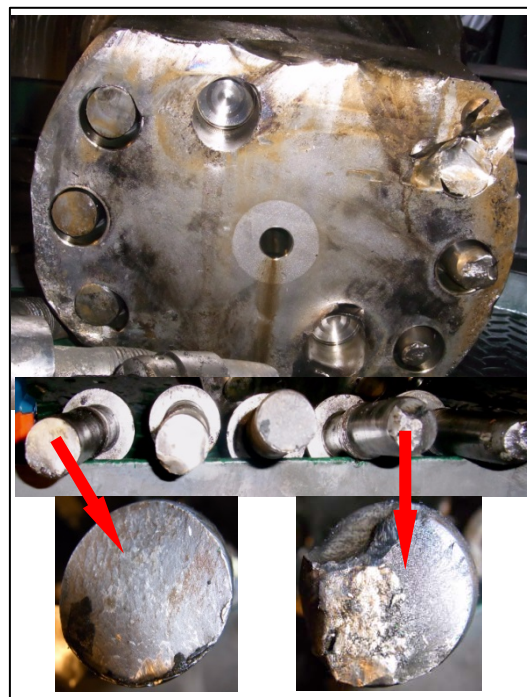


Abbildung 12: Abgerissene Schrauben der Schaftteilung

Drei der sechs Verbindungsschrauben an der Schafteilung weisen typische Merkmale eines zähen Schubspannungsbruchs, die anderen drei Schrauben die eines zähen Biege-Gewaltbruchs mit Einschnürung auf. Dies deutet darauf hin, dass die Pleuelstange zuerst durchgeknickt wurde (Biege-Gewaltbruch), danach verschoben sich die Trennflächen (Gleitung) und „schnitten“ dabei die anderen Schrauben ab.



Abbildung 13: Pleuelauge mit Ausbrüchen und seitlich verschobener Lagerbuchse

Aus der Lagerbuchse im Pleuelauge sind große Stücke herausgebrochen und die Buchse ist um ca. 50 mm aus der Bohrung herausgeschoben worden. Pleuelauge und Lagerbuchse weisen Wärmetönung auf. (...)

Der untere Teil der Pleuelstange ist direkt am Übergang zum Lagerkörper abgerissen und das Bruchstück aus dem Kurbelgehäuse ausgetreten.

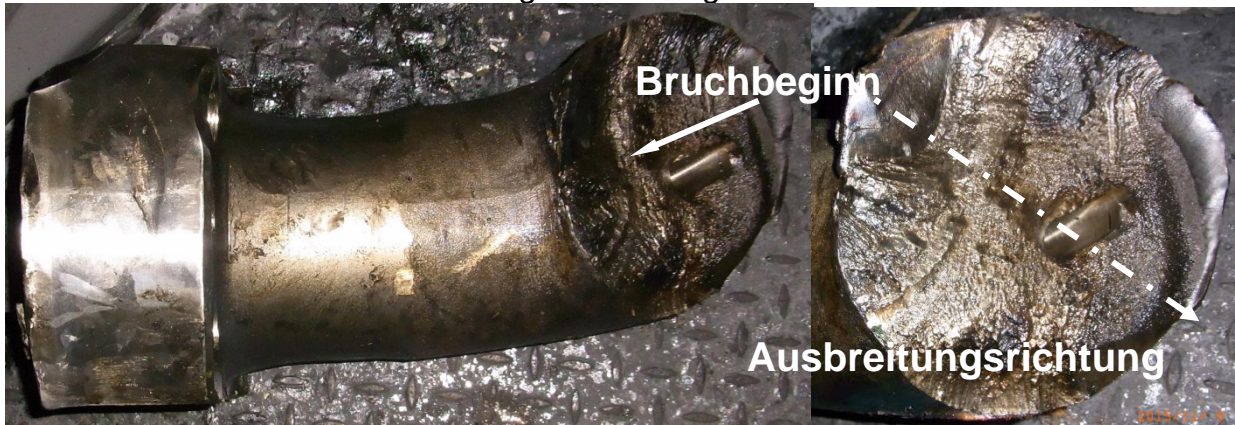


Abbildung 14: Abgerissene Pleuelstange mit Detailvergrößerung der Bruchfläche

Die Bruchfläche weist typische Merkmale eines zähen Gewaltbruchs auf. Auffallend ist, dass der Bruch mittig beginnt und dann bogenförmig verläuft. Dies deutet darauf hin, dass eine Druck- und Torsionskraft gleichzeitig eingewirkt haben müssen.“

Nach Begutachtung der Bruchbilder der Schrauben kommt der Gutachter zu dem Ergebnis, dass die Pleuelstange durch Knickung unter sehr großer Kraft brach. Dies sei nur möglich, wenn der Kolben in der Aufwärtsbewegung blockiert wird.

3.2.6.2 Pleuellager

Hinsichtlich des Pleuellagers führte der Gutachter aus:

„Das Pleuellager war fest und ließ sich nicht um den Pleuelzapfen drehen. Eine Messung des Lagerspiels war nicht möglich, jedoch war das Spiel fühlbar groß. Die sichtbaren äußerlichen Schäden sind in [Abbildung 15; Beschriftung AS = Abgasseite, SS = Steuerseite] dargestellt.“

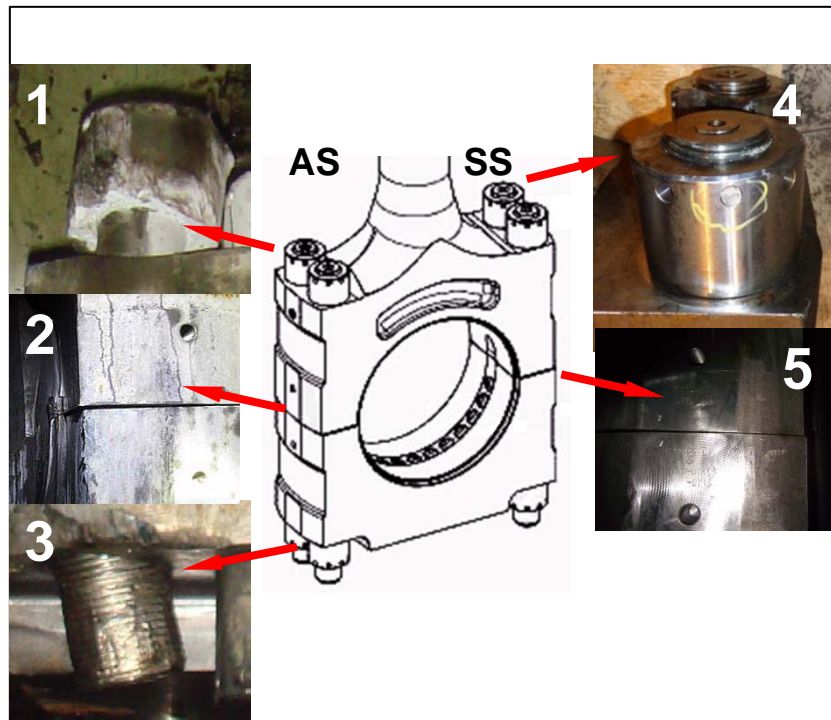


Abbildung 15: Sichtbare äußerliche Schäden am Pleuellager

- 1 Ringmutter abgesprengt und freies Gewindeende verbogen.
- 2 Lagerschalen seitlich herausgequetscht, Spalt zwischen Lagergehäusehälften und Versatz der Gehäusehälften
- 3 Schraube aus Lagergehäuse ausgetreten
- 4 abgebrochener Drehstift in oberer Ringmutter
- 5 keilförmiger Spalt zwischen Lagergehäusehälften

Die Befundung der Lagerschalen, der Schalensitze sowie der Auflageflächen zwischen den beiden Gehäusehälften wurde nach Öffnung des Pleuellagers durchgeführt.“

Der Gutachter konnte weder auf den Lagersitzen noch auf den Rücken der Lagerschalen Riefen oder anderweitige Merkmale feststellen, die auf mitdrehende Lagerschalen hindeuten könnten. Seinem Befund zufolge waren beide Lagerschalen seitlich aus der Lagerbohrung herausgepresst worden und wiesen lokale, bläuliche Verfärbungen auf. Die Bohrungen der Unterschale wiesen ovale Verformungen auf (siehe Abbildung 16), die den Rückschluss auf eine Verschiebung zuließen.

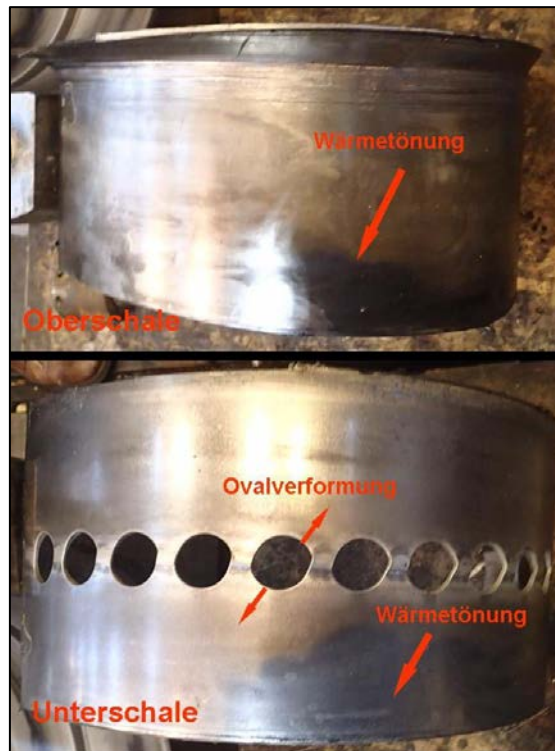


Abbildung 16: Rücken der Lagerschalen

„Ein Mitdrehen der Lagerschalen durch die Reibung zwischen dem Lagerzapfen und den Lagerschalen muss durch eine Haftreibungskraft zwischen der Lagerschale und dem Lagergehäuse sicher verhindert werden. Um dieses zu erreichen, werden nach dem Einlegen der Lagerschalen in die Sitze der Lagergehäusehälften die Lagerschrauben durch Anziehen der Muttern elastisch gedehnt und die erzeugten Schraubenkräfte als Druckkräfte auf die Stirnflächen der Lagerschalen übertragen, so dass diese (...) fest auf die Sitze der Lagergehäusehälften gepresst werden. (...)

Nur bei gleichen Lagerüberständen auf beiden Seiten und Vorspannung aller Lagerschalen sind eine gleichmäßige Verformung der Lagerschalen und somit auch eine gleichmäßige Verteilung der Druckspannung in den Lagerschalen gewährleistet. Abweichungen von diesen beiden Bedingungen können während des Betriebes zu einer unerwünschten elastischen/plastischen Verformung der Lagerschalen führen.

Zum Anziehen der Lagerschrauben wird eine hydraulische Vorrichtung eingesetzt.“
[Zum Ablauf des sachgemäßen Montierens der Pleuellagerschrauben vgl. Ziffer 4.3]

3.2.6.3 Alarm- und Sicherheitssystem

Die gutachtliche Untersuchung bezog das Alarm- und Sicherheitssystem an Bord der THETIS D mit ein. Im Gutachten wird dazu ausgeführt:

„Alle relevanten Betriebswerte des Motors (Temperaturen, Drücke, Strömungswiderstände) sowie der übrige Maschinenbetrieb werden kontinuierlich durch ein Monitoring- und Sicherheitssystem überwacht. Bei Abweichungen von vorgegebenen „Sollwerten“ werden je nach Ausmaß der Abweichung

Alarmmeldungen ausgelöst und werden akustisch (Sirene) und optisch (Blinklicht, Farbänderung) angezeigt. Die akustische und optische Alarmmeldung kann im gesamten Maschinenraum wahrgenommen werden, jedoch nur im Maschinenkontrollraum (MKR) quittiert werden. Nach einer Quittierung bleibt die optische Anzeige bis zur Eliminierung der Störung erhalten.

Bei wichtigen, von der Klassifikationsgesellschaft und dem Motorenhersteller festgelegten Betriebswerten leitet das Sicherheitssystem je nach Gefährdungspotential einer Abweichung automatisch eine Leistungsreduzierung (AUTO-LOAD REDUCTION) oder die Abschaltung (SHUT DOWN) des Motors ein. Nach Quittierung der Alarmmeldung kann der automatische Eingriff des Systems in den laufenden Betrieb durch Betätigung der „Override“ – Taste auf der Brücke oder dem MKR unterdrückt werden (Prinzip „Schiff vor Maschine“), ausgenommen hiervon ist eine „Überdrehzahl“ des Motors. (...)

Kriterien für eine Leistungsreduktion sind z.B. zu hohe Betriebsstofftemperaturen (Kühlwasser, Schmieröl), für einen Motorstopp Überdrehzahl, zu geringer Schmieröldruck, zu hohe Lagertemperaturen oder Ölnebelbildung im Triebräum.

3.2.6.4 Ergebnisse

Das Gutachten erbrachte u.a. folgende Ergebnisse:

- Ursächlich für den schweren Motorschaden war die geringe Vorspannung der Pleuellagerschrauben.
- Es ist ein exzessiver Verschleiß am Pleuellager aufgetreten, der im weiteren Verlauf zu Verformungen führte. Dadurch hat u.a. die Schraubenkraft abgenommen.
- Die Verlustleistung des Motors stieg durch erhöhte Reibung in Zylinder 7 (sogenannter Kolbenfresser) an, woraufhin der automatische Leistungsregler die Kraftstoffzufuhr erhöhen musste, um die Drehzahlabnahme auszugleichen.
- Etwaige Vorschäden an den Lagerschalen als Ursache für den eingetretenen Lagerschaden hält der Gutachter für unwahrscheinlich.

