



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

Untersuchungsbericht 187/05

Schwerer Seeunfall:

**Explosion und Brand
auf CMS PUNJAB SENATOR
im Laderaum Nr. 6
am 30. Mai 2005
auf dem Weg nach Sri Lanka**

15. Dezember 2006

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 16. 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.

Bei der Auslegung des Untersuchungsberichtes ist die deutsche Fassung maßgebend.

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

Leiter: Jörg Kaufmann
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 Schiffsfoto.....	7
	3.2 Schiffsdaten.....	7
4	UNFALLHERGANG	8
5	UNTERSUCHUNG.....	11
	5.1 Laborversuche zur Klärung der Brandentstehung	11
	5.1.1 Unterlagen und Informationen für die erste Versuchsreihe	11
	5.1.2 Schadensbild / Zustandsbeschreibung.....	11
	5.1.2.1 Laderaum	12
	5.1.2.2 Container 1 (explodiert).....	14
	5.1.2.3 Container 2 (ausgebrannt)	17
	5.1.2.4 Ladung: NiMH-Akkus	18
	5.1.3 Ermittlungen zur Brandursache	20
	5.1.4 Auswertung der ersten Versuchsreihe zur Brandentstehung und Ausbreitung	21
	5.2 Zweite Versuchsreihe.....	24
	5.2.1 Unterlagen, Informationen und Material für die zweite Versuchsreihe	24
	5.2.2 Versuchsdurchführung	24
	5.2.2.1 Grundlagen zur Versuchsdurchführung.....	24
	5.2.2.2 Versuchsaufbau	26
	5.2.2.3 Untersuchungsobjekt.....	28
	5.2.2.4 Messkonzept	31
	5.2.2.5 Gasmessung	32
	5.2.2.6 Versuchskonzept.....	33
	5.2.3 Versuchsergebnisse.....	34
	5.2.4 Versuchsauswertung.....	35
6	ANGABEN DES HERSTELLERS.....	36
7	ANGABEN DES CHARTERERS.....	36
8	ANGABEN DER REEDEREI	37
9	ANGABEN VOM GERMANISCHEN LLOYD (GL)	37
10	DAS BRENNSTOFFSYSTEM DES CMS PUNJAB SENATOR	38
	10.1 Grundlagen.....	38
	10.2 An Bord des CMS PUNJAB SENATOR	38
11	ANALYSE.....	39
12	EMPFEHLUNGEN	41
13	QUELLENANGABE.....	42
14	ANLAGE: GRAFIK DER AN BORD GEMESSENEN SETZTANK NR.2- TEMPERATUREN.....	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Unfallort	6
Abbildung 2: CMS PUNJAB SENATOR	7
Abbildung 3: Zum Kühlen umgebaute Lüfterklappe.....	9
Abbildung 4: Kühlen der Luke.....	9
Abbildung 5: Laderaum 6 - Vorkante Stb.....	12
Abbildung 6: Laderaum 6 - Stellfläche Container 1	13
Abbildung 7: Laderaum 6 Stb. - Sicht von oben	13
Abbildung 8: Container 1 – Draufsicht	14
Abbildung 9: Containertür Container 1 um Spant gewickelt.....	15
Abbildung 10: Container 1 teilweise Innenansicht	16
Abbildung 11: Container 1 Seitenansicht.....	16
Abbildung 12: Container 2 Draufsicht im Laderaum	17
Abbildung 13: Container 2 Seitenansicht.....	18
Abbildung 14: NiMH-Akkus nach dem Brand.....	19
Abbildung 15: NiMH-Akkus nach dem Brand.....	19
Abbildung 16: Ausschnitt aus Generalplan	21
Abbildung 17: Detailplan Deck 3.....	23
Abbildung 18: Referenzsituation im realen Container.....	25
Abbildung 19: Seitenansicht Versuchsaufbau	26
Abbildung 20: Versuchsaufbau geöffnet.....	26
Abbildung 21: Versuchsaufbau geschlossen	27
Abbildung 22: Karton außen.....	28
Abbildung 23: Karton Innencover / Pad	29
Abbildung 24: Karton geöffnet	29
Abbildung 25: Akkus stehend gelagert	30
Abbildung 26: Messstellen.....	31
Abbildung 27: Gasmessgerät	32
Abbildung 28: Temperaturverläufe während der Erwärmung	34
Abbildung 29: Temperaturverläufe bei konstanter Innenraumtemperatur.....	34

1 Zusammenfassung des Seeunfalls

Das Containerschiff PUNJAB SENATOR verließ Singapur am 28. Mai 2005 um 05:18 Uhr¹. Es war mit 31.604 t in insgesamt 1050 x 20' sowie 1094 x 40' Containern beladen und befand sich auf dem Weg nach Colombo/Sri Lanka.

Am 30. Mai 2005 um 07:23 Uhr explodierte ein Container. Er befand sich an der Vorkante des Laderaumes Nr. 6 an der Trennwand zum Maschinenraum. Unter massivem Einsatz von CO₂ und intensivem Kühlen bekam die Besatzung das Feuer, welches sich schließlich über zwei Container mit handelsüblichen Klein-Akkumulatoren erstreckte, unter Kontrolle und löschte es.

Personenschäden waren nicht zu verzeichnen. Die Schäden an der Ladung und dem Schiff waren beträchtlich. Umweltschäden traten nicht auf.

¹ Alle Zeiten in diesem Bericht beziehen sich auf Ortszeit = UTC + 8h

2 Unfallort

Art des Ereignisses: Schwerer Seeunfall: Explosion und Brand im Laderaum
Datum/Uhrzeit: 30. Mai 2005 um 07:23 Uhr
Ort: Bengalisches Meer
Breite/Länge: $\varphi 05^{\circ}59'N \ \lambda 086^{\circ}15'E$

Ausschnitt aus Seekarte 2702, BSH



Abbildung 1: Unfallort

3 Schiffsdaten

3.1 Schiffsfoto



Abbildung 2: CMS PUNJAB SENATOR
(Foto: Reederei F. Laeisz GmbH)

3.2 Schiffsdaten

Schiffsname:	PUNJAB SENATOR
Schiffstyp:	Containerschiff
Nationalität/Flagge:	Deutschland
Heimathafen:	Rostock
IMO-Nummer:	9141285
Unterscheidungssignal:	DQVK
Reederei (Unternehmen nach 3.1 ISM Code):	Reederei F. Laeisz GmbH, Rostock
Baujahr:	1997
Bauwerft:	Ulsan, Südkorea
Klassifikationsgesellschaft:	Germanischer Lloyd
Länge ü. a.:	294,13 m
Breite ü. a.:	32,20 m
Bruttoraumzahl:	53.324 gt
Tragfähigkeit:	55.515 t
Tiefgang max.:	12,00 m
Dienstgeschwindigkeit:	23,7 kn
Maschinenleistung:	41.040 kW
Hauptmaschine:	Hyundai MAN B&W, Diesel Engine, 9K90MC-C
Besatzung + Passagiere:	22 + 2

4 Unfallhergang

Laut dem „Statement of Facts“ der Schiffsführung des Containerschiffes PUNJAB SENATOR habe man Singapur am 28. Mai 2005 um 05:18 Uhr verlassen. Es sei mit 31.604 t in insgesamt 1050 x 20' sowie 1094 x 40' Containern beladen gewesen und habe sich auf dem Weg nach Colombo/Sri Lanka befunden.

Am 30. Mai 2005 um 07:23 Uhr sei eine Explosion wahrgenommen worden, die das Schiff deutlich erschütterte. Daraufhin sei sofort die Geschwindigkeit auf „Langsam Voraus“ reduziert worden. Die Rauchmeldeanlage habe wenig später Alarm für Bay 58 gegeben. Feueralarm sei ausgelöst und die Besatzung sowie Passagiere seien informiert worden.

Es seien die folgenden Anweisungen gegeben worden: Sichtprüfung der Bay 58 durch den Lukeneinstieg, dann Schließen und Sichern des Lukeneinstiegs, Vorbereiten von zwei Atemschutzgeräten, Besatzung mustern, alle in Bereitschaft versetzen und zur Feuerbekämpfung vorbereiten, alle Lüfter ausschalten, Ausschalten des elektrischen Stroms in Laderaum 6 (Bay 58).

Bereits um 07:28 Uhr seien dann die Anweisungen ergangen, die CO₂-Anlage vorzubereiten, alle Lüfterklappen zu schließen und 3 Feuerlöschschläuche zum Kühlen einzusetzen. Zu diesem Zeitpunkt sei gemeldet worden, dass zwei Atemschutzgeräteträger bereit stünden und der Rauch von Bay 58 intensiver geworden sei.

Es sei ausdrücklich festgestellt worden, dass sich niemand in dem Laderaum befunden habe. Daraufhin sei um 07:30 Uhr die CO₂-Anlage zum ersten Löschangriff eingesetzt worden.

Gleichzeitig sei mit nunmehr insgesamt 7 Feuerlöschschläuchen von außen gekühlt worden.

Im Verlaufe der folgenden Stunden seien immer wieder an verschiedenen Positionen rings um den Laderaum herum die Temperaturen gemessen worden.

Als gegen 08:55 Uhr die Temperaturen wieder angestiegen seien, habe die Schiffsführung beschlossen, weitere 40 Flaschen CO₂ einzusetzen.

Inzwischen sei von der Besatzung in eine Lüfterklappe ein Loch geschnitten worden, an das eine Feuerlöschschlauchkupplung geschweißt worden sei.

Gegen 10:40 Uhr sei der Austausch dieser speziellen Lüfterklappe angeordnet worden, durch die dann Löschwasser direkt in den Laderaum gegeben werden konnte, ohne Sauerstoff in die Luke gelangen zu lassen (s.a. **Abbildung 3 und 4**). Die Bilgenpumpe sei fortwährend gut in der Lage gewesen, das sich ansammelnde Wasser aus dem Laderaum wieder herauszupumpen. Etwa eine Stunde später seien die gemessenen Temperaturen deutlich zurück gegangen.



Abbildung 3: Zum Kühlen umgebaute Lüfterklappe



Abbildung 4: Kühlen der Luke

Um 12:15 Uhr sei die Reise nach Colombo fortgesetzt worden, und um 15:00 Uhr habe man das Feuer unter Kontrolle gehabt. Eine Feuerwache sei bis zum Zielhafen Colombo eingerichtet worden.

