



**Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung**  
**Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation**  
Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums  
für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen

## Untersuchungsbericht 5/04

1. September 2004

**Seeunfall**

**Kohlenmonoxidvergiftung  
zweier Besatzungsmitglieder  
auf TMS SEATURBOT  
am 3. Januar 2004  
in Milford Haven (UK)**

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) vom 24. Juni 2002 durchgeführt.

Danach ist das alleinige Ziel der Untersuchung die Verhütung künftiger Unfälle und Störungen. Die Untersuchung dient nicht der Feststellung des Verschuldens, der Haftung oder von Ansprüchen.

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

Direktor: Dieter Graf  
Tel.: +49 40 31908300, Fax.: +49 40 31908340  
posteingang-bsu@bsh.de    www.bsu-bund.de

## Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG DES SEEUNFALLS.....	5
2	UNFALLORT.....	6
3	SCHIFFSDATEN.....	7
3.1	Foto.....	7
3.2	Daten.....	7
4	UNFALLHERGANG.....	8
5	UNTERSUCHUNG.....	9
5.1	Maßnahmen der Bordbesatzung.....	9
5.2	Besprechung bei der Bauwerft.....	10
5.3	Schiffsbesichtigung See-BG und GL.....	10
5.4	Messungen auf dem Schwesterschiff SEALING.....	11
5.5	Besichtigung der BSU an Bord der SEALING.....	11
5.5.1	Gutachten Schmitt und Fintelmann (INLABCO) GmbH.....	12
5.6	Schiffsplan und Anordnung der Luftein- und –austritte im Aufbautenbereich.....	13
5.7	Inertgasanlage.....	13
5.7.1	Betrieb der Inertgasanlage.....	14
5.8	Bauvorschriften, Bauwerft und Lüftungssystem.....	15
5.9	Amtliches Gutachten des Deutschen Wetterdienstes.....	16
5.9.1	Datengrundlage.....	16
5.9.2	Wetterlage.....	16
5.9.3	Wind- und Wetterverhältnisse.....	16
5.9.4	Zusammenfassung.....	17
6	ANALYSE.....	17
6.1	Unfallursache.....	18
7	SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN.....	19
8	QUELLENANGABEN.....	20

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Seekarte .....	6
Abbildung 2: Schiffsfoto .....	7
Abbildung 3: Inertgasaustritt .....	21
Abbildung 4: MKR.....	21
Abbildung 5: Separatorenraum.....	22
Abbildung 6: Proviantraum .....	22
Abbildung 7: Lüfter Separatorenraum.....	23
Abbildung 8: Schornstein AK.....	23
Abbildung 9: I.G. oben mit Deckel für Brennraum .....	24
Abbildung 10: Schaltpult Inertgasanlage .....	24
Abbildung 11: Anzeigen I.G. ....	25
Abbildung 12: I.G.-Austritt u. Jalousie .....	25
Abbildung 13: Schaltschrank Lüfter Maschinenraum.....	26
Abbildung 14: Bb.-Maschinenraum Lüfter.....	26
Abbildung 15: Lufteintritt Bb. Klimaanlage, Proviantraum mit darunter verlaufender I.G.- Leitung .....	27
Abbildung 16: Lufteintritt Kombüse .....	27
Abbildung 17: Schornstein oben.....	28
Abbildung 18: I.G. Leitung nach außen .....	28
Abbildung 19: Seitenriss Aufbauten.....	29

## 1 Zusammenfassung des Seeunfalls

Am 3. Januar 2004 um 09:45 Uhr GZ<sup>1</sup> wurde auf dem TMS SEATURBOT in Milford Haven/GB der 2. Ingenieur bewusstlos von einer Fachkraft Maschine im Separatorenraum aufgefunden. Beide arbeiteten am Schmierölseparator. Um 09:50 Uhr wurde der Verletzte mit einer Trage vor den Maschinenkontrollraum (MKR) gebracht, wo er nach kurzer Zeit sein Bewusstsein wiedererlangte. Die Ambulanz traf um 09:55 Uhr ein und behandelte den Verletzten mit Sauerstoff. Dann wurde der 2. Ingenieur ins Withybush General Hospital transportiert. Um 10:40 Uhr wurde die Fachkraft Maschine bewusstlos im Separatorenraum aufgefunden und auf das 1. Deck gebracht, wo sie wieder zu sich kam. Die Fachkraft Maschine wurde um 10:55 Uhr in dasselbe Krankenhaus transportiert. Im Separatorenraum wurde nach 10:40 Uhr von einem Mitarbeiter des Texaco Terminals mit Landausrüstung ein Kohlenmonoxidgehalt (CO) von 20 ppm gemessen. Im Krankenhaus wurden um 11:50 Uhr erhöhte CO-Hämoglobinwerte von 24,3 % und 12,3 % bei den Verletzten gemessen, die sich um 20:37 Uhr auf ca. 1 % und kleiner abbauten. Beide Besatzungsmitglieder konnten danach auf ihr Schiff zurückkehren.

---

<sup>1</sup> Alle im Bericht angegebenen Uhrzeiten beziehen sich auf die gesetzliche Zeit (GZ) = MEZ = UTC+1h für Deutschland bzw. UTC für UK

## 2 Unfallort

Art des Ereignisses: Seeunfall TMS SEATURBOT  
Datum/Uhrzeit: 3. Januar 2004, 09:45 Uhr  
Ort: Milford Haven, Texaco Marine Terminal 2  
Breite/Länge:  $\phi$  51°41,9' N  $\lambda$  005°01,7' W  
Lage des Schiffes: Stb.-Landseite, 88,3° rw

