



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

Untersuchungsberichte 455/15 und 58/16

Schwere Seeunfälle

**Brand von Holzkohleladung
auf den Containerschiffen
MSC KATRINA
in der Elbmündung
am 20. November 2015
und
LUDWIGSHAFEN EXPRESS
im Roten Meer
am 21. Februar 2016**

28. Mai 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	8
2	FAKTEN	9
2.1	MSC KATRINA.....	9
2.1.1	Schiffsfoto MSC KATRINA	9
2.1.2	Schiffsdaten MSC KATRINA	9
2.1.3	Reisedaten MSC KATRINA.....	10
2.1.4	Angaben zum Seeunfall	10
2.1.5	Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen	10
2.1.6	Seekarte	11
2.2	LUDWIGSHAFEN EXPRESS.....	12
2.2.1	Schiffsfoto LUDWIGSHAFEN EXPRESS.....	12
2.2.2	Schiffsdaten LUDWIGSHAFEN EXPRESS.....	12
2.2.3	Reisedaten LUDWIGSHAFEN EXPRESS.....	13
2.2.4	Angaben zum Unfall	13
2.2.5	Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen	13
2.2.6	Unfallort.....	14
3	UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG	15
3.1	Unfallhergang MSC KATRINA.....	15
3.2	Untersuchung MSC KATRINA.....	17
3.2.1	Untersuchungsbeginn	17
3.2.2	Laderaum 2	18
3.2.3	Besichtigung vor Ort.....	18
3.2.4	Holzkohleladung.....	21
3.2.4.1	Ladungspapiere.....	21
3.2.4.2	Transportbestimmungen der Reederei.....	23
3.2.4.3	Transportweg der Holzkohle.....	24
3.2.4.4	Holzkohle als Gefahrgut	25
3.2.4.5	Untersuchung der Holzkohle	27
3.2.4.6	Gewicht der Holzkohleladung.....	38
3.2.4.7	Weitere Feststellungen.....	39
3.2.5	Brandbekämpfung	39
3.2.6	Weitere Ereignisse	43
3.3	Unfallhergang LUDWIGSHAFEN EXPRESS	43
3.4	Untersuchung LUDWIGSHAFEN EXPRESS	46
3.4.1	Untersuchungsbeginn	46
3.4.2	Besichtigung vor Ort.....	46
3.4.3	Holzkohleladung.....	46
3.4.3.1	Verschiffung	46
3.4.3.2	Zweites Brandereignis.....	47
3.4.3.3	Transportweg der Holzkohle.....	49
3.4.4	Ladungspapiere.....	49
3.4.4.1	Untersuchung der Holzkohle	51

4	AUSWERTUNG	52
4.1	Ladungspapiere.....	52
4.1.1	Ladungspapiere MSC KATRINA	52
4.1.2	Ladungspapiere LUDWIGSHAFEN EXPRESS	53
4.2	Holzkohle als Gefahrgut	53
4.3	Gewicht der Holzkohleladung der MSC KATRINA	55
4.4	Brandausbruch und Brandbekämpfung	55
4.4.1	Brandausbruch	55
4.4.2	Brandbekämpfung MSC KATRINA.....	55
4.4.3	Brandbekämpfung LUDWIGSHAFEN EXPRESS	56
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	58
5.1	Feststellung der Gefahrguteigenschaften der Holzkohle	58
5.2	Ladungspapiere.....	58
5.3	Brandbekämpfung	60
6	SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN	61
6.1	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).....	61
6.2	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).....	61
6.3	Reederei Mediterranean Shipping Company (MSC)	61
6.4	Reederei Orient Overseas Container Line (OOCL)	61
7	QUELLENANGABEN.....	62
8	ANLAGEN.....	63
8.1	„Sea Waybill“ für Holzkohleladung MSC MILA / MSC KATRINA.....	63
8.2	„Report of Analysis“ für Holzkohleladung auf der MSC KATRINA.....	66
8.3	„Certificate of Quantity and Quality“ für Holzkohleladung auf der MSC KATRINA.....	67
8.4	„Report of Analysis“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS	68
8.5	„Weathering Certificate“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS.....	69
8.6	„Material Safety Data Sheet“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS.....	70
8.7	„Producing Process Certificate Industrial Lump Charcoal“ für die Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS	73
8.8	„Vanning Survey Report“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS.....	74
8.9	„Sertifikat Akreditasi“ für das Unternehmen SUCOFINDO	76
8.10	Klassifizierung selbsterhitzungsfähiger Stoffe nach IMDG Code.....	77
8.11	Thermische Eigenschaften der Holzkohle der MSC KATRINA.....	78
8.12	Gutachten Dr.-Ing. Krause.....	83

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auszug aus dem IBExU-Testbericht	23
---	----

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Verlauf der Außentemperaturen während des Transportes	25
Diagramm 2: Adiabatischer Temperatur-Zeit-Verlauf im 125 cm ³ Kubus	29
Diagramm 3: Überprüfung der Arrhenius Wärmequelle.....	30
Diagramm 4: Isoperiboler Temperatur-Zeit-Verlauf von Holzkohle im 1 Liter Kubus bei 170 °C	31
Diagramm 5: Volumenabhängige kritische Umgebungstemperatur für Holzkohle....	32
Diagramm 6: Adiabatische Induktionszeiten für indonesische Holzkohle	34
Diagramm 7: Außentemperaturen während der Reise der MSC KATRINA.....	36
Diagramm 8: Temperaturzeitverläufe an ausgewählten Orten in der Holzkohle.....	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: MSC KATRINA	9
Abbildung 2: Seekarte mit Unfallort	11
Abbildung 3: LUDWIGSHAFEN EXPRESS.....	12
Abbildung 4: Unfallort im Roten Meer.....	14
Abbildung 5: Stellplatz des Containerstapels in der Reihe 03	18
Abbildung 6: Auszug aus Stauplan der Bay (10)11	19
Abbildung 7: Brandbetroffener Container mit Fognail und Schlauch	19
Abbildung 8: Geöffneter Container ohne Brandeinwirkung.....	20
Abbildung 9: Blick in das Innere des geöffneten Containers	21
Abbildung 10: Containermodell mit Holzkohle, Luftpolster und Wärmeübergang.....	35
Abbildung 11: Temperaturverteilung in der Holzkohle nach 52 Tagen	36
Abbildung 12: Die Feuerwehr beim Kühlen des Containerstapels.....	40
Abbildung 13: Aufbau einer Sicherung auf dem Dach des obersten Containers	40
Abbildung 14: Temperaturmessung der Feuerwehr auf der Stb-Seite des Stapels: 141 °C	41
Abbildung 15: Temperaturmessung der Feuerwehr auf der Stb-Seite des Stapels: 8 °C	41
Abbildung 16: Temperaturmessung der Feuerwehr auf der Bb-Seite des Stapels: 83 °C	42

Abbildung 17: Ansicht der Stb-Seite des Stapels mit drei angebrachten Fognails ...	42
Abbildung 18: Anbringen eines Fognails	44
Abbildung 19: Herausgespülte Holzkohleladung	45
Abbildung 20: Durchgebrannter Containerboden	45
Abbildung 21: Auszug aus Stauplan, Bay 22.....	47
Abbildung 22: Auszug aus Stauplan, Bay 70.....	47
Abbildung 23: Glühende Holzkohle unterhalb des Containers auf Stellplatz 221884	48
Abbildung 24: Unkonventionelle Brandbekämpfung	48
Abbildung 25: Beispielstellplatz für einen schwer erreichbaren 20 Fuß Container ...	56
Abbildung 26: „Sea Waybill“ für Holzkohleladung auf MSC MILA und MSC KATRINA, Seite 1	63
Abbildung 27: „Sea Waybill“ für Holzkohleladung auf MSC MILA und MSC KATRINA, Seite 2	64
Abbildung 28: „Sea Waybill“ für Holzkohleladung auf MSC MILA und MSC KATRINA, Seite 3	65
Abbildung 29: „Report of Analysis“ für Holzkohleladung auf MSC KATRINA	66
Abbildung 30: „Certificate of Quantity and Quality“ für Holzkohleladung auf der MSC KATRINA.....	67
Abbildung 31: „Report of Analysis“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS	68
Abbildung 32: „Weathering Certificate“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS.....	69
Abbildung 33: „Material Safety Data Sheet“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS, Seite 1	70
Abbildung 34: „Material Safety Data Sheet“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS, Seite 2	71
Abbildung 35: „Material Safety Data Sheet“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS, Seite 3	72
Abbildung 36: „Producing Process Certificate Industrial Lump Charcoal“	73
Abbildung 37: „Vanning Survey Report“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS, Seite 1	74
Abbildung 38: „Vanning Survey Report“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS, Seite 2	75

Abbildung 39: „Sertifikat Akreditasi“ für das Unternehmen SUCOFINDO.....	76
Abbildung 40: Schema des IMDG Codes zur Klassifizierung selbsterhitzungsfähiger Stoffe.....	77
Abbildung 41: Thermische Eigenschaften der Holzkohle, Seite 1	78
Abbildung 42: Thermische Eigenschaften der Holzkohle, Seite 2	79
Abbildung 43: Thermische Eigenschaften der Holzkohle, Seite 3	80
Abbildung 44: Thermische Eigenschaften der Holzkohle, Seite 4	81
Abbildung 45: Thermische Eigenschaften der Holzkohle, Seite 5	82

1 Zusammenfassung

Auf der unter panamaischer Flagge fahrenden MSC KATRINA und auf der unter deutscher Flagge fahrenden LUDWIGSHAFEN EXPRESS ereigneten sich Brände in Containern, die mit Holzkohle als Schüttgut beladen waren. Der Ursprung der Ladung war in beiden Fällen die Insel Borneo in Indonesien. Beide Ladungen waren für den gleichen Empfänger in Frankreich bestimmt.

Die MSC KATRINA befand sich zum Zeitpunkt der Brandentdeckung durch die Rauchmeldeanlage in der Elbmündung, so dass hier durch das Havariekommando speziell ausgebildete Feuerwehrlaute zum Einsatz gebracht werden konnten. Der Brand konnte ohne Schäden am Schiff und mit nur geringem Schaden an der Ladung gelöscht werden. Der brandbetroffene Container befand sich innerhalb eines freistehenden Stapels im Laderaum, was die Brandbekämpfung erleichterte.

Die LUDWIGSHAFEN EXPRESS befuhr das Rote Meer, als der Brandausbruch während eines Kontrollgangs bemerkt wurde. Daher war die Besatzung bei der Brandbekämpfung auf sich allein gestellt. Der betroffene Container war direkt auf einem Lukendeckel gestaut, so dass der Brand schnell mit den an Bord vorhandenen Mitteln gelöscht werden konnte. Es traten keine Schäden am Schiff oder an anderer Ladung auf.

Die Untersuchung der beiden Fälle wurde aufgrund der Gleichartigkeit der Brandursache in einem Untersuchungsbericht zusammengefasst.

2 FAKTEN

2.1 MSC KATRINA

2.1.1 Schiffsfoto MSC KATRINA



Abbildung 1: MSC KATRINA

2.1.2 Schiffsdaten MSC KATRINA

Schiffsname:	MSC KATRINA
Schiffstyp:	Vollcontainerschiff
Nationalität/Flagge:	Panama
Heimathafen:	Panama
IMO-Nummer:	9467445
Unterscheidungssignal:	3EZD3
Eigner:	Potty Holding S.A.
Betreiber:	MSC Mediterranean Shipping Company S.r.l.
Baujahr:	2012
Bauwerft / Nummer:	STX Offshore & Shipbuilding Co. Ltd. / S-3021
Klassifikationsgesellschaft:	DNV GL
Länge ü.a.:	365,74 m
Breite ü.a.:	48,44 m
Bruttoraumzahl:	140.096
Tragfähigkeit:	54.157 t
Tiefgang (max.):	15,50 m
Maschinenleistung:	72.240 kW
Hauptmaschine:	MAN Diesel & Turbo 12K98MC-C7
Geschwindigkeit (max.):	25,2 kn
Werkstoff des Schiffskörpers:	Stahl
Besatzung:	24

2.1.3 Reisedaten MSC KATRINA

Abfahrtshafen:	Antwerpen (Belgien)
Anlaufhafen:	Hamburg (Deutschland)
Art der Fahrt:	Berufsschiffahrt / International
Angaben zur Ladung:	Container
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	11,5 m
Besatzung:	24
Lotse an Bord:	Ja, zwei
Anzahl der Passagiere:	keine

2.1.4 Angaben zum Seeunfall

Art des Unfalls:	Schwerer Seeunfall; Ladungsbrand, Brand in einem Container mit Holzkohle in Laderaum 2
Datum/Uhrzeit:	20. November 2015 / 03:49 Uhr ¹
Ort:	Elbe, Stromkilometer 763
Breite/Länge:	ϕ 53° 59,5'N λ 008° 15,0'O
Fahrtabschnitt:	Revierfahrt
Folgen:	Ladung in einem Container zerstört, mehrere Container durch Löschwasser beschädigt

2.1.5 Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen

Beteiligte Stellen:	Havariekommando, Wasserschutzpolizei Hamburg, Verkehrszentrale (VkZ) Cuxhaven, Feuerwehr Cuxhaven, Feuerwehr Bremerhaven
Eingesetzte Mittel:	Gewässerschutzschiff NEUWERK, ein Hubschrauber der Bundespolizei, drei Brandbekämpfungseinheiten, zwei Notärzte an Bord des Schiffes als Teil der Brandbekämpfungseinheiten, Seenotkreuzer HERMANN HELMS; Polizeiboot BÜRGERMEISTER BRAUER,
Ergriffene Maßnahmen:	Einlaufen untersagt und Schiff auf Außenelbe-Reede beordert, Lageerkundung durch Besatzung und später durch Feuerwehr, Feuerwehr flutet betroffenen Container mit Wasser
Ergebnisse:	Nach dem Löschen des Brandes wurde dem Schiff das Einlaufen nach Hamburg gestattet. Keine Personen verletzt, keine Umweltschäden.

¹ Zeit in Mitteleuropäische Zeit (MEZ)

2.1.6 Seekarte

Ausschnitt aus Seekarte ENC DE 421040 des BSH

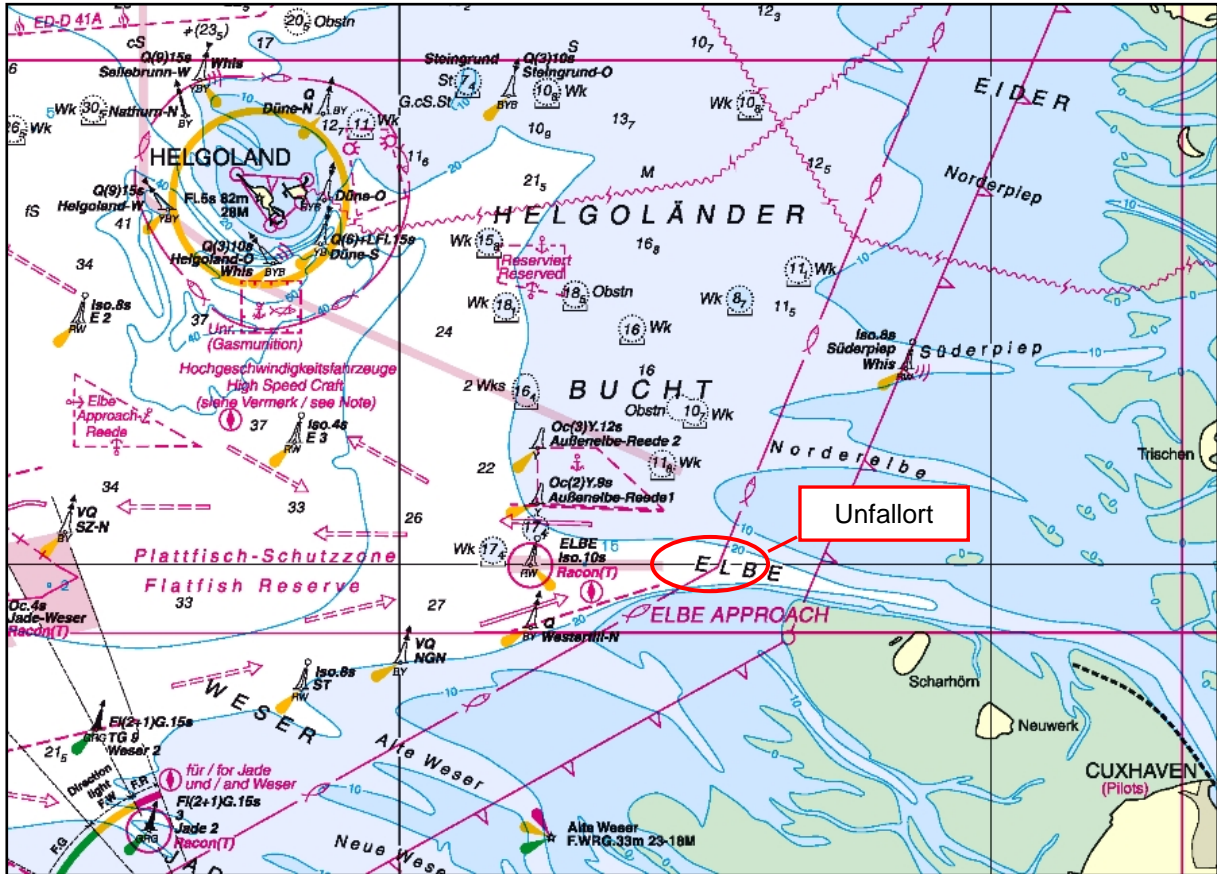


Abbildung 2: Seekarte mit Unfallort

2.2 LUDWIGSHAFEN EXPRESS

2.2.1 Schiffsfoto LUDWIGSHAFEN EXPRESS



Abbildung 3: LUDWIGSHAFEN EXPRESS

2.2.2 Schiffsdaten LUDWIGSHAFEN EXPRESS

Schiffsname:	LUDWIGSHAFEN EXPRESS
Schiffstyp:	Vollcontainerschiff
Nationalität/Flagge:	Deutschland
Heimathafen:	Hamburg
IMO-Nummer:	9613018
Unterscheidungssignal:	DDOR2
Eigner:	Hapag-Lloyd AG
Betreiber:	Hapag-Lloyd AG
Baujahr:	2013
Bauwerft / Nummer:	Hyundai Heavy Industries / 2499
Klassifikationsgesellschaft:	DNV GL
Länge ü.a.:	366,52 m
Breite ü.a.:	48,35 m
Bruttoraumzahl:	142.295
Tragfähigkeit:	127.113 t
Tiefgang (max.):	14,50 m
Maschinenleistung:	45.100 kW
Hauptmaschine:	MAN Diesel & Turbo 11K98ME7
Geschwindigkeit (max.):	23,6 kn
Werkstoff des Schiffskörpers:	Stahl
Besatzung:	21