3.2.7 AIS- und UKW-Aufzeichnungen der Verkehrszentrale

Die Verkehrszentrale Travemünde stellte der BSU für die Unfalluntersuchung folgende Daten zur Verfügung:

- AIS-Daten vom 26. Oktober 2015 (00:00:00 Uhr bis 23:59:59 Uhr UTC) und
- UKW-Aufzeichnungen für Kanal 67 (08:00:16 Uhr bis 12:00:00 LT = UTC+1).

Aus der Datenbank der Verkehrszentrale wurden folgende Fahrtverlaufsdaten der THETIS D ausgelesen (siehe Tabelle 1; Darstellung: minütlich; Hervorhebung durch BSU):

Uhrzeit ⁵	SOG ⁶	COG ⁷	HDG ⁸
08:22:06	15,5	245,0	246
08:23:06	15,6	245,0	246
08:24:05	15,5	246,0	246
08:25:05	15,5	245,0	246
08:26:05	15,5	245,0	246
08:27:05	15,7	246,0	246
08:28:05	15,7	245,0	246
08:29:05	15,5	246,0	246
08:30:05	12,4	245,0	245
08:31:05	10,5	242,0	239
08:32:05	9,0	234,0	229
08:33:05	7,7	222,0	216
08:34:05	6,5	210,0	204
08:35:05	5,7	200,0	197
08:36:01	5,1	196,0	194
08:37:02	4,7	195,0	194
08:38:02	4,4	195,0	197
08:39:02	3,9	199,0	202
08:40:02	3,8	200,0	209
08:41:02	3,3	207,0	217
08:42:02	3,2	217,0	225
08:43:02	3,1	226,0	231
08:44:01	2,8	233,0	235
08:45:01	2,8	236,0	238
08:46:01	2,6	241,0	240
08:47:01	2,6	242,0	240
08:48:01	2,5	239,0	238

Tabelle 1: AIS-Fahrtverlaufsdaten der THETIS D

Demnach erfolgte ab 08:30 Uhr eine Geschwindigkeitsreduktion, verbunden mit einer Kursabweichung nach Backbord.

Aus den ebenfalls ausgelesenen AIS-Positionsdaten der THETIS D wurde für den unfallrelevanten Zeitraum folgender Fahrtverlauf rekonstruiert (siehe Abbildung 17).

⁵ Die Uhrzeitangaben der AIS-Datenbank wurden zur besseren Vergleichbarkeit von UTC auf die Ortszeit (UTC+1) angepasst.

⁶ Geschwindigkeit über Grund (Speed over ground), Angabe in Knoten

⁷ Kurs über Grund (Course over ground)

⁸ Steuerkurs (Heading)

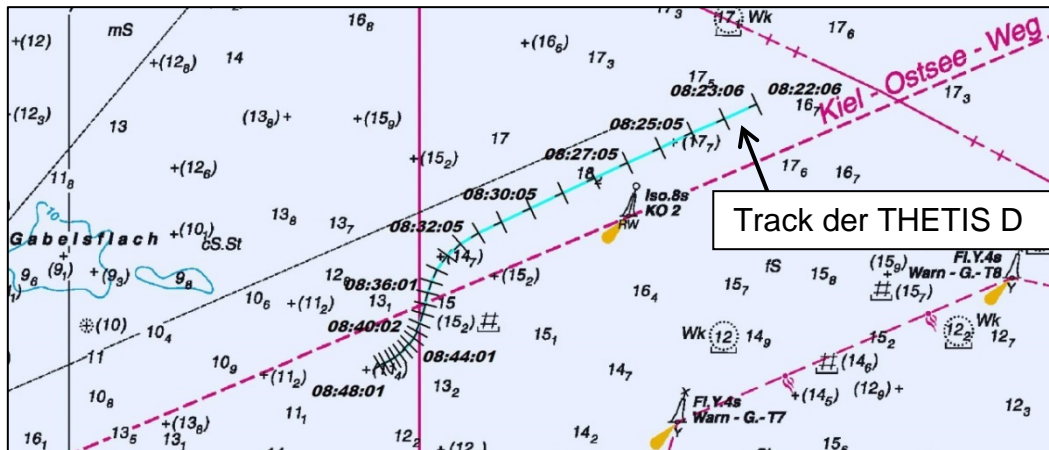


Abbildung 17: Fahrtverlauf der THETIS D

Aus dem Fahrtverlauf ist ersichtlich, dass die THETIS D ab 08:37 Uhr die Trennlinie des Kiel-Ostsee-Weges überfuhr und danach manövrierunfähig entgegen der empfohlenen Fahrtrichtung des Kiel-Ostsee-Weges in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Ostsee trieb.

Über UKW-Funk-Aufzeichnungen von Kanal 67 ließ sich der folgende Sprechverkehr hinsichtlich der THETIS D nachvollziehen:

Uhrzeit	Sprecher	Mitteilung
08:51:14	Kpt. THETIS D	Kiel Traffic, THETIS D.
	Kiel Traffic	<i>Ja, Kiel Traffic hört.</i>
	Kpt. THETIS D	Kiel Traffic, THETIS D. Moin. Zur Information: Also wir haben Maschinenschaden, und wir treiben hier kurz vor Kiel Turm, also östlich von Kiel Turm.
	Kiel Traffic	<i>Ja, ich hab Sie hier auf dem Schirm. Ja, dann hab ich das soweit mit, und wenn es weitergeht, dann mal bitte einen kurzen Tipp.</i>
	Kpt. THETIS D	Ja, ok.
(...)		
08:58:02	Lotse	Kiel Traffic, die [Schiffsname].
	Kiel Traffic	<i>Ja, Kiel Traffic hört.</i>
	Lotse	Kiel Traffic, [Schiffsname] ausgehend am Kieler Turm.
	Kiel Traffic	<i>Kiel Traffic, für alle die ausgehen am Turm nur zur Info: Die THETIS D, die haben Sie wahrscheinlich auch auf dem Schirm, der ist not under command, der ist auf der falschen Fahrwasserseite. Nur zur Info.</i>
	Lotse	Ich hab schon meinem Kapitän gesagt, er soll den an der Steuerbordseite gleich liegenlassen, erstmal. Scheint ja gut dann klarzugehen.
	Kiel Traffic	<i>Alles klar.</i>

Uhrzeit	Sprecher	Mitteilung
<i>[Fortsetzung] (...)</i>		
09:10:20	Kiel Traffic	<p>All stations, all stations, good morning. This is Kiel Traffic with information service for the Kiel Bight and Kiel Fjord from today, zero – nine – zero – zero.</p> <p>Weather information: wind direction Kiel Lighthouse south-easterly force four, visibility is good. Actual water level Kiel Lighthouse: five – zero – five constant. No wind or gale warning.</p> <p>And further information for the shipping: We have a vessel THETIS D approximately four miles north-easterly of Kiel Lighthouse not under command. Please pass this ship with caution.</p> <p>For the traffic situation please listen to the reporting calls and information service. Next information service in one hour from now.</p>
09:11:01	Kiel Traffic	<p>An alle Seefunkstellen, einen schönen guten Morgen. Hier ist Kiel Traffic mit der Lagemeldung für die Kieler Bucht und die Kieler Förde von heute, neun Uhr zehn mittlerweile.</p> <p>Zum Wetter: Wind am Turm süd-östliche Richtung Stärke 4, gute Sicht. Aktueller Pegel am Turm: fünf Meter fünf. Eine Wind- oder Sturmwarnung liegt nicht vor.</p> <p>Besondere Hinweise für die Schifffahrt: Circa vier Meilen, vier ein halb Meilen nord-östlich von Kiel Leuchtturm liegt das Fahrzeug THETIS D not under command. Dieses Fahrzeug bitte mit Vorsicht passieren.</p> <p>Die Verkehrslage ist den laufenden Einzelmeldungen zu entnehmen. Ende der Lagemeldung. Die nächste Lagemeldung hören Sie um 10 Uhr. Kiel Traffic ist hörbereit auf UKW-Kanal 67 und 16. Allen Seefunkstellen gute Fahrt.</p>
(...)		
09:27:57	Schlepper KIEL	Kiel Traffic, Schlepper KIEL.
	Kiel Traffic	<i>Ja, Kiel Traffic hört.</i>
	Schlepper KIEL	Ja moin, KIEL und KITZEBERG, wir machen uns klar und dann fahren wir raus zur THETIS D.
	Kiel Traffic	<i>Alles klar, vielen Dank.</i>
(...)		
11:01:10	Kpt. THETIS D	Kiel Traffic, THETIS D.
	Kiel Traffic	<i>Kiel Traffic hört.</i>
	Kpt. THETIS D	Ja, moin nochmal, THETIS D hat jetzt Schlepper fertig und setzen unsere Reise jetzt fort nach Kiel.
	Kiel Traffic	<i>Ja. Prima Kapitän. Ich hab eine Frage: Wer ist der Makler?</i>
	Kpt. THETIS D	Makler ist [Firmenname].
	Kiel Traffic	<i>[Firmenname], alles klar, ich wünsche gutes Gelingen.</i>

Tabelle 2: UKW-Protokoll Kiel Traffic, Kanal 67

Die Lagemeldungen um 10:10 Uhr und um 11 Uhr enthielten gleichlautende Hinweise auf die Situation der THETIS D wie die 9:10 Uhr Lagemeldung.

3.2.8 Schiffsdatschreiber (VDR)

Die THETIS D ist mit einem VDR des Herstellers Rutter, Typ 100-G2 ausgerüstet. Die Speicherung der VDR-Daten wurde jedoch erst um 22:20 Uhr und damit knapp 13,5 Stunden nach dem Unfall ausgelöst. Die Aufzeichnungen für den unfallrelevanten Zeitraum waren zwischenzeitlich vom System automatisch überschrieben worden. Somit standen für die Unfalluntersuchung lediglich Aufzeichnungen ab 10:20:54 Uhr zur Auswertung zur Verfügung. Der VDR funktionierte einwandfrei.

4 AUSWERTUNG

Die Unfalluntersuchung durch die BSU erfolgte parallel zur Untersuchung des Flaggenstaates der THETIS D, Liberia. Die Kommunikation mit dem Hersteller der Hauptmaschine und den Klassifikationsgesellschaften verlief einwandfrei. Im Rahmen der Stellungnahmerunde zum ersten Entwurf des Untersuchungsberichts wurden der BSU weitere technische Unterlagen zur Verfügung gestellt, die eine Neubewertung des Unfallgeschehens erforderlich machten.

Seitens der Reederei und der Maschinenraumbesatzung wurden zahlreiche Informationen zurückgehalten bzw. nur spärlich weitergegeben, insbesondere hinsichtlich der Pleuellagerinspektion im März 2015, des Sicherheitsmanagements und durchgeführter Maßnahmen nach dem Unfall.

Durch die zahlreichen Besichtigungen der THETIS D, die Aufzeichnungen der Verkehrszentrale Kiel Traffic sowie den erwähnten fachlichen Austausch mit dem Motorenhersteller und der Klassifikationsgesellschaft konnte die Unfalluntersuchung trotz der Widrigkeiten abgeschlossen werden.

4.1 Unfallhergang

Die Brücke war am Unfalltag mit Kapitän und dem wachhabenden 1. Nautischen Offizier ausreichend besetzt. Die Maschinenbesatzung gab an, mit üblichen Arbeiten beschäftigt gewesen zu sein. Die Fahrt von Gdynia nach Bremerhaven sei bis zum Unfall ereignislos verlaufen. Insbesondere seien keine akuten technischen Störungen bekannt gewesen.

Zwar waren in den Tagen vor dem Unfall auf der THETIS D Kühlwasserprobleme aufgetreten. Diese betrafen sowohl den Hochtemperaturkreislauf, an den u.a. die Zylinderkühlung und das Kühlsystem für die Einspritzventile angeschlossen sind, als auch den Niedertemperaturkreislauf, an den u.a. der Schmierölkühler angeschlossen ist. Angaben des Leiters der Maschinenanlage zufolge hatte zwei Tage vor dem Unfall eine zu hohe Schmieröltemperatur eine automatische Leistungsreduktion ausgelöst, was jedoch durch Spülung des Seewassersystems behoben werden konnte. Der durch die BSU hinzugezogene Gutachter bezog das Kühlwassersystem in seine Begutachtung mit ein und kam zu dem Ergebnis, dass die Probleme durch eine seewasserseitige Verschmutzung des Hochtemperaturkühlers hervorgerufen worden waren. Am Unfalltag selbst war aber keine entsprechende Störung von den Überwachungssystemen der Maschinenanlage aufgezeichnet worden. Es ist daher davon auszugehen, dass die Frischwasserkühlung am Unfalltag ohne Beeinträchtigung funktionierte.

Kurz vor dem Unfall nahm die Besatzung in den Aufbauten und im Maschinenraum starke Schiffsvibrationen wahr. Gegen 08:30 Uhr trat der Triebwerkschaden ein, als Motorbauteile von Zylinder 7 das Gehäuse durchschlugen. Die Hauptmaschine stoppte automatisch. Die Schiffsführung bemerkte eine Rauchentwicklung aus den Maschinenraumlüftern und stellte daraufhin den Verschlusszustand her. Der Kapitän löste Generalalarm aus.