Ausschnitt aus Seekarte GB 3275

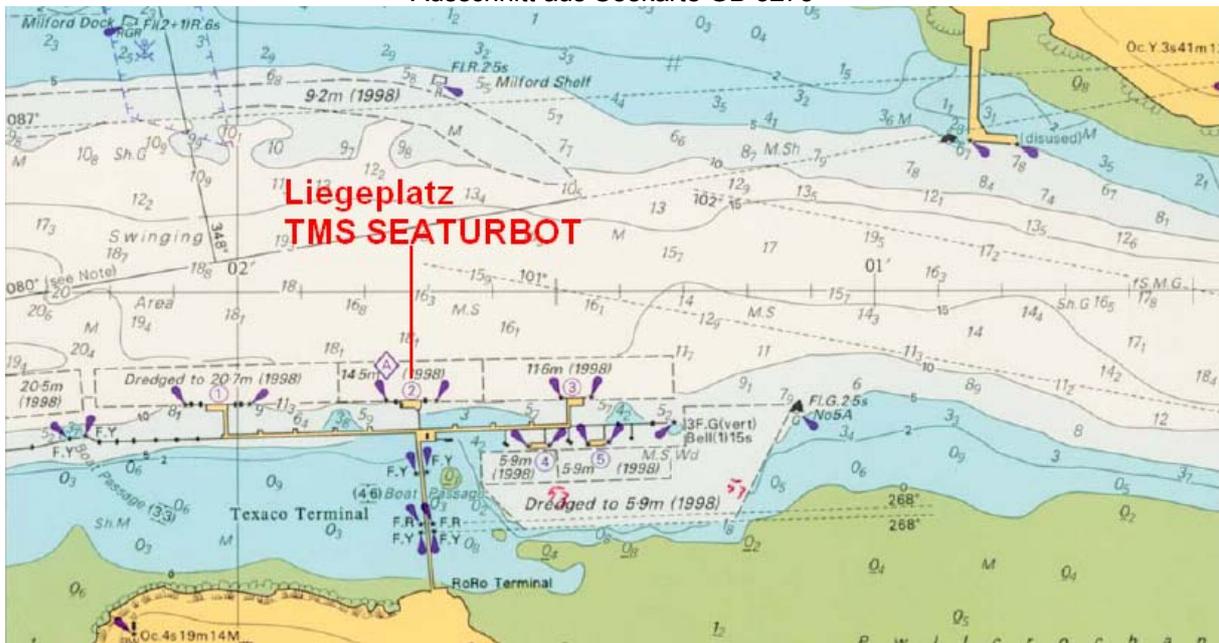


Abbildung 1: Seekarte

### 3 Schiffsdaten

#### 3.1 Foto



Abbildung 2: Schiffsfoto

#### 3.2 Daten

Schiffsname:	SEATURBOT
Schiffstyp:	Tankmotorschiff
Nationalität/Flagge:	Deutschland
Heimathafen:	Bremen
IMO-Nummer:	9204764
Unterscheidungssignal:	DDTS
Reederei/Operator:	TMS „Seaturbot“ GmbH & Co KG, German Tanker Shipping
Baujahr:	2000
Bauwerft/Baunummer:	Lindenau GmbH Kiel, Nr. S241
Klassifikationsgesellschaft:	Germanischer Lloyd
Länge ü.a.:	177,69 m
Breite ü.a.:	28,04 m
Bruttoreaumzahl:	21.353
Tragfähigkeit (tdw):	32.250
Tiefgang:	11 m
Maschinenleistung:	8340 kW
Hauptmaschine:	MAN B&W 6 L 58/64
Geschwindigkeit:	15 kn
Werkstoff des Schiffskörpers:	Stahl
Schiffskörperkonstruktion:	Doppelhülle
Anzahl der Besatzung:	18

## 4 Unfallhergang

Das TMS SEATURBOT (s. Abb. 2) befand sich am 3. Januar 2004 in Milford Haven zum Löschen von Gasöl am Texaco Marine Terminal 2 (s. Abb. 1). Wegen eines hohen landseitigen Gegendrucks war die Löschrates mit 650 m<sup>3</sup>/h niedrig, und die Inertgasanlage produzierte bei einer Last von 35 % ca. 600 m<sup>3</sup>/h mehr Gas als in den Tanks gebraucht wurde. Das überschüssige Gas wurde über den Atmosphärenaustritt Achterkante (AK) Schornstein bei halber Öffnung des Ventils abgeblasen (s. Abb. 3). Es waren zwei Hilfsdiesel mit jeweils 1030 kW Leistung, der Kessel sowie die Deepwell-Pumpen und die Inertgasanlage zum Löschen der Ladung in Betrieb. Das Schiff lag mit Stb.-Seite fest. Der Wind kam nach Bordangaben mit Stärke 3 Bft ca. drei Strich von Stb. Im Separatorenraum befanden sich der 2. Ingenieur und eine Fachkraft Maschine für Wartungsarbeiten am Schmierölseparator. Es sollten die Lager gewechselt und eine Grundüberholung durchgeführt werden. Im Separatorenraum war es kalt, der Maschinenraumlüfter Nr. 1 war in Betrieb und blies über die Luftkanäle bei geöffneter Lüfterklappe im Separatorenraum direkt auf die Arbeitsstelle. Der Sauglüfter vom Separatorenraum war an, die Lüfterklappe war offen und alle Separatoren außer Betrieb. Die Arbeiten begannen mit dem täglichen Wachrundgang um 08:00 Uhr. Gegen 09:20 Uhr stellte der 2. Ingenieur den Maschinenraumlüfter Nr. 1 ab, in der Befürchtung, dass sich beide Besatzungsmitglieder eine Erkältung am Arbeitsplatz zuziehen könnten.

Um 09:45 Uhr wurde der 2. Ing. bewusstlos und vom alarmierten Rettungstrupp mit einer Trage vor den MKR (s. Abb. 4) gebracht, wo er sein Bewusstsein wiedererlangte. Die landseitige Ambulanz traf um 09:55 Uhr ein, versorgte den Verletzten mit dem anwesenden 2. Offizier mit Sauerstoff und transportierte ihn ins Withybush General Hospital nach Haverfordwest. Nach einer Pause wurden um 10:20 Uhr die Wartungsarbeiten im Separatorenraum fortgesetzt. Um 10:40 Uhr wurde die Fachkraft Maschine im Separatorenraum bewusstlos aufgefunden und auf das erste Deck gebracht, wo sie wieder zu sich kam und dann um 10:55 Uhr in dasselbe Krankenhaus transportiert wurde.

Der Besatzung war jetzt klar, dass es sich um eine Gasvergiftung handeln könnte. Die Löscharbeiten wurden gestoppt und ein Hilfsdiesel abgesetzt. Der Maschinenraum wurde belüftet und von allen verlassen. Nach Auffinden des zweiten Verunfallten um 10:40 Uhr wurden zuerst Sauerstoff- und Kohlenwasserstoffmessungen im Maschinenraum durchgeführt. Es wurden genügend Sauerstoffanteile gemessen und keine Kohlenwasserstoffanteile mehr festgestellt. Anschließend stellte ein Beauftragter des Texaco-Terminalbetreibers, gemäß Kapitänbericht vom 5. Januar 2004 und Reedereibericht vom 23. Februar 2004 an die MAIB, erhöhte Kohlenmonoxidanteile im Separatorenraum (20 ppm, s. Abb. 5) und auf dem 1. Zwischendeck (ca. 300 ppm) fest. Dort befanden sich der Proviantraum (s. Abb. 6), Gemüseraum und Tiefkühlraum. Auch in der Kombüse sollen 300 ppm gemessen worden sein. Daraufhin wurde die Inertgasanlage, die immer noch lief, um einen erhöhten Druck in den Ladetanks zu halten, in der Annahme abgesetzt, dass der gemessene CO-Anteil durch die Inertgasanlage produziert wurde.

Die Belüftung des Maschinenraums und die Gasmessungen wurden über 12 Stunden hinaus durchgeführt. Der verletzte 2. Ing. und der Motorenwärter konnten nach 12-stündigem Krankenhausaufenthalt entlassen werden und kehrten an Bord zurück. Sieben andere Besatzungsmitglieder wurden zu Blutuntersuchungen ins Krankenhaus gebracht und kehrten nach kurzer Zeit zurück.

Das Schiff konnte auf Erlaubnis des Terminalbetreibers hin ohne Betrieb der Inertgasanlage weiter löschen, weil die Sauerstoffwerte in den Ladetanks unkritisch waren.

Inspektoren der Firma ChevTex und P&I-Club führten weitere Messungen mit einem portablen Messgerät für CO und H<sub>2</sub>S (Schwefelwasserstoff) am Schiff durch. Es wurde kein Leck in den Inertgasleitungen gefunden. An der AK Schornstein, wo der Atmosphärenaustritt der Inertgasanlage sitzt, wurden erhöhte CO-Konzentrationen von 125 ppm gemessen. Es wurde vermutet, dass das Gas über die Maschinenraumlüfter und den Lüfter im Separatorenraum (s. Abb. 7) transportiert worden ist. Das Auslassventil der Inertgasanlage öffnete wegen der niedrigen Löschrates häufig, obwohl die Inertgasanlage mit einem Minimum von erzeugtem Gas arbeitete. Das ausgetretene Gas hatte einen erhöhten CO-Anteil. Der Kapitän informierte bei einer Sicherheitsbesprechung alle Besatzungsmitglieder und gab spezielle Anweisungen an die Offiziere über die Konditionen, die zu dem Unfall führten, u.a. über Windverhältnisse, Löschrates, Positionen der Lüfterklappen (s. Abb. 8).