2.2.3 Reisedaten LUDWIGSHAFEN EXPRESS

Abfahrtshafen:	Singapur
Anlaufhafen:	Le Havre (Frankreich)
Art der Fahrt:	Berufsschiffahrt / International
Angaben zur Ladung:	Container
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	11,5 m
Besatzung:	24
Lotse an Bord:	nein
Anzahl der Passagiere:	keine

2.2.4 Angaben zum Unfall

Art des Unfalls:	Schwerer Seeunfall; Ladungsbrand, Brand in einem Container mit Holzkohle an Oberdeck von Bay 70 (Laderaum 9), Temperaturerhöhung in einem benachbarten Container, später Brand in einem weiteren Container
Datum/Uhrzeit:	21. Februar 2016 / 16:30 Uhr ²
Ort:	Nördlicher Teil des Roten Meeres
Breite/Länge:	φ 24° 00,5'N λ 036° 35,1'O
Fahrtabschnitt:	Hohe See
Folgen:	Ladung in einem Container zerstört, Ladung in zwei weiteren Container geflutet

2.2.5 Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen

Beteiligte Stellen:	Keine beteiligten Behörden
Eingesetzte Mittel:	Brandbekämpfungsausrüstung des Schiffes
Ergriffene Maßnahmen:	Temperaturmessungen mittels Infrarotthermometer, Löschen und Kühlen
Ergebnisse:	Ladung des ersten brandbetroffenen Containers in die See gespült. Zweiter brandbetroffener Container in Le Havre durch Hafenbetreiber in das Hafenbecken getaucht und an Land gestellt. Es wurden keine Personen verletzt, es gab keine Umweltschäden.

² Ortszeit = UTC + 2 Stunden

2.2.6 Unfallort



Abbildung 4: Unfallort im Roten Meer

3 UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG

3.1 Unfallhergang MSC KATRINA

Die Beschreibung des Unfallhergangs beruht auf der Stellungnahme des Kapitäns des Schiffes, dem Ereignistagebuch des Maritimen Lagezentrums, den Berichten der eingesetzten Brandbekämpfungseinheiten (BBE) der Feuerwehren Cuxhaven und Bremerhaven und dem Bericht der VkZ Cuxhaven.

Das unter der Flagge von Panama fahrende Vollcontainerschiff MSC KATRINA war in den frühen Morgenstunden des 20. November 2015 in der Elbmündung auf dem Weg nach Hamburg. Das Schiff hatte zwei Lotsen an Bord genommen und die Tonne 1 der Elbe passiert, als die Rauchmeldeanlage des Schiffes um 03:43 Uhr für den Laderaum 2 eine Rauchentwicklung meldete.

Der Kapitän sandte unverzüglich den Leitenden Technischen Offizier (LTO) in den CO₂-Raum, um dort an der Rauchmeldeanlage die Situation zu prüfen. Der LTO berichtete nach einem Test der aus dem betreffenden Laderaum kommenden Ansaugleitung über den Geruch nach verbranntem Plastik. Er bereitete dann den Einsatz der CO₂-Löschanlage vor. Gleichzeitig wurden der II. Nautische Offizier und der Bootsmann unter Atemschutz in den Laderaum 2 gesandt. Sie bestätigten wenig später den Rauch im Laderaum. Nach dieser Information wurde der Generalalarm ausgelöst.

Über den Umstand eines Brandes in Laderaum 2 wurde die Verkehrszentrale (VkZ) Cuxhaven um 03:49 Uhr informiert. Der Nautiker vom Dienst (NvD) verfügte um 04:06 Uhr, das Schiff müsse drehen und in Richtung See laufen. Das Schiff lief daraufhin zunächst die Außenelbe-Reede an. Darüber hinaus beorderte der NvD das Gewässerschutzschiff NEUWERK zur MSC KATRINA.

In der Zwischenzeit erkundeten die zwei Besatzungsmitglieder unter Atemschutzgeräten weiter die Situation im Laderaum 2. Durch die Besatzung wurde außerdem der Einsatz des bordeigenen CO₂-Löschsystems für die Laderäume vorbereitet. Nach seiner Rückkehr aus dem Laderaum 2 um 04:21 Uhr berichtet der II. Nautische Offizier, dass kein offenes Feuer feststellbar war. Der Rauch dehnte sich danach vom Boden bis zur 7. Containerlage aus. Der Erkundungstrupp stellte auch einen Geruch von Holzbrand fest. Der Kapitän rief daraufhin alle Offiziere und Ingenieure für eine Besprechung auf die Brücke. Dabei wurde festgelegt, den Laderaum 2 als Vorbereitung für den CO₂-Einsatz zu versiegeln.

Die VkZ Cuxhaven informierte um 04:10 Uhr das Maritime Lagezentrum (MLZ) über das Ereignis. Wenig später alarmierte sie die Berufsfeuerwehr von Cuxhaven. Darüber hinaus wurden Absprachen getroffen, eine Brandbekämpfungseinheit (BBE) der Feuerwehr Cuxhaven mit dem Seenotkreuzer HERMANN HELMS zur MSC KATRINA zu befördern.

Die NEUWERK erreichte um 05:13 Uhr die MSC KATRINA und begleitete sie in der Folgezeit. Dabei stand die Schiffsführung der NEUWERK ständig im Funkkontakt mit der Schiffsführung der MSC KATRINA.

Die neunköpfige BBE der Feuerwehr Cuxhaven lief um 05:34 Uhr mit dem Seenotkreuzer HERMANN HELMS aus Cuxhaven aus. Zuvor war bekannt geworden, dass sich im brandbetroffenen Laderaum 9000 kg eines Stoffes der Klasse 9 des IMDG-Codes³, hier UN Nummer 3077⁴, befanden. Während der Anfahrt stand die BBE bereits im Kontakt mit der Schiffsführung der MSC KATRINA.

Um 05:38 Uhr empfahl das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Cuxhaven gegenüber der MSC KATRINA den Verschluss des Laderaums 2 und den Einsatz von CO₂ als Löschmittel.

Aufgrund der Wetterlage sollten die weiteren Feuerwehrkräfte mit Hilfe eines Hubschraubers an Bord der MSC KATRINA gebracht werden. Dazu erfolgten gegen 05:42 Uhr Absprachen mit der Bundespolizei, durch die der Hubschrauber gestellt werden sollte.

Um 06:03 Uhr teilte die Schiffsführung mit, dass die Rauchentwicklung nachgelassen habe. Die BBE, die während der Anfahrt bereits mit dem Schiff kommunizierte, empfahl weiterhin den Einsatz von CO₂.

Gegen 07:15 Uhr erreichte die HERMANN HELMS die MSC KATRINA und die BBE begann mit dem Übersteigen und der Übergabe ihrer Ausrüstung. Aufgrund der Seegangsverhältnisse während der Anfahrt stiegen nur 5 Einsatzkräfte der BBE auf die MSC KATRINA. Kurz zuvor war der BBE bekannt geworden, dass der brandbetroffene Container Holzkohle enthielt und in einem Stapel mit 6 weiteren 40-Fuß-Containern stand.

Nach einer ersten Besprechung der Feuerwehr mit der Schiffsführung begann um 07:55 Uhr die Erkundung des Brandortes durch die Feuerwehr. Bis zu diesem Zeitpunkt war kein CO₂ in den Laderaum eingeleitet worden.

Ab 08:24 Uhr wurde eine zweite BBE der Berufsfeuerwehr Cuxhaven, fünf Feuerwehrmänner und ein Notarzt sowie deren Ausrüstung, vom Hubschrauber in die Backbordnock der MSC KATRINA abgewünscht. Wenig später war die Lageerkundung der Feuerwehr abgeschlossen.

In der Zwischenzeit übernahm das Havariekommando um 09:00 Uhr die Gesamteinsatzleitung.

Um 10:13 Uhr wurde der Kapitän des Gewässerschutzschiffes NEUWERK zum On Scene Commander (OSC) ernannt. Kurz zuvor war durch die NEUWERK weitere Feuerlösch-ausrüstung (Fognails⁵, Schläuche und Adapter) an die Feuerwehrleute an Bord der MSC KATRINA übergeben worden. Dazu war eine Leinenverbindung hergestellt worden.

³ International Maritime Dangerous Goods Code. Der Code regelt die Beförderung von gefährlichen Gütern mit Seeschiffen.

⁴ Umweltgefährdender Stoff, Fest, nicht anderweitig genannt.

⁵ Eine spezielle Löschlanze, die in einen Behälter eingeschlagen werden kann.

Im weiteren Verlauf stand das Havariekommando auch im Kontakt mit dem Emergency Response Service (ERS) des DNV GL, der Klassifikationsgesellschaft des Schiffes. Dieser stellte den Generalplan und den Fire Control & Safety Plan zur Verfügung.

Gegen 11:00 Uhr erreichte eine weitere Gruppe von Einsatzkräften per Hubschrauber die MSC KATRINA. Sie bestand aus 4 Mitgliedern einer BBE der Berufsfeuerwehr Bremerhaven und einem weiteren Notarzt.

Die NEUWERK ging um 12:14 Uhr nochmals längsseits der MSC KATRINA, um weitere Ausrüstung (Schaummittel und Zumischer) zu übergeben.

Ab 13:00 Uhr drehte die MSC KATRINA und begann langsam in Richtung der Elbmündung zu laufen. Grundlage war die Feststellung, dass zu diesem Zeitpunkt von dem Brand nur noch eine sehr geringe Gefahr ausging. Die NEUWERK folgte ihr weiterhin. Eine Stunde später stellte der Einsatzleiter der Feuerwehr an Bord fest, dass keine Gefahr mehr bestand. Da das Schiff mit dem Hochwasser in Hamburg eintreffen sollte, war die Passage der Ansteuerungstonne Elbe für 16:30 Uhr vorgesehen.

Die NEUWERK wurde um 14:30 Uhr aus dem Einsatz entlassen.

Um 15:36 Uhr erteilte das WSA Cuxhaven dem Kapitän der MSC KATRINA die Erlaubnis zum Anlaufen des Hamburger Hafens.

Während der Vorbeifahrt an Cuxhaven gingen die Einsatzkräfte der Feuerwehr Cuxhaven und ein Notarzt von Bord. An Bord verblieben der andere Notarzt und vier Einsatzkräfte der Feuerwehr Bremerhaven. Sie begleiteten das Schiff bis Hamburg und stellten unterwegs die Kühlung der betreffenden Container und die Temperaturmessung an ihnen sicher.

Die MSC KATRINA war um 23:12 Uhr fest an ihrem Liegeplatz am Eurogate Containerterminal. Daraufhin beendete das Havariekommando um 23:36 Uhr die Gesamteinsatzleitung.

Nach der Einklarierung begannen die Arbeiten an der Ladung des Schiffes mit dem Entladen des brandbetroffenen Containerstapels. Alle sieben Container wurden auf einen gesonderten Platz innerhalb des Hafens gebracht. Der brandbetroffene Container wurde dabei in einer Wanne gelagert, um das austretende Löschwasser aufzufangen. Einsatzkräfte der Hamburger Feuerwehr begleiteten das Entladen der Container.

3.2 Untersuchung MSC KATRINA

3.2.1 Untersuchungsbeginn

Die BSU erhielt am 20. November 2015 durch den Eingang der Mitteilung über die Übernahme der Gesamteinsatzleitung durch das Havariekommando Kenntnis von dem Unfall. Um 11:15 Uhr wurde die Schiffsführung der MSC KATRINA via

Verkehrszentrale (VkZ) German Bight und den OSC gebeten, ein Emergency Backup des Schiffsdatschreibers auszulösen. Dem wurde nachgekommen.

Das Schiff wurde am 21. November 2015 durch ein Team der BSU an seinem Liegeplatz in Hamburg besichtigt. Dabei wurden auch die zuvor gesicherten Daten des Schiffsdatschreibers heruntergeladen. Durch die BSU wurden der Kapitän sowie der II. und III. Nautische Offizier befragt.

3.2.2 Laderaum 2

Die MSC KATRINA ist ein Schiff der Mediterranean Shipping Company S.r.l. (MSC). Sie ist ein Vollcontainerschiff mit einer Stellplatzkapazität von 12400 20 Fuß Containern. Der Laderaum 2 dieses Schiffes weist aufgrund der Form des Schiffskörpers Einschränkungen in der Ladefähigkeit auf (siehe auch Abbildung 5). Der Laderaum wird wie üblich durch ein begehbare unterstützendes Querschott getrennt, welches sich in der Mitte des Laderaums befindet. Der Abstand vom Querschott nach vorn und achtern beträgt jeweils 40 Fuß. Das begehbare Querschott ermöglicht es daher, einen im vorderen Bereich des Laderaums befindlichen 40-Fuß-Container zumindest von einer Seite zu erreichen. Im achteren Bereich des Laderaums hätten einige der Containerlagen von zwei Seiten erreicht werden können, da sich an der Achterkante ebenfalls eine begehbare Konstruktion befindet. In der 5. Lage weist die Konstruktion allerdings keine Plattform auf.

3.2.3 Besichtigung vor Ort

Zum Zeitpunkt der Besichtigung war der durch den Brand betroffene Laderaum bereits vollständig entladen. Der Boden des Laderaums wurde gerade von einer großen Menge Holzkohleschlamm gereinigt. Dadurch war zu vermuten, dass der Boden des brandbetroffenen Containers an mindestens einer Stelle durch den Brand zerstört worden war, da die Holzkohle offensichtlich ausgespült worden war, als die Feuerwehr den Container geflutet hatte. Der II. Nautische Offizier erläuterte, dass der Containerstapel mit der Holzkohleladung frei stand, so dass keine unmittelbare Gefahr für angrenzende Ladung bestand. Vom begehbaren unterstützenden Querschott aus war es der Feuerwehr möglich, die Container an einer der Stirnseiten direkt zu erreichen.