Die Reede von Colombo wurde am kommenden Morgen um 08:54 Uhr erreicht. Der Hafenkaptän habe das Einlaufen verboten, bis Brandexperten aus Colombo das Schiff untersucht hätten.

Um 11:30 Uhr habe der Leitende Ingenieur gemeldet, dass die Temperaturen wieder anstiegen. Daraufhin sei die Anweisung gegeben worden, weitere 20 Flaschen CO₂ in den Laderaum zu geben. Da die Temperaturen weiter angestiegen seien, wurde ein intensives Kühlen wieder begonnen. Erst gegen 14:30 Uhr sei ein Abnehmen der Temperaturen festgestellt worden.

Da um 17:20 Uhr die Aufforderung des Hafenkaptäns gekommen sei, die Nacht in einer größeren Entfernung zu verbringen, sei um 18:36 Uhr der Anker gehoben worden, um den Ankerplatz dementsprechend zu wechseln.

Während der Nacht seien zwei Matrosen damit beauftragt gewesen, ständig den Laderaum zu kühlen und Piratenwache durchzuführen.

Am 1. Juni 2005 um 08:00 Uhr sei der Anker wieder gehoben worden, um zur vorherigen Ankerposition zu verholen. Dort seien dann verschiedene Inspektoren an Bord gekommen, unter anderem von der Feuerwehr Colombo.

Um 10:40 Uhr habe der Leitende Ingenieur ein erneutes Ansteigen der Temperaturen gemeldet. Daraufhin habe der Kapitän die Anweisung gegeben, die Richtung des Kühlwassers auf die Vorkante des Laderaums zu ändern sowie zwei weitere Schläuche einzusetzen. Um 11:30 Uhr sei die Temperatur rapide gesunken. Kurz darauf seien die Feuerexperten wieder von Bord gegangen. Nachdem sie gegen 13:25 Uhr ihre Zustimmung zum Einlaufen der PUNJAB SENATOR dem Hafenkaptän überreicht hätten, habe der um 15:00 Uhr die Erlaubnis zum Einlaufen gegeben. Um 16:30 Uhr sei der Lotse an Bord gekommen und eine Stunde später sei das Schiff an der Pier fest gewesen.

Nachdem aus Tiefgangsgründen erst die für Colombo bestimmte Ladung sowie die Container an Deck von Bay 58 gelöscht worden seien, habe man dann zu einem anderen Liegeplatz verholt. Dort sei während des 2. Juni 2005 die gesamte Bay 58 unter Aufsicht der Feuerwehr entladen worden.

Bei dem Entladen der zwei ausgebrannten Container habe man feststellen können, dass das Feuer gelöscht war. Die zerstörte Ladung bestand ausschließlich aus NiMH²-Akkumulatoren der Standardgröße AA HR6.

Im Verlaufe des 3. Juni wurde die Klasse bestätigt, sodass die PUNJAB SENATOR nach weiteren Ladevorgängen am 6. Juni 2005 um 07:06 Uhr die Seereise in Richtung Nordeuropa wieder aufnehmen konnte.

² NiMH: Nickel-Metallhydrid

5 Untersuchung

Der nächste angelaufene Hafen des CMS PUNJAB SENATOR war Hamburg. Am 20. Juni 2005 fand ein Ortstermin der BSU an Bord statt. Dabei wurde u. a. festgestellt, dass eine Stirnseite des Schwerölsetztanks Nr. 2 an den explodierten Container grenzte und er somit bei den folgenden Untersuchungen eine besondere Beachtung als Wärmequelle erforderlich machen würde.

Gleichzeitig nahm der Germanische Lloyd im Auftrag der Reederei F. Laeisz GmbH Temperaturmessungen am und im Schwerölsetztank Nr. 2 vor. Zusätzlich wurden auch die täglich an Bord elektronisch aufgezeichneten Temperaturen des Schwerölsetztank Nr. 2 ausgelesen.³

5.1 Laborversuche zur Klärung der Brandentstehung⁴

Die BSU beauftragte einen Sachverständigen mit der Erstellung eines Gutachtens, welches im Folgenden ausgeführt wird.

5.1.1 Unterlagen und Informationen für die erste Versuchsreihe

Für die Erstellung des Gutachtens lagen vor Beginn der ersten Versuchsreihe folgende Unterlagen und Informationen vor:

- a) Besichtigung des CMS PUNJAB SENATOR am 20. Juni 2005, von 16:00 bis 18:00 Uhr in Hamburg (Eurokai)
- b) Befragung des technischen Inspektors der Reederei F. Laeisz GmbH zum Vorgang
- c) Statement of Facts CMS PUNJAB SENATOR; Reederei F. Laeisz GmbH
- d) 12 Fotos - Zustand unmittelbar nach dem Brand; Reederei F. Laeisz GmbH
- e) Messbericht No. ESE 2005.127; Germanischer Lloyd
- f) Auszüge der Tagebücher CMS PUNJAB SENATOR
- g) Schiffspläne
- h) Datenblätter Nickel-Metallhydrid (NiMH)-Akku; Fachverband Batterien (ADR)
- i) Sicherheitsdatenblätter Nickel-Metallhydrid-Akku
- j) NiMH-Akku des betroffenen Herstellers Typs AA – 2500mAh
- k) NiMH-Akku derselben Größe (AA) unterschiedlicher Kapazitäten

5.1.2 Schadensbild/Zustandsbeschreibung

Die Aussagen beziehen sich auf die fotografisch festgehaltenen Zustände unmittelbar nach dem Brand. Die Fotos wurden von der Reederei zur Verfügung gestellt.

³ siehe Anlage: Grafik der an Bord gemessenen Setztank Nr. 2 - Temperaturen

⁴ Anm.: Gutachten wird gekürzt (sinnwährend), teils wörtlich wiedergegeben.

5.1.2.1 Laderaum

Der Laderaum 6 Steuerbordseite weist an dem Stellplatz der Container 1 und 2⁵ Brandspuren und -schäden auf. Im Bereich der Ecke (Laderaumboden/Vorkante/Außenseite) ist die Farbschicht der Wandabschnitte verfärbt und zum Teil verbrannt. Im Bereich der Position von Container 1 ist die Farbschicht bis auf den vorgenannten Eckenbereich unversehrt. Im unteren Bereich der Laderaumecke sind eindeutige Spuren größerer Hitzeeinwirkung zu erkennen (s.a. **Abbildung 6: Laderaum 6 - Stellfläche Container 1**). Im Außenwandbereich sind auf einer Ausdehnung von ca. 1 m die Farbschichten verbrannt. Im Bodenbereich sind im Bereich der Außenkanten des Containers auf einer Länge von ca. 2 m Verfärbungen, Blasenbildungen und Ablätterungen festzustellen.

Die Farbschicht an der Außenwand weist im gesamten Bereich des Containers 2 Verfärbungen auf (s.a. **Abbildung 5: Laderaum 6 - Vorkante Stb.**). Festzustellen ist aber, dass die Temperatur im Vorkantenbereich höher gewesen sein muss.

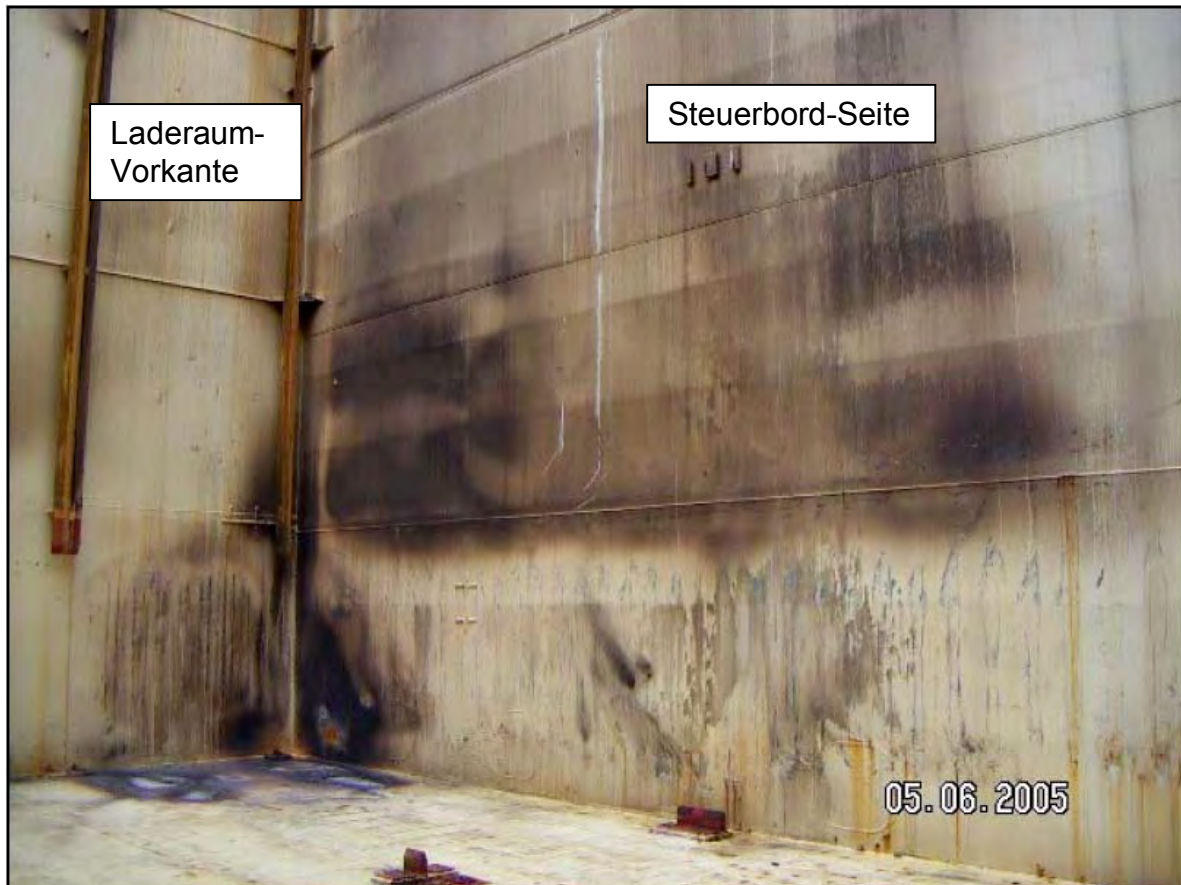


Abbildung 5: Laderaum 6 - Vorkante Stb.