Das im Maschinenraum ausgebrochene Feuer konnte durch den Verschlusszustand erfolgreich kontrolliert und letztlich innerhalb von ungefähr 20 Minuten ohne CO₂-Einsatz erstickt werden. Während dieser Zeit vergewisserte sich die Schiffsführung, dass alle Besatzungsmitglieder unverletzt waren. Der 2. Ingenieur und der Oiler, die beide zum Unfallzeitpunkt im Maschinenraum gearbeitet hatten, hatten sich über Notausstiege in Sicherheit gebracht. Dass der Unfall durch den Ausfall der Antriebsanlage nicht noch zu einer Gefährdung anderer Schiffe führte, ist allein dem glücklichen Umstand geschuldet, dass sich die THETIS D zum Unfallzeitpunkt noch außerhalb der dichter befahrenen Kieler Förde befand.

4.2 Rekonstruktion der zeitlichen Abläufe

Die Rekonstruktion des Unfallhergangs anhand der Alarm-Aufzeichnungen aus dem Maschinenkontrollraum der THETIS D erwies sich als schwierig. Die Aufzeichnungen der unterschiedlichen Sicherheitssysteme lagen zum Teil nur auszugsweise vor und wichen in ihren Einträgen erheblich voneinander ab. So wurde beispielsweise 26 Minuten⁹ vor dem Unfall durch das Motorsicherheitssystem ein Splash-Oil-Alarm der Zylindereinheit 7 aufgezeichnet (siehe Abbildung 18¹⁰).

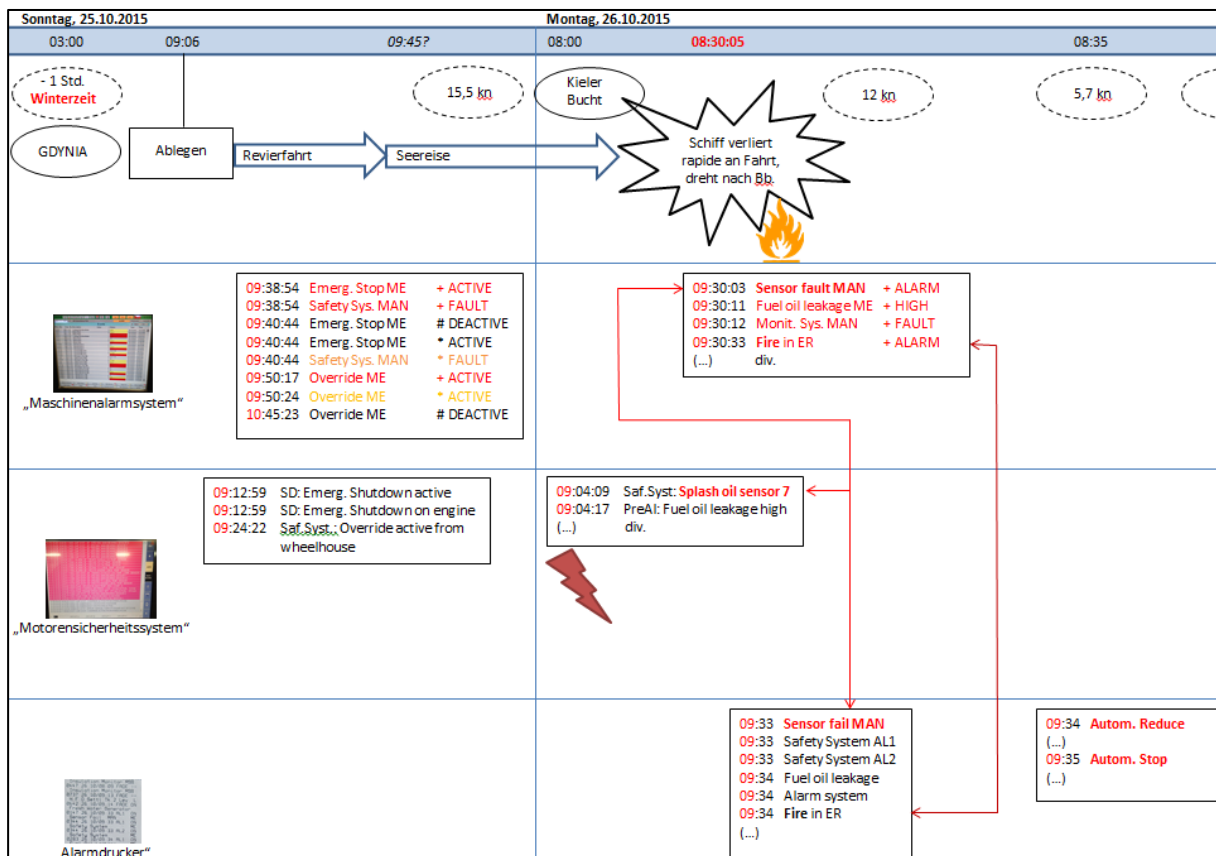


Abbildung 18: Auflaufende Maschinenalarms zur Unfallzeit, Auszug aus der graphischen Aufbereitung der BSU

⁹ Die Besatzung gab an, der Unfall ereignete sich um 08:24 Uhr. Aus den AIS-Aufzeichnungen lässt sich der Unfalleintritt zwischen 08:29 und 08:30 Uhr ableiten. VDR-Aufzeichnungen, anhand derer man ggf. Zeitabweichungen hätte nachvollziehen können, liegen vom Unfallzeitraum nicht vor.

¹⁰ Aufzeichnungen an Bord erfolgten in UTC + 2 Stunden.

Auf dieser Datenbasis gingen die BSU-Untersucher und der hinzugezogene Gutachter ursprünglich davon aus, dass die Hauptmaschine noch über 20 Minuten weiterlief, bevor der schwere Maschinenschaden eintrat. Diese Einschätzung wurde im Rahmen der ersten Stellungnahmerunde zum Berichtsentwurf revidiert. Der Hersteller des Splash-Oil-Monitoring-Systems wies eine Konfiguration des Systems auf der THETIS D nach, welche bei Vorliegen von Abschaltungskriterien binnen unter zwei Sekunden einen automatischen Maschinenstopp veranlasst hätte (vgl. Tabelle 3).

No	Measuring Point	Description	Drawing	Measuring Range	Nominal	Setpoint	Function	Location	Connected to	Signal Type	Supplier	Status
850	18TE2880	temp sensor splashoil temp rod bearing 8	11.99411-0391	0-120°C			splash oil supervision	engine	safety system	PT100	MAN	
	1TAH2880	limit value of 1-8TE2880				80°C,H hyst: -1K delay: 1.7s	alarm splashoil temp high			software setpoint	MAN	
	2TZH2880	limit value of 1-8TE2880				85°C,H hyst: -1K delay: 1.7s	auto shutdown splashoil temp high			software setpoint	MAN	
	1TDAH2880	limit value of 1-8TE2880				+2K,H hyst: -1 K delay: 1.7s	alarm splashoil temp mean value deviation			software setpoint	MAN	
	2TDZH2880	limit value of 1-8TE2880				+3K,H hyst: -1 K delay: 1.7s	auto shutdown splashoil temp mean value deviation			software setpoint	MAN	

Tabelle 3: Auszug aus der Konfiguration des Splash-Oil-Monitoring-Systems auf der THETIS D

Das Öl schmiert nach Durchfließen der Kurbelwelle die einzelnen Pleuellager. Ein Teil des Öls wird weiter durch die Pleuelstange gepumpt; der Rest tritt nach Durchfließen der Pleuellager seitlich aus. Es wird vom Triebwerk abgeschleudert und tropft danach in die Ölwanne ab. Die Splash-Oil-Sensoren messen die Temperatur dieses Spritzöls. Das Splash-Oil-Monitoring-System ermöglicht so durch die Messung und den Vergleich der Spritzöltemperatur jedes Pleuellagerzapfens das Überwachen der Funktionsfähigkeit der Triebwerke.

Aus der Konfiguration ist ersichtlich, dass es zwei Kriterien gab, die unabhängig voneinander einen Alarm bzw. in letzter Konsequenz einen automatischen Maschinenstopp auslösen konnten:

- das Überschreiten einer gemessenen Spritzöltemperatur (80°C → Alarm, 85°C → Maschinenstopp), sowie
- eine von den Sensoren erfasste Differenz der Spritzöltemperatur in den unterschiedlichen Zylindern (je ein Sensor pro Zylinder; Abweichung +2 Kelvin → Alarm, +3 Kelvin → Maschinenstopp).

Der Konfiguration zufolge hätte das Splash-Oil-Monitoring-System demnach bei Erreichen eines der beiden kritischen Kriterien mit einer Verzögerung von nur 1,7 Sekunden die Hauptmaschine gestoppt. Ein Weiterlaufen der Hauptmaschine über einen Zeitraum von mehreren Minuten nach dem Schadenseintritt war somit bei funktionierendem Splash-Oil-Monitoring-System ausgeschlossen. Als Nachweis der Funktionsfähigkeit wurde der BSU im November 2016 ein Auszug aus dem herstellereigenen Diagnosesystem für die Hauptmaschine vorgelegt (vgl. Abbildungen 19 und 20). Die in den Aufzeichnungen enthaltene Systemzeit weicht um +5 Stunden von der Ortszeit ab (13:xx Uhr statt 08:xx Uhr). Den Aufzeichnungen zufolge fiel zunächst der Sensor in Zylinder 7 aus. Darauf folgte der gleichzeitige

Anstieg der Spritzöltemperatur in den übrigen Sensoren von 66°C auf 73°C, bevor auch die Sensoren aus den Zylindern 3, 6 und 8 ausfielen. Der automatische Stopp der Hauptmaschine wurde durch zu geringen Schmieröldruck des Turboladers ausgelöst, bevor andere Sicherheitssysteme greifen konnten.

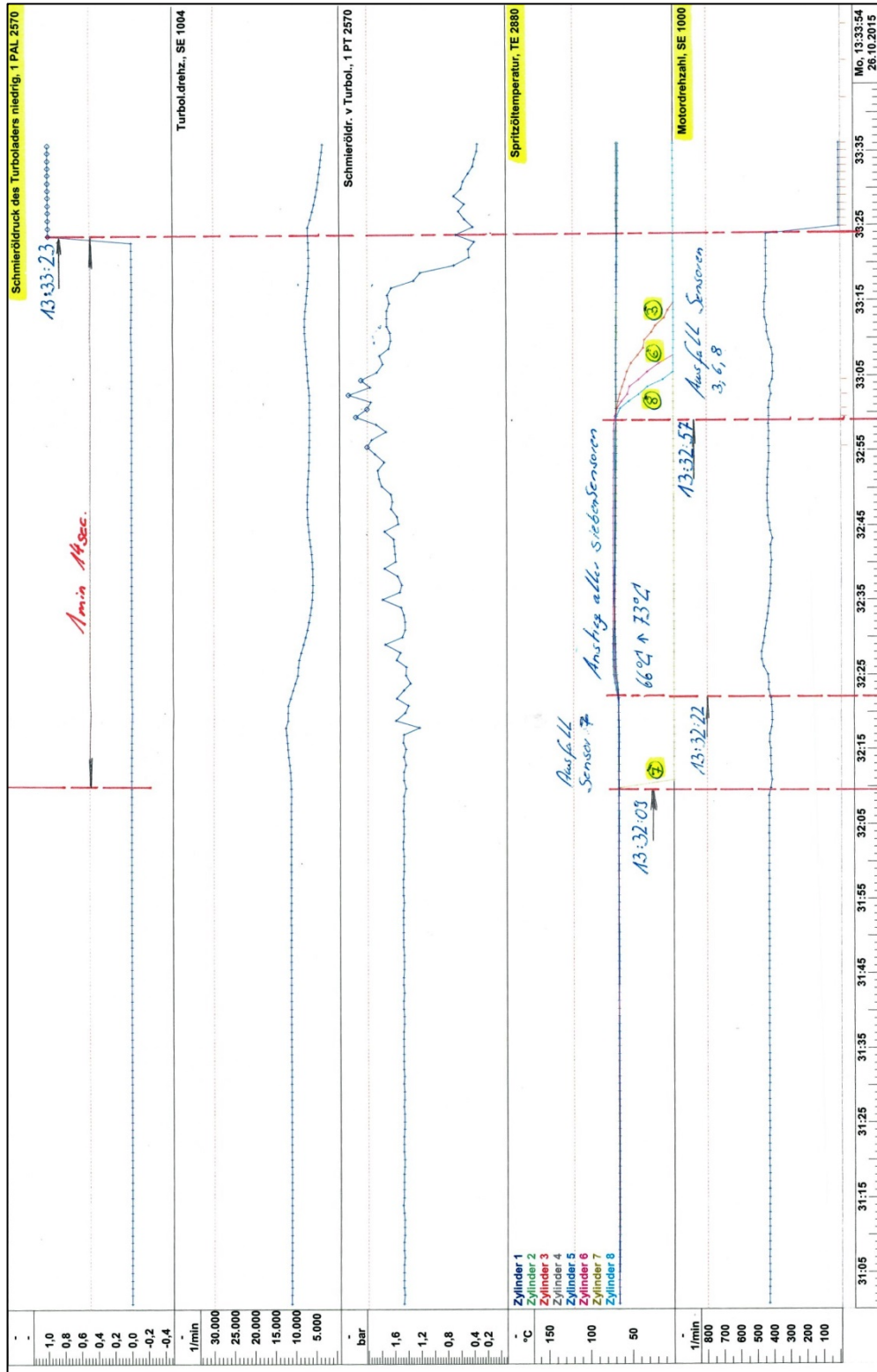


Abbildung 19: Auszug aus dem herstellereitigen Diagnosesystem für die Hauptmaschine (Spritzöltemperatur und Schmieröldruck des Turboladers)