Abbildung 5: Stellplatz des Containerstapels in der Reihe 03

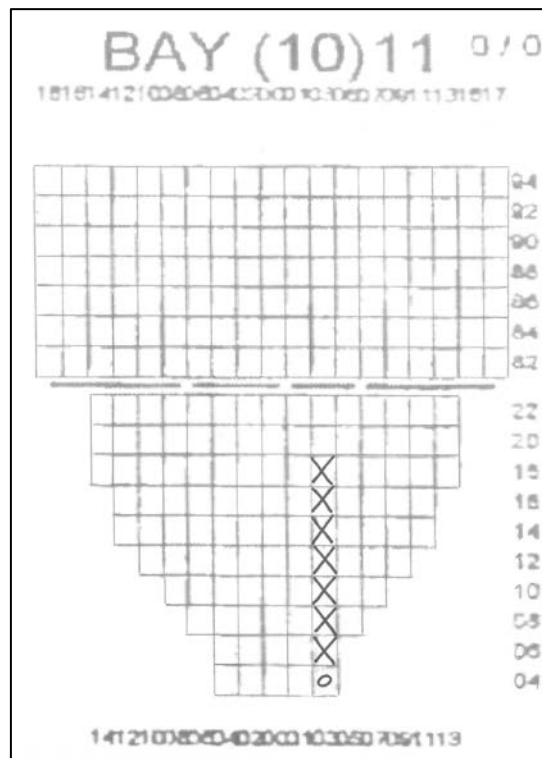


Abbildung 6: Auszug aus Stauplan der Bay (10)11

Nach dem Abschluss der Besichtigung des Schiffes wurden die sieben Container des Stapels auf ihrem Lagerplatz im Hafen in Augenschein genommen. Dabei konnten an dem brandbetroffenen Container an den zugänglichen Außenseiten keine Brandspuren festgestellt werden. Er wies lediglich eine größere Ausbeulung auf. Auf einer Seite befanden sich noch eine Art Fognail und der dazugehörige Schlauch.



Abbildung 7: Brandbetroffener Container mit Fognail und Schlauch

Alle sieben Container des Stapels wurden zunächst durch die BSU in Abstimmung mit der WSP sichergestellt. Die betreffenden Stellen wurden darüber informiert.

Die Überprüfung der Ladungspapiere ergab, dass alle sieben Container vom selben Versender⁶ (Shipper), einem Unternehmen in Indonesien, kamen und über den Hafen von Le Havre einen Empfänger in Frankreich erreichen sollten.

Am 23. November 2015 wurde einer der nichtbrandbetroffenen Container (MEDU 893549/8) im Beisein der WSP Hamburg, eines durch die Reederei Mediterranean Shipping Company S.A. (MSC) beauftragten Sachverständigen, Mitarbeitern des Hafens und der BSU geöffnet. Dies sollte der Beurteilung der Art der Beladung und der Entnahme einer größeren Probe dienen. Bei diesem, wie auch dem brandbetroffenen Container, handelte es sich um einen High Cube Container. Diese haben eine Außenhöhe von 2,90 m und eine Innenhöhe von 2,7 m. Das Bruttogewicht (Container + Ladung + Staumaterial) darf 30,4 t nicht überschreiten.

Nach dem Öffnen wurde festgestellt, dass die Holzkohle entsprechend den Ladungspapieren in loser Schüttung im Container verladen war. Eine aus groben Ästen und Bambusstangen im Eingang errichtete Trennwand verhinderte den Austritt der Holzkohle nach dem Öffnen der Türen. Die Holzkohle war bis zum Abstand von 0,8 m unter die Decke gestaut, d.h. die Stauhöhe betrug ca. 1,90 m an den höchsten Stellen.



Abbildung 8: Geöffneter Container ohne Brandeinwirkung

⁶ Im deutschen Sprachgebrauch auch Verloader oder Befrachter.



Abbildung 9: Blick in das Innere des geöffneten Containers

Auf die Öffnung des brandbetroffenen Containers wurde verzichtet, da aufgrund der Durchnässung während der Löscharbeiten keine sinnvollen Aussagen zur Ladung möglich gewesen wären.

3.2.4 Holzkohleladung

Die für einen Empfänger in Frankreich bestimmte Holzkohleladung war in sieben Containern gestaut. Die Container wurden mit der MSC MILA 3 von Surabaya nach Tanjung Pelapas transportiert. Dort wurden die Container auf die MSC KATRINA umgeladen. Nach den Häfen Sines und Antwerpen sollte Hamburg angelaufen werden. Anschließend sollte das Schiff nach Le Havre gehen, wo die Container entladen worden wären.

3.2.4.1 Ladungspapiere

Für die Untersuchung wurden der BSU die folgenden zur Ladung gehörenden Dokumente durch die Reederei zur Verfügung gestellt:

- Sea Waybill⁷, ausgestellt am 10. Oktober 2015,
- Report of Analysis, ausgestellt am 18. September 2015,
- Certificate of Quantity and Quality, ausgestellt am 12. Oktober 2015.

Durch MSC wurde die Kopie des Entwurfs des **Sea Waybill**⁸ übermittelt. Darin war das indonesische Unternehmen Pt. Citra Prima Utama als Shipper aufgeführt. Der Sea Waybill umfasste die sieben Container, die auf der MSC KATRINA geladen waren. Der brandbetroffene Container MEDU 824169/2 wies dabei mit 25.915 kg das geringste Gesamtgewicht⁹ auf. Der zum Probezweck geöffnete Container hatte mit 25945 kg das höchste Gesamtgewicht. Das Leergewicht beider Container wurde mit je 3940 kg aufgeführt. Als Inhalt wurde jeweils „Industrial Lump Charcoal“ angegeben. Damit ist traditionell hergestellte Holzkohle aus Hartholz gemeint. Die Korngröße sollte 20 mm bis 80 mm betragen. Alle Container enthielten die Holzkohle

⁷ Seefrachtbrief.

⁸ Siehe Anlage, Ziffer 8.1.

⁹ Bezogen auf Ladung + Verpackung; engl.: Cargo Gross Weight.

danach in loser Schüttung (bulk). Laut der Ladungspapiere erfolgte das Laden der Container auf die MSC KATRINA am 10. Oktober 2015.

Durch MSC wurde darüber hinaus das Zertifikat „**Report of Analysis**“¹⁰ (Nr.: 04343/DOEDAI) übergeben, das sich auf den Test der Gefahrguteigenschaft der Holzkohle bezog und durch das Unternehmen SUCOFINDO ausgefertigt war. Das Ausstellungsdatum ist der 18. September 2015. Der beurkundete Test wurde am 2. September 2015 in einem Labor in Indonesien im Auftrag des Unternehmens Pt. Buana Multiguna Inspection & Testing durchgeführt. Dabei war aus einer Gesamtmenge von 35,85 kg eine entsprechende Testmenge entnommen worden. Die Referenz dafür war: Sampling BMI 044384. Die Untersucher gehen davon aus, dass BMI für Buana Multiguna Inspection steht. Gemäß dem Testergebnis handelt es sich bei der Holzkohleladung der MSC KATRINA nicht um Gefahrgut. Die Eigenschaften der Holzkohle werden wie folgt aufgeführt:

- Feuchtigkeitsgehalt: 3,8 %
- gebundener Kohlenstoff: 85,7 %
- flüchtige Bestandteile: 13,8 %
- Aschegehalt: 0,5 %¹¹

Aus dem Zertifikat ergab sich allerdings kein Zusammenhang zu den Containern an Bord der MSC KATRINA. Das Zertifikat wurde daher durch die Wasserschutzpolizei Hamburg nicht akzeptiert. Für den Weitertransport der für Frankreich bestimmten Holzkohle verlangte die WSP von der Reederei MSC den Nachweis, dass die Holzkohle kein Gefahrgut darstellte.

Aus der Holzkohleladung wurden dafür am 23. November 2015 vier Plastikeimer für Probezwecke abgefüllt (siehe auch Ziffer 3.2.3). Die Probenentnahme erfolgt durch einen Mitarbeiter des Unternehmens Eurofins. Die Untersuchung zur Gefahrguteigenschaft der Holzkohle wurde durch das Unternehmen IBExU - Institut für Sicherheitstechnik GmbH in Freiberg durchgeführt. Für den Test wurde, ebenso wie in Indonesien und gemäß des anerkannten Testverfahrens¹², ein Drahtnetzwürfel mit 10 cm Kantenlänge befüllt und über 24 Stunden einer Temperatur von 140 °C ausgesetzt (auch UN-N.4-Test oder Bowes-Cameron-Cage-Test genannt). Der Test ergab, dass sich die Probe nicht entzündete und dass der Temperaturanstieg von 6 °C innerhalb des Würfels im Rahmen der Grenzwerte (Temperaturanstieg innerhalb der Probe um weniger als 60 °C) blieb. Damit stellt die Holzkohleladung kein Gefahrgut im Sinne der Klasse 4.2 des IMDG-Codes dar, da sie nicht zur Selbsterhitzung neigte. Die Holzkohle konnte so in der großen Verpackungseinheit Container ohne weitere Auflagen transportiert werden.

¹⁰ Siehe Anlage Ziffer 8.2.

¹¹ In allen Fällen wurde die Testmethode gem. ASTM D-1762-84 angewandt.

¹² Recommendations on the Transport of Dangerous Goods: Manual of Tests and Criteria. Teil III, Abschnitt 33.3.1.6.

Mittlere Schüttdichte im Behälter: 0,52 g/cm³

Kantenlänge des Drahtnetzwürfels (Volumen)	Lager-temperatur	Maximale Proben-temperatur T _{max}	Tempe-raturdif-ferenz	Erwärmungs-zeit bis zum Erreichen der Lagertempera-tur	Gesamt-Lager-zeit	Mas-se-verlust	positives Ergebnis
	°C	°C	K	h	h	%	
10 cm (1000 cm ³)	140	146	6	5,0	42,5 h	9,0	nein

Probenrückstand: optisch unverändert; kein sichtbarer Volumenverlust

Tabelle 1: Auszug aus dem IBExU-Testbericht

Im Verlauf der Untersuchung wurde durch MSC eine E-Mail übergeben, welche am 2. Dezember 2015 offensichtlich als Reaktion auf den Brandausbruch vom Versender der Holzkohle an MSC übermittelt worden war. Daran war ein zum Sea Waybill für den Transport auf MSC MILA 3 und MSC KATRINA passendes „**Certificate of Quantity and Quality**“¹³ mit der Nummer 044402 eingefügt, welches sich in den beurkundeten Daten hinsichtlich der technischen Daten der Holzkohle vom „Report of Analysis“ unterschied:

- Feuchtigkeitsgehalt: 5,3 %
- Gebundener Kohlenstoff: 78,93 %
- Flüchtige Bestandteile: 14,59 %
- Aschegehalt: 6,48 %

Dieses Zertifikat war am 12. Oktober 2015, zwei Tage nach dem Auslaufen der MSC MILA 3, durch das Unternehmen Pt. Buana Multiguna Inspection and Testing ausgestellt worden und bezog sich auf das Wiegen der Ware im Container und die Überprüfung der Qualität des Produktes, die vom 5. bis 8. September 2015 in Surabaya durchgeführt worden waren. Das Zertifikat enthielt keine Feststellung zur Gefahrguteigenschaft der Holzkohle.

3.2.4.2 Transportbestimmungen der Reederei

Für die Schiffe der Reederei MSC gibt es kein grundsätzliches Transportverbot von Holzkohle, auch wenn diese Gefahrgut darstellt, es sei denn es ist Holzkohlestaub.

Durch die Reederei MSC wurden die „Instructions für Specific Cargo - Charcoal“ zur Verfügung gestellt. Darin wird festgelegt, dass für den Transport die Bestimmungen des IMDG Codes einzuhalten sind, dass die Ladung also die entsprechenden Tests durchlaufen muss. Holzkohleladungen, die kein Gefahrgut darstellen, müssen demnach durch folgende Dokumente begleitet werden:

- Ein sogenanntes „Self-heating Certificate“, dass das Ergebnis des Tests zur Selbsterhitzungseigenschaft der Ladung enthält,
- einen detaillierten Analysebericht zum Produkt.

¹³ Siehe Anlage, Ziffer 8.3.

Die genannten Dokumente müssen vor dem Transport vorliegen. Die Reederei behält sich das Recht vor, Ladung abzulehnen, sollten der Test und die Analyse nicht in Übereinstimmung mit den Sicherheitsstandards der Reederei sein.

In der Anweisung wird außerdem festgelegt, dass alle Container mit Holzkohle, unabhängig davon ob sie Gefahrgut enthalten, in einer Pufferzone im Ladehafen für nicht weniger als 10 fortlaufende Tage vor der Verladung gelagert werden. Es sei denn, der Zeitraum zwischen dem Produktionsdatum (Holzkohle nach dem Prozess kalt) und der Ankunft des Containers am Hafentor beträgt mindestens 7 Tage.

3.2.4.3 Transportweg der Holzkohle

Die BSU geht davon aus, dass das Produkt auf Borneo¹⁴ im Auftrag des oder durch den Versender selbst¹⁵ hergestellt wurde. Um nähere Informationen zu erhalten, wurde der Versender schriftlich kontaktiert. Eine Antwort blieb aus. Die Reederei MSC teilte auf Anfrage mit, dass die Holzkohle im Container über den Hafen Banjarmasin/Borneo in das ca. 250 sm entfernte Surabaya/Java transportiert wurde. MSC gab an, dass die Ladung am 30. September 2015 in Container gestaut wurde. Die Ladung verließ am 3. Oktober auf einem Feederschiff Banjarmasin und erreichte am 5. Oktober 2015 Surabaya. Dort wurde die Holzkohle aus den Containern entladen. Am 8. Oktober wurde die Holzkohle in Container der Reederei gestaut.

Auf der Grundlage der von MSC übermittelten Daten konnte der weitere Transportweg der Container bestimmt werden:

- 10. Oktober 2015 Beladung des Containerschiffes MSC MILA 3 in Surabaya
- 10. Oktober 2015 Auslaufen des Schiffes aus Surabaya
- 12. Oktober 2015 Einlaufen des Schiffes in Jakarta
- 14. Oktober 2015 Auslaufen des Schiffes aus Jakarta
- 18. Oktober 2015 Entladen der Container in Tanjung Pelapas/Malaysia
- 26. Oktober 2015 Beladung des Containerschiffes MSC KATRINA in Tanjung Pelapas und Auslaufen.

Anhand einer AIS-Recherche wurde der weitere Fahrtverlauf bestimmt:

- 29. Oktober 2015 Passage der Nordspitze der Insel Sumatra
- 30. Oktober 2015 Passage von Sri Lanka
- 04. November 2015 Passage von Bab al-Mandab
- 08. November 2015 Passage des Suez Kanals
- 10. November 2015 Passage von Sizilien
- 12. November 2015 Passage von Gibraltar
- 13. November 2015 Einlaufen in Sines / Portugal
- 16. November 2015 Passage von Cherbourg
- 17. November 2015 Einlaufen Antwerpen
- 18. November 2015 Auslaufen Antwerpen
- 20. November 2015 Passage Elbe 1.

¹⁴ In Indonesien wird die Insel Kalimantan genannt.

¹⁵ http://www.bizearch.com/company/CITRA_PRIMA_UTAMA_CV_356808.htm. Abgerufen am 21. April 2017.

Insgesamt ergibt sich so eine Gesamttransportzeit von 52 Tagen. Im brandbetroffenen Container befand sich die Ladung danach für 44 Tage bis zum Brandausbruch.

Ausgehend von der Auskunft der Reederei, dass der Transport am 30. September 2015 auf Borneo begann, dass die Beladung der MSC MILA 3 am 10. Oktober 2015 erfolgte und dass der Prozess der Aufbereitung der Holzkohle dem des „Weathering Certificate“ der LUDWIGSHAFEN EXPRESS entsprach, wurde die durch MSC geforderte Mindestdauer vor der Verladung von 7 Tagen eingehalten.

Durch den DWD wurden die im Diagramm 1 dargestellten Außentemperaturen zu den einzelnen Reiseabschnitten zur Verfügung gestellt.