⁵ Container Nr. 1 explodierte und brannte aus, Container Nr. 2 bezeichnet den darauf gestauten explosionsfrei ausgebrannten Container



Abbildung 6: Laderaum 6 - Stellfläche Container 1



Abbildung 7: Laderaum 6 Stb. - Sicht von oben

5.1.2.2 Container 1 (explodiert)

Der offensichtlich explodierte Container Nr. 1 in der untersten Lage weist erhebliche Brandspuren und -schäden auf. Des Weiteren ist eine großflächige mechanische Beschädigung zu verzeichnen. Die Containerdecke ist geschlossen und weist auf der gesamten Fläche Verfärbungen der Farbschicht durch Hitzeeinwirkung auf (s.a. **Abbildung 8: Container 1 – Draufsicht**). Die Bb.-Seitenwand ist an der Oberseite auf der gesamten Länge von der Containerdecke getrennt und nach außen gewölbt. Die Stb.-Seitenwand ist im achteren Bereich abgetrennt. Durch einen rasanten Druckanstieg im Container, dessen Ursache nach dem Umfang der Beschädigungen nur durch eine Verpuffung oder Explosion hervorgerufen werden konnte, sind die mechanischen Zerstörungen an Container 1 zu erklären (s.a. **Abbildung 9: Containertür Container 1 um Spant gewickelt**). Die Innenseite des Containers weist im achteren Bereich keine Brandspuren auf (s.a. **Abbildung 10: Container 1 teilweise Innenansicht**). Die Seitenwand zeigt eindeutige Brandspuren und -schäden. Im vorderen Bereich sind großflächige Verfärbungen und verbrannte Farbschichten zu verzeichnen. Weitere verbrannte Farbschichten und Verfärbungen befinden sich partiell im unteren Containerbereich. Der achtere Bereich ist unversehrt (s.a. **Abbildung 11: Container 1 Seitenansicht**).



Abbildung 8: Container 1 – Draufsicht



Abbildung 9: Containertür Container 1 um Spant gewickelt



Abbildung 10: Container 1 teilweise Innenansicht



Abbildung 11: Container 1 Seitenansicht

5.1.2.3 Container 2 (ausgebrannt)

Der offensichtlich ausgebrannte Container Nr. 2 in der zweiten Lage weist erhebliche Brandspuren und -schäden auf. Eine gravierende mechanische Beschädigung ist nicht zu verzeichnen. Die Containerdecke ist geschlossen, leicht aufgewölbt und weist auf der gesamten Fläche Verfärbungen der Farbschicht durch Hitzeeinwirkung auf. Die Achterkante und Vorkante des Containers ist geringer betroffen (s.a. **Abbildung 12: Container 2 Draufsicht im Laderaum**). Die Seitenwand ist ebenfalls aufgewölbt. Die Bb.-Seite ist thermisch gering belastet worden, die Farbschicht ist unversehrt. Im vorderen Bereich sind auf ca. 1 - 2 m verbrannte Farbschichten und Verfärbungen zu erkennen (s.a. **Abbildung 13: Container 2 Seitenansicht**).



Abbildung 12: Container 2 Draufsicht im Laderaum

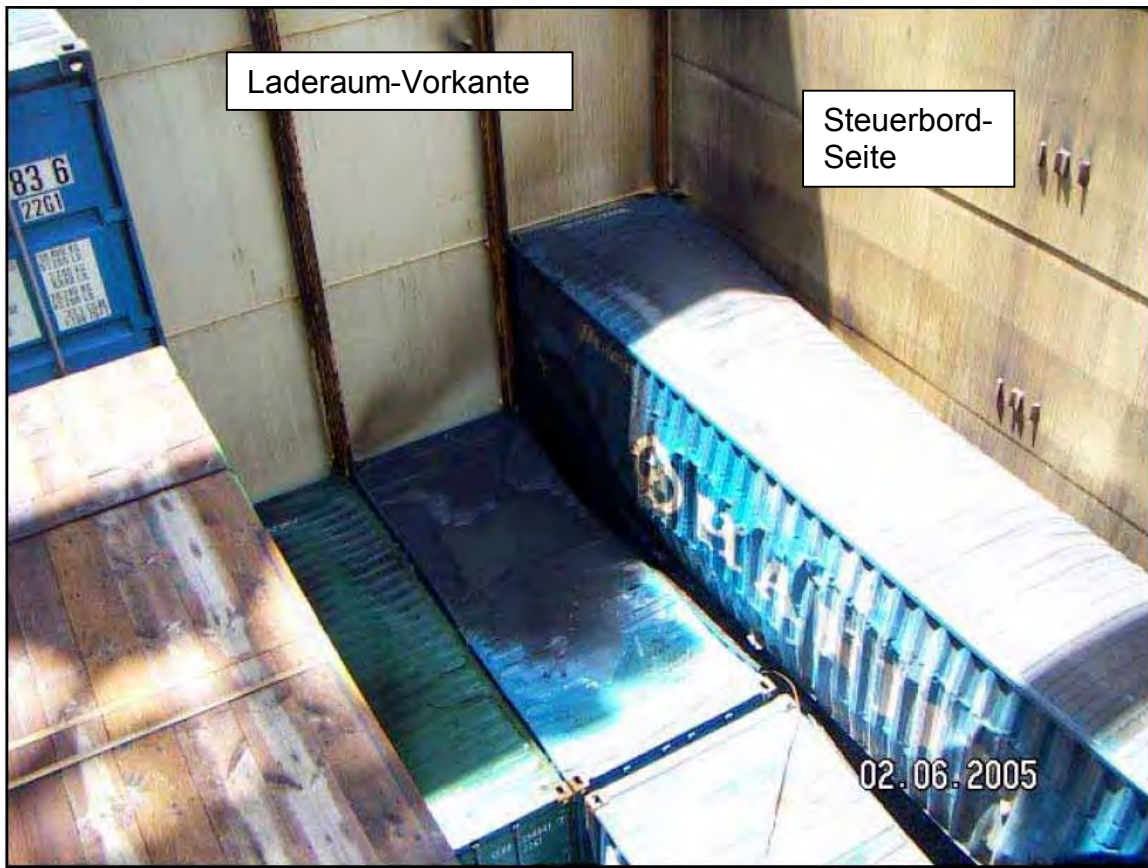


Abbildung 13: Container 2 Seitenansicht

5.1.2.4 Ladung: NiMH-Akkus

Nach Auswertung der Fotos sind von der Ladung fast ausschließlich die Akkus bzw. die Akkugehäuse nach dem Brand noch vorhanden. Festgestellt werden kann, dass die Umverpackungen, bestehend aus Wellpappe (Kartons) und Kunststofffolien, größtenteils verbrannt sind. Die Akkus zeigen eindeutige Unterschiede in der thermischen Belastung. So sind einige Partien nur verrußt, andere zeigen eine verbrannte Umhüllung und wieder andere sind offensichtlich ausgeglüht. Das fast vollständige Fehlen von Resten der Umverpackung ist ein Indiz für den, über einen längeren Zeitraum aktiven, Glutbrand.

Abbildung 14 zeigt die Ansicht von achtern auf die beiden Container zum Zeitpunkt des Anhebens des oberen Containers. Zu sehen ist das Dach von Container 1 und die darauf liegenden Batterien aus dem Container 2, dessen Boden weggebrannt war. Augenscheinlich liegt der Großteil der Ladung des Container 2 auf der Decke von Container 1. Dementsprechend sind kaum Akkus in den Container 1 gelangt.

Container 1 war mit 21 Paletten (16,255 t) beladen. Sein Gesamtgewicht betrug 20 t. Container 2 war mit 15 Paletten (11,079 t) beladen und hatte ein Gesamtgewicht von 14,8 t. Die Gesamtladung setzte sich dementsprechend zusammen aus 36 Paletten mit insgesamt 1.480 Kartons, bei ca. 40 Kartons pro Palette.



Abbildung 14: NiMH-Akkus nach dem Brand



Abbildung 15: NiMH-Akkus nach dem Brand

5.1.3 Ermittlungen zur Brandursache

Um die Ursache des Brandes festzustellen, beauftragte die BSU einen Sachverständigen, der mithilfe eines Brandlabors zwei umfangreiche Versuchsreihen durchführte. Die erste wurde mit handelsüblichen Akkumulatoren vorgenommen, um grundsätzlich die Möglichkeit einer Selbstentzündung durch Hitzezufuhr von außen nachzuweisen. Eine zweite Versuchsreihe konnte später mit Akkumulatoren durchgeführt werden, die denen der Unfallladung entsprachen (siehe dazu 5.2).

Die erste Versuchsreihe wurde durch den Sachverständigen der BSU wie folgt beurteilt:

Die Möglichkeit einer Selbstentzündung durch Wärmezufuhr von außen bei handelsüblichen Akkumulatoren konnte nachgewiesen werden. Daher wird für die Entstehung des Brandes der Ort der Lagerung als ursächlich angesehen. Der Stauplatz im Laderaum 6 wird durch die unmittelbare Nähe des beheizten Schwerölsetztanks Nr. 2 dauerhaft auf ein hohes Temperaturniveau gebracht (s.a. **Abbildung 16 und 17**). Es wird davon ausgegangen, dass im Mittel eine Wandtemperatur des Setztanks Nr. 2 von 70 °C – 80 °C vorherrscht. Bei verschlossener Luke und nicht aktiver Belüftung wird weiterhin davon ausgegangen, dass die Ladung im dort platzierten Container nach einer bestimmten Zeit ebenfalls Temperaturbereiche um 70 °C erreicht hat. Laut Herstellerinformationen und Informationen von Fachverbänden kommt es bei höheren Temperaturen zu einer schnelleren Selbstentladung des Akkus, und damit zu seiner selbstständigen Erwärmung, und zum anderen zur Bildung und zum unkontrollierten Freisetzen von Wasserstoff. In einem nicht gekühlten und nicht belüfteten Behälter kommt es somit zwangsläufig zur Anreicherung der Raumatmosphäre mit Wasserstoff. Dieser Prozess ist zeitabhängig, da er von chemischen Reaktionen in den NiMH-Akkus bestimmt wird. Daraus folgt, eine Erwärmung von NiMH-Akkus über einen längeren Zeitraum schafft eine erhöhte Brand- und Explosionsgefahr in den Umverpackungen sowie im gesamten Container. Das Vorhandensein elektrischer Ladungsträger und der Umstand der sehr geringen Mindestzündenergie für Wasserstoff/Luft-Gemische erhöht noch das Gefahrenpotenzial.