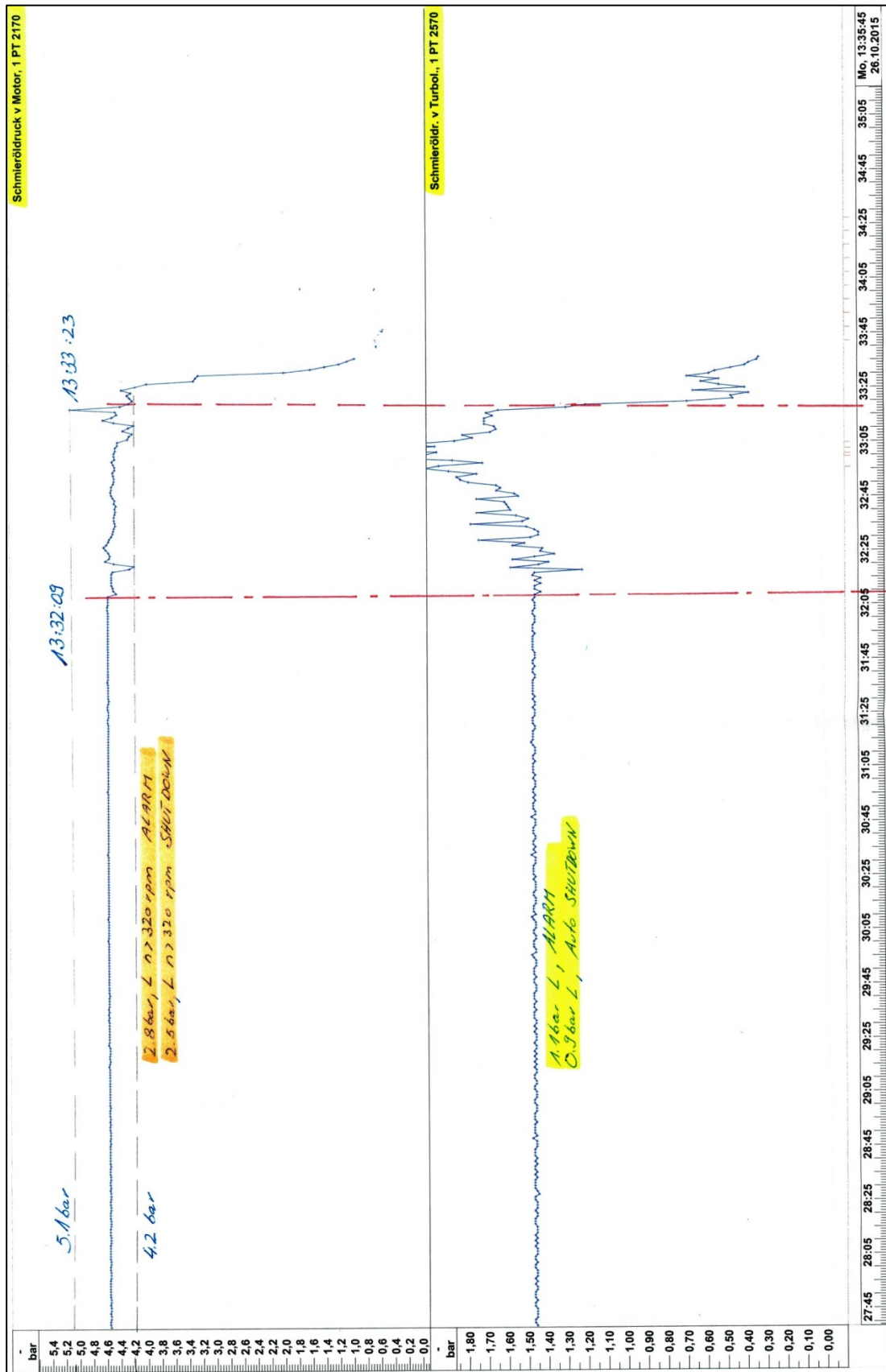


Abbildung 20: Auszug aus dem herstellereitigen Diagnosesystem für die Hauptmaschine (Schmieröldruck des Turboladers, Fortsetzung)

Die Unterlagen belegen, dass zum Zeitpunkt des automatischen Maschinenstopps noch keine der beiden Bedingungen (Temperatur 80°C oder Temperaturdifferenz +3 K) erfüllt waren, die das Splash-Oil-Monitoring-System veranlasst hätten, den Maschinenstopp auszulösen. Die Überwachung des Schmieröldrucks des Turboladers war so kalibriert, dass bei Abfallen des Drucks auf 0,9 bar ein automatischer Maschinenstopp erfolgte. Dieses Kriterium war den Aufzeichnungen des Diagnosesystems zufolge um 08:33:23 Uhr eingetreten und hatte dementsprechend den Maschinenstopp herbeigeführt. Die dokumentierte Uhrzeit steht unter Berücksichtigung der Zeitdifferenz von + 5 Stunden mit den Aufzeichnungen von Bord (Maschinenalarmsystem und Alarmdrucker, aufgezeichnet in UTC + 2 Std.) sowie den landseitigen AIS-Aufzeichnungen der Verkehrszentrale (u.a. Schiffsgeschwindigkeit über Grund - SOG, aufgezeichnet in UTC + 1 Std.) im Einklang (vgl. Tabelle 4 mit synchronisierten Uhrzeiten zur besseren Übersicht; alle Angaben in UTC + 1 Std. = Ortszeit).

VKZ Travemünde SOG der THETIS D	THETIS D		
	Maschinen- alarmsystem	Alarmdrucker	MAN Diagnosesystem
08:29:05 15,5 kn	08:30:03 Sensor fault MAN	08:33 Sensor fail MAN	08:32:09 Ausfall Sensor 7
	08:30:11 Fuel oil leakage ME	08:33 Fuel oil leakage	
	08:30:12 Monitoring Syst. MAN	08:33 Safety System AL1 + AL2	08:32:22 Temperatur- Anstieg von 7 Spritzöl- Sensoren 66°C ↑ 73°C
	08:30:33 Fire in ER	08:34 Fire in ER	08:32:57 Ausfall Sensoren 3, 6, 8
08:30:05 12,4 kn			08:33:23 Schmieröl- druck des Turboladers niedrig → Autom. SHUTDOWN

Tabelle 4: Synchronisation der verschiedenen Aufzeichnungen zur Klärung des Unfallhergangs

Das Gegenüberstellen der Aufzeichnungen aus den verschiedenen Quellen zeigt eine Übereinstimmung hinsichtlich der wesentlichen Abläufe im Maschinenraum der THETIS D. Die zeitliche Abweichung um ein bis 3,5 Minuten zwischen den einzelnen Datenquellen ist per se nicht ungewöhnlich und lässt sich mit dem manuellen Einstellen der Systemzeiten erklären. Nicht ohne weiteres erklären ließ sich hingegen die zeitliche Abweichung der vom Motorensicherheitssystem

aufgezeichneten Alarme (vgl. Abb. 18 auf S. 29, im Folgenden synchronisiert auf Ortszeit):

- 08:04:09 Uhr – Safety System: Splash oil sensor 7, sowie
- 08:04:17 Uhr – Pre-Alarm: Fuel oil leakage high.

Die zeitliche Abweichung zwischen dem Motorensicherheitssystem und den anderen Systemen, deren Zeit bordseitig eingestellt wurde, beträgt konstant

- 25 Minuten und 54 Sekunden zum Maschinenalarmsystem, und
- 29 Minuten zum Alarmdrucker.

Da anhand der vom Motorenhersteller nachgereichten Unterlagen eine Fehlfunktion der Spritzöl-Überwachungssensoren ausgeschlossen werden konnte, das Sicherheitssystem aber letztlich binnen weniger als 1,25 Minuten nach dem ersten Sensorausfall den Maschinenstopp ausgelöst hatte, kommt nur eine isolierte, fehlerhafte Systemzeiteinstellung beim Motorensicherheitssystem als Erklärung für die erhebliche Zeitdifferenz in Frage. Die BSU-Untersucher überprüften diese Annahme gemeinsam mit der Klassifikationsgesellschaft anhand vorheriger Aufzeichnungen der drei Bordsysteme, deren Systemzeit manuell durch die Besatzung eingestellt wird: Maschinenalarmsystem, Motorensicherheitssystem und Alarmdrucker. Dabei wurden Aufzeichnungen von vor dem Unfall verglichen. Obwohl die drei Systeme Alarme z.T. unterschiedlich benennen, wurden vier weitere Alarme identifiziert, die sowohl vom Maschinenalarmsystem als auch vom Motorensicherheitssystem aufgezeichnet worden waren. Alle vier wiesen eine konstante Zeitdifferenz von 25 Minuten und 54 Sekunden auf.

Es ließ sich im Nachhinein nicht aufklären, warum bei der Systemzeiteinstellung der im Maschinenkontrollraum bei einem Sicherheitssystem eine Uhrzeit eingestellt wurde, die knapp 26 Minuten bzw. 29 Minuten von den anderen Systemzeiten abwich. Fest steht nur, dass der Leiter der Maschinenanlage für den 24.10.2015, einen Tag vor dem Unfall, in das Maschinentagebuch eintrug:

„In der Nacht zu Sonntag Uhr eine Stunde auf Winterzeit zurückgestellt“.¹¹

Die von den Sicherheitssystemen auf der THETIS D aufgezeichnete Zeit entsprach UTC + 2 Stunden und damit osteuropäischer Winterzeit. Die BSU hat keine näheren Erkenntnisse dazu, nach welchen Kriterien die Bordzeit festgelegt wurde. Dies ist für die Unfalluntersuchung auch nicht maßgeblich, da die festgestellte Abweichung der Sicherheitssystemzeiten untereinander um knapp 26 bzw. 29 Minuten hiervon unabhängig ist. Die Abweichung ist gravierend.

Die Zeiteinstellung bei Sicherheitssystemen im Maschinenkontrollraum wird auf Seeschiffen generell durch Ingenieure vorgenommen. Dieser Standardvorgang wurde auf der THETIS D nicht mit der notwendigen Präzision ausgeführt.

¹¹ Originaleintrag auf Englisch: „Set clock one hour back to wintertime during night to Sunday“.

4.3 Inspektion des Pleuellagers vor dem Unfall

Sieben Monate bzw. 2.440 Betriebsstunden¹² vor dem Unfall hatte der damalige Leitende Ingenieur das Pleuellager des Zylinders 7 geöffnet, visuell inspiziert und danach wieder festgezogen. Der nach dem Unfall sowohl durch das MAN Prüflabor als auch durch den BSU-Gutachter dokumentierte Schaden an Ober- und Unterschale des Pleuellagers (Frettingmerkmale, Verformungen und Verfärbungen) lassen den Rückschluss zu, dass die Schraubverbindung der Lagerhälften nicht den vom Hersteller vorgeschriebenen Anzugswert (1000 bar; vgl. Tabelle 5) aufwies.

(C11.00160-0183)		Seite page 3	Stand current level 4	Öldruck bar Längung Δl mm oil pressure elongation	Rück- drehwin- kel beim Lösen angle when slaciening	Einzugs- moment Nm screw-in moment	Anzugsdrehmoment Nm und Verdrehwinkel lightening torque and torsion angle	Arbeits- karte beachten observe work care	
Gruppe group	Schraubverbindung screw connection						1. Stufe 1. step 2. Stufe 2. step		
030 Pleuelstange				connecting rod					
030-1	Pleuelschaft/Pleuelkopt connecting rod shank/connecting rod head ball			1000	200 =6L	200-M		030.01	
				0.55 ÷ 0.65 = Schraubenlänge bei abge- lassenem Öldruck Bolt elongation with oil pressure released					
030-2	Pleuelschaft/Pleuellagerdeckel connecting rod shank/connecting bearing cover			(500) 1000	300 =9L			030.02	
				1.5 ÷ 2.1 = Schraubenlänge bei abge- lassenem Öldruck Bolt elongation with oil pressure released					

Tabelle 5: Anzugswerte für die Schraubverbindung der Pleuelstange
(Auszug aus dem Herstellerhandbuch)

Das Herstellerhandbuch weist im Kapitel „Anziehen von Schraubenverbindungen – Allgemeine Hinweise“ darauf hin, dass es sich bei den o.g. Werten um solche für besonders wichtige Schraubverbindungen handelt, welche die Betriebssicherheit gewährleisten.