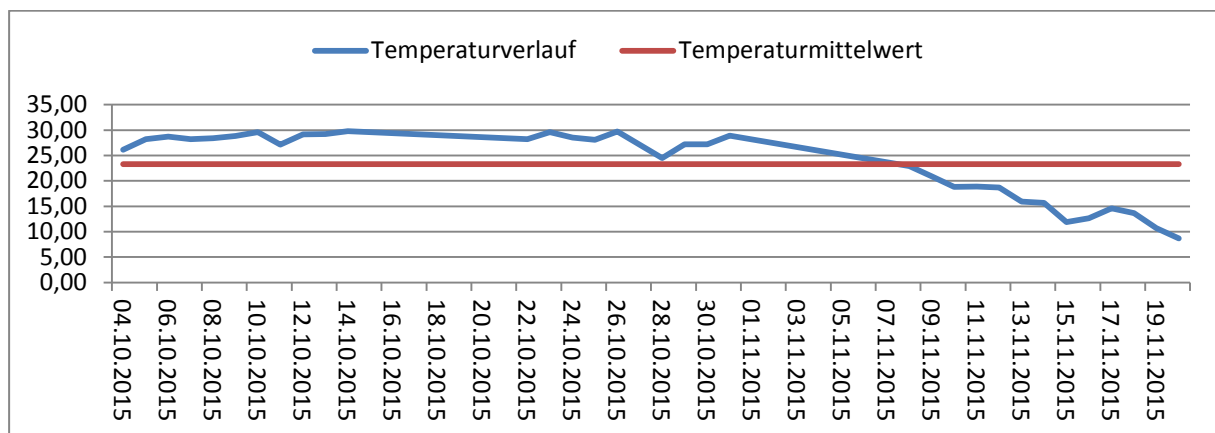


Diagramm 1: Verlauf der Außentemperaturen während des Transportes¹⁶

3.2.4.4 Holzkohle als Gefahrgut

Holzkohle kann, da es zur Selbsterhitzung neigt, unter bestimmten Umständen als Gefahrgut eingestuft werden. Selbsterhitzungsfähige Stoffe werden wie folgt definiert:

„Selbsterhitzungsfähige Stoffe oder Gemische: flüssige oder feste Stoffe oder Gemische, die keine pyrophoren¹⁷ Flüssigkeiten oder Feststoffe sind und die dazu neigen, sich in Berührung mit Luft ohne Energiezufuhr selbst zu erhitzen; derartige Stoffe oder Gemische unterscheiden sich von pyrophoren Flüssigkeiten oder Feststoffen darin, dass sie sich nur in großen Mengen (mehrere Kilogramm) und nach einem längeren Zeitraum (Stunden oder Tage) entzünden. Die Selbsterhitzung von Stoffen oder Gemischen, die zur Selbstentzündung führt, wird durch Reaktion des Stoffes oder Gemisches mit dem Luftsauerstoff und durch die Tatsache verursacht, dass die entwickelte Wärme nicht schnell genug nach außen abgeführt wird. Die Selbstentzündung tritt ein, wenn die Menge der der entstandenen Wärme

¹⁶ Der blaue Graph stellt den Mittelwert der jeweiligen Tagestemperatur dar. Der rote Graph stellt den Temperaturmittelwert der gesamten Reise dar.

¹⁷ Feste Stoffe oder Gemische, die sich schon in kleinen Mengen bei Raumtemperatur und an der Luft nach kurzer Zeit entzünden.

größer ist als die der abgeführten und die Selbstentzündungstemperatur erreicht ist.“¹⁸

„Die Zündtemperatur (auch ..., Selbstentzündungstemperatur, ...) ist diejenige Temperatur, auf die man einen Stoff oder eine Kontaktfläche erhitzen muss, damit sich eine brennbare Substanz (Feststoff, Flüssigkeit, deren Dämpfe oder Gas) in Gegenwart von Luft ausschließlich aufgrund seiner Temperatur – also ohne Zündquelle wie einen Zündfunken – selbst entzündet. Sie ist bei jedem Stoff unterschiedlich hoch und in vielen Fällen vom Druck abhängig. Hervorgerufen wird die Selbstentzündung durch eine exotherme Oxidationsreaktion, wenn die Wärmeproduktionsrate die Wärmeabfuhr durch Wärmeleitung, -strahlung und Konvektion übersteigt. Die Zündtemperatur korreliert nicht mit Siedepunkt- oder Flammpunkttemperatur eines brennbaren Stoffs. Sie ist vielmehr ein Maß für die Oxidationsempfindlichkeit der Substanz. Die Selbstentzündungstemperatur ist keine Stoffkenngröße im eigentlichen Sinn, da sie insbesondere vom Volumen der betrachteten Substanz abhängt. Größere Volumina entzünden sich bei kleineren Temperaturen.“¹⁹

Nach der Gefahrgutliste des IMDG-Codes ist Kohle tierischen oder pflanzlichen Ursprungs als selbsterhitzungsfähiger Stoff der Klasse 4.2 klassifiziert. Sendungen von Kohle, die nach der Prüfung für selbsterhitzungsfähige Stoffe gemäß Teil III, 33.3.1.6 des „Handbuchs über Prüfungen und Kriterien“²⁰ nicht die Kriterien für selbsterhitzungsfähige Stoffe erfüllen, sind unter den Bedingungen der Sondervorschrift 925 des IMDG-Codes von den sonstigen Vorschriften des Codes freigestellt. Das in Teil III, 33.3.1.6 des „Handbuchs über Prüfungen und Kriterien“ dargestellte Prüfverfahren dient der Feststellung, ob der Stoff gemäß den Ausschlusskriterien in Absatz 2.4.3.2.3.2 des IMDG-Codes nicht der Klasse 4.2 zugeordnet werden braucht. Das ist der Fall wenn

- 1. bei einer Prüfung unter Verwendung eines kubischen Prüfmusters von 10 cm Kantenlänge bei 140 °C ein negatives Ergebnis erzielt wird.*
- 2. [...]*

Bei dem oben genannten grundlegenden Test wird eine Probe des Stoffes in einem Drahtwürfel mit einer Seitenlänge von 100 mm über 24 Stunden einer Temperatur von 140 °C ausgesetzt. Dabei darf die innere Temperatur der Probe nicht mehr als 60 °C über die Ofentemperatur ansteigen (UN-N.4-Test). Wenn die innere Temperatur der Probe unterhalb dieser 60 °C bleibt (Ergebnis negativ), wird der Stoff nicht als Gefahrgut der Klasse 4.2 eingestuft (s.o.). Bei einem positiven Ergebnis müssen weitere Tests durchgeführt werden, um die Verpackungsgruppe festzulegen.

¹⁸ Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen. Ziff. 2.11.1.

¹⁹ <<https://de.wikipedia.org/wiki/Zündtemperatur>>, (14.08.2017).

²⁰ United Nations: Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Manual Tests and Criteria. Die Empfehlungen bilden die Grundlage für die Transportvorschriften der verschiedenen Verkehrsträger.

Darüber hinaus wird im Handbuch über Prüfungen und Kriterien unter Ziff. 33.3.1.3.3.1 folgendes ausgeführt:

„Prüfungen sind durchzuführen, um zu bestimmen, ob Stoffe in einer kubischen Probe mit einer Kantenlänge von 25 mm oder 100 mm bei Prüftemperaturen von 100 °C, 120 °C oder 140 °C eine Selbstentzündung oder gefährliche Erwärmung, die sich durch einen Temperaturanstieg von 60 °C über die Ofentemperatur innerhalb von 24 Stunden bemerkbar macht, zeigen. Das Klassifizierungsschema ist in Abbildung 33.3.1.3.3.1 dargestellt. Diese Kriterien basieren auf der Selbstentzündungstemperatur von Holzkohle, die 50 °C für eine kubische Probe von 27 m³ beträgt. Stoffe mit einer Selbstentzündungstemperatur von mehr als 50 °C für ein Volumen von 27 m³ sind nicht der Unterklasse 4.2 zuzuordnen.“^{21 22}

Das bedeutet, dass die Probengröße von 27 m³ für die praktische Umsetzbarkeit auf eine handhabbare Probengröße herunter skaliert wurde.

3.2.4.5 Untersuchung der Holzkohle

Der Brandausbruch an Bord der MSC KATRINA wurde durch die BSU-Untersucher trotz der negativen Ergebnisse der Tests hinsichtlich der Gefahrguteigenschaft der Holzkohle auf Selbsterhitzung zurückgeführt. Um die Transportbedingungen und die sich daraus ergebenden Gefahren zu bestimmen, wurde durch die BSU ein eigenes Gutachten in Auftrag gegeben. Mit der Erarbeitung wurde Herr Dr.-Ing. G. Krause von der Dr.-Ing. Krause GmbH beauftragt. Für die Tests stand die Restmenge von ca. 7 kg aus der Probenentnahme am 23. November 2015 zur Verfügung.

Zu Beginn der Begutachtung wurden durch das beauftragte Labor die physikalischen Eigenschaften der Holzkohle bestimmt. Dabei wurden die folgenden Werte festgestellt:

– Spezifische Wärmekapazität:	$c_p = 1293$	[J/kg*K]
– Dichte:	$\rho = 601 \pm 70$	[kg/m ³]
– Dichte bei Korngröße 20 mm	$\rho = 670,0$	[kg/m ³]
– Dichte bei Korngröße 80 mm	$\rho = 530,0$	[kg/m ³]
– Temperaturleitfähigkeit:	$a = 1,9 \cdot 10^{-7}$	[m ² /s]
– Wärmeleitfähigkeit:	$\lambda = 0,15$	[W/(m*K)]
– Feuchtigkeit:	8,1	[%]
– Korngröße:	20 - 80	[mm]

Anschließend wurden die kinetischen Eigenschaften der Holzkohle experimentell ermittelt. Dafür wurde mit der Holzkohle isoperibole, also mit konstanter Ofentemperatur, und adiabatische²³ Warmlagerungsversuche, wobei die Kohle auf ein vorgegebenes Temperaturniveau vorgeheizt wurde, unternommen. Zunächst

²¹ Empfehlungen für die Beförderung gefährlicher Güter - Handbuch über Prüfungen und Kriterien - Fünfte überarbeitete Ausgabe ST/SG/AC.10/11/Rev.5, New York und Genf, 2009, Deutsche Übersetzung, 2015.

²² Unterstreichung durch die BSU.

²³ Thermodynamischer Prozess, der ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung abläuft. Systeme, in denen adiabatische Prozesse ablaufen, sind thermisch isoliert. Dies wird in der Praxis meist durch Verwendung entsprechender Isoliergefäße erreicht.

aber wurde in diesem Zusammenhang der bereits durch IBExU durchgeführte UN-N.4-Test wiederholt. Der Test führte zum gleichen Ergebnis. Mit einem Temperaturanstieg von ca. 6 °C innerhalb der Probe lag das Ergebnis sicher innerhalb des möglichen Temperaturanstieges von bis zu 60 °C.

3.2.4.5.1 Adiabatischer Warmlagerungsversuch

Beim adiabatischen Warmlagerungsversuch wurde durch das beauftragte Unternehmen eine Probe der Holzkohle in einem 125 cm³ Drahtkorb mit einer Übertemperatur²⁴ von 2 K eingebracht. Die Starttemperatur betrug 140 °C. Durch die Gutachter wurde dazu angemerkt: „Der adiabatische Versuch hat den Vorteil, dass dieser volumenunabhängig ist. Somit lassen sich aus einem einzigen Versuch zahlreiche Schlussfolgerungen ziehen. Der Versuch [...] wurde aus Qualitätsgründen wiederholt. Das Versuchsergebnis änderte sich dadurch nicht.“²⁵

„Adiabatische [Warmlagerungs]-Versuche mit selbstentzündlichem Material dienen zur Ermittlung von Materialkennwerten wie Arrheniusrate und scheinbarer Aktivierungsenergie. Es genügt ein Versuch mit geringer Probenmenge. Im adiabatischen Warmlagerungsversuch wird die Ofentemperatur zuerst auf einen geeigneten Sollwert hochgefahren. Wenn die Proben-temperatur die Ofentemperatur erreicht hat, sollte die innere Wärmeproduktion in Gang gekommen sein. Adiabatischer Warmlagerungsversuch bedeutet, dass die Ofentemperatur der Kerntemperatur in der Probe folgt sobald die Kerntemperatur die Ofentemperatur überschreitet.“²⁶

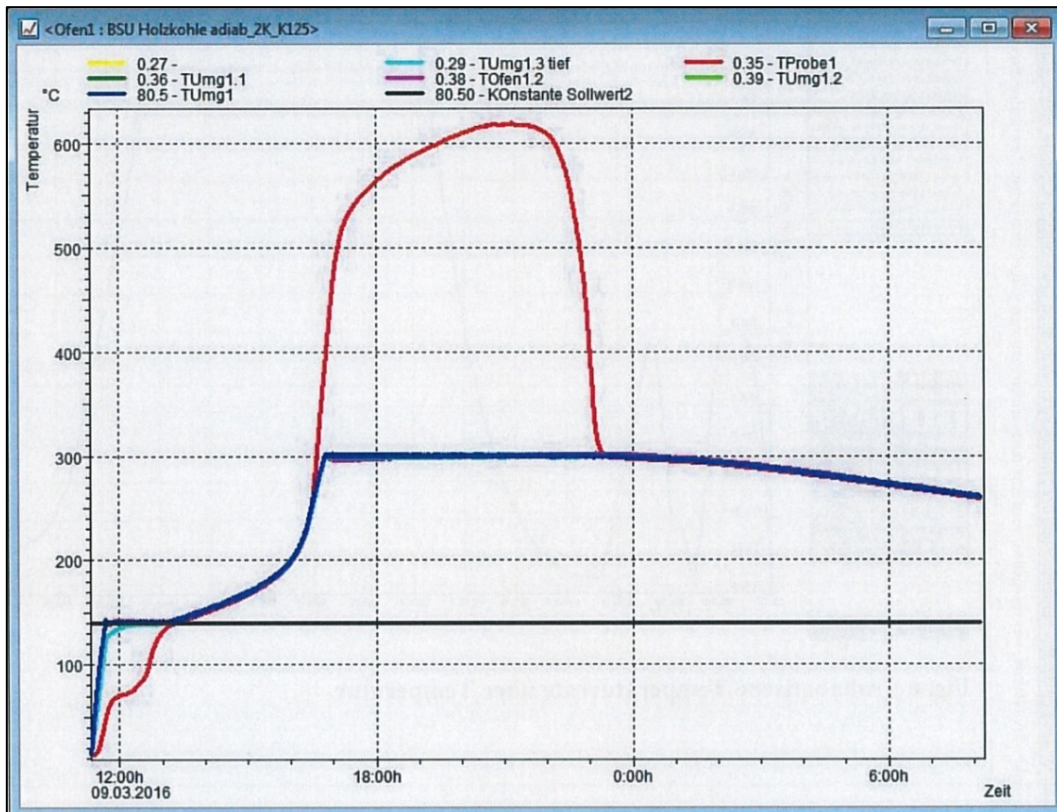
Bei dem Versuch ergab sich der im Diagramm 2 dargestellte Temperaturverlauf. Die Ofentemperatur folgte bis zur Temperatur von 300 °C der Kerntemperatur der Probe. Die Proben-temperatur stieg dann selbständig weiter bis ca. 620 °C.

Zu den weiteren ermittelten Daten wie die adiabatische Temperaturrate über der Temperatur, dem Reaktionswärmestrom der Holzkohle über der Temperatur siehe das gesamte Gutachten (siehe Hinweis unter Ziffer 8.12 der Anlage).

²⁴ Temperaturdifferenz zwischen der Ofentemperatur und der Kerntemperatur der Probe.

²⁵ Dr.-Ing. Krause, G.: Thermisches Verhalten von indonesischer Holzkohle. Klassifizierung für den Transport. Selbstentzündung von Holzkohle auf der MS KATRINA. Gutachten. Potsdam 2016. Im Folgenden mit „Gutachten Dr.-Ing. Krause“ bezeichnet.

²⁶ <<http://www.selbstentzuendung.com/de/leistung/labor.html>>, (15. August 2017).

Diagramm 2: Adiabatischer Temperatur-Zeit-Verlauf im 125 cm³ Kubus

„[Diagramm 3] gestattet, folgende Schlussfolgerung zu ziehen: Bei einer Lagertemperatur von z.B. 25 °C wird ein Reaktionswärmestrom von 3 J pro kg und Stunde erzeugt. Das ist die innere Wärmeproduktion der Holzkohle. Eine Masse von ca. 33 t Holzkohle, die in jedem Container enthalten ist, erzeugt eine Reaktionswärme von ca. 100 kJ pro Stunde. Das entspricht 28 W [pro Stunde] pro Container. Das scheint nicht viel zu sein. Diese Wärme muss durch die Belüftung des Laderaums an die Umgebung abgegeben werden. Sonst wird der Laderaum ständig aufgeheizt. Bei einer Lagertemperatur von z.B. 50 °C beträgt die die Reaktionswärme 183 W [pro Stunde].“²⁷

²⁷ Gutachten Dr.-Ing. Krause.