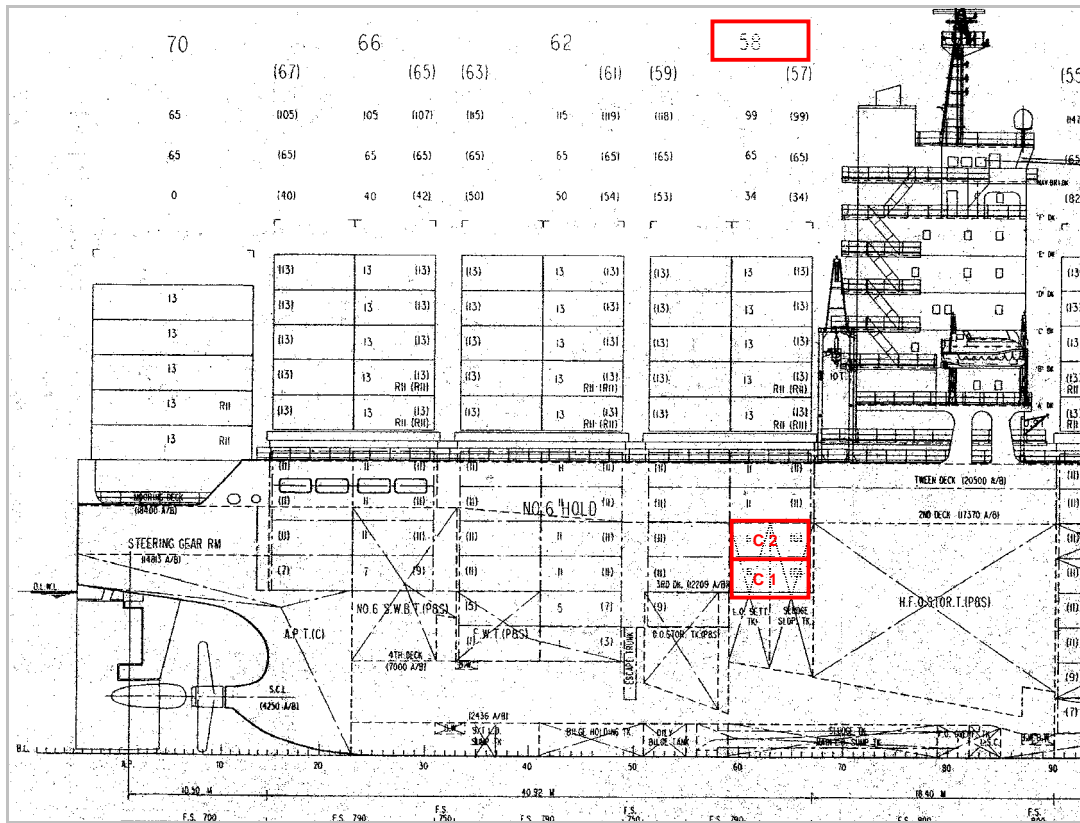


Abbildung 16: Ausschnitt aus Generalplan

5.1.4 Auswertung der ersten Versuchsreihe zur Brandentstehung und Ausbreitung

Der wahrscheinliche Ort der Brandentstehung befindet sich im Container 1 Vorkante. Die großflächigen Verfärbungen des Laderaumbodens und die verbrannten Farbschichten an der Laderaumwand sind ein Indiz für das Auftreten einer hohen Temperatur in diesem Bereich. Der Container war auch nach dem Brand in diesem Bereich geschlossen. Das bedeutet, die Brandschäden an der Laderaumwand entstanden durch Wärmestrahlung aus dem Container und nicht durch direkte Flammeneinwirkung. Bestätigt wird das Vorhandensein dieses Brandherdes durch die übereinstimmenden Brandspuren an der Containeraußenwand. Nach Auswertung der vorhandenen Daten kann davon ausgegangen werden, dass sich der Brand im unteren Container als Schwelbrand entwickelte. Des Weiteren ist davon auszugehen, dass dieser Schwelbrand vor der Explosion ausgebrochen war und durch den Verschluss und die Raumgeometrie nicht entdeckt werden konnte. Durch den Schwelbrand wurde die Ladung, bestehend aus NiMH-Akkus Größe AA, Wellpappe, Kunststofffolien und Pappe in verschiedenen Stärken, weiter thermisch beeinflusst. Nach Herstellerangaben ist davon auszugehen, dass insbesondere NiMH-Akkus, den bei höheren Temperaturen und den dabei intern ablaufenden chemischen Reaktionen, z.B. Entladungsvorgängen, entstehenden Wasserstoff über das Sicherheitsventil am Pluspol abgeben. Die durchgeführten Versuche zeigen, dass schon bei ca. 60 °C die Kunststoffolie beginnt aufzuschmelzen und dass durch die Erwärmung der Pappe auf über 140 °C zusätzlich brennbare Gase entstehen. Des Weiteren wird die vorhandene Feuchtigkeit aus den Umverpackungen

abgegeben und kondensiert an den kühleren Akkus und der Kunststoffolie aus. Damit besteht die Möglichkeit von Kurzschlüssen, verbunden mit der Überhitzung der Akkus bzw. dem Auftreten von zündfähigen Funkenstrecken. Im weiteren Verlauf entsteht im gesamten Container eine Atmosphäre, die brennbar und durch die steigende Anwesenheit von Wasserstoff explosiv wird. Wasserstoff-Luftgemische sind in einem sehr weiten Mischungsverhältnis zündfähig (4 - 75 Vol% H₂ in Luft) und sie benötigen eine sehr geringe Zündenergie (~ 0,02 mJ), so dass bereits geringe elektrostatische Entladungen als Zündquelle ausreichen. Im Mischungsverhältnis von 18 - 59 Vol% sind Wasserstoff-Luftgemische detonationsfähig. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Bedingungen im Container 1 erfüllt waren und es deshalb zur Explosion kam.

Die abgelaufenen Prozesse in Container 1 haben folgende Auswirkungen auf den darüber stehenden Container 2: Durch Wärmestrahlung und -leitung kommt es zur Wärmeübertragung und damit zur thermischen Aufbereitung des Containers und der Ladung. In der Folge kommt es zur Entzündung des Bodens und der Ladung. Die Schadensbilder sprechen für diesen Verlauf, wobei die Brände in Container 1 und Container 2 bis zur Explosion ähnlich aber zeitversetzt verlaufen sein können. Offensichtlich kommt es in Container 2 nicht zur Ausbildung und Zündung explosionsfähiger Gemische. Nach der Flutung mit CO₂ werden die offenen Flammenbrände im durch die Explosion geöffneten Container 1 gelöscht und es kommt zur Ausbildung von Schwelbränden in den Umverpackungen am Containerboden (s.a. **Abbildung 11: Container 1 Seitenansicht**).

Offene Flammen sind in Container 1 nur im Vorkantenbereich, dem Brandentstehungsort, aufgetreten. Die Innenfarbe im Container 1 weist kaum Brandspuren auf (s.a. **Abbildung 10: Container 1 teilweise Innenansicht**).

Im Container 2 kommt es trotz CO₂-Flutung auch im weiteren Verlauf zu Schwelbränden und offenen Flammen. Der in den Verpackungen befindliche Luftsauerstoff verhindert die Selbstinertisierung. Durch die Anreicherung der Containeratmosphäre mit Rauchgasen und der durch das CO₂ verhinderten Nachströmung von ausreichend Sauerstoff kommt es zu keinem rasanten Durchzünden des Containers, aber zum allmählichen Abbrennen vor allem des Containerbodens und der Umverpackungen durch Glutbrände. Daher kommt es auch kaum zum Verfärben der Außenwände des Containers (s.a. **Abbildung 13: Container 2 Seitenansicht**). Die Brandschäden an der Laderaumwand in Position des Containers 2 sind offensichtlich auf die Thermik des brennenden Containerbodens zurückzuführen.