Das herstellerekonforme Spannen der Pleuellagerschrauben erforderte den Einsatz einer an eine Hochdruckpumpe angeschlossenen hydraulischen Spannvorrichtung (vgl. Abbildung 21). Das Handbuch führt zur Wirkungsweise aus:

„Die Hochdruckpumpe fördert ein relativ geringes Flüssigkeitsvolumen (bei Bedarf mit einem Druck bis zu 1500 bar) durch die steckbaren Schlauchleitungen zu einer oder mehreren hydraulischen Spannvorrichtungen. Ist der Kolben der hydraulischen Spannvorrichtung auf dem Gewinde der Schraube aufgeschraubt, so hebt die Flüssigkeit den Kolben im Gehäuse an und dehnt die Schraube, wobei sich die hydraulische Spannvorrichtung auf dem die Schraube umgebenden Teil abstützt. Die Hochdruckpumpe wird durch Druckluft angetrieben. Dabei wird die Luft über Steuerelemente auf einen Kolben geleitet. Dieser Kolben kann beidseitig beaufschlagt werden und er besitzt beidseitig Kolben kleineren Durchmessers, die Hydrauliköl aus dem sie umgebenden Vorrat ansaugen bzw. auf der Gegenseite zum Verteiler fördern. Sobald der Kolben eine Endlage erreicht, wird der Luftstrom von einem Steuerschieber auf die andere Seite des Kolbens gelenkt und die Förder- und

¹² Die Wartung des Pleuellagers erfolgte bei 30.400 Betriebsstunden der Hauptmaschine. Der Unfall ereignete sich nach 32.840 Betriebsstunden.

Ansaugbewegung wiederholt. Der luftseitig wirksame Druck ist normalerweise so reduziert, dass auf der Hydraulikseite ein Druck von 1500 bar erzeugt werden kann.“

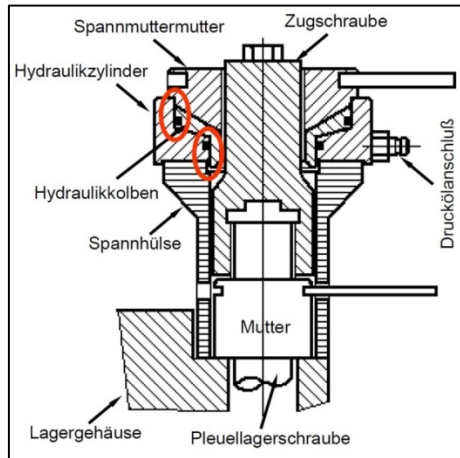


Abbildung 21: Hydraulische Spannvorrichtung (Schematische Zeichnung)

Für das Spannen der Pleuellagerschrauben gibt es eine Arbeitskarte, welche die einzelnen Arbeitsschritte auflistet (vgl. Abbildung 21).

030.02	MAN Diesel
Pleuelstange/Pleuellager	<p>Arbeitsfolge 3 - Spannen der Pleuellagerschrauben</p> <p>Ausgangslage Pleuellager ist vormontiert, so dass zwischen den losen Lagerschalen nur ein kleiner Spalt am Stoß verbleibt.</p> <hr style="border: 1px solid yellow;"/> <div style="background-color: #2e3192; color: white; padding: 5px; display: inline-block; font-weight: bold;">HINWEIS</div> Das Spannen wird in mehreren Schritten vorgenommen. Auf richtige Anzugsreihenfolge ist zu achten! <hr style="border: 1px solid yellow;"/> <p>Arbeitsschritte</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Schraubenlänge (L) aller Schrauben mit Schieblehre (009.039 oder 009.069) ermitteln und notieren. Dieses Maß wird als Basis für die Schraubenlängung Δl nach dem Anziehen benötigt (Kontrolle). 2. Zwei Zugschrauben (030.166), Hülsen (030.165) und hydraulische Spannvorrichtungen (009.301) mit Spannmutterm (020.018) diagonal auf Pleuellagerschrauben montieren, dabei auf Zentrierungen achten (siehe Bild 1). 3. Spannvorrichtungen an Hochdruckpumpe anschließen und mit Vor- druck 500 bar aufpumpen. Muttern (9) handfest anziehen. 4. Druck entlasten, Spannvorrichtungen abbauen und auf restliche zwei Schrauben montieren. 5. Spannvorrichtungen auf Enddruck aufpumpen (siehe Arbeitskarte 000.30). Muttern (9) handfest anziehen. 6. Druck entlasten, Spannvorrichtungen nochmals abbauen und auf die zuerst vorgespannten zwei Schrauben montieren. 7. Spannvorrichtungen auf Enddruck aufpumpen. Muttern (9) handfest anziehen. 8. Druck entlasten, Spannvorrichtungen abbauen. 9. Schraubenlänge (L) nochmals messen, Schraubenlängung Δl errechnen und mit vorgeschriebenem Wert (siehe Arbeitskarte 000.30) vergleichen. <hr style="border: 1px solid yellow;"/> <div style="background-color: #2e3192; color: white; padding: 5px; display: inline-block; font-weight: bold;">HINWEIS</div> Die Schrauben sind mit dem angegebenen Spanndruck, nicht nach Längung anzuziehen. Längungsangabe dient nur zur Kontrolle. Bei größeren Abweichungen Spannvorgang wiederholen bzw. Manometer überprüfen. Infolge Überdehnung der Schrauben kann eine bleibende Längung auftreten. Als max. Maß für die Verlängerung ist 1 mm über das Neumaß zulässig. Wird dieser Wert überschritten, ist die Schraube auszutauschen. <hr style="border: 1px solid yellow;"/>
ordnet nach Baugruppen	

Abbildung 22: Arbeitskarte für das Spannen der Pleuellagerschrauben

Nach dem Spannen der Schraubenverbindung, welches im Handbuch Schritt für Schritt erklärt wird, soll die Schraubenlängung mittels Messuhr überprüft werden. Das Handbuch führt hierzu aus:

„Bei Schraubenverbindungen von besonderer Bedeutung ist eine Messung der Schraubenlängung gegenüber einem Referenzwert erforderlich. Damit soll sichergestellt werden, dass die notwendige Vorspannung in Form von Dehnung der Schraube und Zusammenpressung der zu spannenden Teile tatsächlich vorhanden ist. Das ist nicht gewährleistet, wenn die Spannvorrichtung blockiert ist oder wenn der Spanndruck auch nur teilweise durch Reibung verloren geht.“

Die zulässigen Referenzwerte für die Schraubenlängung sind in der gleichen Tabelle aufgeführt, wie der einzuhaltende Anzugswert (vgl. S. 35, Tabelle 5).

Obwohl den BSU-Untersuchern gegenüber keine Angaben hinsichtlich des genauen Ablaufs der Pleuellagerinspektion auf der THETIS D gemacht wurden, lassen die untersuchten Schraubverbindungen doch Rückschlüsse auf Art und Qualität der Inspektion durch den damaligen Leiter der Maschinenanlage zu. Bei der Untersuchung der oberen Pleuelschraubenmuttern fiel auf, dass in der Bohrung einer der Muttern noch ein abgebrochener Drehstift steckte (vgl. Abbildung 23).

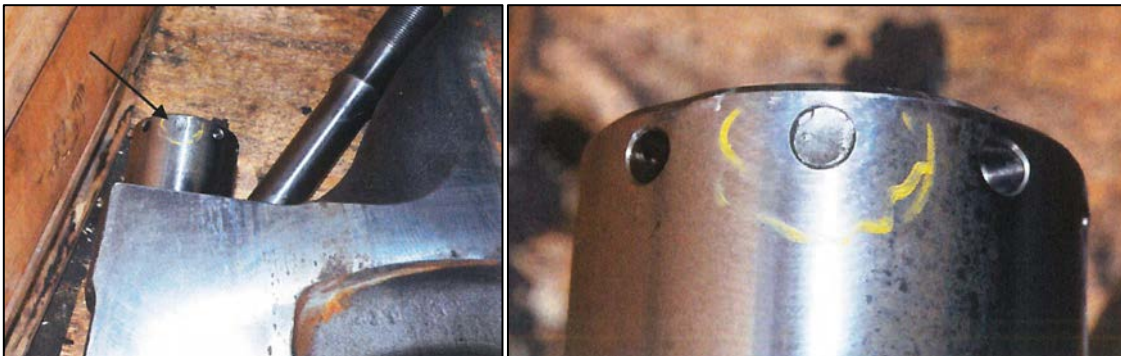


Abbildung 23: Abgebrochener Drehstift in einer der oberen Pleuelschraubenmuttern

Drehstifte werden eingesetzt, um die Spannmuttern handfest anzuziehen. Der Drehstift hatte einen Durchmesser von 12 mm und konnte dadurch nicht durch bloßes händisches Nachziehen abbrechen. Das vorgefundene Bruchstück ist somit ein Indiz für größere Kraftanwendung, etwa durch seitliche Schläge mit einem Hammer.

Es sind verschiedene Szenarien denkbar, weshalb es zu Abweichungen vom vorgegebenen Spanndruck gekommen sein kann. Ohne nachvollziehbare Aussage der beteiligten Ingenieure ließ sich in der Unfalluntersuchung aber nicht abschließend klären, ob und ggf. warum es zu Problemen beim Festziehen der Schraubenverbindung kam. Mangels Dokumentation der Arbeitsschritte bleibt es daher bei der Feststellung, dass die Arbeiten nicht den technischen Anforderungen entsprochen haben können, da es zum Kolbenfresser kam.

Die routinemäßige Wartung der Maschinenanlage ist als Teil der sicheren Maschinenwache mit dem Wissen des technischen Wachoffiziers und des Leiters der

Maschinenanlage auszuführen (Teil A Kapitel VIII Abschnitt A-VIII/2 Teil 3-2 Nr. 79 STCW¹³-Code). Der STCW-Code legt die allgemeinen Kriterien für die Bewertung der Befähigung technischer Wachoffiziere zur Instandhaltung schiffstechnischer Systeme wie folgt fest:

„Funktionsbereich: Wartung und Instandsetzung auf Betriebsebene
(...)“

Das Ausserbetriebnehmen, das Auseinandernehmen und Zusammenbauen von Anlagen und Gerät erfolgt im Einklang mit den allgemein anerkannten Maßnahmen und Verfahren. Die getroffenen Maßnahmen führen zum Wiederinbetriebnehmen der Anlagen durch die Methode, die angesichts der herrschenden Umstände und Bedingungen am besten und geeignetsten und angemessensten ist.“¹⁴

Mangels gegensätzlicher Hinweise gehen die BSU-Untersucher davon aus, dass das einzusetzende Equipment (Spannvorrichtung, hydraulische Hochdruckpumpe, Schlauchverbindungen) funktionierte. Für die auf der THETIS D durchzuführenden Arbeitsschritte gab es herstellerseitig sowohl Übersichtstabellen mit einzuhaltenden Werten als auch detaillierte Arbeitskarten. Die Inspektion wurde auch von Maschinenpersonal mit der erforderlichen Befähigung durchgeführt. Unter diesen Umständen hätten die Herstellervorgaben zum Spanndruck eingehalten werden müssen, um die Sicherheit der Schraubverbindung und damit auch der Maschinenanlage aufrecht zu erhalten. Es ließ sich im Nachhinein nicht ermitteln, um wieviel der Spanndruck zum Unfallzeitpunkt von den erforderlichen 1000 bar abwich, da die Schraubverbindung für die Untersuchung aufgeflext werden musste. Die Abweichung muss jedoch außerhalb der vom Hersteller vorgegebenen Toleranzwerte gelegen haben, sonst wäre das eingetretene Schadensbild nicht möglich gewesen.

Die Reederei teilte mit, das Lager sei zu Inspektionszwecken geöffnet worden. Ein konkreter Anlass für die Inspektion wurde nicht genannt. Die THETIS D hatte im März 2014 ihren zweiten Klassenlauf begonnen. Die damalige Klassifikationsgesellschaft, DNV GL, teilte mit, die für den Klassenlauf erforderlichen Lagerinspektionen seien zur Vorbereitung der damals anstehenden Klassenerneuerung bereits im Oktober 2013 kreditiert worden. Die nächste Inspektion der Lager hätte demnach erst wieder bis März 2019 erfolgen müssen. Die jährliche Maschinenbesichtigung (Annual Survey – Machinery) war fristgerecht im April 2015 kreditiert worden.

Die BSU-Untersucher gehen davon aus, dass die Inspektion des Pleuellagers im Hinblick auf die Empfehlungen des Herstellers der Maschinenanlage erfolgte. Im Wartungskapitel für wesentliche Maschinenkomponenten des Betriebshandbuchs wird empfohlen, nach 30.000 bis 36.000 Betriebsstunden eine eingehende Untersuchung durchzuführen. Das auf der THETIS D inspizierte Pleuellager befand sich im März 2015 mit 30.400 Betriebsstunden innerhalb dieses empfohlenen Inspektionsfensters. Es ist nicht unüblich, dass derartige Wartungsinspektionen

¹³ Code für die Ausbildung, die Erteilung von Befähigungszeugnissen und den Wachdienst von Seeleuten

¹⁴ Teil A Kapitel III Abschnitt A-III/1 Tabelle A-III/1 STCW-Code

durch das qualifizierte Maschinenpersonal und nicht durch Serviceunternehmen oder die Klassifikationsgesellschaft erfolgen.

Auf der Internetseite der Reederei führt diese aus, sie nutze die Vorzüge der softwaregestützten vorbeugenden Wartung bzw. Instandhaltung.¹⁵ Ein Wartungs- und Instandhaltungsplan optimiert grundsätzlich die Planung, die Dokumentation und die Umsetzung von Wartungsarbeiten und Inspektionen an Bord. Unter idealen Bedingungen kann dadurch die maximale Verfügbarkeit der Anlagen gewährleistet werden, da es gar nicht erst zu Ausfällen kommt. Die Reederei der THETIS D betrieb ihr geplantes Wartungs- und Instandhaltungssystem in Eigenregie und nicht unterstützt durch die Klassifikationsgesellschaft. Dies ist üblich und auch aus Sicht der Unfalluntersuchung unproblematisch, soweit sich die beteiligten Fachkräfte u.a. an herstellerseitige Vorgaben halten. Im Fall der THETIS D erwies sich die am Pleuellager durchgeführte Inspektion insoweit als kontraproduktiv, als letztlich durch das nicht fachgerechte Verschließen der Lagerhälften der Kolbenfresser und damit auch der spätere Unfall bedingt wurde. Der gute Ansatz, sich rechtzeitig um den Erhalt der Funktionsfähigkeit der wesentlichen Elemente der Hauptmaschine zu bemühen, wurde durch das Abweichen von den klaren Herstellervorgaben hinsichtlich des Spannsens der Pleuellagerschrauben zunichte gemacht.