## 5 Untersuchung

Die BSU wurde am 5. Januar 2004 von der MAIB (Marine Accident Investigation Branch) und durch einen Artikel in der Lloyds List vom 6. Januar 2004 auf den Unfall aufmerksam und erst am 3. Februar 2004 von der Reederei über den Unfall informiert. Die Termine für die Besprechung bei der Bauwerft (s. Kapitel 5.2) und Besichtigung des Schiffes (s. Kapitel 5.3) waren der BSU nicht bekannt. Die MAIB stellte ihre Untersuchung am 26. Februar 2004 ein und unterstützte die BSU bei ihren Ermittlungen.

### 5.1 Maßnahmen der Bordbesatzung

Die Inertgasanlage wurde nach dem Unfall einer eingehenden Untersuchung durch das Bordkommando unterzogen. Es wurden die Einstellwerte des Brennstoff-Luftverhältnisses in den Laststufen 25, 50, 75 und 100 % überprüft. Die ermittelten Werte waren identisch mit den Betriebswerten bei Inbetriebnahme des Schiffes. Der Chief wechselte den O<sub>2</sub>-Sensor, reinigte den Haupt- und Zündbrenner und überprüfte die Einstellung der Brennstoff- und Luftklappen bei 0 und 100 %. Das Magnetventil des Zündbrenners wurde gewechselt und die Höhe des Hauptbrenners wurde auf 45 mm eingestellt. Zur besseren Beurteilung des Brenners und dessen Arbeitsweise inspizierte der Chief den Brennraum (s. Abb. 9). Dabei wurden Salzablagerungen an der Brennraumwand festgestellt. Eine Druckprobe mit Seewasser zeigte zwei Leckagen im oberen Bereich des Mantels, die durch ein polymeres Reparatursystem der Firma Unitor abgedichtet wurden. Später sollen die Stellen verschweißt werden.

## 5.2 Besprechung bei der Bauwerft

Am 14. Januar 2004 fand bei der Bauwerft eine Besprechung über den Unfall auf der SEATURBOT statt. Anwesend waren Vertreter der Werft und der Reederei. Die Seeberufsgenossenschaft (See-BG) und der Germanische Lloyd (GL) wurden nachrichtlich über den Sachstand informiert.

Die Maschinenraumlüfter Bb. und Stb. können wahlweise auf „Drücken“ oder „Saugen“ arbeiten. Beim „Drücken“ wird die Luft über die Maschinenraumlüfter Bb. und Stb. des Schornsteins in den Maschinenraum geführt und die überschüssige Luft über die Jalousien AK Schornstein abgeführt. Beim „Saugen“ wird die Luft über die Jalousien in den Maschinenraum angesaugt und über die Maschinenraumlüfter Bb. und Stb. des Schornsteins in die Atmosphäre abgegeben. Im Regelfall laufen beide oder mindestens ein Lüfter auf „Drücken“, um die Hauptmaschine bzw. Hilfsdiesel, Kesselanlage und Inertgasanlage mit der notwendigen Verbrennungsluft zu versorgen. Nur im Ausnahmefall wird auf „Saugen“ umgeschaltet, um z.B. CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid) nach dem Einsatz im Maschinenraum zum Löschen eines Feuers zu entfernen.

Die Inertgasanlage wurde von der Werft konzipiert und die Zeichnungen von der See-BG und dem GL geprüft und abgenommen.

Als zusätzliche Maßnahmen sollten am Schaltpult der Inertgasanlage (s. Abb. 10) ein Schild angebracht werden, dass die Inertgasanlage nur betrieben werden darf, wenn mindestens ein Maschinenraumlüfter auf „Drücken“ läuft sowie ein Schaltzustand realisiert werden, der keinen anderen Betrieb zulässt.

## 5.3 Schiffsbesichtigung See-BG und GL

Am 19. Januar 2004 fand in Wilhelmshaven eine Bordbegehung statt. Anwesend waren neben der Besatzung Vertreter der Reederei, der See-BG und des GL.

Nach Inspektion und Reparatur der Inertgasanlage der SEATURBOT war durch das Bordkommando festgestellt worden, dass die Ursache für den erhöhten CO-Gehalt in der Atmosphäre und im Maschinenraum Wasser im Brennraum der Inertgasanlage gewesen war. Das Wasser bewirkte eine unvollkommene Verbrennung und einen Anstieg des CO-Gehaltes im Inertgas bei einem gleichbleibenden O<sub>2</sub>-Gehalt von 3 % (s. Abb. 11). Das Ausschalten des Maschinenraumlüfters zum Unfallzeitpunkt bewirkte, dass die Hilfsaggregate im Hafenbetrieb Außenluft über die Jalousien AK Schornstein ansaugten (s. Abb. 12), die mit erhöhtem CO-Anteil vermischt war.

Der Funktionstest der Inertgasanlage ergab keine Mängel. Es wurde ein neuer Schaltzustand der Inertgasanlage hergestellt. Bei Inbetriebnahme der Anlage muss mindestens ein Maschinenraumlüfter auf „Drücken“ arbeiten. Die Inertgasanlage stoppt automatisch, wenn die Maschinenraumlüfter ausgeschaltet werden (s. Abb. 13). Zusätzlich ist ein portables Gerät für CO-Messungen an Bord. Ein Hinweisschild zur

Inbetriebnahme der Inertgasanlage ist angebracht. Die drei Schwesterschiffe desselben Typs sollen entsprechend nachgerüstet werden.

#### **5.4 Messungen auf dem Schwesterschiff SEALING**

Am 20. Januar 2004 wurden von der Bauaufsicht der Reederei auf der SEALING CO-Messungen mit einem Winter-Gasmessgerät bei laufender Inertgasanlage durchgeführt. Dabei wurden am Atmosphärenaustritt AK Schornstein 16 ppm, im Hauptdeck innen (Standort der Inertgasanlage), 1. Lüfter „Drücken“ 1 ppm und 2. Lüfter „Drücken“ 12 ppm gemessen. Die ermittelten Messergebnisse sollen auch auf der SEATURBOT erreicht worden sein.

#### **5.5 Besichtigung der BSU an Bord der SEALING**

Am 19. März 2004 wurde durch die BSU eine Untersuchung auf der SEALING durchgeführt. Anwesend waren ein Inspektor der Reederei, der Chief der SEALING sowie jeweils ein Vertreter der See-BG, des GL und der Firma INLABCO, die CO-Messungen durchführen sollte.

Das Schiff ist baugleich mit der SEATURBOT und zwei weiteren Schiffen der Reederei. Es sollte untersucht werden, wie die CO-Anteile von 300 ppm im Proviantraum, 20 ppm im Separatorenraum, gemessen wahrscheinlich ca. zwei Stunden nach dem Unfall in Milford Haven auf der SEATURBOT und die CO-Anteile von 16 ppm am Atmosphärenaustritt sowie 12 ppm Hauptdeck innen, gemessen am 20. Januar 2004 auf der SEALING erreicht werden konnten. Der MAK-Wert<sup>2</sup> liegt bei 30 ppm (30 ml/m<sup>3</sup>). Schon 1.000 ppm CO in der Atemluft können ein schweres Vergiftungsbild hervorrufen. Die Einwirkung von CO-Dosen, die zu einem CO-Hämoglobin von etwa 20 bis 50 % im Blut führen, verursachen u.a. Kopfschmerzen, Benommenheit und Versagen der Muskelkräfte. Bei den Verletzten wurden im Krankenhaus ca. 3,5 Stunden nach dem Unfall bei einer Person 24,3 % CO-Hämoglobin gemessen.