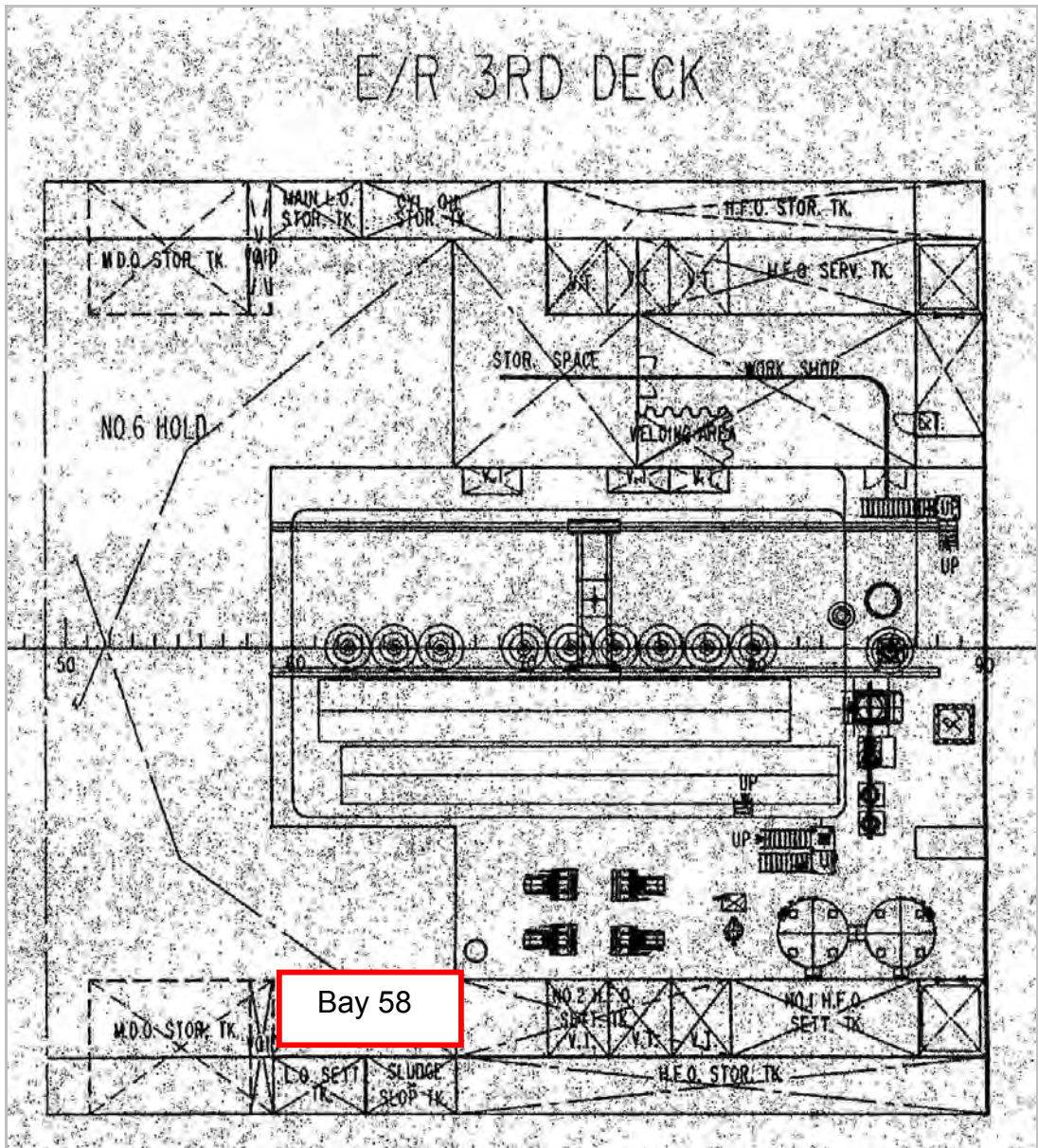


Abbildung 17: Detailplan Deck 3

5.2 Zweite Versuchsreihe

Zur Untermauerung der ersten Versuchsergebnisse wurden Akkus des Herstellers (gleicher Typ und Verpackung, wie während des Unfalls) in einer weiteren Versuchsreihe verwendet.

5.2.1 Unterlagen, Informationen und Material für die zweite Versuchsreihe

Vom Hersteller wurden 620 NiMH-Akkus in der Originalverpackung, wie während des Unfalls, zur Verfügung gestellt. (620 NiMH-Akkus 2500mAh Größe AA HR6; 1.2V) Des Weiteren wurden die Beladungszustände der betroffenen Container mitgeteilt sowie weitere Ladungsunterlagen übergeben.

5.2.2 Versuchsdurchführung

5.2.2.1 Grundlagen zur Versuchsdurchführung

Beladungszustand der betroffenen Container:

Container 1 (hier unterer Container (explodiert))

Gesamtgewicht 20 t

Ladung 16,255 t

21 Ladungseinheiten Paletten

Container 2 (hier oberer Container (ausgebrannt))

Gesamtgewicht 14,8 t

Ladung 11,079 t

15 Ladungseinheiten Paletten

Gesamtladung 36 Paletten

1480 Kartons (16,70 m³) - ca. 40 Kartons/Palette

Einzelkarton Abmaße 41,5 x 34 x 8 cm

Betrachteter Container 1

40 FT Abmaße 12,2 x 2,4 x 2,6 m

Rauminhalt ca. 70 m³

1 Karton – 0,011288 m³

21 Paletten – 9,74 m³

Zur Festlegung einer realistischen Größe des Versuchsbehälters wurden folgende Festlegungen getroffen:

- tatsächlich im Container vorhandene PE 21/Anzahl der Kartons pro PE 41
- Rechengrundlage 20 PE und 40 Kartons pro PE
- Ladung besteht aus zwei Reihen von je 10 Paletten, welche zentriert im Container stehen
- Anzahl der Kartons pro Palettengrundfläche 4, Stapelhöhe 10

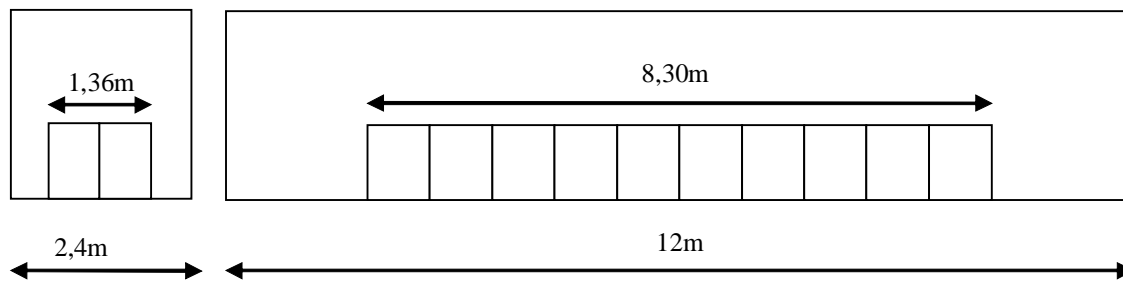


Abbildung 18: Referenzsituation im realen Container

Die volumetrische Berechnung ausschließlich der Kartonagen ohne Paletten ergibt einen Ladungsstapel von 8,3 x 1,36 x 1 m.

Bezogen auf die Abmaße der Einzelverpackung ergeben sich daraus folgende Containermockup⁶ Abmaße: 60 x 60 x 20 cm

Damit ist gewährleistet, dass zum einen die Freiräume der Ladung innerhalb des Mockups zu den Containerwänden, andererseits auch die relativen Abstände innerhalb der Ladung, mit den vorausgesetzten Gegebenheiten im realen Container übereinstimmen.

⁶ Mockup: Attrappe, gängige Bezeichnung für ein Modell bei Sicherheitsuntersuchungen

5.2.2.2 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau besteht aus einem Containermockup aus 2 mm St 12, verschlossen mit einem Deckel aus 4 mm St 37.

Der Originalkarton mit den 620 NiMH-Akkus ist mittig platziert und auf 10-mm-Hartholzstreifen gelagert, um die direkte Wärmeübertragung vom Gehäuseboden zu verhindern. Dadurch ist dem Umstand Rechnung getragen, dass es sich im realen Fall um palettierte Ladung gehandelt hat.

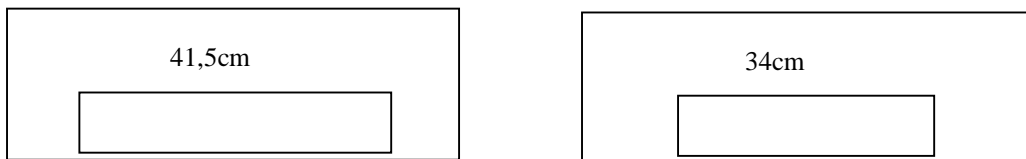


Abbildung 19: Seitenansicht Versuchsaufbau



Abbildung 20: Versuchsaufbau geöffnet

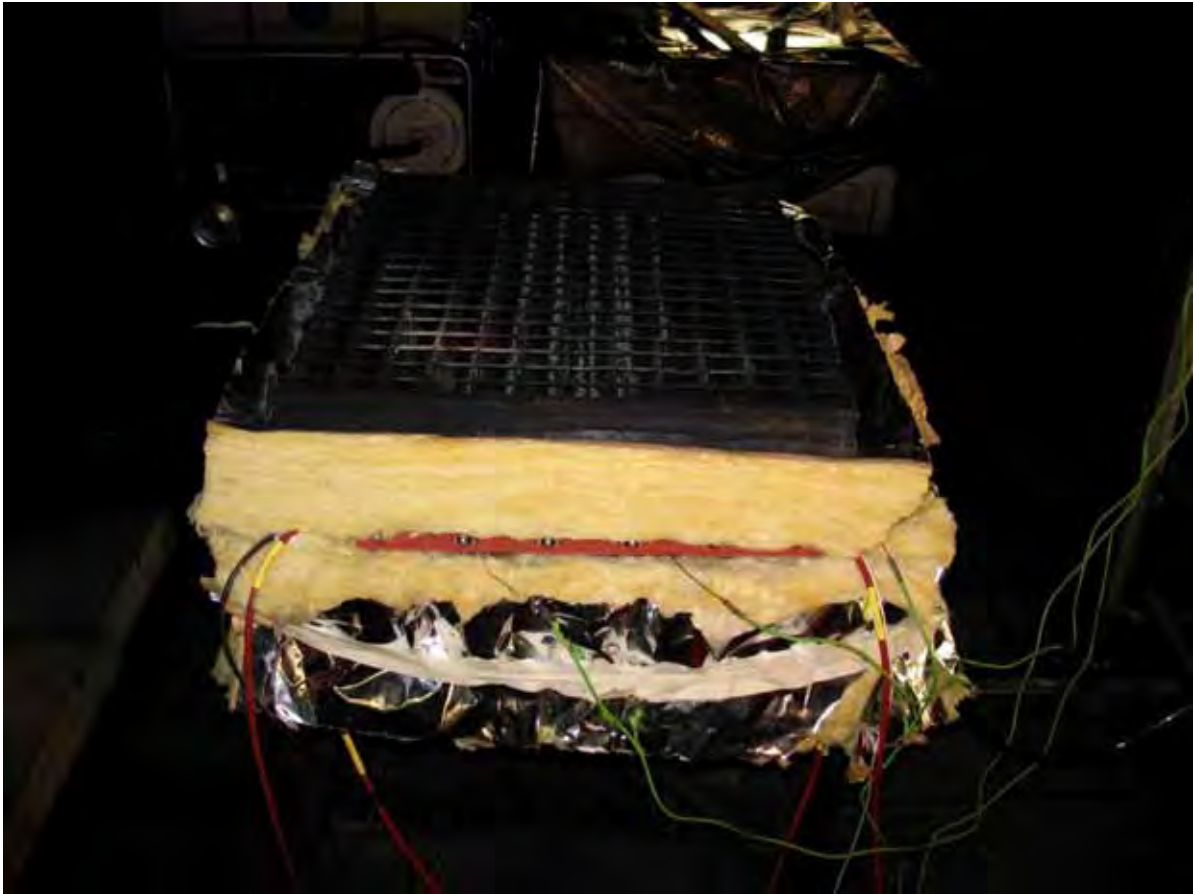


Abbildung 21: Versuchsaufbau geschlossen

Der Containermockup wurde für den Versuch von oben und unten mit Heizmatten erwärmt, um eine gleichmäßige Wärmeverteilung im Inneren zu gewährleisten. Die komplette Isolierung des Behälters verhinderte Temperaturunterschiede an den Seitenwänden.