4.4 Befähigung der Maschinenbesatzung

Der deutsche Leiter der Maschinenanlage, der die Pleuellagerschalen aus- und wieder eingebaut hatte, ist seit 2007 bei der Reederei beschäftigt. Seit 2009 wurde er auf der THETIS D als 2. Technischer Offizier und von 2010 bis 2015 als Leiter der Maschinenanlage eingesetzt. Er verfügte somit über ausreichende Erfahrung, um die Pleuellagerinspektion vornehmen zu können.

Es konnte im Rahmen der Unfalluntersuchung nicht geklärt werden, warum und mit welchen Arbeitsschritten die Pleuellagerinspektion durch die Besatzung selbst durchgeführt worden war. Eine schriftliche Anfrage an die Reederei hinsichtlich etwaiger Vorgaben für Arbeiten an den Lagern bzw. Dokumentationen der Arbeiten blieb unbeantwortet.

Der Leiter der Maschinenanlage vom Unfalltag war auf der THETIS D seit 2013 als 2. Technischer Offizier und seit Mitte Mai 2015 als Leiter der Maschinenanlage beschäftigt. Er war somit befähigt, Störungen der Hauptmaschine durch Monitoring des Alarm- und Sicherheitssystems und der aufgezeichneten Leistungswerte zu erkennen und die erforderlichen Schritte zu ihrer Behebung einzuleiten.

In den verbindlichen internationalen Regeln des STCW-Codes über Mindestanforderungen an Leiter der Maschinenanlage und 2. Technische Offiziere wird ausgeführt, dass der 2. Technische Offizier jederzeit in der Lage sein muss, die Verantwortung des Leiters der Maschinenanlage zu übernehmen. Er müsse daher fähig sein, „sämtliche verfügbaren Informationen, die für den sicheren Betrieb der Maschinenanlage des Schiffes (...) von Belang sind, schöpferisch anzuwenden.“¹⁶

¹⁵ <http://www.reederei-drevin.de/Schiffsmanagement>, abgerufen am 11.01.2018.

¹⁶ Siehe Abschnitt A-III/2.3 des STCW-Codes.

Die Mindestbefähigung beinhaltet den verbindlichen Spezifikationen des STCW-Codes zufolge u.a.:

- die Fähigkeit zur Überwachung der Antriebsmaschinenanlage sowie zur Aufrechterhaltung von deren Sicherheit¹⁷,
- Kenntnisse über Sicherheitseinrichtungen für die Hauptmaschine, verbunden mit dem Betrieb der Anlage nach Maßgabe der Betriebshandbücher¹⁸,
- die Fähigkeit zur Fehlersuche und Fehlerbeseitigung bei Überwachungssystemen¹⁹,
- die Fähigkeit zum Erkennen von Funktionsstörungen von Anlagen sowie zur Lokalisierung von Fehlerquellen sowie Kenntnis der Maßnahmen, die erforderlich sind, um Schäden zu vermeiden²⁰.

Die BSU-Untersucher konnten im Nachhinein nicht klären, inwieweit die Leiter der Maschinenanlage im März 2015 und zum Unfallzeitpunkt mit den Herstellerempfehlungen zur Wartung der Pleuellager und den dazugehörigen Arbeitskarten vertraut waren. Zu Trainings des Maschinenpersonals (Umfang, Turnus) liegen der BSU seitens der Reederei keine Angaben vor. Eine Einlassung der Reederei, wie es zu dem Unfall kommen konnte, erfolgte gegenüber der BSU ebenfalls nicht.

Der Maschinenbesatzung blieb zwischen Auftreten des Ausfalls des Splash-Oil-Sensors in Zylinder 7 und dem Schadenseintritt keine Zeit mehr, die Alarmmeldung nachzuvollziehen und gegebenenfalls die Hauptmaschine manuell zu stoppen, um weiteren Schaden abzuwenden. Der BSU-Gutachter schlussfolgerte aus dem Schadensbild, dass es zwangsläufig nach Eintreten erster Schäden am Pleuellager zu einer erhöhten Kraftstoffzufuhr gekommen sein müsste. Grund dafür sei der Temperaturanstieg des Spritzölmassenstroms vom Kolben infolge der Reibung. Ob dies gegebenenfalls nachverfolgt und mit der Pleuellagerinspektion in Verbindung gebracht wurde, ließ sich nicht in Erfahrung bringen. Die BSU-Untersucher gehen jedoch davon aus, dass ein solcher Kraftstoffanstieg marginal gewesen und somit schwer zu erkennen gewesen wäre.

4.5 Sicherheitsmanagement

Die Reederei der THETIS D ist nach dem International Safety Management (ISM) Code²¹ u.a. verpflichtet, sichere Verfahrensweisen für den Schiffsbetrieb und zur Gewährleistung der Sicherheit am Arbeitsplatz einzuführen. Der ISM Code zielt auch darauf ab, die Fähigkeiten der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen an Land und an Bord

¹⁷ Siehe STCW-Code, Tabelle A-III/2, Funktion: Schiffstechnischer Dienst auf der Führungsebene, Praktische Erkenntnisse.

¹⁸ Siehe STCW-Code, Tabelle A-III/2, Funktion: Schiffstechnik (Elektrotechnik, Elektronik und Steuerungsvorrichtungen) auf der Führungsebene, Theoretische Kenntnisse.

¹⁹ Siehe STCW-Code, Tabelle A-III/2, Funktion: Schiffstechnik (Elektrotechnik, Elektronik und Steuerungsvorrichtungen) auf der Führungsebene, Praktische Kenntnisse.

²⁰ Siehe STCW-Code, Tabelle A-III/2, Funktion: Schiffstechnik (Elektrotechnik, Elektronik und Steuerungsvorrichtungen) auf der Führungsebene, Praktische Kenntnisse.

²¹ Der ISM Code ist Teil des internationalen Übereinkommens zum Schutz menschlichen Lebens auf See (SOLAS-Übereinkommen, Kapitel IX) und zudem europaweit verbindlich durch die Verordnung (EG) Nr. 336/2006.

zur Umsetzung von Sicherheitsmaßnahmen kontinuierlich zu verbessern. Den Umfang des Systems zur Organisation von Sicherheitsmaßnahmen (Safety Management System, SMS) bestimmt der Schiffsbetreiber selbst.

Die Reederei der THETIS D hat ein solches System. Dieses war zum Unfallzeitpunkt durch die damalige Klassifikationsgesellschaft DNV GL zertifiziert. Seit dem 18.08.2016 erfolgt die Klassifikation durch Bureau Veritas.

Die Beurteilung des gelebten Sicherheitsmanagements an Bord sowie reedereiseitiger Vorgaben dazu konnte im Rahmen der Unfalluntersuchung nur sehr eingeschränkt erfolgen, da die Reederei diesbezüglich nicht kooperierte. Angeforderte Unterlagen wurden nicht vorgelegt. Somit bleibt offen, ob es im März 2015 reedereiseitig Vorgaben für die Vorbereitung, die sichere Durchführung und die Dokumentation von Wartungsarbeiten an Hauptkomponenten der Hauptmaschine gab. Es liegt in der Rechtsnatur des ISM Codes, dem Schiffsbetreiber keine konkreten Vorgaben über die einzelnen Inhalte des Systems zur Organisation von Sicherheitsmaßnahmen zu machen. Der Code beschränkt sich insoweit auf allgemeine Vorgaben, die dann durch den Schiffsbetreiber erarbeitet werden.²² Für den Unfall der THETIS D sind mehrere Vorgaben aus dem ISM Code relevant, beginnend mit:

Teil A - Umsetzung

(...)

10. Instandhaltung von Schiff und Ausrüstung

10.1 Das Unternehmen soll Verfahren erarbeiten, durch die sichergestellt wird, dass das Schiff nach Maßgabe der einschlägigen Regeln und Vorschriften sowie möglicherweise zusätzlich vom Unternehmen aufgestellter Anforderungen instand gehalten wird.

(...)

Die allgemein gehaltenen Vorgaben aus dem ISM Code werden durch Empfehlungen der Internationalen Vereinigung der Klassifikationsgesellschaften (IACS)²³ ergänzt. Sowohl DNV GL als auch Bureau Veritas haben sich zur Einhaltung der IACS-Standards verpflichtet. Hinsichtlich der o.g. Vorgabe des ISM Codes führt die IACS in ihren Empfehlungen für ISM Audits aus²⁴:

zu 10.1 des ISM Codes

Die Wartung von Schiff, Anlagen und Ausrüstung soll in Übereinstimmung mit den vom Unternehmen eingeführten Verfahren erfolgen. Diese Verfahren sollen internationale Übereinkommen, flaggen- und hafenstaatliche Regelungen, Klassifikationsregeln, Herstellervorgaben sowie Rückinformationen von Ausfällen, Schäden, Mängeln und Fehlfunktionen berücksichtigen.

²² Da die THETIS D unter Liberiaflagge fährt, war und ist die Dienststelle Schiffssicherheit der deutschen Berufsgenossenschaft Verkehr nicht für die Überwachung der Einhaltung der Vorgaben des ISM Codes zuständig.

²³ International Association of Classification Societies: Recommendation No. 41 – Guidance for IACS Auditors to the ISM Code, Rev. 4

²⁴ Übersetzung aus dem Englischen Originaltext durch die BSU.

Im Zusammenhang mit der Wartung von Anlagen und Ausrüstung gibt es eine Vielzahl annehmbarer Systeme. Die Auswahl hängt vom Schiffsdesign und der Unternehmensphilosophie ab. Der Auditor sollte Unterlagen über Wartungsarbeiten sowie Aufzeichnungen vorfinden, aus denen sich die Einhaltung der Vorgaben des Wartungs- und Instandhaltungsprogramms ersehen lässt.

Objektive Nachweise sind erforderlich, um die Konformität mit aufgestellten Wartungs- und Instandhaltungsvorgaben bestätigen zu können.

Als Beispiele für objektive Nachweise, die sowohl in den Büroräumen als auch an Bord des Schiffes vorzuhalten wären, kommen in Frage:

- *dokumentierte Verfahren und Anweisungen für die Arbeitsabläufe an Bord;*
- *Bestätigung über deren Umsetzung im täglichen Schiffsbetrieb durch das entsprechende Personal.*

Die BSU-Untersucher gehen davon aus, dass es für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an wichtigen Bauteilen der Hauptmaschine der THETIS D keine schriftlich niedergelegten Verfahrensanweisungen der Reederei gab und gibt, in denen auf die Einhaltung der Herstellervorgaben hingewiesen wird. Gerade der vorliegende Unfall zeigt aber in aller Deutlichkeit, dass ein Unterschreiten bzw. Nichtbeachten vorgegebener Anzugswerte für Schraubenverbindungen schwerwiegende Folgen für die Schiffssicherheit haben kann und somit eine ernstzunehmende Gefahr für die Besatzungsmitglieder darstellt. Das Sicherheitshandbuch für den Bordbetrieb sollte aus Sicht der Untersucher in diesem Fall Vorgaben machen, wie Arbeiten an wichtigen Bauteilen der Hauptmaschine vorzubereiten, durchzuführen und zu dokumentieren sind. Zudem sollte ein Wartungshandbuch für die vorbeugende, laufzeitabhängige Wartung entsprechende Arbeitskarten und Sicherheitshinweise enthalten. Ziel sollte sein, das Sicherheitsbewusstsein der Besatzungsmitglieder zu schärfen und durch eine gute Vorbereitung wichtiger Arbeitsschritte das Entstehen von Sicherheits- und Gesundheitsrisiken zu minimieren. Es ist den BSU-Untersuchern bewusst, dass der reguläre Schiffsbetrieb gerade in der heutigen Zeit durch eine Vielzahl von Aufgaben und knappe Ressourcen oftmals wenig Raum für zusätzliche Gespräche rund um das Thema Sicherheit lässt. Gerade die Flut an Informationen (Herstellerhandbücher, Sicherheitshandbücher, Wartungshandbücher etc.) kann, auch im Zusammenwirken mit Routine, dazu führen, dass Vorgaben außer Acht gelassen und anfallende Arbeiten so ausgeführt werden, „wie man es immer schon gemacht hat“. Die heutigen leistungsstarken Hauptmaschinen reagieren allerdings im Vergleich zu früheren Modellen empfindlicher auf das Abweichen von Toleranzwerten, so dass die Hersteller-Checklisten und -Arbeitskarten keinesfalls lediglich an Bord mitgeführt, sondern auch beachtet werden sollten.

Es ist Aufgabe des Schiffsbetreibers, die Besatzung durch regelmäßige Trainings und übersichtliche, auf den Schiffsbetrieb zugeschnittene Handlungsvorgaben für das Thema Sicherheit zu sensibilisieren und die Einhaltung der Vorgaben zu kontrollieren. Die Qualität der Wartungs- und Instandhaltungsanweisungen wirkt sich insoweit auf die Qualität der durchzuführenden Arbeiten aus. Entsprechend der

IACS-Empfehlungen sollten die Herstellervorgaben und –empfehlungen stets Ausgangspunkt für das Erstellen der Vorgaben des Schiffsbetreibers sein.