Es wurden mit dem Chief alle Luften- und -austritte der SEALING im Bereich der Aufbauten und Maschine abgegangen und Fotos gefertigt sowie Messpunkte festgelegt. Der Wind kam zum Zeitpunkt der Messungen 5 Strich von Stb. mit der Stärke 6 Bft. Das Schiff lag mit Bb.-Seite fest. Die Inertgasanlage lief mit 20 % Last, und das Gas wurde vollständig über den I.G.-Austritt AK Schornstein an die Atmosphäre abgegeben. Für das Szenario wurden beide Maschinenraumlüfter auf Saugen gestellt, um die ungünstigsten Bedingungen künstlich herzustellen (Normalbetrieb „Drücken“).

Beim Unfall der SEATURBOT arbeitete die Inertgasanlage durch die festgestellte Leckage im Kühlsystem und das Belüftungssystem im Maschinenraum durch die abgestellten Maschinenraumlüfter nicht einwandfrei. Auf der SEATURBOT wurden nach dem Unfall am Inertgasaustritt AK Schornstein erhöhte CO-Konzentrationen von 125 ppm gemessen. Auch die Kesselanlage und die Hilfsdiesel wurden durch die abgeschalteten Maschinenraumlüfter nicht wie vorgesehen mit Luft versorgt. Diese

---

<sup>2</sup> Maximale Arbeitsplatzkonzentration

Quellen wurden nicht untersucht und es lagen keine Abgasmessungen zum Unfallzeitpunkt vor. Die an Bord eingebauten Hilfsdiesel erzeugen laut Emissionstest jeweils zwischen 11 ppm CO, bei Vollast und 216 ppm CO im Leerlauf. Eine nicht vollständige Verbrennung mit erhöhtem CO-Ausstoß wäre wegen der mangelnden Luftzufuhr auch hier möglich gewesen. Es wurden CO-Gase in die Atmosphäre emittiert, die letztlich ursächlich für die CO-Vergiftungen der zwei Besatzungsmitglieder waren. Nach dem DWD-Gutachten ist es wahrscheinlich, dass der Abtransport der stark mit CO-Anteilen durchsetzten Luft im Schornsteinbereich der SEATURBOT witterungsbedingt behindert wurde. Damit ist nicht auszuschließen, dass emittiertes Gas bei ungünstigen Wetterlagen z.B. über die Klimaanlage und die Lufteintritte im Maschinenraum wieder angesogen werden konnte. Eine ausreichende Belüftung ist dann entscheidend, um gefährliche Gaskonzentrationen zu vermeiden.

#### Messergebnisse:

10:36 h:	0 ppm	Hauptdeck innen Inertgasanlage, Messpunkt ca. 50 cm Höhe
10:42 h	0 ppm	Trockenproviantraum, Messpunkt Kopfhöhe
10:48 h	0 ppm	Kombüse, Messpunkt, 85 cm Höhe
12:00 h	60 ppm	Atmosphärenaustritt Inertgasanlage, Messpunkt in den Lamellen
12:06 h	0 ppm	Schmierölseparator, Messpunkte am Boden

12:10 Uhr: Beide Maschinenraumlüfter auf Drücken gestellt.

12:20 h	0 ppm	Bb. Pilz Maschinenraumlüfter, Messpunkt direkt hinter Schutzgitter
12:26 h	0 ppm	Messpunkt 1m hinter Atmosphärenaustritt, Inertgasanlage
12:45 h	0 ppm	Peilrohr Sludgetank Separatorenraum

Die Maschinenraumlüfter haben jeweils eine Umwälzung von 100.000 m<sup>3</sup>/h. Die Inertgasanlage erzeugte ca. 740 m<sup>3</sup>/h. Ein mobiles Messgerät der SEALING zeigte während der Messungen der Fa. INLABCO in den Innenräumen 0 ppm CO-Anteil und 20,7 % Sauerstoffanteil an.

#### 5.5.1 Gutachten Schmitt und Fintelmann (INLABCO) GmbH

Die Messungen wurden mit einer Dräger-Gasspürhandpumpe mit Drägerröhrchen Kohlenmonoxid 2/a durchgeführt (Messpunkte und Bedingungen vor Ort siehe Kapitel 5.5).

Der Gutachter bescheinigt, dass aufgrund der Ergebnisse der durchgeführten Besichtigung am 19. März 2004 auf der SEALING bei einem fehlerfreien Lauf der Inertgasanlage und bei eingeschalteter Maschinenraumbelüftung (100.000 m<sup>3</sup>/h) eine Kontamination mit einer gesundheitsschädlichen Konzentration an Kohlenmonoxid auszuschließen ist.

## 5.6 Schiffsplan und Anordnung der Luftein- und -austritte im Aufbautenbereich

Abb. 19 zeigt einen Seitenriss über die Luftein- und -austritte im Bereich der Aufbauten auf der SEATURBOT und den drei baugleichen Schwesterschiffen sowie die Lage des Maschinenkontrollraums, der Inertgasanlage, der Proviant- und Kühlräume, Kombüse und des Separatorenraumes. Die Belüftungssysteme vom Maschinenraum, Wohnraum und Kombüse sind voneinander getrennt.

An Bb. und Stb.-Seite des Schornsteins befinden sich die Maschinenraumlüfter (s. Abb. 14). Der Atmosphärenaustritt der Inertgasanlage befindet sich unterhalb der Jalousien (s. Abb. 12). Der Lufteintritt für die Klimaanlage der Wohnräume befindet sich Bb.-Seite Aufbauten (s. Abb. 15). Achterkante Aufbauten im Mittschiffsbereich befinden sich die Lüfterklappen für Kombüse (s. Abb. 16), Wäscherei, und Sanitäranlagen. OK Schornstein (s. Abb. 17) befinden sich die Atmosphärenaustritte für die Hauptmaschine, Hilfsdiesel und Kesselanlage. Die Inertgasleitung (s. Abb. 18 u. 15) führt an Bb.-Seite Aufbauten unterhalb der Zuluft für die Klimaanlage nach vorne zu den Tanks.

## 5.7 Inertgasanlage

Die Inertgasanlage hat die Bezeichnung 108 Moss Hamworthy KSE HKSEM. Das technische Handbuch Nr. 130574 liefert folgende Leistungsdaten:

### TECHNICAL DATA

#### Performance Generator System

Nominal capacity:	3.750 Nm <sup>3</sup> /h
Delivery pressure generator outlet:	Approx. 1200 mm WG at 100 % capacity
Normal oxygen content:	1 - 4 % by volume
Turndown ratio:	4 : 1
Oxygen content adjustable down to approximately 1,0 % by volume.	

#### Gas composition by volume at O<sub>2</sub> = 3 % by volume \*)

CO	= Max. 100 ppm
NO <sub>x</sub>	= Max. 150 ppm
SO <sub>2</sub>	= Max. 1 ppm
CO <sub>2</sub>	= Approx. 14 %
N <sub>2</sub> + Ar	= Balance
Soot	= Bacharach 0

Gas temperature at cooling tower, outlet: Maximum 3 - 5°C above cooling water inlet temperature. Carry over of water droplets less than 1 g/kg dry gas.

\*) Guaranteed through all points in the operating range.

## Consumption

### Fuel oil

(Inert gas at 3 % by volume O<sub>2</sub> by combustion of ambient air).

Capacity: Approx. 277 kg/h

Without preheating: Marine Distillate Fuels, according to ISO 8217:1996(E). Category DMA or DMB

## Seawater

### Capacity

(Cooling tower): Approx. 220 m<sup>3</sup>/h

### Pressure

(Cooling tower): Approx. 2 bar g at plant inlet

Temp. increase through plant: Approx. 13°C

## 5.7.1 Betrieb der Inertgasanlage

Der Betrieb der Inertgasanlage ist in der Verfahrensanweisung zum Qualitätshandbuch der SEATURBOT und ihrer Schwesterschiffe geregelt. Für den Löschbetrieb gibt es folgende Hinweise:

Inertisierung ist immer dann erforderlich, wenn

- Flammpunkt der Ladung unter 60°C liegt und Schiff > 20.000 tdw,
- es durch Hafenverordnungen oder Charterer gefordert wird (z.B. in Immingham),
- Ladung auf eine Temperatur geheizt wird, die höher ist als der Flammpunkt der Ladung minus 5°C.