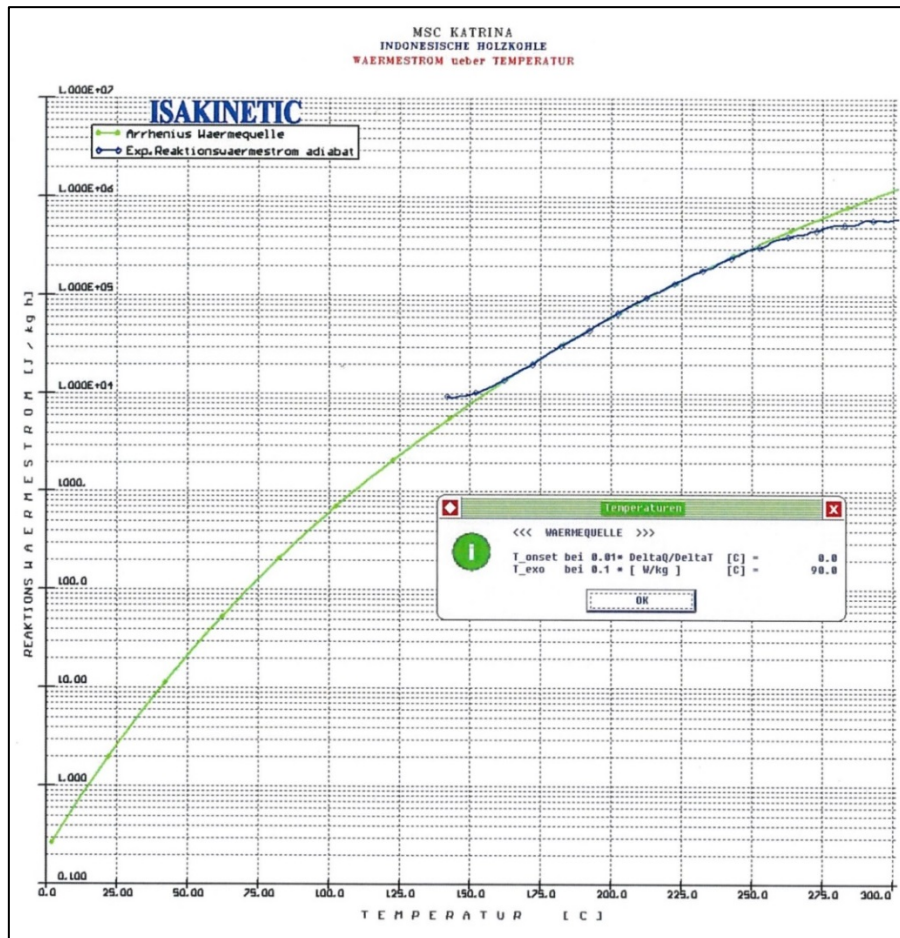


Diagramm 3: Überprüfung der Arrhenius Wärmequelle

3.2.4.5.2 Isoperiboler Warmlagerungsversuch

„Die isoperibolen Warmlagerungsversuche dienen zur experimentellen Bestimmung von volumenabhängigen Selbstentzündungstemperaturen. Der Begriff isoperibol bedeutet konstante Umgebungs(Ofen)temperatur.“²⁸

„Im isoperibolen Warmlagerungsversuch wird das zu untersuchende Material in einen Drahtkorb eingebracht, z.B. in einen Kubus oder in einen Zylinder. Dieser Korb wird in einen Ofen gestellt. Die Temperaturen im Innern des Ofens und in der Probe werden gemessen. Die Ofentemperatur wird konstant gehalten und repräsentiert die Lagerungstemperatur des Stoffes. Der Ofen wird durch Öffnungen im Innern mit genügend Sauerstoff versorgt. Die Temperaturentwicklung im Zentrum der Probe zeigt, ob ein Anstieg über die Ofentemperatur hinaus erfolgt. Ist dies der Fall, dann tritt zu einem späteren Zeitpunkt Selbstentzündung ein. Aus dem zeitlichen Temperaturverlauf ergibt sich die Induktionszeit.“²⁹

²⁸ Ebd.

²⁹ <<http://www.selbstentzuendung.com/de/leistung/labor.html>>, (15. August 2017).

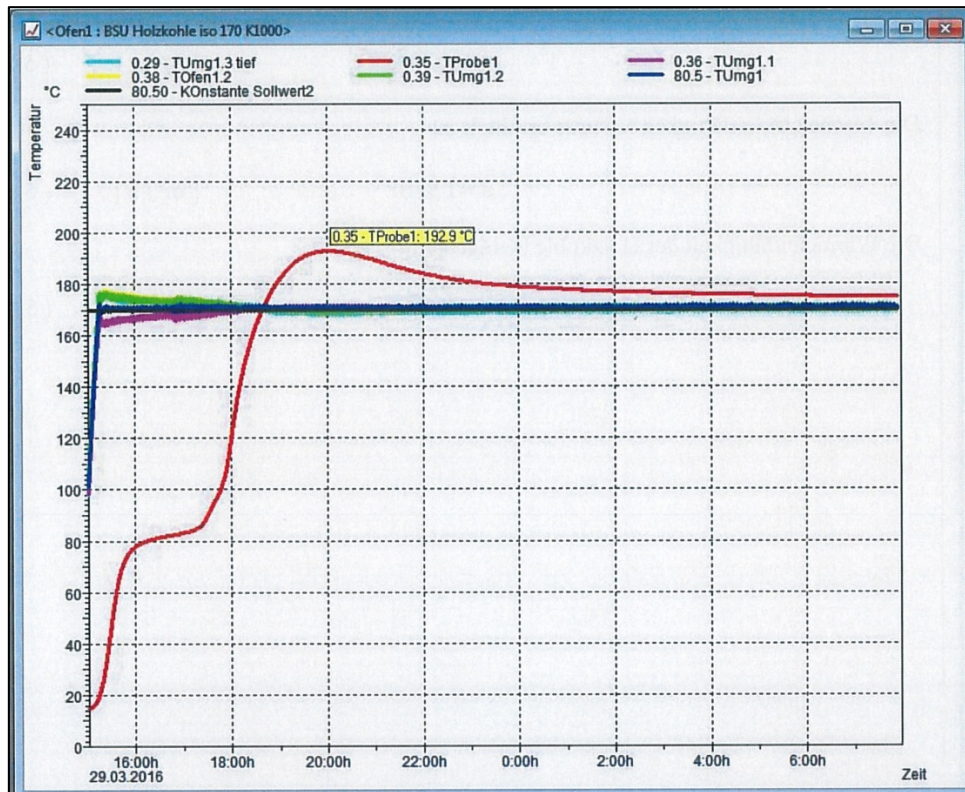


Diagramm 4: Isoperiboler Temperatur-Zeit-Verlauf von Holzkohle im 1 Liter Kubus bei 170 °C

„In den isoperibolen Warmlagerungsversuchen wurde ein Drahtkubus mit 1 Liter Volumen eingesetzt. Der Sinn dieses isoperibolen Versuches besteht darin, herauszufinden, wo die Selbstentzündungstemperatur (SET) der Holzkohle mit diesem Volumen liegt. [Zuvor] wurde lediglich festgestellt, dass die SET größer als 140 °C ist.“³⁰

Zu diesem Versuch stellte der Gutachter fest: „Die max. Temperatur der Holzkohle beträgt 193 °C. Es tritt eine Temperaturerhöhung von 23 °C auf. Es tritt keine Zündung auf. Die SET von Holzkohle im 1 Liter Kubus liegt etwas höher. Das Versuchsergebnis [...] gibt einen deutlichen Hinweis, dass die hier untersuchte Holzkohle entweder ein Gemisch mit anderen Stoffen ist oder es handelt sich um speziell präparierte Holzkohle (Aktivkohle).“³¹

In seiner Analyse betrachtete der Gutachter die volumenabhängigen kritischen Umgebungstemperaturen. Diese Umgebungstemperaturen sind insofern kritisch als das sie nicht überschritten werden dürfen, wenn Selbstentzündung vermieden werden soll.

³⁰ Gutachten Dr.-Ing. Krause.

³¹ Ebd.

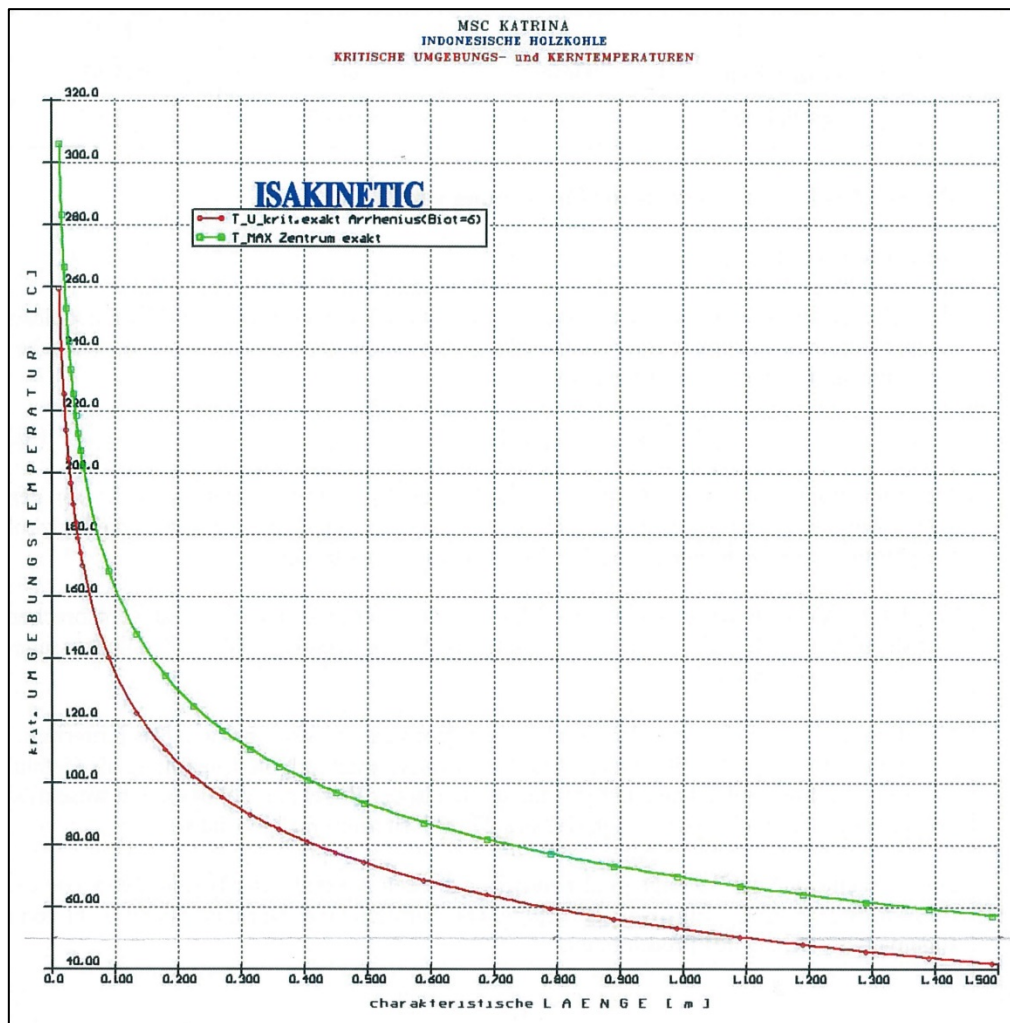


Diagramm 5: Volumenabhängige kritische Umgebungstemperatur für Holzkohle

„Die Funktion $T_{U, \text{krit.}}(L)$ in Abhängigkeit der charakteristischen Länge L ³² beruht auf den [zuvor festgestellten] kinetischen Parametern [...] sowie auf der Temperaturleitfähigkeit [...]. Der spezielle Seecontainer geht in diese Betrachtung noch nicht ein.“³³

Der Graph für $T_{U, \text{krit.}}$ wurde nach der Theorie der Wärmeexplosion berechnet.

„Aus [Diagramm 5] wird die kritische Umgebungstemperatur für ein Volumen von 27 m^3 abgelesen. Dieses Volumen entspricht einer charakteristischen Länge von $L = 1,5 \text{ m}$. Die kritische Selbstentzündungstemperatur liegt bei

$$T_{U, \text{krit.}}(27 \text{ m}^3) = 41 \text{ °C}$$

Der Temperaturwert von 41 °C für ein Volumen von 27 m^3 liegt deutlich unter der von der Norm UN-N.4 geforderten [Selbstentzündungs-]Temperatur von $[>] 50 \text{ °C}$. Somit wäre nach dieser Vorschrift die Holzkohle ein Gefahrgut, (...).

³² Für das Modell des ideal gerührten Behälters in der Wärmeübertragungslehre wird als charakteristische Länge das Verhältnis von Volumen zu Oberfläche verwendet (= Kehrwert des A/V-Verhältnisses), <https://de.wikipedia.org/wiki/Charakteristische_Länge>, (17. August 2017).

³³ Gutachten Dr.-Ing. Krause.

Der 1 Liter Versuch, der eine deutliche SET $\gg 140\text{ °C}$ ergeben hat, vermeidet entsprechend dem Flussdiagramm³⁴ [...] die Klassifizierung der Holzkohle als Gefahrstoff. Die Aussage nach [Diagramm 5] ist jedoch eindeutig.“³⁵

3.2.4.5.3 Adiabatische Induktionszeiten

„In der chemischen Sicherheitstechnik spielt die adiabatische Induktionszeit eine große Rolle. Das ist diejenige Zeit, die unter adiabatischen Bedingungen vergeht, bis von einer vorgegebenen Umgebungstemperatur das Durchgehen der chemischen Reaktion eintritt. Die adiabatische Induktionszeit ist im Allgemeinen konservativ, d.h. die Zeiten liegen auf der sicheren Seite.

Daraus folgt, dass die gesamte Zeit bestehend aus Lagerzeit und Transportzeit kleiner sein muss als die Induktionszeit. Ist das nicht der Fall, dann kommt es während der Lagerung bzw. während des Transports zur Zündung des betreffenden Stoffes, hier also der Holzkohle.“³⁶

Die Berechnung der adiabatischen Induktionszeit ergibt den in Diagramm 6 dargestellten Graphen.

„In die Berechnung geht der spezielle Container nicht ein sondern nur die Kinetik des Stoffes.

[Diagramm 6] sagt aus, dass z.B. zu einer Temperatur von 40 °C eine Induktionszeit von 72 Tagen gehört. Steigt die Temperatur auf 50 °C an, dann verringert sich die Induktionszeit auf 32 Tage. Dies ist ein Hinweis dafür, wie stark die Induktionszeit von der Umgebungstemperatur abhängt. Die Transportzeit auf See betrug 46 Tage. Die Lagerzeit der Holzkohle bis zum Auslaufen in Surabaya muss mit mindestens 10 Tagen angesetzt werden. Insgesamt muss die Induktionszeit mit größer als 56 Tagen angesetzt werden, wenn Zündung vermieden werden soll.

Mit diesen allgemeinen Überlegungen ergibt sich nach [Diagramm 6] eine Temperatur von 44 °C unter adiabatischen Bedingungen.“³⁷ Das bedeutet, dass bei einer konstanten Temperatur von 44 °C im Container nach 46 Tagen mit einer durchgehenden Reaktion zu rechnen ist, also ein Brand entstehen wird.

³⁴ Ziffer 8.10 der Anlage.

³⁵ Gutachten Dr.-Ing. Krause.

³⁶ Ebd.

³⁷ Ebd.

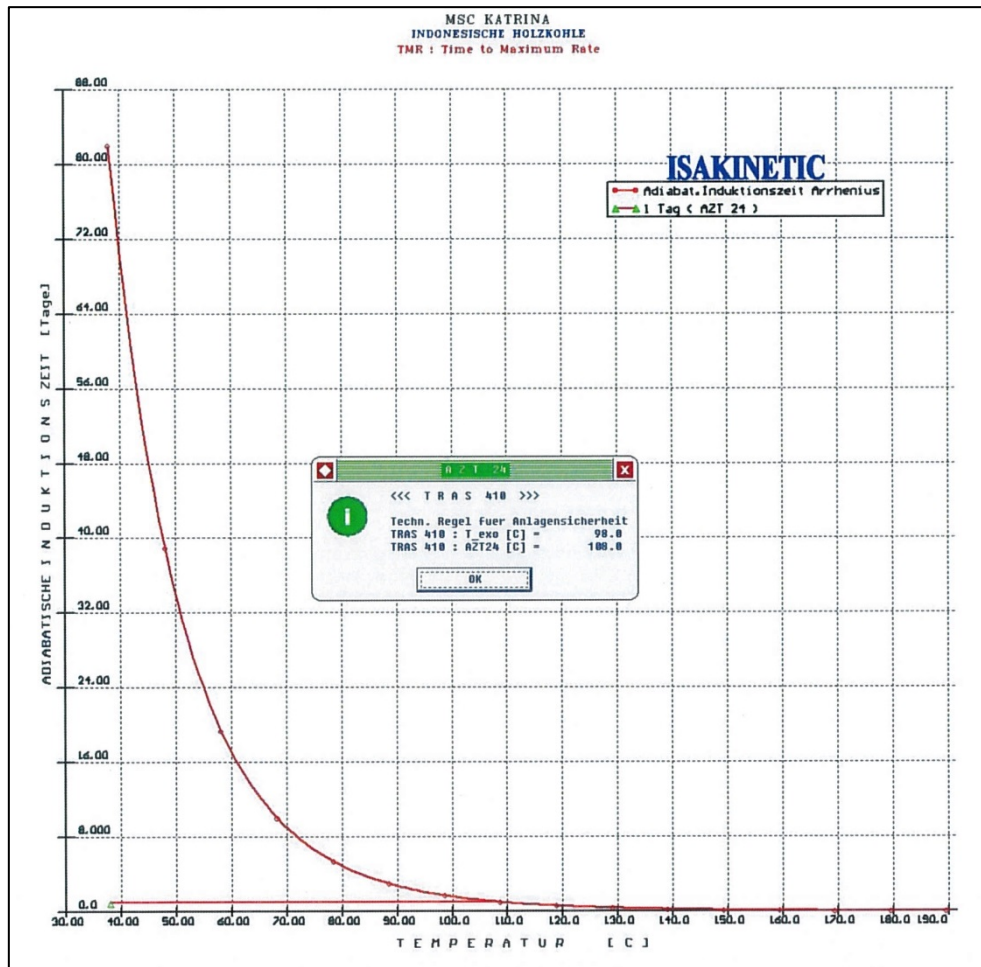


Diagramm 6: Adiabatische Induktionszeiten für indonesische Holzkohle

3.2.4.5.4 Finite Element Analyse für den verwendeten High Cube Container

„Ergänzend zu den bisherigen Überlegungen und Berechnungen soll ein Container [...] mit finiten Elementen modelliert werden. Dieses Berechnungsmodell wird einer Temperaturbelastung unterworfen, die für die in Frage kommende Jahreszeit für Indonesien und des Seetransport nach Hamburg charakteristisch ist.“³⁸

Für den 40 Fuß High Cube Stahlcontainer wurden die folgenden Daten (Innenabmessungen und Gewicht) angenommen:

Länge	$l = 12,032$	[m]
Breite	$b = 2,350$	[m]
Höhe	$h = 2,700$	[m]
Volumen	$V_C = 76,3$	[m ³]
Leergewicht	$G_L = 3.940$	[kg]

„Das Finite Elemente Modell bildet den Container mit Inhalt Holzkohle ab. Der Füllgrad beträgt ca. 72 %. Die Füllhöhe wird mit 2,0 m angenommen.