5.2.2.3 Untersuchungsobjekt

Als Untersuchungsobjekt wurde ein originaler Transportkarton für 620 NiMH-Akkus gewählt. Die Verpackung besteht aus Cover, Karton, Innercover und Pad. Alle Bestandteile bestehen aus A-flute Cardbord.



Abbildung 22: Karton außen



Abbildung 23: Karton Innencover / Pad



Abbildung 24: Karton geöffnet



Abbildung 25: Akkus stehend gelagert

Die 620 NiMH-Akkus sind stehend gelagert. Die Verpackungsdichte lässt eine geringe Bewegung der Akkus untereinander zu.

5.2.2.4 Messkonzept

Die relevanten Temperaturen* wurden in der Verpackung und im Containermockup überwacht. Die Gasabsaugung zur Atmosphärenüberwachung erfolgte im oberen Teil des Mockup.

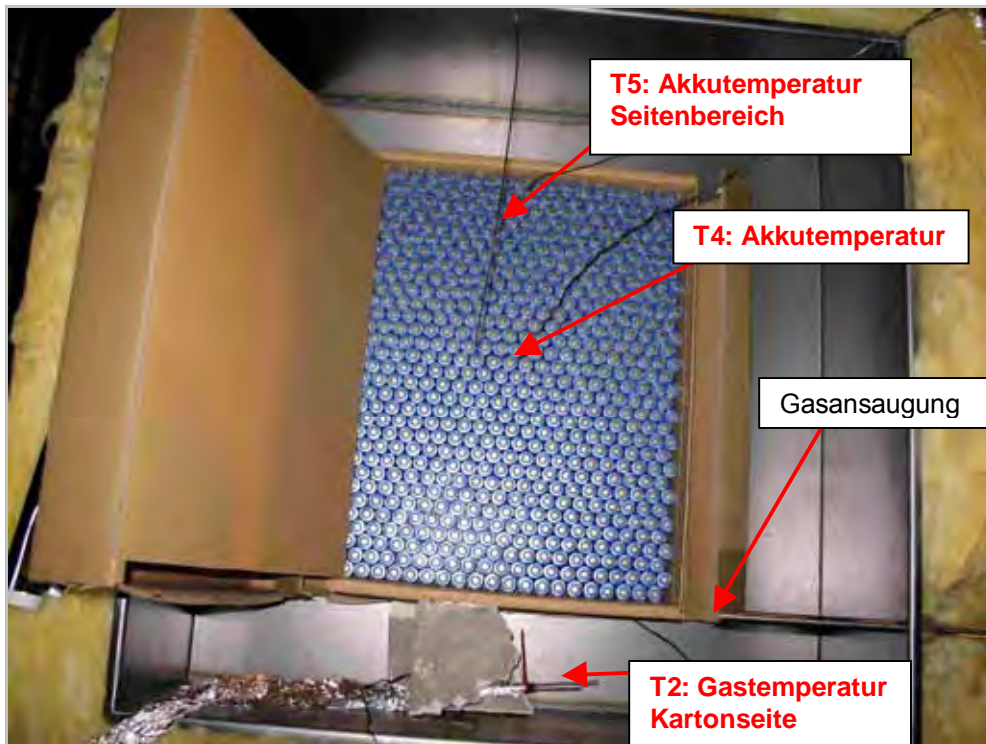


Abbildung 26: Messstellen

Temperaturmessstellen:

T1 Boden Innen	Materialtemperatur Containermockup
T2 Gas Seite Karton*	relevante Gastemperatur im Mockup/Containertemperatur
T3 Heizmatte oben	Außentemperatur
T4 Akku Center*	Materialtemperatur Akkühülle
T5 Akku Seitenbereich*	Materialtemperatur Akkühülle
T6 Heizmatte unten	Außentemperatur
T7 Gas über Karton	Überwachung Brandentstehung

*(relevante Temperaturen für die Bewertung des Verhaltens bei höheren Lagertemperaturen)

Die Messungen erfolgten mit Thermoelementen vom Typ K.

5.2.2.5 Gasmessung

Die Gasmessung erfolgte über ein mobiles Gasanalysegerät vom Typ G750 Polytektor II.

Folgende Sensoren wurden eingesetzt:

CO ₂	0 - 70 Vol%
O ₂	0 - 25 Vol%
H ₂	0 - 100 % UEG



Abbildung 27: Gasmessgerät

5.2.2.6 Versuchskonzept

Das Konzept bestand darin, die Akkus in ihrer Originalverpackung den nachempfundenen Umgebungsbedingungen während des Seetransports auszusetzen und die daraus resultierenden Vorgänge zu dokumentieren.

Von den auftretenden Belastungen während des Transportes wurden ausschließlich die Temperaturverhältnisse simuliert.

Folgende Szenarien wurden dazu gefahren:

Phase 1

- Erwärmung der Raumatmosphäre (Gastemperatur) im Container von Umgebungstemperatur ca. 16 °C auf 40 °C (Normaltemperatur in entsprechenden Laderäumen)
- Stufenweise Erhöhung der Temperatur auf 60 °C innerhalb von 3 Stunden
- Halten der Temperatur im Containermockup von 60 °C über ca. 20 Stunden

Phase 2

- Stufenweise Erhöhung der Temperatur auf 90 - 100 °C innerhalb von ca. 3 Stunden
- Halten der Temperatur von 90 - 100 °C über ca. 21 Stunden

5.2.3 Versuchsergebnisse

Aus dem umfangreichen Datenmaterial der Versuche werden hier die Temperaturverläufe dargestellt, welche die Entwicklung der Eigen-Temperatur der Akkus zeigt, während die Temperatur der Containerraumatmosphäre schrittweise stieg, bis sie bei ca. 85 - 88 °C konstant gehalten wurde. In Abb. 29 wird zusätzlich die Kurve des austretenden Wasserstoffs dargestellt.

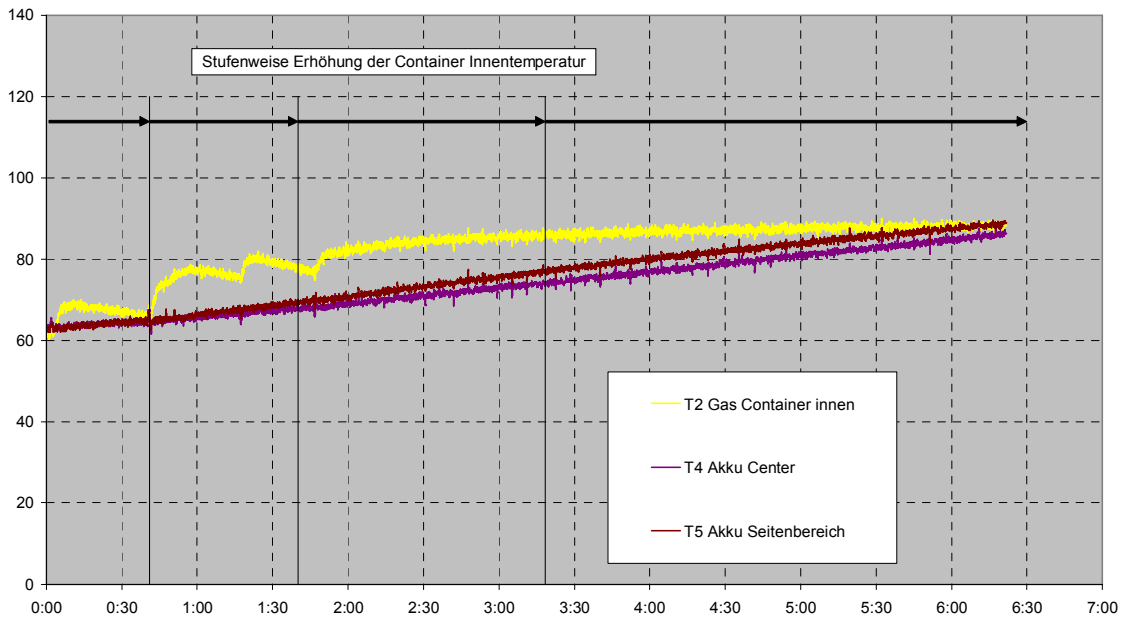


Abbildung 28: Temperaturverläufe während der Erwärmung

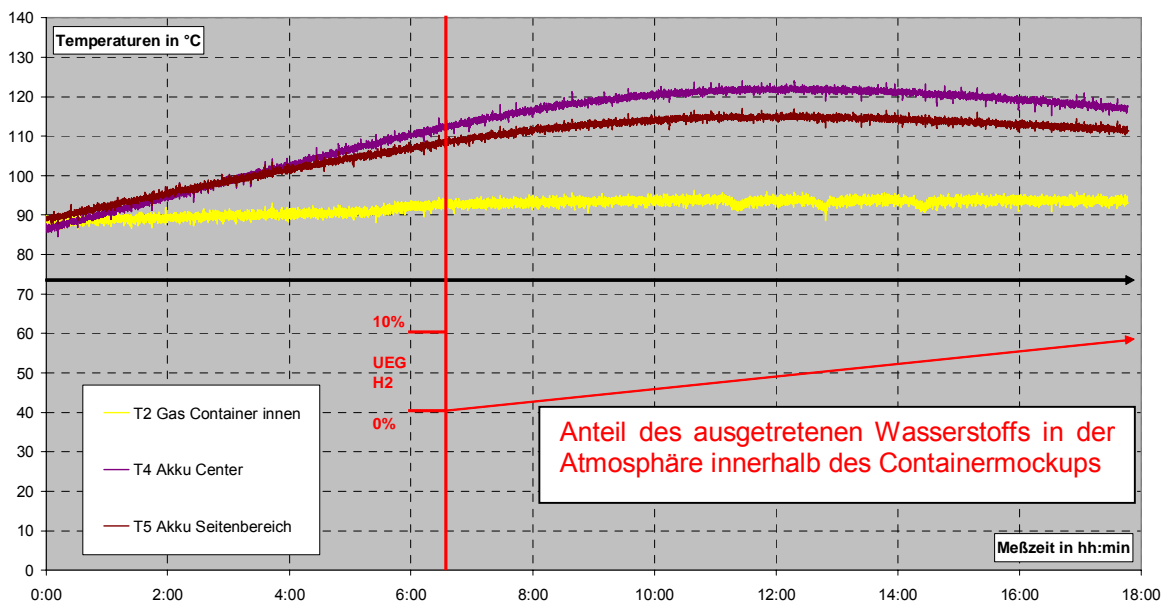


Abbildung 29: Temperaturverläufe bei konstanter Innenraumtemperatur

5.2.4 Versuchsauswertung

Die Auswertung der zweiten Versuchsreihe zeigt eindeutig, dass bis zu einem Temperaturbereich von ca. 60 °C auch über einen längeren Zeitraum (20 Stunden) keine nachweisbaren Reaktionen von den Akkus ausgehen.