Inertgasanlage mind. 15 min vor Beginn der Inertisierung durch Maschine bereitstellen lassen (Order an Ltd. Ing.).

- Nach Klarmeldung durch Ingenieur Anlage aus dem Ladebüro regeln und überwachen.
- Kontrollstreifen schreiben lassen (O<sub>2</sub>-Gehalt und Druck).
- O<sub>2</sub>-Gehalt der Anlage muss unter 5 % liegen (SOLAS-Forderung!). Steigt der O<sub>2</sub>-Gehalt über die Maximalgrenze, gibt es einen Alarm und ein Ventil leitet das fehlerhafte Inertgas in die Atmosphäre. Wachhabender Ing. muss Anlage überprüfen.

- Druck einstellen gemäß Erfahrungen der Schiffsleitung (z.B. auf 0,8 bar Überdruck) sowie gemäß äußeren Umständen (z.B. Jahreszeit).
- Es müssen regelmäßig Messungen zur Kontrolle des O<sub>2</sub>-Gehalts im Ladetank vorgenommen und protokolliert werden.

Zu beachten:

Erfordert die Ladungsart eine Inertisierung, so ist streng darauf zu achten, dass kein Unterdruck im Tank entsteht. Die Pumpleistung muss so gefahren werden, dass die Inertgasmenge die Laderate um 25 % übersteigt.

Bei Ausfall der Inertgasanlage ist der Löschvorgang sofort abzubrechen. Der Ltd. Ingenieur ist umgehend zu benachrichtigen. Kann dieser nicht sicherstellen, dass die Anlage innerhalb einer angemessenen Frist instand gesetzt werden kann, so ist das Terminal zu informieren und die weitere Vorgehensweise abzustimmen. Dabei soll insbesondere beachtet werden, dass der Löschvorgang unter den im ISGOTT<sup>3</sup>, Kapitel 7.10 und 10.6.7, festgelegten Sicherheitsauflagen mit schriftlicher Zustimmung des Terminals fortgesetzt werden kann.

Während des Löschens sind alle Tanköffnungen geschlossen zu halten!

## 5.8 Bauvorschriften, Bauwerft und Lüftungssystem

Die Pläne für die Lüftungsanlagen in den Maschinenräumen und Aufbauten wurden von der See-BG genehmigt. Diese wurden von der Lindenuwerft umgesetzt und das Schiff danach vom GL besichtigt.

Der Überdruck im Maschinenraum darf 50 Pa nicht überschreiten. Dabei muss die max. Abluftgeschwindigkeit in den Fortluftöffnungen weniger als 6 m/s betragen. Im Separatorenraum befinden sich zwei absperrbare Zuluftkanäle sowie ein nicht absperrbarer Abluftkanal. Der Luftvolumenstrom beträgt 2,77 m<sup>3</sup>/s bei einem Gesamtluftstrom von 55,56 m<sup>3</sup>/s im Maschinenraum.

Die Klimaanlage arbeitet unabhängig vom Luftstrom in den Maschinenräumen. U.a. muss gewährleistet sein, dass kein klimatisierter Raum an der CO<sub>2</sub>-Feuerlöschanlage des Schiffes angeschlossen ist. Die mechanische Zuluft ergibt sich aus 10 m<sup>3</sup> Rauminhalt multipliziert mit dem Luftwechsel von 9/h. Die mechanische Abluft ergibt sich aus 4 m<sup>3</sup> Rauminhalt multipliziert mit dem Luftwechsel von 15/h. Die Klimaanlage kann nicht auf Umluft betrieben werden.

Der Separatorenraum wird von den Maschinenraumlüftern und der Proviantraum und die Kombüse von der Klimaanlage versorgt. Der Gefrier- und Gemüseraum ist nicht an der Klimaanlage angeschlossen.

---

<sup>3</sup> International Safety Guide for Oil Tankers&Terminals

## **5.9 Amtliches Gutachten des Deutschen Wetterdienstes**

Das Geschäftsfeld Seeschifffahrt des Deutschen Wetterdienstes wurde von der BSU gebeten, die Wetterverhältnisse vom 3. Januar 2004 zwischen 09:45 und 10:40 Uhr im Hafengebiet (Texaco Terminal 2) von Milford Haven (UK) zu analysieren.

### **5.9.1 Datengrundlage**

Dem Deutschen Wetterdienst stehen durch den internationalen Austausch von Wetterdaten stündliche Mess- und Beobachtungswerte von amtlichen Wetterstationen des britischen Wetterdienstes für das zu beurteilende Gebiet und den gewünschten Zeitraum zur Verfügung. Zusätzlich wurde auf Vertikalsondierungen der Radiosonden-Stationen Camborne (Cornwall) und Valentia (Republik Irland) von 00 und 12 UTC (3. Januar 2004) zurückgegriffen.

Neben der Auswertung der verfügbaren Mess- und Beobachtungsunterlagen aus dem zu beurteilenden Gebiet bildete die wissenschaftliche Analyse der Großwetterlage und ihrer Entwicklung eine wesentliche Grundlage für die Erstellung des Gutachtens.

### **5.9.2 Wetterlage**

In den Vormittagsstunden des 3. Januar 2004 überquerte ein schwach ausgeprägter Tiefausläufer die Irische See und das Gebiet um Milford Haven und führte stabil geschichtete, sehr feuchte und verhältnismäßig milde ozeanische Luftmassen in das Untersuchungsgebiet. Dieser Befund wird auch durch die Vertikalsondierungen der benachbarten Radiosonden-Stationen in Cornwall und Südirland gestützt. Erst in der zweiten Tageshälfte des 3. Januar 2004 und in der Nacht zum 4. Januar 2004 konnte sich schwacher Zwischenhocheinfluss durchsetzen. Es blieb allerdings nicht ganz störungsfrei.

### **5.9.3 Wind- und Wetterverhältnisse**

Während des gesamten Vormittags des 3. Januar 2004 meldete die Beobachtungsstation in Milford Haven Südostwind der Stärke 4 bis 5 Bft. Zeitweise wurde auch Stärke 6 Bft registriert. Die Lufttemperatur in 2 m Höhe lag zwischen 07:00 und 12:00 Uhr durchgängig bei 6°C. Die Luftfeuchtigkeit lag über 95 %. Zeitweise wurde auch 100 % gemessen. Bei bedecktem Himmel und tiefen Wolkenuntergrenzen zwischen 30 und 100 m trat immer wieder Sprühregen wechselnder Intensität auf. Die Sichten waren sehr schlecht und schwankten zwischen 2 und 3 km. Bei stärkerem Sprühregen kann die Sichtweite kurzfristig auch 1.000 m unterschritten haben.

Die vorliegenden Vertikalsondierungen zeigen eine sehr stabile Schichtung für den Bereich Milford Haven. Die erste Inversion (Sperrschicht) in der Atmosphäre lag allerdings über 1.000 m hoch. Die Radiosondenaufstiege zeigen darüber hinaus in Bodennähe eine Isothermie, d.h. ein Gleichbleiben der Temperatur mit der Höhe für die

untersten Dekameter, die einen vertikalen Luftaustausch zumindest erschwert haben dürfte.

#### **5.9.4 Zusammenfassung**

Die Analyse der vorliegenden Wetterdaten und der Vertikalsondierungen vom 3. Januar 2004 ergaben trotz der relativ kräftigen Winde Hinweise auf Behinderungen des vertikalen Luftmassenaustausches am Unfallort.