³⁸ Ebd.

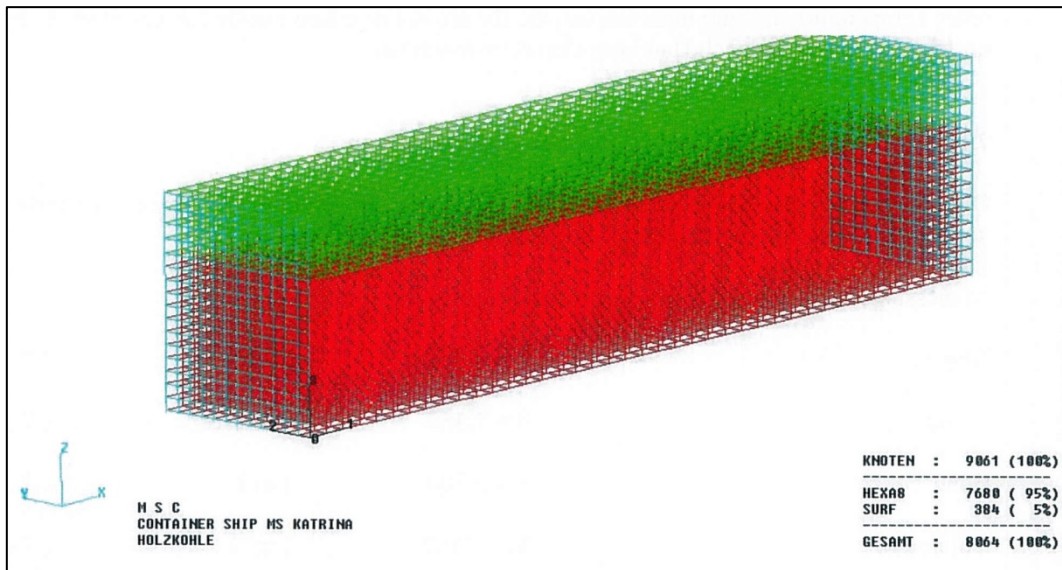


Abbildung 10: Containermodell mit Holzkohle, Luftpolster und Wärmeübergang

Das gesamte Modell besteht aus 8069 Elementen und 9067 Knoten. Das Modell ist ein Volumenmodell. Die Volumenelemente der Holzkohle sind rot und die des Luftpolsters grün markiert. Die Wärmeübergangselemente haben die Farbe cyan.

Der Stahlcontainer kann nur Wärme nach außen über die Stirnflächen abgeben. An den Seitenflächen, an der Deck- und Bodenfläche befanden sich Nachbarcontainer.³⁹ Der Wärmeaustausch zwischen benachbarten Containern ist nur eingeschränkt möglich, da alle Container unabhängig von der Art der Ladung die gleiche Temperatur im Hafen von Surabaya aufweisen mussten.“⁴⁰

Der Verlauf der Temperaturen im Laderaum ist unbestimmt, da dazu keine Aufzeichnungen erfolgten. Die Temperaturen werden durch die Umgebungstemperaturen (Luft und Wasser), durch die Sonneneinstrahlung auf der schwarzen Außenhaut des Schiffes, die Temperaturen in den an den Laderaum angrenzenden Tanks und die Belüftung der Laderäume bestimmt. Festzuhalten ist, dass nach dem Verschluss der Laderäume am 26. Oktober 2015 die erste Öffnung am 13. November 2015 in Portugal erfolgte. Zur Orientierung dienen die unter Ziffer 3.2.4.3 genannten Außentemperaturen. Sie wurden in die numerische Simulation mit einbezogen.

³⁹ Anmerkung der BSU: Die Annahme weicht von den tatsächlichen Verhältnissen ab. Aufgrund des konservativen Berechnungsansatzes geht der Gutachter davon aus, dass das Ergebnis davon nicht beeinflusst wird.

⁴⁰ Gutachten Dr.-Ing. Krause.

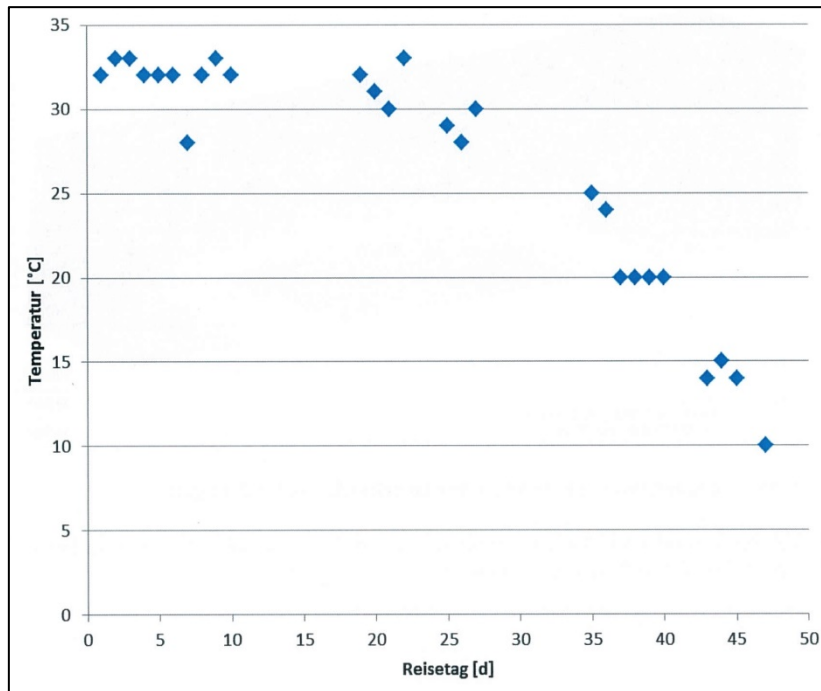


Diagramm 7: Außentemperaturen während der Reise der MSC KATRINA

Als Anfangsbedingung für die numerische Simulation wurde für die Holzkohle eine Temperatur von 45 °C⁴¹ angenommen.

„Die Berechnung ergibt eine Zeit in Tagen, nach der im Container eine Temperatur von 100 °C auftritt, die die Feuerwehr beim Löschen beobachtet hat. In [Abbildung 11] ist die Temperaturverteilung in der Holzkohle und im Luftpolster zu sehen.“⁴²

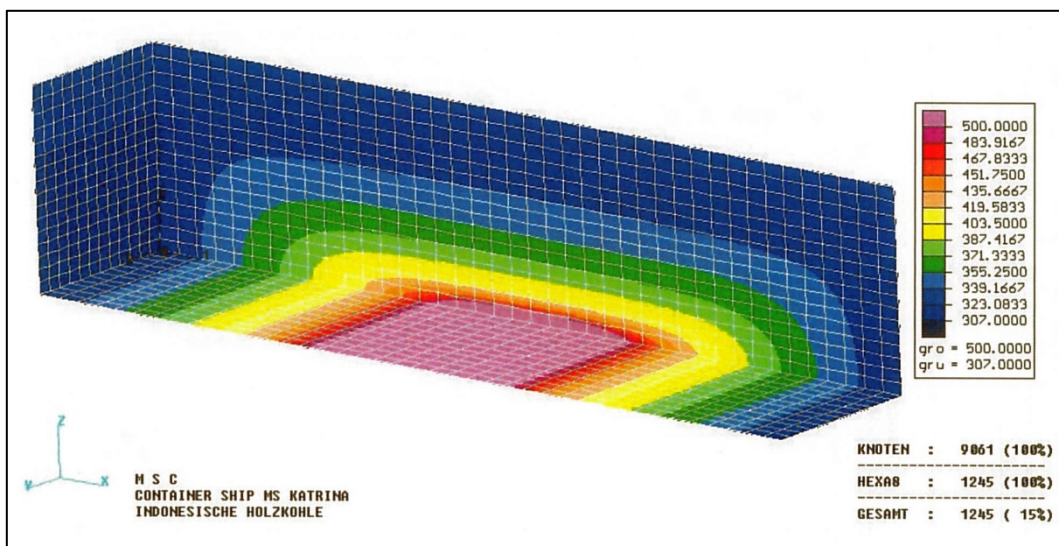


Abbildung 11: Temperaturverteilung in der Holzkohle nach 52 Tagen

„Unter den vereinbarten Annahmen bildet sich am Boden des Containers eine heiße Zone aus. Nach 52 Tagen tritt Wärmeexplosion⁴³ ein – siehe [Diagramm 8].“

⁴¹ Gutachten Dr.-Ing. Krause, Seite 1, Abs. 2.

⁴² Gutachten Dr.-Ing. Krause.

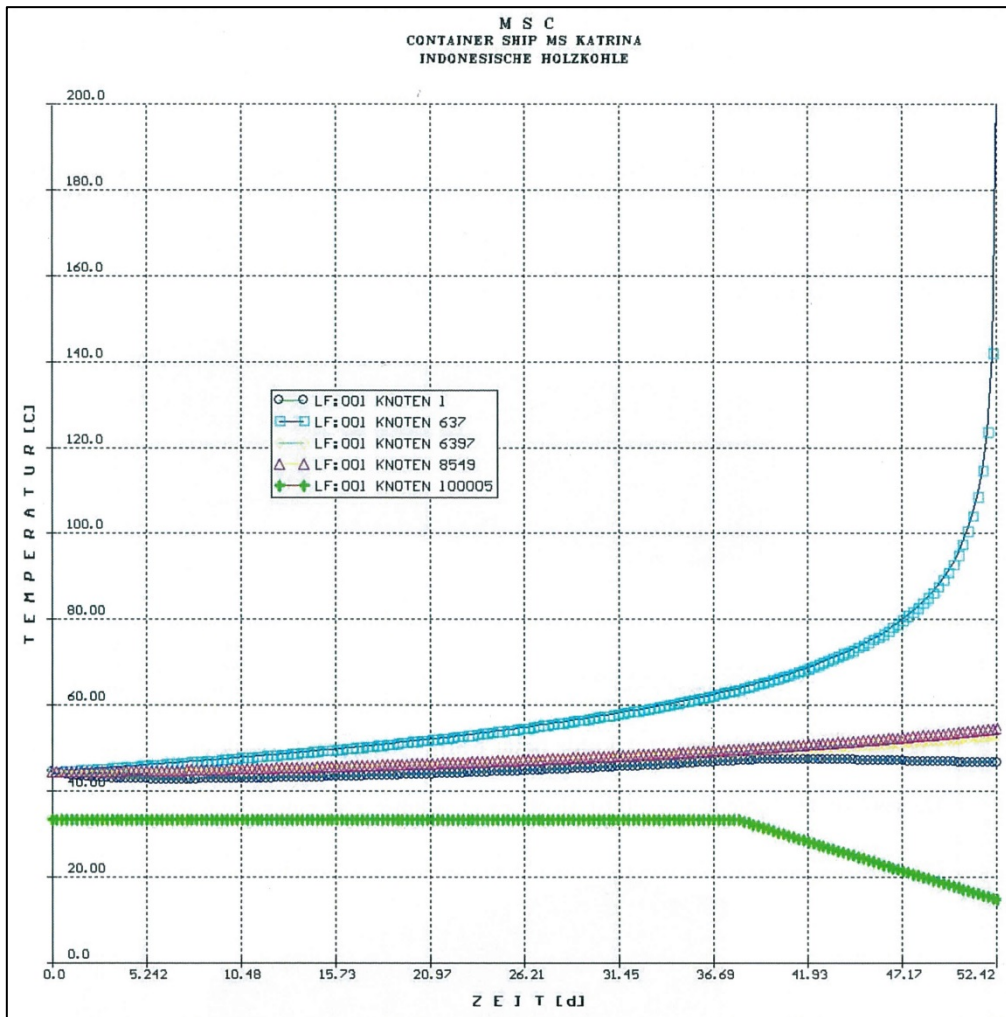


Diagramm 8: Temperaturzeitverläufe an ausgewählten Orten in der Holzkohle

„[Diagramm 8] zeigt, dass ein Temperaturniveau von 100 °C nach 50 Tagen am Boden des Containers erreicht wird. Die grüne Linie in [Diagramm 8] gibt den idealisierten Verlauf der Umgebungstemperaturen wieder.“⁴⁴

In einer weiteren Simulation wurde durch den Gutachter eine Anfangstemperatur der Holzkohle von 40 °C angenommen. Dazu wurde ein gedachter Hotspot, also eine gewisse Menge von Holzkohle mit erhöhter Temperatur, von 60 °C eingefügt. Trotz der niedrigeren Ausgangstemperatur reichte dies aus, um nach 40 Tagen die Holzkohle zu zünden. Einzelheiten dazu im angefügten Gutachten.⁴⁵

⁴³ Wärmeexplosionen entstehen, wenn die [Energie eines thermodynamischen Systems] nicht schnell genug abgeführt werden kann und damit die Temperatur des Systems ansteigt. Der Temperaturanstieg führt zu einem Anstieg der Reaktionsgeschwindigkeit und damit zu noch größerer Wärmefreisetzung und schließlich zur Explosion. (Theorien von Semenov, Frank-Kamenitzkii und Thomas). <<http://www.chemie.de/lexikon/Explosion.html>>, (17. August 2017).

⁴⁴ Gutachten Dr.-Ing. Krause.

⁴⁵ Ziffer 8.12 der Anlage.

3.2.4.6 Gewicht der Holzkohleladung

Durch den Versender der Ladung war das Gewicht der Holzkohle (Cargo Weight⁴⁶) im Sea Waybill für den untersuchten Container mit 25.920 kg angegeben worden.⁴⁷ Die Korngröße sollte danach 20 mm bis 80 mm betragen.

Im „Report of Analysis“ vom 18. September 2015 wurden die Korngrößen folgendermaßen angegeben:

0 mm bis 3 mm	0,8 %
3 mm bis 5 mm	0,3 %
5 mm bis 10 mm	0,7 %
10 mm bis 20 mm	1,8 %
20 mm bis 150 mm	96,4 %
+ 150 mm	0,0 %

Die größte Korngröße wurde in einem gesonderten Feld (Top Size) mit 75 mm angegeben. Es gab keine Angaben zur Schüttdichte.

Das am 12. Oktober 2015 ausgestellte „Certificate of Quantity and Quality“, am 02. Dezember 2015 vom Hersteller bzw. Versender (Shipper) an MSC per E-Mail übersandt, enthielt ebenfalls keine Angaben zur Schüttdichte. Die Verteilung der Korngröße wurde darin wie folgt angegeben:

0 mm bis 3 mm	7,00 %
3 mm bis 5 mm	11,38 %
5 mm bis 20 mm	81,62 %

Im Text der E-Mail wurde aber dargestellt, dass die Schüttdichte 510 kg/m³ betragen habe.

Während der durch IBExU durchgeführten Tests wurde die mittlere Schüttdichte der Ladung mit 520 kg/m³ bestimmt.