Nach ca. 20 Stunden ist die Akkutemperatur gleich der Gastemperatur, sprich der Raumtemosphäre im Container.

Veränderungen in der Atmosphäre in Bezug auf die gemessenen Gaswerte, insbesondere Wasserstoff, sind nicht nachzuweisen.

Nach Erhöhung der Gastemperatur auf ca. 85 - 88 °C, welche dann konstant gehalten wurde, gleichen sich die Akkutemperaturen, insbesondere im Seitenbereich, den Gastemperaturen nach ca. 6 Stunden an.

Im weiteren Verlauf übersteigen die Akkutemperaturen die Innenraumtemperaturen im Container um bis zu 30 °C und selbst die Temperaturen der Heizmatten um ca. 20 °C. Sie erreichen damit die schon in den vorangegangenen Versuchen nachgewiesene offensichtliche Aktivierungstemperatur für innere Prozesse von ca. 120 °C.

In dieser Versuchsreihe ist nach ca. 10 Stunden (Gastemperaturniveau um 90 °C und einer Akkutemperatur von ca. 110 °C) Wasserstoff in der Containeratmosphäre nachweisbar. Es ist davon auszugehen, dass die Wasserstofffreisetzung in der geschlossenen Verpackung schon zu einem früheren Zeitpunkt und bei dementsprechend geringeren Akkutemperaturen aktiviert wurde. Später erst gelangte der Wasserstoff in die Containeratmosphäre.

Des Weiteren ist davon auszugehen, dass die Wasserstoffkonzentration in der Umverpackung wesentlich höher war, um durch Austritt aus der Verpackung die nachgewiesenen Konzentrationen in der Containeratmosphäre zu erzeugen.

Die Spannungswerte der Akkus vor dem Versuch betragen im Mittel 1,227 V und nach dem Versuch 1,1 V. Das heißt, dass Entladungsvorgänge stattgefunden haben. Während der Versuchsreihe konnte in der abgesaugten Atmosphäre ein relativ hoher Feuchtigkeitsausfall festgestellt werden.

Eine Entzündung oder Explosion im Containermockup erfolgte nicht.

Zum Ende der zweiten Versuchsreihe bestand eine Wasserstoffkonzentration von 9 %UEG in der Containeratmosphäre, dies entspricht ca. 0,4 Vol %.

Die Aussage aus der ersten Versuchsreihe kann in Auswertung der Ergebnisse dieser zweiten Versuchsreihe bestätigt werden.

Eine Erwärmung von NiMH-Akkus über einen längeren Zeitraum schafft eine erhöhte Brand- und Explosionsgefahr in den Umverpackungen und im gesamten Container. Das Vorhandensein elektrischer Ladungsträger und der Umstand der sehr geringen Mindestzündenergie für Wasserstoff/Luft-Gemische erhöht noch das Gefahrenpotenzial.

6 Angaben des Herstellers

Der Hersteller der Akkus war als Auftraggeber für den Transport der betroffenen Container in den Ladungspapieren der PUNJAB SENATOR aufgeführt. Das Unternehmen wurde von der BSU angeschrieben und gebeten, einige Fragen zu beantworten. Es wurde ausgeführt, dass die Lagerungsbedingungen des Herstellers für derartige NiMH-Akkus anderen nicht bekannt gegeben worden sind. Betont wird aber, dass die Ladung gegenüber dem Verfrachter stets ordnungsgemäß als „Ni-MH RECHARGEABLE BATTERY“ bezeichnet wurde. Kühlcontainer werden nicht für den Transport genutzt, es sei denn, ein Kunde würde dies wünschen. Dann werden sie eingesetzt und abgerechnet, i.d.R. wird die Ladung aber als gewöhnliche Trockenladung behandelt. Solange die Ursache des Unfalls nicht bekannt ist, werden Kühlcontainer als geeignete Gegenmaßnahme genutzt.⁷

Der Hersteller nimmt im Rahmen der zuständigen Herstellerverbände und Organisationen sowie im Rahmen seiner internen Untersuchungen an Projekten und Maßnahmen zur weiteren Verbesserung der Beförderungssicherheit seiner Produkte teil. Er wird sich hierbei dafür einsetzen, dass die für Batterien generell geltenden Warnhinweise „Never dispose of batteries in a fire or heat them“ noch besser bekannt werden und künftig von seinen Vertragspartnern während des Transportes der Batterien auch eingehalten werden.

7 Angaben des Charterers

Der Charterer wurde angeschrieben und hatte die Möglichkeit, auf ähnliche Fragestellungen zu reagieren, wie der Hersteller. Es wurde ausgeführt, dass der Charterer nicht über die genauen Transport- und Lagerungsbedingungen für diesen Batterie-Typ informiert war. Abgesehen von der im Konnossement enthaltenen Angaben hätten vom Hersteller vor Eintritt des Vorkommnisses keine präzisen Informationen vorgelegen. Wenn bestimmte Batterien vom Verloader als gefährliche Ladung deklariert werden, werden für den Transport der Batterien spezielle Vorkehrungen getroffen. Der Verloader hatte keine speziellen Bedingungen gestellt und demzufolge wurden auch keine erfüllt.

Infolgedessen wurde diese Ladung in der Software der Stauerei als auch an Bord als normale Trockenladung behandelt.

Es wurden keine Kühlcontainer für vergleichbare Transporte verwendet, weil der Charterer sich nicht dessen bewusst war, dass von dieser Ladung eine Gefahr ausging. Der Charterer fordert auch heute nicht die Verwendung von Kühlcontainern von den Verladern ähnlicher Ladung, da der Charterer sicherstellt, dass diese speziellen Container in Zellen gestaut werden, in denen keine potenziellen Hitzequellen existieren.

⁷ Ergänzend kann hier ausgeführt werden, dass der Hersteller auf den Transport der Akkus in Kühlcontainern wieder verzichtete, als nachgewiesen schien, dass eine andauernde externe Hitzequelle ursächlich für den Vorfall war.

Das „Operation-Team“ des Charterers verfügt über einen Generalplan des CMS PUNJAB SENATOR, den die Reederei zur Verfügung stellte. Diesem Plan können die Anordnung der Tanks entnommen werden.

Nach diesem Vorkommnis an Bord des CMS PUNJAB SENATOR werden alle Batterien, unabhängig davon, um welchen Typ es sich handelt, und ob sie als gefährliche Ladung eingestuft sind oder nicht, an Deck gestaut.

8 Angaben der Reederei

Der zuständige Reedereivertreter teilte mit, dass der Langzeit-Charterer alle schiffbaulichen Pläne und weitere offizielle Unterlagen erhalten habe. Es seien aber keine speziellen schiffbaulichen Informationen weiter gegeben worden.

9 Angaben vom Germanischen Lloyd (GL)

Die Klassifikationsgesellschaft der PUNJAB SENATOR führte aus:

Es gibt keine klassifikatorischen Vorschriften (gilt für alle IACS⁸-Gesellschaften) hinsichtlich höchstzulässiger Temperaturen in Laderäumen von Containerschiffen.

Für die Fälle, dass ein beheizter Tank in einen Laderaum eines Containerschiffes hineinragt oder an einen Laderaum angrenzt (wie in diesem Fall – vertikales Tankschott), gibt es keine besonderen Vorgaben, die für die Erteilung der Klasse erfüllt werden müssen.

Der Klassifikationsgesellschaft sind keine vergleichbaren oder ähnlichen Vorkommnisse aus der Vergangenheit bekannt.

⁸ IACS: International Association of Classification Societies (Internationale Vereinigung von Klassifikationsgesellschaften)

10 Das Brennstoffsystem des CMS PUNJAB SENATOR

10.1 Grundlagen

Beim Schwerölbetrieb müssen, im Gegensatz zum Dieselmotor, die Vorrats-, Setz- und Tagestanks⁹ beheizbar sein, um das Schweröl pumpfähig zu halten und seine Reinigung zu ermöglichen.

Vor dem Eintritt des Brennstoffes in die Einspritzanlage ist er zu separieren, um Störungen bei der Einspritzung zu verhindern.

Der Brennstoffendvorwärmer muss im Schwerölbetrieb die für die vorgeschriebene Einspritzviskosität erforderlichen Temperaturen gewährleisten. Diese Temperatur wird bei modernen Anlagen automatisch nach Vergleich des Sollwertes mit dem jeweiligen Istwert durch eine veränderliche Dampfzufuhr zum Endvorwärmer geregelt. Selbst bei starken Last- und Drehzahländerungen und den damit verbundenen Füllungsänderungen kann dabei eine konstante Einspritzviskosität in einem sehr engen Toleranzbereich eingehalten werden. Dadurch werden ein Überheizen des Brennstoffes und damit Gasbildung sowie eine ungenügende Zerstäubung wegen zu niedriger oder zu hoher Einspritzviskosität auch kurzzeitig nicht mehr möglich.¹⁰

10.2 An Bord des CMS PUNJAB SENATOR

Die Maschinenanlage an Bord des CMS PUNJAB SENATOR ist so konzipiert, dass sie mit Schweröl als auch mit Dieselöl gefahren werden kann.

Das Schweröl wird bei Temperaturen von ca. 40 °C in den Doppelbodentanks gelagert. Soll es verwendet werden, wird es in einen der beiden Setztanks gepumpt, in welchem das Schweröl ca. 12 Stunden lagert, um Verunreinigungen auszufällen. Dabei wird es in Abhängigkeit von der Brennstoffklasse auf ca. 60 - 85 °C aufgeheizt. Je höher die Temperatur ist, desto besser die Reinigung des Brennstoffes. Die Setztanks an Bord des CMS PUNJAB SENATOR haben jeweils ein Fassungsvermögen einer halben Tagesreise, so dass sie ca. alle 12 Stunden aufgefüllt werden müssen. Dies geschieht manuell. Die Befüllung des Tagestanks erfolgt permanent über die Separatoren. Die Separiertemperatur beträgt ca. 90 - 100 °C. Diese Temperatur wird im Tagestank gehalten.