Es ist daher nach eingehender Analyse der uns vorliegenden Unterlagen wahrscheinlich, dass der Abtransport der stark mit CO-Anteilen durchsetzten Luft im Schornsteinbereich des TMS SEATURBOT witterungsbedingt behindert wurde.

## **6 Analyse**

Die Anordnung von Lufteinlassöffnungen und Öffnungen zu Unterkunfts- und Maschinenräumen beruht auf Erfahrungswerten im Schiffbau. Der Internationale Code (IBC) und der Code (BCH) für den Bau und die Ausrüstung von Schiffen zur Beförderung gefährlicher Chemikalien als Massengut verlangt eine besondere Beachtung unter Berücksichtigung von Ladeleitungen und Tankentlüftungsleitungen.

Zum Aufspüren von Gasen sind nach IBC, BCH und den Unfallverhütungsvorschriften See (UVV-See) mindestens zwei zugelassene Gasspürgeräte mitzuführen. Ein Gasspürgerät, das nach der Prüfröhrchenmethode arbeitet, muss je 10 Prüfröhrchen für die Messung von Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, nitrosen Gasen, Sauerstoff und für qualitative Gasanzeige haben. Die Prüfröhrchen waren an Bord schnell verbraucht. Die Messungen wurden mit landseitiger Ausrüstung fortgesetzt.

Die zu inertisierenden Räume sind nach den GL Sondervorschriften für Tankschiffe mit Einrichtungen zur Drucküberwachung und Anschlüssen zur Kontrolle der Tankatmosphäre sowie mit geeigneten Über-/Unterdrucksicherungen auszurüsten. Geeignete Messgeräte für die Messung von Sauerstoff und Kohlenwasserstoffgasen und -dämpfen sind vorzusehen. Mit dieser Ausrüstung wurde die fehlerhafte Verbrennung mit den erhöhten CO-Anteilen bzw. die Leckage der Kühlleitung im Brennraum der Inertgasanlage nicht erkannt (s. Abb. 10 u. 11).

Die Sicherheitsschaltung, dass mindestens ein Maschinenraumlüfter im Inertgasbetrieb an und auf „Drücken“ geschaltet ist, ist z.Zt. auf den Schiffen WELS und SEATURBOT realisiert. Mobile Messgeräte für Kohlenmonoxid sind mittlerweile auf allen Schiffen der Reederei nach dem Unfall auf der SEATURBOT eingesetzt. Der Gutachter der Firma INLABCO bescheinigt, dass bei einem fehlerfreien Lauf der Inertgasanlage und bei eingeschalteter Maschinenraumbelüftung (100.000 m<sup>3</sup>/h) eine Kontamination mit einer gesundheitsschädlichen Konzentration an Kohlenmonoxid auszuschließen ist.

Es konnte nicht geklärt werden, wie die gemessenen CO-Werte von 300 ppm im Bereich der Proviant- und Kühlräume sowie Kombüse zu Stande kamen. Der Tiefkühlraum und Gemüseraum ist nicht an der Klimaanlage angeschlossen. Der Proviantraum ist an der Klimaanlage angeschlossen, die von Bb.-Seite AK Aufbauten mit Luft versorgt wird (s. Abb. 15). Die Kombüse wird von Lüfterklappen AK Aufbauten versorgt (s. Abb. 16). Bei der Besichtigung der BSU auf der SEALING wurden unter ungünstigen Bedingungen (beide Maschinenraumlüfter auf Saugen) und laufender Inertgasanlage keine CO-Anteile in den Räumen gemessen. Der emittierte CO-Anteil lag bei 60 ppm unmittelbar am Atmosphärenaustritt. Der max. vom Hersteller angegebene Wert liegt bei 100 ppm.

Schiffbaulich könnte mehr unternommen werden, Unfallrisiken dieser Art durch bauliche Maßnahmen zu reduzieren. Kohlenmonoxidanteile können durch den Einbau von Sensoren gemessen und gemeldet werden. Das giftige Gas wird bei allen Verbrennungsmaschinen emittiert (z.B. Hauptmaschine, Hilfsdiesel, Kessel- und Inertgasanlage), die Diesel oder Gasöl verbrennen. Das Gas vermischt sich bei fast demselben spezifischen Gewicht gut mit Luft und ist geruchs- und farblos. Eine effektive Belüftung im Bereich von Räumen ist vital (s.o. Schaltzustand der Lüfter im Inertgasbetrieb), um Vergiftungen zu vermeiden.

Zum Unfallzeitpunkt wurde der Schmierölseparator gewartet. Der Schmierölseparator befindet sich in der Nähe eines absperrbaren Zuluftkanals. Anstatt den Zuluftkanal zu schließen, um nicht im Zuluftstrom zu arbeiten, wurden die Maschinenraumlüfter abgestellt. Dadurch konnte der Maschinenraum und Separatorenraum nicht mehr ausreichend belüftet werden. Die Leistung der Maschinenraumlüfter hätte möglicherweise ausgereicht, um die mit CO kontaminierte Luft auf eine für den Menschen ungefährliche Konzentration zu reduzieren.

## **6.1 Unfallursache**

Durch die ausgeschalteten Maschinenraumlüfter und den dadurch erzeugten Unterdruck im Maschinenraum konnten CO-Gase, die von Verbrennungsmaschinen (Hilfsdiesel, Kessel, Inertgasanlage) in die Atmosphäre emittiert wurden, in den Separatorenraum zurück gelangen. Dies war unfallursächlich für die CO-Vergiftungen der beiden Besatzungsmitglieder.

Unfallbegünstigend wirkte sich die zu diesem Zeitpunkt vorherrschende Wetterlage aus, wodurch eine ausreichende Vermischung der CO-Emissionen mit Frischluft durch vertikalen Luftmassenaustausch behindert wurde. Die Hilfsdiesel können jeweils 11 - 216 ppm CO-Anteile im Normalbetrieb erzeugen, die nicht einwandfrei arbeitende Inertgasanlage erzeugte mit 125 ppm eine um 25 % erhöhte CO-Emission. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Atmosphärenaustritt IG-Anlage (siehe Abb. 12) sich in unmittelbarer Nähe unterhalb der Lüfterklappen (Jalousien) AK Schornstein befindet, während die Abgasaustritte der anderen Verbrennungsmaschinen oberhalb der Lüfterklappen Oberkante Schornstein angeordnet sind (siehe Abb. 17). Zusätzlich zeigten die Lüfterklappen nach unten. Hierdurch erscheint eine stärkere Ansaugung des aus dem Atmosphärenaustritt IG-Anlage emittierten Inertgases wahrscheinlicher, als die Ansaugung der aus den oberhalb der Jalousien liegenden Auspuffrohren abgegeben

Abgasen anderer Verbrennungsmaschinen. Neben dem als unfallursächlich erkannten nicht bestimmungsgemäßen Betrieb der Maschinenraumlüftung sowie der unfallbegünstigenden Wetterlage, ist auch das Schiffsdesign insoweit als unfallbegünstigend zu erachten.

## 7 Sicherheitsempfehlungen

Die BSU empfiehlt den Eignern, Betreibern und Besatzungen aller Schiffe, die Kohlenmonoxidgase emittieren, für eine ausreichende Belüftung in Räumen zu sorgen und Kohlenmonoxiddetektoren in Aufbauten und Maschinenräumen einzubauen.

Die Ausrüstung mit Kohlenmonoxiddetektoren auf Schiffen, die Kohlenmonoxid emittieren, sollte im Bereich von Aufbauten und Maschinenräumen in den nationalen und internationalen Codes vorgeschrieben werden und in den Bau- und Prüfvorschriften der Klassifikationsgesellschaften einbezogen werden.