Durch Herrn Dr.-Ing. Krause wurde für das Gutachten eine Korngröße von 20 mm bis 80 mm ermittelt. Die Dichte lag dabei zwischen 530 kg/m³ (Korngröße 80 mm) und 670 kg/m³ (Korngröße 20 mm). Als Mittelwert wurde eine Schüttdichte von ca. 600 kg/m³ ermittelt.

Die Schüttdichte wurde in keinem der in Indonesien ausgestellten Dokumente festgestellt. Die in der E-Mail des Versenders genannte Schüttdichte weicht dagegen von den Werten ab, die durch das durch die BSU beauftragten Labor in Deutschland festgestellt wurden. Die in der E-Mail genannte Schüttdichte erscheint unlogisch, da die im Certificate of Quantity and Quality genannten Korngrößen von 0 mm bis 20 mm eine höhere Schüttdichte erwarten lassen würden. So wurde durch Herrn Dr.-Ing. Krause bei einer Korngröße 20 mm eine Schüttdichte von 670 kg/m³ gemessen. Ausgehend von der in der E-Mail genannten Schüttdichte von 510 kg/m³ und dem im Sea Waybill angegebenen Gewicht von 25,9 t würde sich bei dem in Hamburg geöffneten Container eine Stauhöhe der Holzkohle im Container von ca. 1,8 m ergeben. Bei einer Schüttdichte von 530 kg/m³ würde die Stauhöhe ca. 1,73 m betragen und das Ladungsgewicht läge bei 26,9 t.

⁴⁶ Im Sinne von Nettogewicht der reinen Ladung (Cargo Net Weight).

⁴⁷ Cargo Net Weight + Verpackung (Tare Weight) = Gross Cargo Weight.

Die durch die BSU-Untersucher beobachtete durchschnittliche Stauhöhe betrug dagegen 1,90 m. Bei einer Stauhöhe von 1,90 m und einer Schüttdichte von 510 kg/m^3 würde sich ein Ladungsgewicht von 27,4 t ergeben. Bei einer Schüttdichte von 530 kg/m^3 wären es bereits ca. 28,5 t. Bei einer Schüttdichte von 600 kg/m^3 würde das Ladungsgewicht bei ca. 32 t liegen.

3.2.4.7 Weitere Feststellungen

In der E-Mail des Herstellers der Holzkohle an MSC, die nach den Brandereignissen auf MSC KATRINA und MSC SVEVA abgesandt wurde, wurden die folgenden Feststellungen getroffen:

- Die für Le Havre bestimmte Holzkohle hatte mit 5 mm bis 20 mm eine kleinere Korngröße als die zu anderen Zielen verschifft, bei denen die Korngröße 20 mm bis 150 mm betrug.
- Aufgrund von extrem heißem Wetter im südlichen Borneo mit Temperaturen von ca. 37 °C betrug der Wassergehalt nur ca. 5 %. Üblicherweise würde der Wassergehalt ca. 20 % betragen. Holzkohle mit einem höheren Wassergehalt könne aber wesentlich mehr Wärme absorbieren.
- Aufgrund der geringeren Korngröße ist die Schüttdichte größer. Die Schüttdichte beträgt so 510 kg/m^3 im Vergleich zur anderen genannten Korngröße mit 350 kg/m^3 .
- Bei einer Beladung des Containers mit ca. 26 t bleiben so rund 35 % leerer Raum. Dieser leere Raum hat eine Art Gewächshauseffekt zur Folge. Bei Sonneneinstrahlung wird ein Teil der Wärme durch das im Container befindliche Material aufgenommen. Insbesondere langwellige Strahlung wird aber innerhalb des Containers reflektiert und führt zu einer weiteren Erwärmung der Luft im Container und des Inhaltes des Containers.
- Holzkohle mit kleiner Korngröße hat eine größere Oberfläche als die mit größerer Korngröße. Damit reagiert sie aktiver auf Einflüsse wie Wärme und Sauerstoff.
- Die E-Mail schließt mit der Feststellung, dass Holzkohle mit kleiner Korngröße nicht mehr zu allen Bestimmungsorten befördert werden kann.

3.2.5 Brandbekämpfung

Nach der Kontaktaufnahme des Einsatzleiters der Feuerwehr mit der Schiffsleitung der MSC KATRINA und ersten Absprachen begann die Feuerwehr mit der eigenen Lageerkundung. Dabei wurde festgestellt, dass ein Container in der 5. Lage⁴⁸ sich auf mehr als 100 °C an der Containeraußenseite erwärmt hatte. Auch der darunter befindliche Container wies eine erhöhte Temperatur im Leerraum oberhalb der eigentlichen Holzkohleladung auf. Daraufhin begann die Brandbekämpfung. Zunächst wurden zwei Strahlrohre für das äußere Kühlen eingesetzt, um die Brandausbreitung zu verhindern.

⁴⁸ Die erste Lage bildeten ein Teil des inneren Schiffskörpers und ein 20-Fuss-Container.



Abbildung 12: Die Feuerwehr beim Kühlen des Containerstapels

Der brandbetroffene Container war aufgrund der Stauhöhe nicht mittels einer Leiter erreichbar. Daher wurde durch Höhenretter, die der zweiten hinzugezogenen Feuerwehrgruppe angehörten, auf dem obersten Container des betreffenden Stapels eine Seilsicherung aufgebaut. Die Feuerwehrleute konnten sich anschließend von dort abseilen und einen Fognail am brandbetroffenen Container anbringen.



Abbildung 13: Aufbau einer Sicherung auf dem Dach des obersten Containers

Der unter dem brandbetroffenen Container befindliche Container konnte über eine angelegte Leiter erreicht werden. Er wurde über zwei im Bereich über der Ladung eingeschlagene Fognails gekühlt. Die Entwicklung der Temperatur in den Containern wurde kontinuierlich mit Hilfe einer Wärmebildkamera und eines Laserthermometers bis zum Einsatzende überwacht.

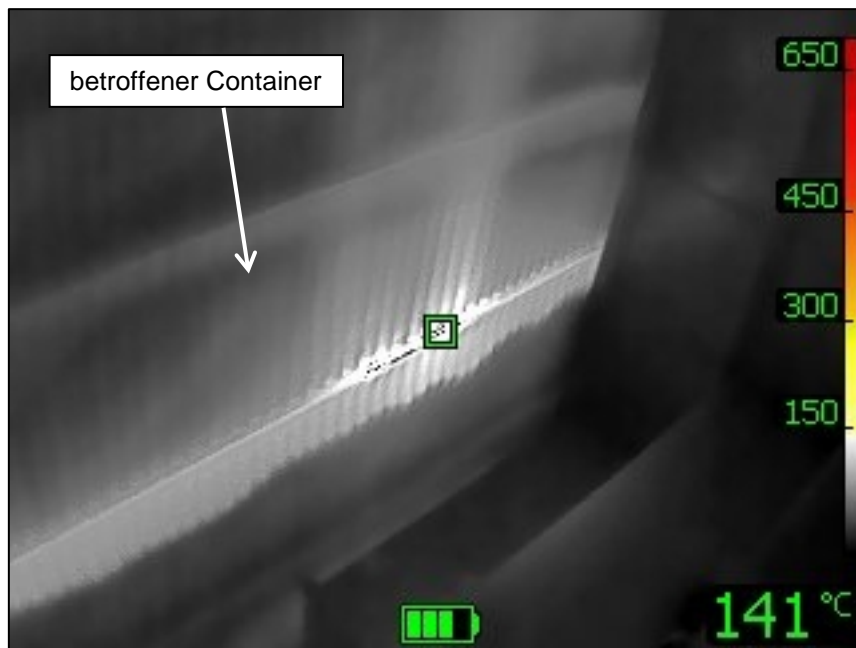


Abbildung 14: Temperaturmessung der Feuerwehrröhre auf der Stb-Seite des Stapels: 141 °C



Abbildung 15: Temperaturmessung der Feuerwehrröhre auf der Stb-Seite des Stapels: 8 °C

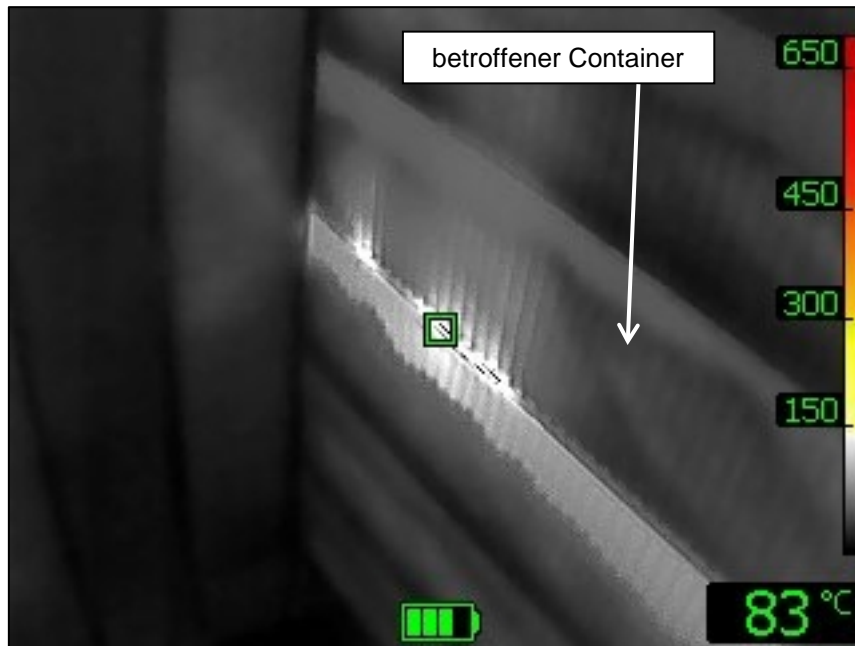


Abbildung 16: Temperaturmessung der Feuerwehr auf der Bb-Seite des Stapels: 83 °C

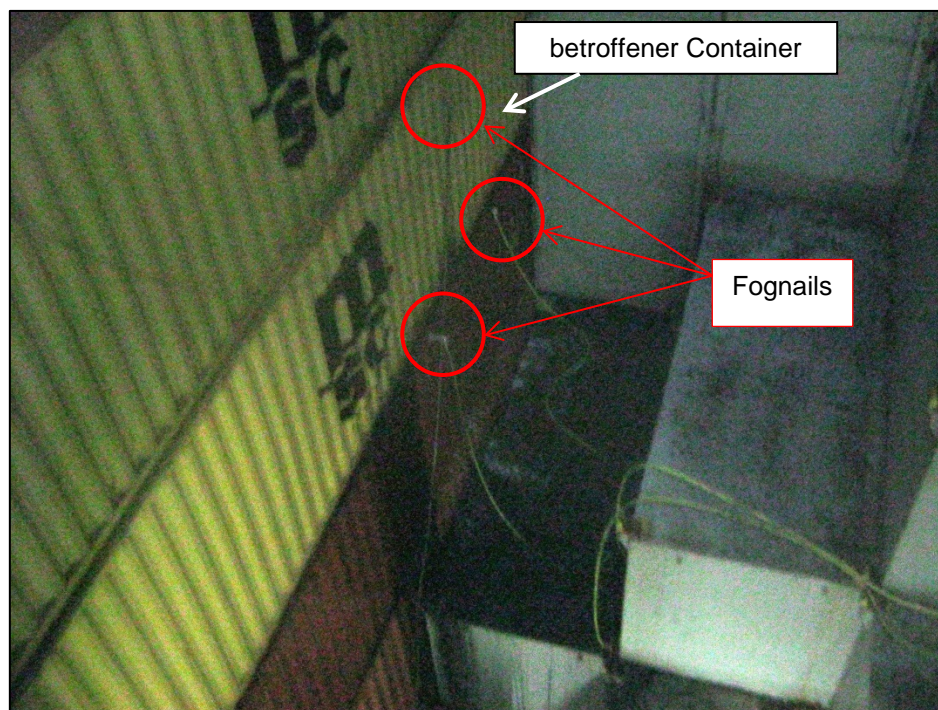


Abbildung 17: Ansicht der Stb-Seite des Stapels mit drei angebrachten Fognails

Aus den Temperaturmessungen ist ersichtlich, dass der Bereich, in dem 130 °C bis 141 °C an der Außenhaut des Containers erreicht wurden, räumlich stark und auf die rechte Seite begrenzt war. Schon dicht daneben fiel die Temperatur ab und lag nur wenig über der Umgebungstemperatur von ca. 4 °C. Es ist auch erkennbar, dass in dem unter dem brennenden Container befindlichen Container die Temperatur im Bereich über der Ladung höhere Werte (über 20 °C) aufwies, als der Leerraum des brennenden Containers. Das ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass der

Holzboden des brandbetroffenen Containers in größeren Bereichen nicht mehr vorhanden war und so die glühende Holzkohle direkt auf dem Dach des darunter befindlichen Containers lag.

3.2.6 Weitere Ereignisse

Mit der E-Mail vom 2. Dezember 2015 vom Hersteller/Versender an MSC wurde neben dem zum Sea Waybill für den Transport auf MSC MILA 3 und MSC KATRINA gehörenden „Certificate of Quantity and Quality“ (siehe Ziff. 3.2.4.1) auch ein solches Zertifikat für den Transport von 10 Containern mit Holzkohle auf der MSC GIANNA übermittelt. Dieses Zertifikat war am 26. Oktober 2015 ausgestellt worden. Die Untersucher nahmen das zum Anlass, sich bei MSC nach Ereignissen während dieses Transports zu erkundigen. MSC teilte daraufhin mit, dass es auch auf der MSC SVEVA, die diese Container von der MSC GIANNA in Tanjung Pelapas übernommen hatte, um sie nach Le Havre zu transportieren, zu einem Brandereignis gekommen war.

Der Kapitän des MSC SVEVA berichtete in seiner Stellungnahme, die der BSU von MSC übermittelt wurde, dass in den frühen Nachmittagsstunden des 23. November 2015 auf der Fahrt zwischen Suez und Algeciras durch die Brückenbesatzung Rauchwolken aus dem Bereich der Container in Bay 18 vor der Brücke des Schiffes bemerkt wurden. Der betreffende Container konnte mit Hilfe eines Laserthermometers identifiziert werden. Später wurde auch glühende Holzkohle auf dem Lukendeckel festgestellt. Neben länger andauernden Kühlmaßnahmen des Containerstapels wurde der betroffene Container für die Brandbekämpfung geöffnet und geflutet. Die Besatzung konnte so den Brand erfolgreich bekämpfen. In der Nähe dieser Container befanden sich keine Gefahrgüter.

3.3 Unfallhergang LUDWIGSHAFEN EXPRESS

Die Reederei des Schiffes, Hapag-Lloyd, meldete am 23. Februar 2016 der BSU, dass in den Nachmittagsstunden des 21. Februar 2016 an Bord ein Ladungsbrand in einem Container bemerkt und in den darauf folgenden Stunden bekämpft worden war.

Der Bericht der Schiffsführung der LUDWIGSHAFEN EXPRESS legte den Verlauf des Ereignisses detaillierter dar. Danach befand sich das Schiff zum Zeitpunkt des Brandausbruchs im Roten Meer, auf der Reise von Singapur nach Le Havre. Gegen 16:30 Uhr Ortszeit bemerkte einer der Vollmatrosen während eines Kontrollgangs zu den Kühlcontainern, dass aus einem der an Deck stehenden Container Rauch austrat. Er benachrichtigte unverzüglich den I. Nautischen Offizier, welcher sich ebenfalls an Deck befand. Dieser verifizierte die Feststellung und den Stellplatz des Containers (701182⁴⁹). Nachdem der Kapitän auf der Brücke die Information erhalten hatte löste er um 16:40 Uhr Generalalarm aus. Nach erfolgter Musterung rüstete sich die Besatzung für die Brandbekämpfung aus. Das elektrische Netz und die Ventilatoren in der Nähe des Laderaums 9 wurden abgeschaltet. Um 16:55 Uhr stellte der I. Nautische Offizier glühende Holzkohle unterhalb des betreffenden Containers fest. Bei der Überprüfung des Stauplanes und der Unterlagen zu den

⁴⁹ Im achteren Bereich des Schiffes, hinter dem Schornstein, bei Laderaum 10.

gefährlichen Gütern wurde festgestellt, dass sich keine gefährlichen Güter in der Nähe befanden und dass die Ladung des betroffenen Containers ausschließlich aus Holzkohle bestand. Um 16:57 Uhr wurde mit der Kühlung der Außenhülle und der Umgebung des brennenden Containers mittels Seewassers begonnen. Um 17:03 Uhr schlugen zwei Besatzungsmitglieder unter Atemschutz einen Fognail in den betroffenen Container, um ihn so mit Seewasser zu fluten. Gleichzeitig wurde das Schiff leicht nach Steuerbord getrimmt, um das Abfließen des Wassers zu erleichtern.