Während der Unfalluntersuchung kamen bei den Untersuchern in gemeinsamen Gesprächen mit dem Reeder und dem Maschinenpersonal Zweifel auf, ob der Schiffssicherheit auf der THETIS D und ggf. weiteren Schiffen derselben Flotte gerade in Bezug auf Sicherheitssysteme der Maschinenanlage der nötige Stellenwert für einen sicheren Schiffsbetrieb eingeräumt wird. So fiel etwa auf, dass die Schiffsführung der THETIS D in der Revierfahrt regelmäßig den Override-Modus aktiviert. Beim Override handelt es sich um einen Notfall-Modus, der per Drucktaste sowohl von der Brücke als auch vom Maschinenkontrollraum aus aktiviert werden kann. Bei aktivem Override wird die Hauptmaschine nicht automatisch gestoppt, wenn zuvor im System festgelegte Grenzwerte über- oder unterschritten werden. Die zahlreichen Sicherheitssysteme der Hauptmaschine werden quasi ausgehebelt, d.h. die Hauptmaschine läuft ungehindert weiter. Der Sinn des Overrides besteht darin, das Schiff auch in Ausnahmesituationen manövrierfähig zu halten, wenn anderenfalls noch größere Gefahren drohen.

Die Drucktaste zum Aktivieren des Override-Modus ist sowohl auf der Brücke als auch im Maschinenkontrollraum neben der Notabschaltung der Hauptmaschine angeordnet und durch eine Sicherheitsklappe abgedeckt, um unabsichtliches Betätigen zu verhindern (vgl. Abbildungen 24 und 25).

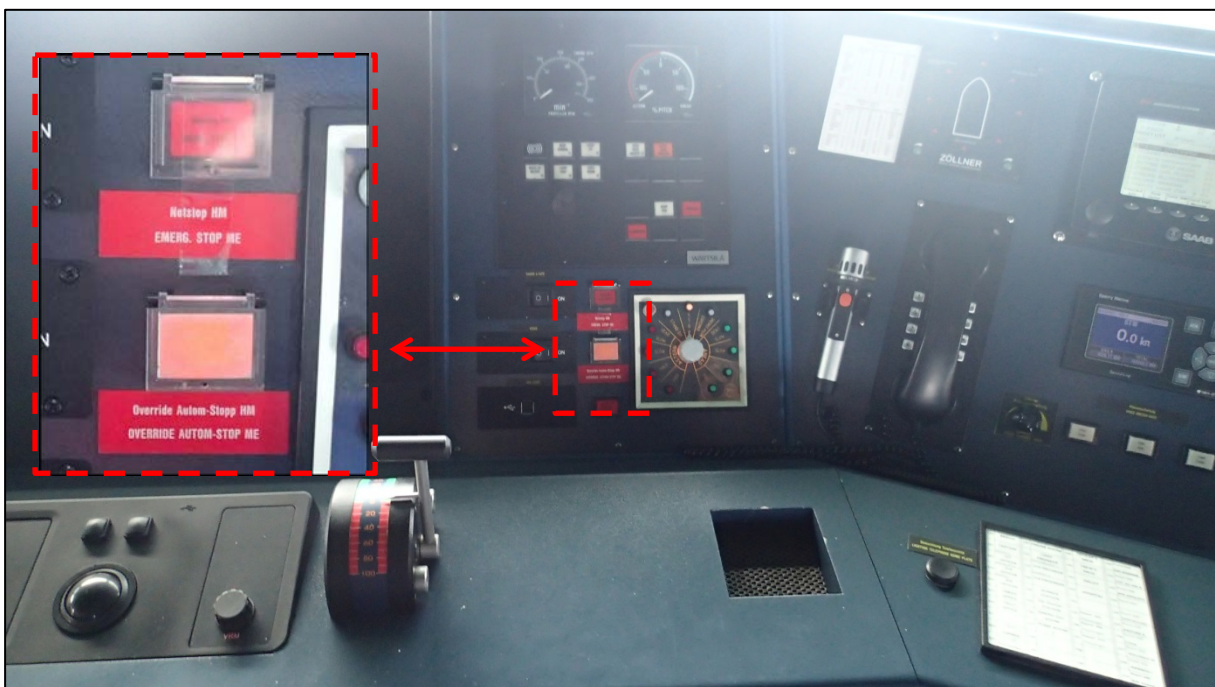


Abbildung 24: Override-Drucktaste am Fahrstand auf der Brücke

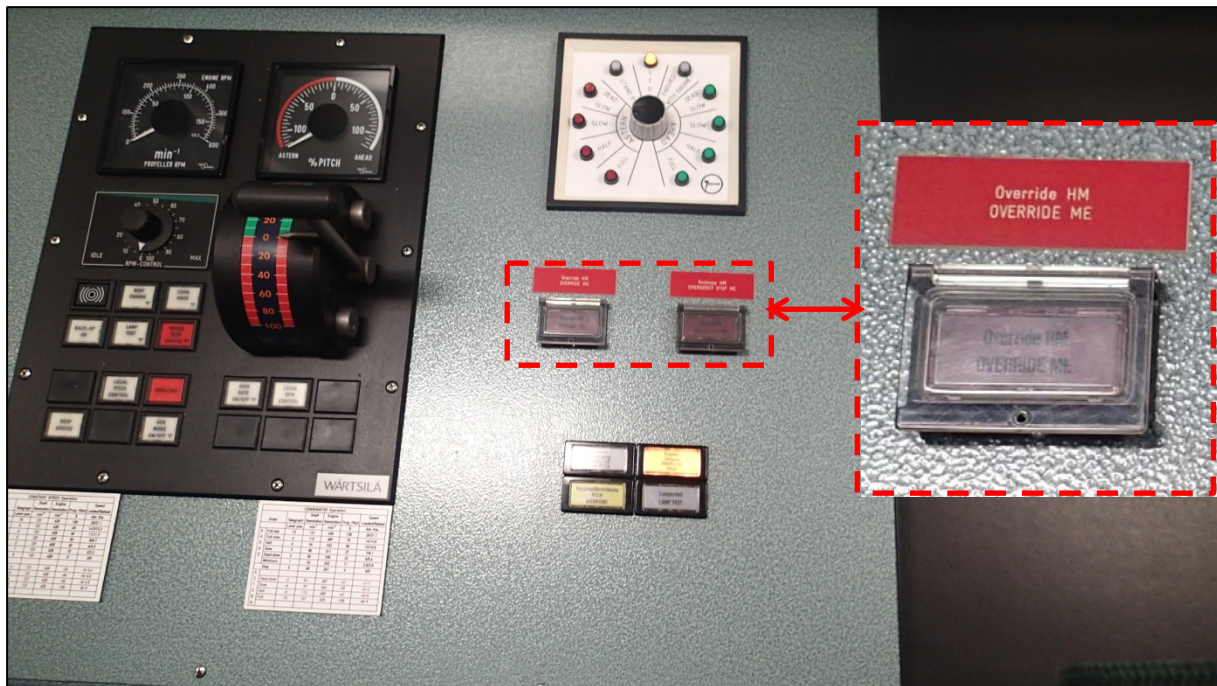


Abbildung 25: Override-Drucktaste im Bedienfeld im Maschinenkontrollraum

Es ist bekannt, dass auch andere Frachtschiffe mit Viertaktmotoren in der Küstenfahrt regelmäßig im Override-Modus gefahren werden, da befürchtet wird, Fehlalarme könnten durch ein automatisiertes Stoppen der Hauptmaschine die Manövrierfähigkeit beeinträchtigen. Das regelmäßige Deaktivieren der automatischen Notabschaltung der Hauptmaschine in der Revierfahrt durch Betätigen des Override birgt jedoch eigene Risiken. Die Motorsicherheitsysteme, wie etwa die Triebraumüberwachung durch Ölnebeldetektoren oder das Splash-Oil-Monitoring-System, können nicht greifen, wenn Gefahr droht. Auf die Zweckentfremdung des Notfallsystems angesprochen, gab der Reeder gegenüber den Unfalluntersuchern an, seinerzeit als Kapitän eine Böschungsberührung gehabt zu haben, weil die Hauptmaschine des Schiffs automatisch gestoppt worden war. Er billigte die Praxis der auf der THETIS D eingesetzten Kapitäne, mit Override zu fahren, ausdrücklich. Auch am Tag vor dem Unfall war die THETIS D nach dem Ablegen in Gdynia zunächst mit aktivem Override gefahren. Dieser war aber während der Seepassage wieder deaktiviert worden. Die Entscheidung, den Override-Modus zu aktivieren, liegt stets allein bei der Schiffsführung. Die BSU-Untersucher halten es ungeachtet dessen für erforderlich, auf die o.g. Risiken hinzuweisen.

Die Reederei der THETIS D beantwortete sicherheitsrelevante Fragestellungen der BSU äußerst kurz bzw. gar nicht. Die BSU-Untersucher halten es für sinnvoll, dass sich die Klassifikationsgesellschaft anlassbezogen mit dem Sicherheitsmanagement der THETIS D sowohl an Bord als auch an Land auseinandersetzt. ISM Audits erfolgen generell schiffsspezifisch. Die jährlichen Überprüfungen bieten daher eine gute Gelegenheit, zusätzlich zu dem allgemeinen Auditablauf bestimmte Bereiche des Sicherheitsmanagements auch eingehender zu überprüfen. Es sollte gewährleistet sein, dass sich die Reederei nachvollziehbar und zeitgemäß mit dem

sicheren Schiffsbetrieb auseinandersetzt. Für Standardwartungsabläufe an Hauptkomponenten der Hauptmaschine sollten konkrete Handlungshilfen verfügbar sein. Durch ein vorbeugendes Wartungs- und Instandhaltungssystem, welches die Reederei auch laut Internetauftritt vorhält, sollte das Risiko eines ungeplanten Ausfalls der Hauptmaschine minimiert werden können. Dadurch würde dann auch die Entscheidung, regelmäßig im Override-Modus zu fahren, hinfällig.

4.6 Kommunikation

Als die Schiffsführung um 08:30 Uhr durch die Feueralarme sowie den zeitgleichen Ausfall der Antriebsanlage auf den Unfall aufmerksam wurde, lag die oberste Priorität unstreitig auf der Brandbekämpfung. Nach 20 Minuten war der Brand erloschen. Die Schiffsführung trat nunmehr über UKW-Funk in Kontakt mit der Verkehrszentrale und meldete einen „Maschinenschaden“. Ob das tatsächliche Ausmaß des Schadens zu diesem Zeitpunkt bekannt war, spielt eine untergeordnete Rolle, da zumindest auch im weiteren Tagesverlauf die Schiffsführung der THETIS D keine zusätzlichen Informationen an die Verkehrszentrale gab, unabhängig von der Ankündigung des Schleppvorgangs um 11 Uhr. Die Verkehrszentrale Travemünde gab die Unfallmeldung als „Ausfall der Maschinenanlage“ u.a. an die Wasserschutzpolizei und die BSU weiter. Es kommt häufiger zu Ausfällen der Maschinenanlage, weshalb die Meldung zunächst keine weitere Aufmerksamkeit nach sich zog, da Maschinenausfälle ohne weitere hinzutretende Schäden weder für die BSU noch für die WSP von besonderem Untersuchungsinteresse sind. Es entspricht auch dem üblichen Sprachgebrauch, dass die Verkehrszentrale die Meldung „Maschinenschaden“ als „Ausfall der Maschinenanlage“ interpretierte. Die Verkehrszentrale hatte keine Anhaltspunkte dafür, von einem schwereren Unfallverlauf auszugehen.

Infolge dieser irreführenden, weil stark verkürzten Information wurde das tatsächliche Ausmaß des Schadens und somit auch das Vorliegen eines schweren Seeunfalls erst in den Abendstunden bekannt. Die Schiffsführung kam weder ihrer Verpflichtung zur Unfallmeldung nach § 7 der Verordnung über die Sicherung der Seefahrt noch ihrer Verpflichtung zur Sicherung der VDR-Daten nach § 7a der Verordnung über die Sicherung der Seefahrt nach. Die Datenspeicherung wurde erst spät abends ausgelöst, als die Daten des unfallrelevanten Zeitraums bereits vom System überschrieben worden waren. Dadurch wurde die Seeunfalluntersuchung erheblich erschwert.

4.7 Hafenstaatkontrollen der THETIS D

Die THETIS D wurde in den vergangenen fünf Jahren sechsmal im Rahmen von Hafenstaatkontrollen inspiziert. Zwei der sechs Hafenstaatkontrollen erfolgten im Anschluss an Unfälle der THETIS D (vgl. Ziffer 4.8).

Mit Ausnahme einer Besichtigung vom 12. März 2015 in Helsinki, bei der die Rettungseinrichtungen als nicht verfügbar beanstandet worden waren, fiel die THETIS D den einschlägigen Behörden nicht weiter auf.

4.8 Weitere Unfälle der THETIS D

In den letzten fünf Jahren ereigneten sich vier weitere Unfälle mit Beteiligung der THETIS D in deutschen Gewässern:

Am 16. Mai 2013 verursachte die THETIS D durch Sog und Wellenschlag infolge zu hoher Geschwindigkeit im Hafen von Brunsbüttel Schäden an einem anderen Schiff sowie an einer Verladebrücke. Personen wurden durch den Unfall nicht verletzt.