Bei geringer oder keiner Abnahme aus dem Tagestank (z. B. im Hafenbetrieb) läuft das Schweröl mittels einer Überlaufleitung in den Setztank Nr. 2 der PUNJAB SENATOR zurück. In diesem Fall heizt das zurückgeführte Schweröl den Setztank weiter auf, da die Versorgungssysteme in der Regel auch bei Stillstand der Hauptmaschine aktiv bleiben.

⁹ heute auch Service-Tank genannt

¹⁰ „Schiffsmaschinenbetrieb“ (Autorenteam) S. 160 f.

11 Analyse

Ursächlich für den Brand an Bord der PUNJAB SENATOR war die Lagerung der NiMH-Akkus nahe der schiffseigenen Wärmequelle Setztank Nr. 2. Mitursächlich war der fehlende Informationsaustausch oder die Unkenntnis über

- die besonderen Bedingungen der Stellplätze an der Vorkante Laderaum 6 und
- die Anforderungen an einen sicheren Transport der NiMH-Akkus.

Dass der Schwerölsetztank Nr. 2 an den Laderaum 6 angrenzt und dort betriebsbedingt lokal eine überdurchschnittlich hohe Raumtemperatur erzeugt, war gegebenenfalls einzelnen Besatzungsmitgliedern bekannt. Mit Sicherheit war es dem Charterer möglich, diese Information aus den Schiffsplänen zu entnehmen.

Begünstigend kam hinzu, dass die Akkumulatoren bereits 14 Tage diesen Laderaumbedingungen ausgesetzt waren und sich die Container unmittelbar an der Trennwand zum Schwerölsetztank befanden.¹¹

Die Wärmeenergie des beheizten Setztanks Nr. 2 wurde über Wärmestrahlung und Wärmeleitung über die Luftschicht sowie die Laderaumkonstruktion auf die Container und ihre Ladung übertragen. Ein Wärmeverlust ist zu vernachlässigen, da sich in dem gesamten Laderaum durch die allgemeine Erwärmung ein Überdruck aufbaute, der ein Einströmen kühlerer Luft durch die Lüfterklappen verhinderte.

In tropischen Breiten, dem Fahrtgebiet, wo der Unfall eintrat, besteht in den Laderäumen eines Schiffes grundsätzlich ein Temperaturniveau oberhalb der durch den Hersteller der Akkus vorgegebenen Lagertemperatur von ca. 30 °C. Die Angabe dieser Lagertemperatur dient aber nur der Erhaltung der Leistungsfähigkeit der Akkus und stellt keine Grenze zur Gefährdung durch Austreten von Gasen dar. Daher ist weder der Einfluss der Umwelttemperaturen in tropischen Breiten noch die vorgegebene Lagertemperatur des Herstellers für die Unfallursache relevant.

Die Versuchsreihen haben eine Grenztemperatur von 85 - 88 °C ergeben. Hier beginnt nachweislich die exotherme¹² Reaktion der NiMH-Akkumulatoren, d. h. die Zufuhr von Wärmeenergie von außen führt zu einer chemischen Reaktion innerhalb der Akkus. Diese verursacht eine deutliche Temperaturerhöhung der Akkus und damit schließlich das Ausgasen der Akkumulatoren, welches zur Gefährdung durch die Entstehung eines explosiven Wasserstoff/Luft-Gemisches führt. Es ist davon auszugehen, dass auch bei Temperaturen unter 85 °C und entsprechend langer Wirkdauer diese exotherme Reaktion der Akkumulatoren eintritt. Möglicherweise zusätzlich begünstigt durch die besonders hohe Kapazität dieser NiMH-Akkumulatoren.

Es ist sehr unwahrscheinlich, dass diese Reaktionen überall in der Ladung gleichzeitig und mit gleicher Intensität auftritt. Daher ist davon auszugehen, dass sich erste einzelne kleine Brände dort entwickelt haben, wo die größte thermische

¹¹ siehe Abbildung 16 und 17

¹² Eine exotherme Reaktion ist eine chemische Reaktion, bei deren Ablauf Energie in Form von Licht oder Wärme (etc.) frei wird.

Belastung auftrat, im Weiteren begünstigt durch die Umverpackungen. Aufgrund des Eigenverschlusses der Verpackung (siehe Abb. 22 bis 25) kommt es zu einer Reaktion unter Sauerstoffmangel, also zu Schwelbränden in den Kartons. Diese Schwelbrände führten zur thermischen Aufbereitung angrenzender Ladungsteile, und somit zur Anreicherung der gesamten Containeratmosphäre mit einem brennbaren bis explosivem Gas-Luft-Gemisch. Dieser Vorgang, innerhalb eines geschlossenen Containers, ist mit der heute in Laderäumen eingesetzten Technik nicht detektierbar. Das Schadensbild des Container 1 bestätigt diesen Ablauf. Das Feuer in Container 1 wurde durch den Einsatz der CO₂-Anlage fast vollständig gelöscht. Der Grund ist die Öffnung des Containers durch die Explosion. Container 2 dagegen brannte nahezu vollständig aus, da er geschlossen blieb und das CO₂ nicht hineingelangte.

Die Schiffsführung wusste nicht, was sich konkret in den betroffenen Containern befand, weil sie nicht besonders auf sie aufmerksam gemacht worden war. Grund dafür war die allgemeine Bezeichnung in der Ladeliste, dem Arbeitsmittel der Schiffsführung, als „Chemical Materials“ sowie der Fakt, dass diese Ladung nicht im IMDG-Code enthalten ist. Es ist verständliche Praxis, dass umfangreiche Ladepapiere, wie Waybill oder Bill of Loading, von mehreren hundert Containern, die pro Hafen geladen werden, von der Schiffsführung nicht mehr in allen Einzelheiten beachtet werden können. Stattdessen werden die Ladungspapiere von Containern, welche keine gefährliche Ladung (lt. IMDG-Code) oder auch Kühlladung enthalten i. d. R. auf anderem Wege zum Zielhafen der Ladung gesendet.

Aus Gründen der Schiffssicherheit und der speziellen Ladungsbehandlung hingegen wird nach wie vor ein großer personeller Aufwand an Bord betrieben, um Container mit gefährlicher oder auch zu kühlender Ladung fachgerecht zu betreuen. Für diese Aufgabe stehen der Schiffsführung auch alle erforderlichen Informationen (Papiere, elektronische Daten) zur Verfügung. Um das Augenmerk der Schiffsführung auch auf eine besonders temperaturabhängige Ladung wie NiMH-Akkus zu richten, müssten auch diese entsprechend als gefährliche bzw. zu kühlende Ladung gekennzeichnet sein.

Abschließend sei hier das vorbildliche Verhalten der Besatzung nach dem Ausbruch des Feuers erwähnt. Ebenso sei die ausgezeichnete Zusammenarbeit während der Unfalluntersuchung der BSU mit der Reederei F. Laeisz GmbH und dem Batterie-Hersteller sowie dem Charterer erwähnt.

12 Empfehlungen

- 1) Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt den Herstellern von Batterien und Akkumulatoren verstärkt und zielgerichtet auf die Umgebungsparameter für sichere Lagerung und Transport ihrer Produkte, sowie auf Gefahrenpotentiale bei Nichteinhaltung hinzuweisen.
- 2) Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt den für die Verschiffung von Batterien und Akkumulatoren verantwortlichen Unternehmen darauf zu achten, dass in den Ladepapieren nicht mehr nur „Chemical Materials“ deklariert werden, sondern in geeigneter Form auf beispielsweise „Batteries/Acc.“ hingewiesen wird, wenn es sich um eine derartige Ladung handelt. Dies dient der Ergreifung geeigneter Maßnahmen sowohl durch die Besatzung als auch von Landseite, nicht nur für die Lagerung, sondern auch und besonders im Schadensfall. Allgemein erscheinen pauschale Begriffe wie „Chemical Materials“ zur Kennzeichnung von Ladung als sehr problematisch, da sie die Bewältigung eines Unfalls erschweren.
- 3) Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, in den entsprechenden Gremien die Eintragung von NiMH-Akkus als Gefahrenstoff der Klasse 8 in den IMDG-Code prüfen zu lassen.
- 4) Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt allen am Seetransport Beteiligten, die gegenseitige Information, insbesondere über spezielle, hier z.B. schiffbauliche Gegebenheiten, zu verbessern, um so die Sicherheit der Seeschifffahrt weiter zu erhöhen.
- 5) Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt den Klassifikationsgesellschaften die Prüfung einer Anpassung ihrer schiffbaulichen Vorschriften, um Wärmequellen des Schiffsbetriebes von der Ladung zu isolieren.

13 Quellenangabe

- Schriftliche und persönliche Stellungnahmen der Schiffsführung des CMS PUNJAB SENATOR
- Untersuchungsbericht der Fa. MINTON, TREHARNE & DAVIES LIMITED i. A. der Reederei F. Laeisz GmbH und ihrer Versicherer
- Besichtigungsbericht des Vereins Hanseatischer Transportversicherer e.V.
- Gutachten des BSU-Sachverständigen, Herrn Lars Tober
- Statement des Herstellerunternehmens
- IMDG-Code
- Messbericht No. ESE 2005.127; Germanischer Lloyd i. A. der Reederei F. Laeisz
- Auszüge der Tagebücher CMS PUNJAB SENATOR
- Schiffspläne
- Datenblätter Nickel-Metallhydrid-Akku; Fachverband Batterien (ADR)
- Sicherheitsdatenblätter Nickel-Metallhydrid-Akku
- Code of Practice (Referenz: IEC 60086-1 2000 Annex B)
- Ausschnitt aus Seekarte 2702, BSH
- „Schiffsmaschinenbetrieb“ – Verlag Technik GmbH Berlin, 5. Aufl. 1990

14 Anlage: Grafik der an Bord gemessenen Setztank Nr. 2 - Temperaturen

Die an Bord befindliche Computertechnik zeichnet automatisch einmal täglich die Innentemperatur des Setztanks Nr. 2 auf. Diese Daten konnten ausgelesen und für die Untersuchung genutzt werden. Die Vergleichsmessungen des GL bestätigten die Fehlerlosigkeit des Aufzeichnungssystems.