Im Schiffsdesign und der Planprüfung sollten Werften, See-BG und Klassifikationsgesellschaften durch die Anwendung besserer Methoden der Risikoanalyse Schwachstellen erkennen, um schon im Entwurf Gefahrenquellen sichtbar zu machen und sie konstruktiv zu minimieren.

Ist das Auftreten eines oder verschiedener gefährlicher Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz nicht sicher auszuschließen, so hat der Betreiber oder die Besatzung des Schiffes zu ermitteln, ob die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK)<sup>4</sup>, die Technische Richtkonzentration (TRK)<sup>5</sup> oder der Biologische Arbeitsplatztoleranzwert (BAT)<sup>6</sup> unterschritten oder die Auslöseschwelle überschritten sind. Die Gesamtwirkung verschiedener gefährlicher Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz ist zu beurteilen (vgl. § 18 Überwachungspflicht; Gefahrstoffverordnung).

Den Betreibern von Schiffen wird empfohlen, das Messen von Gasen mit der Prüfröhrchenmethode, wenn möglich, durch andere und schnellere Verfahren zu ersetzen bzw. zu ergänzen, um eine permanente Messung zu ermöglichen, die nicht auf die Anzahl der Prüfröhrchen beschränkt ist.

---

<sup>4</sup>Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) ist die Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz, bei der im allgemeinen die Gesundheit der Arbeitnehmer nicht beeinträchtigt wird.

<sup>5</sup>Technische Richtkonzentration (TRK) ist die Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem Stand der Technik erreicht werden kann.

<sup>6</sup>Biologischer Arbeitsplatztoleranzwert (BAT) ist die Konzentration eines Stoffes oder seines Umwandlungsproduktes im Körper oder die dadurch ausgelöste Abweichung eines biologischen Indikators von seiner Norm, bei der im allgemeinen die Gesundheit der Arbeitnehmer nicht beeinträchtigt wird.

## 8 Quellenangaben

- Ermittlungen
  - Maritime and Coastguard Agency (MCA)
  - Marine Accident Investigation Branch (MAIB)
  - See-Berufsgenossenschaft (See-BG)
  - Klassifikationsgesellschaft Germanischer Lloyd (GL)
  - Bordbesichtigung SEALING der Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung (BSU)
  
- Schriftliche Erklärungen/Stellungnahmen
  - Unfallberichte See-BG und verletzte Personen
  - Schiffsführung SEATURBOT, SEALING
  - Inspektion German Tanker Shipping GmbH & Co. KG (GT)
  - Hersteller Inertgasanlage Hamworthy KSE Moss AS
  - Bauwerft Lindenau GmbH
  
- Mündliche Auskunft
  - Hersteller Klimaanlage Imtech Schiffbau-/Dockbautechnik
  
- Gutachten/Fachbeitrag
  - Amtliches Wettergutachten Deutscher Wetterdienst (DWD) Geschäftsfeld Seeschifffahrt (Seewetteramt)
  - CO-Messung und Gutachten Schmitt und Fintelmann (INLABCO) GmbH
  
- Seekarten und Schiffsdaten Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), British Admiralty Chart GB 3275
  
- Unterlagen
  - Unfallverhütungsvorschriften (UVV-See)
  - Richtlinien und Merkblätter (See-BG)
  - Internationaler Code für den Bau und die Ausrüstung von Schiffen zur Beförderung gefährlicher Chemikalien als Massengut (IBC)
  - Code für den Bau und die Ausrüstung von Schiffen zur Beförderung gefährlicher Chemikalien als Massengut (BCH)
  - Internationaler Code für den Bau und die Ausrüstung von Schiffen zur Beförderung gefährlicher Gase als Massengut (IGC)
  - Code für den Bau und die Ausrüstung von Schiffen zur Beförderung verflüssigter Gase als Massengut (GC)
  - Sondervorschriften für Tankschiffe (GL)
  - Gefahrstoffverordnung
  - Schiffsakten See-BG, BSH