Am 29. Januar 2016 wurde die THETIS D selbst durch Sog und Wellenschlag eines anderen Schiffes geringfügig beschädigt, als sie im Hamburger Hafen an der Pier lag.

Am 27. Dezember 2016 gingen der THETIS D in der deutschen Bucht sechs Container über Bord. Eine anschließende Hafenstaatkontrolle in Rotterdam führte keine Mängel auf.

Am 22. April 2017 hatte die vordere Steuerbordseite der THETIS D einen Kontakt mit der Kaikante einer Pier im Hamburger Hafen. Zum Unfallzeitpunkt war achtern ein Schlepper im Einsatz gewesen, der das Schiff aber witterungsbedingt nicht von der Kaikante hatte freihalten können. Es entstand ein Sachschaden durch Einbeulungen über eine Länge von ca. 5 m.

Wegen der geringen Auswirkungen der Unfälle wurden diese vier nicht durch die BSU untersucht. Ob die THETIS D außerhalb deutscher Gewässer weitere Unfälle hatte, entzieht sich der Kenntnis der BSU. Der mehrfache Versuch der BSU-Untersucher, Kontakt mit dem vom Flaggenstaat Liberia für die Unfalluntersuchung beauftragten Flaggenstaatvertreter aufzunehmen, blieb erfolglos.

5 DURCHGEFÜHRTE MAßNAHMEN

Nach dem ISM Code sind Schiffsbetreiber verpflichtet, ein System vorzuhalten, durch das u.a. aus Unfällen Lehren für einen sicheren Schiffsbetrieb gezogen werden können:

Teil A - Umsetzung

(...)

9. Berichterstattung über Abweichungen von einschlägigen Vorschriften, Unfälle und gefährliche Vorkommnisse sowie Analyse dieser Ereignisse

9.1 Zum System zur Organisation von Sicherheitsmaßnahmen sollen Verfahren gehören, durch die sichergestellt wird, dass Unfälle, gefährliche Situationen und Fälle der Nichteinhaltung einschlägiger Vorschriften dem Unternehmen gemeldet, untersucht und analysiert werden mit dem Ziel, Verbesserungen bei der Schiffssicherheit und bei der Verhütung der Meeresverschmutzung zu erreichen.

9.2 Das Unternehmen soll Verfahren für die Beseitigung von Mängeln und Schwachstellen erarbeiten.

Die dazugehörige IACS-Empfehlung lautet²⁵:

zu 9.1 des ISM Codes:

Dem Auditor sollten während des Audits als Nachweis eines effektiv funktionierenden Sicherheitsmanagementsystems Aufzeichnungen über Abweichungen, Unfälle, gefährliche Situationen und entsprechende Untersuchungen vorgelegt werden, die von Besatzungsmitgliedern und/oder dem Unternehmen im Rahmen von Verfahren oder internen Audits erstellt wurden.

Abweichung meint die Beobachtung einer Situation, bei der objektive Beweise auf das Nicht-Einhalten einer konkreten Vorgabe hinweisen. Abweichungen können als Ergebnis interner oder externer Audits, Klassenbesichtigungen, Flaggen- oder Hafenstaatkontrollen festgestellt werden. Sie können sich sowohl auf das Nichterfüllen technischer als auch betrieblicher Vorgaben beziehen.

Unfälle sind Ereignisse, die zu unbeabsichtigten Verletzungen oder Schäden führen, wie z.B. Todesfälle oder Personenschäden, Verschmutzungen oder Sachschäden. Gefährliche Situationen beinhalten Beinaheunfälle und Vorkommnisse und sind oft solcher Art, dass sie unter geringfügig anderen Bedingungen zu einem Unfall geführt haben könnten.

Dem Auditor sollte bewusst sein, dass die Begrifflichkeit in den Berichten derartiger Ereignisse von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich sein kann.

Der Auditor würde zudem erwarten, die effektive Umsetzung eines dokumentierten Verfahrens bezüglich der Prüfung und Analyse der o.g.

²⁵ Übersetzung aus dem englischen Originaltext durch die BSU.

Ereignisse zu sehen. Analysen sollten auf die Feststellung zugrundeliegender Ursachen abzielen, und nicht nur auf Symptome. Das diesbezügliche Ziel sollte eine Verbesserung sein. Abhilfemaßnahmen sollten sowohl die „Reparatur“ beinhalten, die auf die unmittelbare Situation abzielt, als auch Maßnahmen, die ein erneutes Auftreten verhindern oder die Wahrscheinlichkeit dafür verringern.

zu 9.2 des ISM Codes:

Das Unternehmen sollte Verfahren für das Umsetzen von vorgeschlagenen Korrekturmaßnahmen haben, die bei internen Audits und während des Betriebs erarbeitet wurden und sich auf Abweichungen, Unfälle und gefährliche Situationen beziehen.

Auditoren sollten sich schwerpunktmäßig mit der Effektivität der/des Verfahren(s) zur Umsetzung von Korrekturmaßnahmen beschäftigen. Sollten diese Maßnahmen nicht zeitnah umgesetzt werden, wäre dies als Nichteinhaltung („non-conformity“) zu werten. Im Falle eines andauernden, erheblichen Unvermögens, diese Anforderungen in angemessener Zeit zu erfüllen, läge eine erhebliche Nichteinhaltung („major non-conformity“) vor.

Es wären beispielsweise folgende objektive Beweise in den Büroräumen und an Bord des Schiffes vorzufinden bzw. festzustellen:

- *Dem Personal ist bewusst, dass es Verfahren gibt, um Abweichungen, Unfälle und gefährliche Situationen zu berichten, zu untersuchen, zu analysieren und weiterzuverfolgen*
- *Aufzeichnungen über berichtete Abweichungen, Unfälle und gefährliche Situationen (abzugleichen mit Dokumenten u.a. der Klasse, mit Flaggen- und Hafenstaatberichten, medizinischen Berichten und Befragungen)*
- *Berichte über Unfalluntersuchungen und Analysen*
- *Nachweise für Abhilfemaßnahmen und solche Maßnahmen, die ein Wiederauftreten verhindern sollen*
- *Nachweise einer effektiven und zeitnahen Umsetzung von Korrekturmaßnahmen.*

Die BSU-Untersucher haben erhebliche Zweifel daran, ob die Reederei der THETIS D den o.g. Anforderungen an die reedereiinterne Nachbereitung des Unfalls in angemessenem Umfang nachgekommen ist. Entgegen der Reedereizusage wurde kein interner Unfallbericht vorgelegt. Hinsichtlich angeforderter Informationen zu bereits durchgeführten Maßnahmen teilte die Reederei mit, sie habe im Nachgang zum Unfall ihr

„Planned Maintenance Programm hinsichtlich des Schadens abgestimmt und explizit auf die beschädigten Komponenten verwiesen und entsprechend noch mehr Kontrollen vorgeschrieben.“

Diese Mitteilung lässt vollkommen außer Acht, dass der Unfall erst durch die Kontrolle hervorgerufen wurde. Es kann daher gerade nicht davon ausgegangen werden, ähnliche Unfälle ließen sich künftig durch noch mehr Kontrollen verhindern.

Vielmehr wäre zu erwarten gewesen, dass nach interner Analyse des Unfallgeschehens ein Rundschreiben an das Führungspersonal des jeweiligen Schiffes bzw. an die Flotte aufgesetzt wird, welches auf die Gefahren bei nicht fachgerecht durchgeführten Inspektionen von Hauptkomponenten der Hauptmaschine hinweist. Weitere Trainings wären hier ebenso angezeigt wie die Sensibilisierung der Besatzung dafür, dass selbst vermeintlich geringfügige Abweichungen vom empfohlenen Vorspanndruck bei Schraubenverbindungen das Entstehen eines Kolbenfressers begünstigen können. Die Unfalluntersucher halten es daher für erforderlich, die reedereiseitigen Korrekturmaßnahmen im Wege des jährlichen ISM-Audits durch die Klassifikationsgesellschaft anlassbezogen prüfen zu lassen.

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN

6.1 Montagefehler

Der auf der THETIS D eingetretene schwere Maschinenschaden mit anschließendem Brand ist maßgeblich auf einen Montagefehler bei einer routinemäßigen Pleuellagerinspektion sieben Monate vor dem Unfall zurückzuführen. Die Pleuellagerschrauben wurden weder mit der vom Hersteller empfohlenen Methode noch mit dem erforderlichen Druck angezogen. Dies führte zu einem erhöhten Pleuellagerspiel, was letztlich einen Kolbenfresser und die nachfolgende Zerstörung des Triebwerks von Zylinder 7 verursachte. Es ist allein glücklichen Umständen zu verdanken, dass sich gerade niemand in der Nähe der Hauptmaschine aufhielt, als das Triebwerk barst.

Als am Unfalltag die ersten Alarme aufliefen, die auf ein Problem des Triebwerks hinwiesen, war es für die Maschinenraumbesatzung zu spät, um Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Es ließ sich nicht vollständig klären, inwieweit das Entstehen des Kolbenfressers in den Monaten nach der unsachgemäßen Inspektion vom wachbefähigten Maschinenpersonal hätte bemerkt werden können und müssen. Der Gutachter der BSU ist überzeugt, dass es Anhaltspunkte dafür gegeben haben muss. Die verantwortlichen Ingenieure an Bord der THETIS D hingegen verneinten Auffälligkeiten, die auf ein Triebwerkproblem hingedeutet hätten. Konsequenterweise müsste in letzterem Fall ein umso größeres Augenmerk auf die Einhaltung der Herstellervorgaben zu Schraubenanzugswerten gelegt werden um zu verhindern, dass sich unerkannt ein Kolbenfresser entwickelt, der zur plötzlichen Zerstörung des Triebwerks führt.

Die Unfalluntersuchung kommt zu dem Schluss, dass das verantwortliche Maschinenpersonal hinsichtlich der Vorbereitung, Dokumentation und Durchführung von Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an Hauptkomponenten der Hauptmaschine zusätzliche Schulungen hinsichtlich der Konsequenzen bei Nichteinhalten der Herstellervorgaben und -empfehlungen durchlaufen sollte.

6.2 Meldeverpflichtungen und Beweissicherung

Seitens der Schiffsführung wurde der Unfall der Verkehrszentrale nur stark verkürzt als „Maschinenschaden“ gemeldet. Weitergehende Meldungen des schweren Seeunfalls erfolgten nicht. Entgegen rechtlicher Vorgaben veranlasste die Schiffsführung keine Sicherung der Daten des Schiffsdatenschreibers. Als das tatsächliche Ausmaß des Schadens bekannt wurde, waren die Unfalldaten bereits vom VDR-System automatisch überschrieben worden.

6.3 Sicherheitsmanagement

Die Unfalluntersuchung kommt zu dem Ergebnis, dass das Sicherheitsmanagement der Reederei der THETIS D durch die Klassifikationsgesellschaft im Rahmen der turnusmäßigen Audits überprüft werden sollte. Dies betrifft insbesondere die zur Unterstützung der Maschinenbesatzung erforderlichen Anweisungen für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an Hauptkomponenten der Hauptmaschine und deren Umsetzung an Bord sowie die reedereiseitige Unfallnachbereitung mit konkreter Umsetzung geeigneter Verbesserungsmaßnahmen.

7 SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN

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

7.1 Reederei der THETIS D

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt der Reederei der THETIS D, durch Sicherheitsbriefings, Rundschreiben und ggf. andere geeignete Maßnahmen wie Trainings darauf hinzuwirken, dass das qualifizierte Maschinenpersonal Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an Hauptkomponenten der Hauptmaschine fachgerecht vorbereitet, ausführt und dokumentiert.

7.2 Reederei der THETIS D

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt der Reederei der THETIS D, ihre Schiffsführungen über die Verpflichtung zur Speicherung der VDR-Daten nach einem Seeunfall hinzuweisen und diese ggf. in Verfahrensanweisungen mit aufzunehmen.

7.3 Klassifikationsgesellschaft der THETIS D

7.3.1 ISM: Wartung- und Instandhaltung

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt der Klassifikationsgesellschaft der THETIS D, im Rahmen des nächsten turnusmäßigen ISM-Audits zu prüfen, ob eine Verfahrensanweisung für die Wartung- und Instandhaltung von Hauptkomponenten der Hauptmaschine besteht und umgesetzt wird, die den Anforderungen des ISM Codes genügt.

7.3.2 ISM: Unfallnachbereitung

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt der Klassifikationsgesellschaft der THETIS D, im Rahmen des nächsten turnusmäßigen ISM-Audits zu prüfen, ob das reedereinterne Verfahren zur Unfallnachbereitung den Anforderungen des ISM Codes genügt und an Bord effektiv umgesetzt wird.

8 QUELLENANGABEN

- Zeugenbefragungen
- Besatzungsliste
- Auszüge aus dem Maschinentagebuch der THETIS D
- Aufzeichnungen des Sicherheits- und Alarmsystems der THETIS D
- Technisches Gutachten Prof. Diederichs
- Gutachten MAN Werkstoffprüflabor
- AIS-Fahrtverlaufsdaten und UKW-Aufzeichnungen der Verkehrszentrale
- MAN Handbuch und technische Dokumentation der Hauptmaschine
- Ermittlungsberichte der WSP Kiel
- Hafenstaatkontrollberichte
- Aufzeichnungen des Schiffsdatenschreibers
- Schiffsunfalldatenbank-Einträge