Die Fotos beziehen sich auf die Besichtigung vom 19. März 2004 auf der SEALING

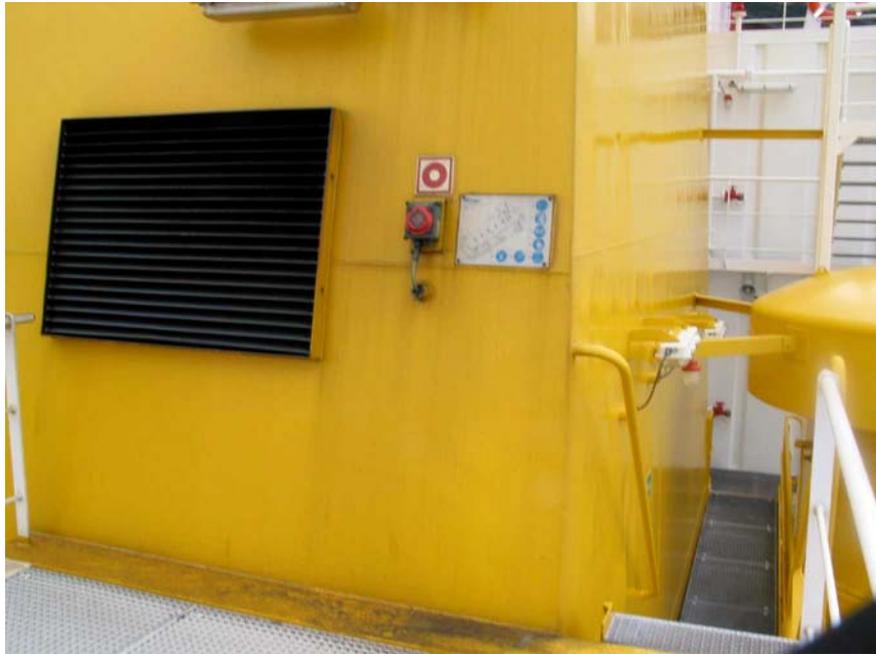


Abbildung 3: Inertgasaustritt



Abbildung 4: MKR



Abbildung 5: Separatorenraum



Abbildung 6: Proviantraum

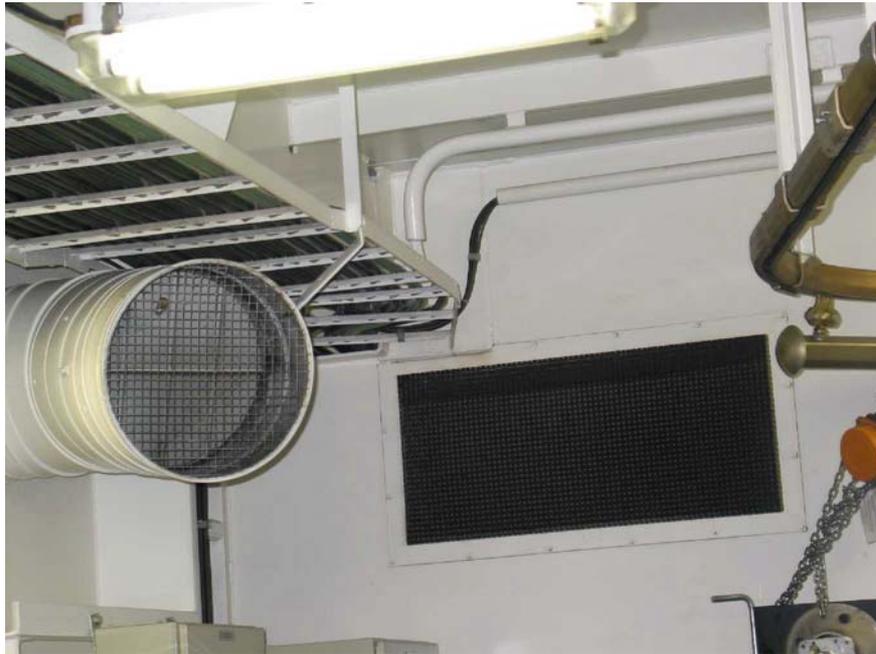


Abbildung 7: Lüfter Separatorenraum



Abbildung 8: Schornstein AK



Abbildung 9: I.G. oben mit Deckel für Brennraum

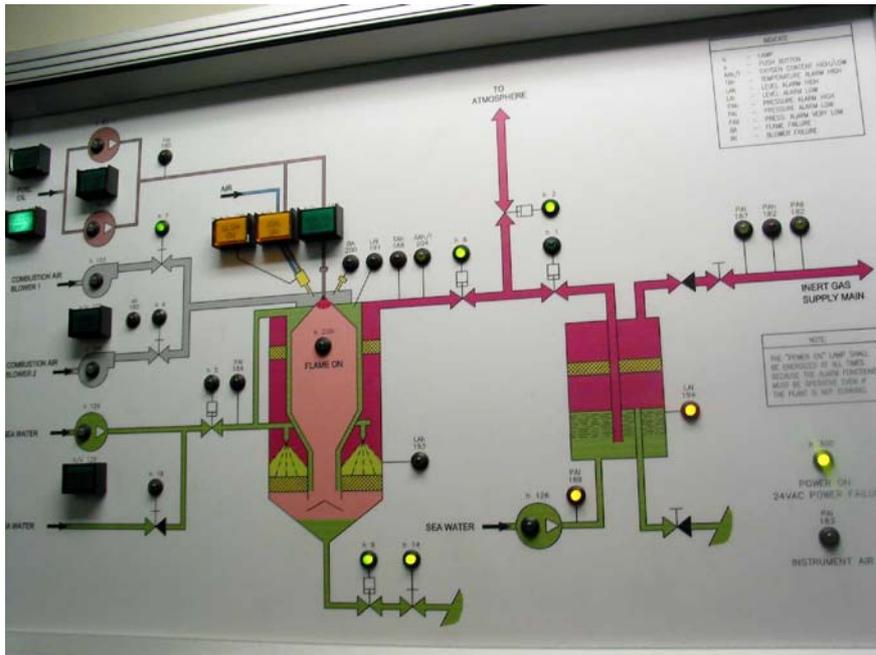


Abbildung 10: Schaltpult Inertgasanlage



Abbildung 11: Anzeigen I.G.



Abbildung 12: I.G.-Austritt u. Jalousie



Abbildung 13: Schaltschrank Lüfter Maschinenraum



Abbildung 14: Bb.-Maschinenraum Lüfter



Abbildung 15: Lufteintritt Bb. Klimaanlage, Proviautraum mit darunter verlaufender I.G.-Leitung



Abbildung 16: Lufteintritt Kombüse



Abbildung 17: Schornstein oben



Abbildung 18: I.G. Leitung nach außen

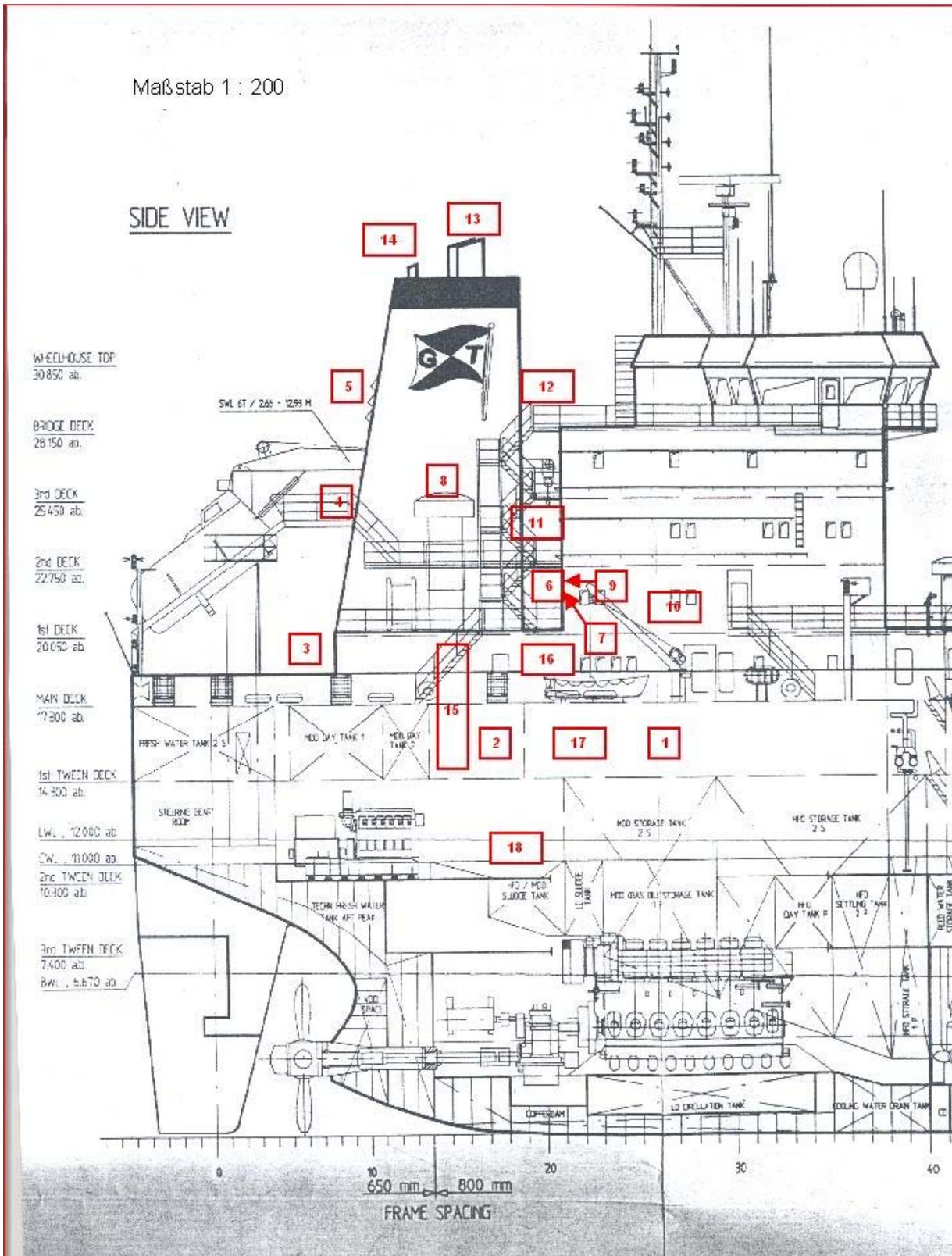


Abbildung 19: Seitenriss Aufbauten

## Legende Generalplan SEATURBOT

- 1) Maschinenkontrollraum (MKR)
- 2) Schaltkästen MKR-Lüfter
- 3) Feuerklappe
- 4) Inertgasaustritt
- 5) Jalousien
- 6) Lufteintritt Bb.-Seite Klimaanlage
- 7) Inertgasleitung
- 8) Maschinenraum-Lüfter Stb.
- 9) Zuluft Kombüse, Zuluft Wäscherei
- 10) Mittschiffs AK Klimaanlage
- 11) Abluft Sanitäranlagen, Abluft Messe, Abluft Hospital
- 12) Abluft Kombüse
- 13) Hauptmaschine
- 14) Hilfsaggregate
- 15) Inertgasanlage
- 16) Kombüse
- 17) Proviant- und Kühlräume
- 18) Separatorenraum