Um 17:20 Uhr stellte die Besatzung mithilfe eines Laserthermometers fest, dass der unmittelbar daneben befindliche Container (Stellplatz 700982) ebenfalls eine erhöhte Temperatur aufwies. Laut der Ladungspapiere enthielt dieser Container gleichfalls Holzkohle. Auch in diesen Container wurde ein Fognail eingeschlagen, um darüber Wasser einzuleiten. Um 17:47 Uhr war die Begehung des Laderaums 9 abgeschlossen. Hier konnten keine Auffälligkeiten festgestellt werden.



Abbildung 18: Anbringen eines Fognails

Um 18:00 Uhr hielt die Rauchentwicklung aus dem ersten Container weiterhin an. Da der hölzerne Boden inzwischen teilweise verbrannt war, spülte nun glühende Holzkohle aus dem Container auf den Lukendeckel. Das Kühlen und Fluten der beiden Container wurde fortgesetzt.

Um 20:10 Uhr öffnete die Besatzung den zuerst aufgefallenen Container. Sie stellte fest, dass die Holzkohle als Schüttgut gestaut war und Teile davon noch immer glühten. Daraufhin begann die Besatzung die Holzkohle aus dem Container und über Bord zu spülen. Dafür wurde das Schiff hecklastig getrimmt.



Abbildung 19: Herausgespülte Holzkohleladung

Um 22:30 Uhr wurde eine weitere Kontrolle des Laderaums 9 ohne besondere Feststellungen abgeschlossen.

Um 00:54 Uhr war die gesamte Holzkohle aus dem ersten Container herausgespült. Damit war der Brand in diesem Container gelöscht. Der Fognail dieses Containers wurde daraufhin ebenso am zweiten betroffenen Container angebracht und aktiviert.



Abbildung 20: Durchgebrannter Containerboden

Eine Temperaturmessung um 05:35 Uhr zeigte kein weiteres Ansteigen der Temperatur. Wenig später wurde dennoch eine Feuerwache eingesetzt und das

Kühlen fortgesetzt. Nach dem die Temperatur nach einiger Zeit abgesunken war, wurde der Brand durch die Besatzung als gelöscht erklärt.

3.4 Untersuchung LUDWIGSHAFEN EXPRESS

3.4.1 Untersuchungsbeginn

In den Tagen nach der Erstmeldung bemühte sich die Reederei des Schiffes bei OOCL⁵⁰ um die verschiedenen Ladungsunterlagen und leitete diese an die BSU weiter. Die LUDWIGSHAFEN EXPRESS wurde durch ein Untersucherteam der BSU am 8. März 2016 in Hamburg besichtigt.

3.4.2 Besichtigung vor Ort

Da die Container mit Holzkohle bereits in Le Havre gelöscht worden waren, wurden durch die Untersucher nur der Brandort und die Feuerlöschtechnik in Augenschein genommen. Ein Mitglied der Schiffsführung berichtet gegenüber den Untersuchern über das Training der Besatzung für die Brandbekämpfung und über die bei der Brandbekämpfung am Container ergriffenen Maßnahmen und Beobachtungen.

3.4.3 Holzkohleladung

3.4.3.1 Verschiffung

Auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS wurden insgesamt acht Container mit Holzkohle transportiert. Sie waren Teil einer Ladung von 15 Containern, die mit der WARNOW CHIEF von Surabaya nach Singapur verschifft worden waren. Die anderen sieben Container verließen Singapur an Bord der HYUNDAI TENACITY. Alle 15 Container hatten den gleichen Empfänger und sollten diesen über Le Havre erreichen.

Als vertraglicher Frachtführer⁵¹ der Ladung agierte das Unternehmen OOCL, das die Ladung Hapag-Lloyd im Rahmen einer bestehenden Allianz in „Slot charter“ andiente. Damit einhergehend wurden nur wenige Informationen aber keine Ladungspapiere übermittelt.

Da die Holzkohleladung aufgrund des bestandenen Tests nicht als gefährliche Ladung deklariert war, hatte die Schiffsführung der LUDWIGSHAFEN EXPRESS wie üblich keine Kenntnis über den genauen Inhalt der Container. Eine Vertreterin von Hapag-Lloyd gab an, dass bei Kenntnis des Inhaltes die Container nicht transportiert worden wären, da Holzkohle aus Indonesien in jedem Fall auf der eigenen Ausschlussliste geführt wird. Diese Liste sei auch den Partnern der Allianz bekannt. Der Inhalt war jedoch durch OOCL oder den Versender grob mit „General Cargo“ bezeichnet worden.

Auch die HYUNDAI TENACITY transportierte die Container im Rahmen der Allianz in Slot charter.

⁵⁰ OOCL - Orient Overseas Container Line.

⁵¹ Contracting carrier.

Der Auszug aus dem Stauplan (Abbildungen 21 und 22) gibt einen Überblick über die Position der Holzkohlecontainer. Es ist ersichtlich, dass alle Container mit Holzkohleladung als Decksladung verschifft wurden.

Bei den nach dem Brandereignis eingeführten regelmäßigen Temperaturmessungen an den übrigen Holzkohlecontainern waren alle Ladungseinheiten zunächst unauffällig, obwohl drei Container aufgrund des Stellplatzes erhöhter Sonneneinstrahlung ausgesetzt waren.



Abbildung 21: Auszug aus Stauplan, Bay 22⁵²

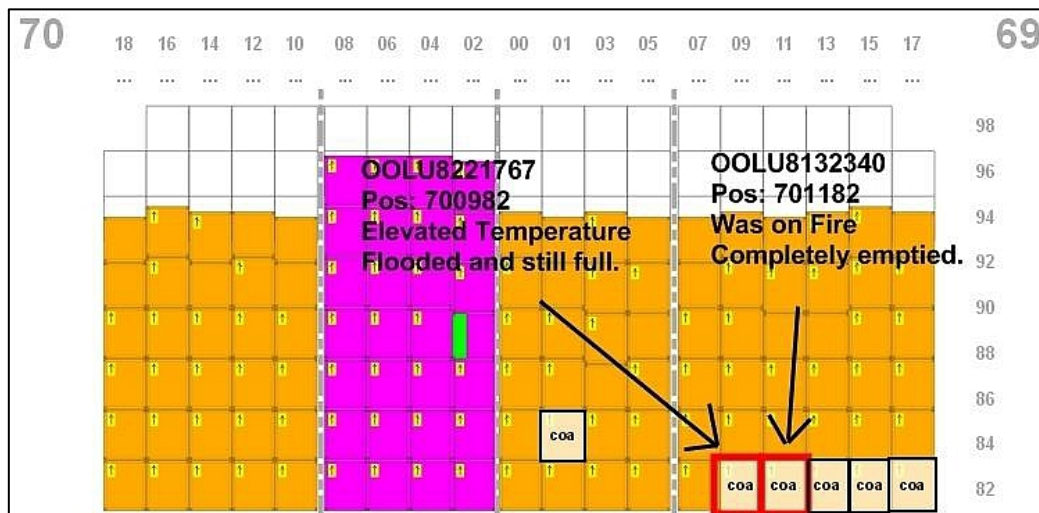


Abbildung 22: Auszug aus Stauplan, Bay 70

3.4.3.2 Zweites Brandereignis

Während der Begehung des Schiffes durch die Untersucher in Hamburg wurde durch die Schiffsführung berichtet, dass im Hafen von Le Havre während der Vorbereitungen für das Entladen ein weiterer brennender Container bemerkt wurde.

⁵² Die schwarz eingerahmten Container in den Abbildungen 21 und 22 bezeichnen die Container mit Holzkohle.

Zunächst sei bei einer der Kontrollen dessen erhöhte Temperatur aufgefallen. Später habe die Besatzung auch Brandgeruch festgestellt. Es handelte sich um den Container auf dem Stellplatz 221884, der sich damit in der zweiten Lage befand.

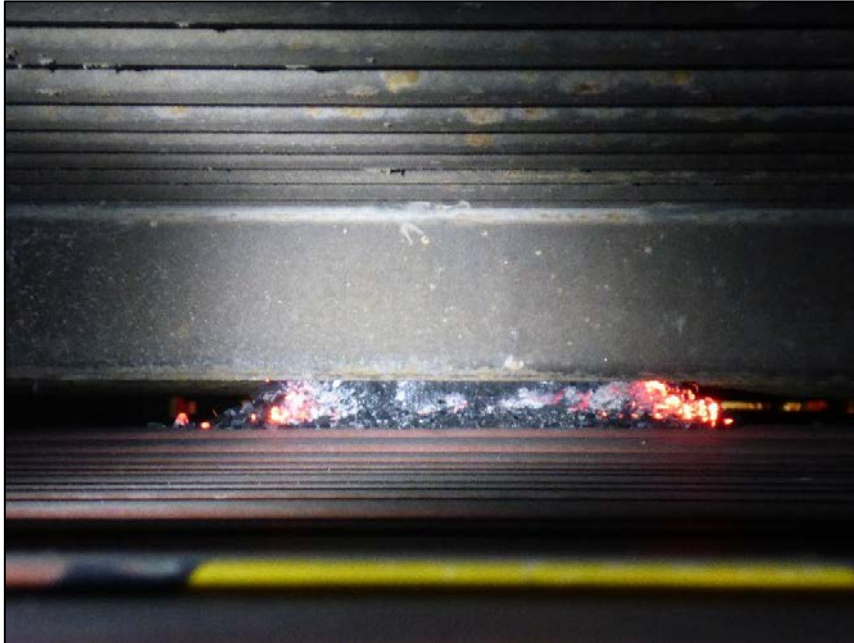


Abbildung 23: Glühende Holzkohle unterhalb des Containers auf Stellplatz 221884

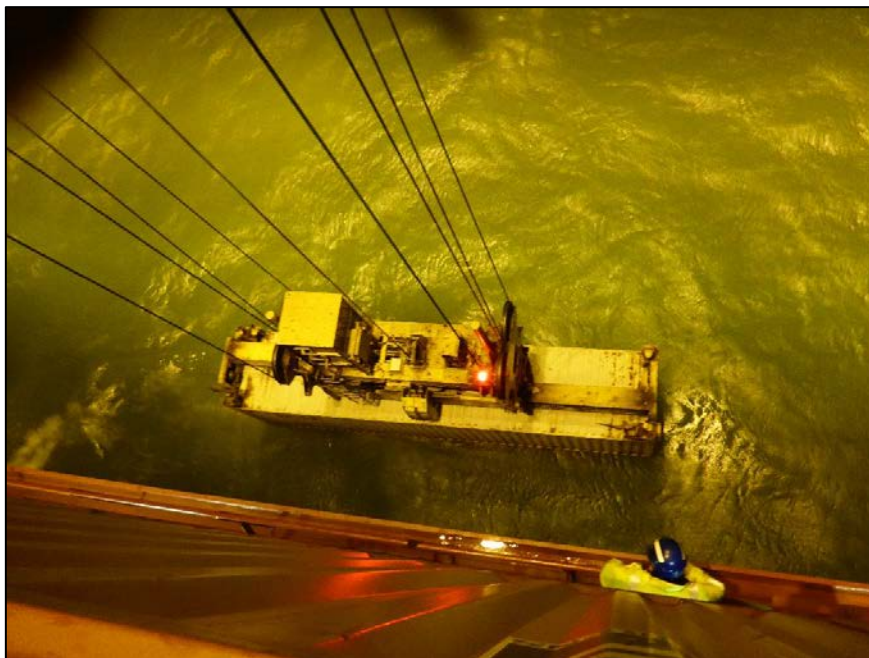


Abbildung 24: Unkonventionelle Brandbekämpfung

Da der Container überstaut war und nicht sofort entladen werden konnte, begann die Besatzung mit der bewährten Brandbekämpfung mittels eingeschlagener Fognails auf der Vorder- und Rückseite des Containers. Dies wurde bis zur Entladung durch den Terminalbetreiber beibehalten. Während der Entladung wurde dieser Container durch den Fahrer der Containerbrücke auf der Seeseite des Schiffes eingetaucht.

Der Container in Bay 22 wurde weit entfernt von den zuvor in Brand geratenen Containern transportiert, daher kann auch hier von einer Selbstentzündung ausgegangen werden.

Alle drei Container wurden in Le Havre durch Besichtiger der Versicherungen gemeinsam begutachtet. Der dazu erstellte Bericht des von Hapag-Lloyd beauftragten Besichtigers enthält einen Hinweis darauf, dass die auf der HYUNDAI TENACITY transportierten Container ohne Zwischenfälle LE HAVRE erreichten.

3.4.3.3 Transportweg der Holzkohle

Die 15 Container mit Holzkohle wurden mit der WARNOW CHIEF vom 28. Januar 2016 bis zum 30. Januar 2016 von Surabaya nach Singapur verschifft. Die LUDWIGSHAFEN EXPRESS nahm einen Teil dieser Container am 11. Februar 2016 an Bord und entlud sie am 2. März 2016 in Le Havre.

Die anderen sieben Container verließen Singapur am 4. Februar 2016 an Bord der HYUNDAI TENACITY und erreichten Le Havre am 25. Februar 2016.

Der bekannte Seetransport der Container auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS dauerte damit ab Surabaya inklusive des Aufenthaltes in Singapur 35 Tage. Die Container auf der HYUNDAI TENACITY erreichten Europa nach 29 Tagen.

3.4.4 Ladungspapiere

Durch Hapag-Lloyd wurden bei OOCL für die Holzkohleladung folgende Unterlagen beschafft:

- „Report of Analysis“, ausgestellt am 6. Januar 2016,
- „Weathering Certificate Industrial Lump Charcoal“, ausgestellt am 7. Januar 2016,
- „Material Safety Data Sheet“, ausgestellt am 7. Januar 2016,
- „Producing Process Certificate Industrial Lump Charcoal“, ausgestellt am 13. Januar 2016,
- „Vanning⁵³ Survey Report“, ausgestellt am 25. Januar 2016
- „Sertifikat Akreditasi“ für das Unternehmen SUCOFINDO, gültig für den Zeitraum vom 26. November 2014 bis zum 25. November 2018.

Der durch das Unternehmen SUCOFINDO erarbeitete „**Report of Analysis**“⁵⁴, Zertifikatnummer 00051/DOEDAJ, bescheinigt, dass eine am 18. Dezember 2015 erhaltene Probe am 28. Dezember 2015 im Auftrag des Unternehmens Pt. Citra Prima Utama beprobt wurde und die Holzkohle dabei den UN-N.4-Test bestand. Da sich weder die im Dokument genannten Siegel-Nummer der Probe bzw. die Sampling-Kennzeichnung noch die Zertifikatsnummer in einem der anderen Unterlagen wiederfindet, ist eine Zuordnung zu der in Frage stehenden Holzkohleladung nicht möglich. Das als Referenz genannte Dokument für die Probe mit der Nummer BMI 044432 liegt der BSU nicht vor. Es bezieht sich vermutlich auf ein „Certificate of Quantity and Quality“, welches analog zur MSC KATRINA vom Unternehmen Pt. Buana Multiguna Inspection and Testing ausgestellt worden sein könnte.

⁵³ Alternativer Ausdruck für das Packen/Stauen von Ladung in einen Container.

⁵⁴ Siehe Anlage Ziffer 8.4.

Das durch den Hersteller der Holzkohle, das Unternehmen Pt. Citra Prima Utama, ausgestellte „**Weathering Certificate Industrial Lump Charcoal**“⁵⁵ bezieht sich auf Holzkohle mit der Spezifikation, wie sie im „Certificate of Quality“ [sic] eines unabhängigen Besichtigers genannte wird. Das genannte Zertifikat über die Qualität lag dem Bewitterungszertifikat nicht bei. Die folgenden technischen Daten werden aufgeführt:

- generelle Größe: 5 mm bis 200 mm
- maximaler Feuchtigkeitsgehalt: 8 %
- gebundener Kohlenstoff: 80,0 %
- flüchtige Bestandteile: 19,0 %
- Aschegehalt: 1,0 %

Zusätzlich erklärt das Dokument die Herkunft des Rohmaterials und den Herstellungsprozess. Es wird dargestellt, dass nach dem Ende der Erhitzung auf 550 °C bis 600 °C eine sechstägige Abkühlungsphase erfolgte. Anschließend wurde die fertige Holzkohle in Plastiksäcke verpackt und für mindestens drei Tage an der Produktionsstätte gelagert. Danach wurde die Holzkohle ca. 150 km zur Weiterverarbeitung nach Banjarbaru im Süden Borneos transportiert. Die Holzkohle verblieb hier für einen Zeitraum zwischen 14 und 30 Tagen um dann für den Seetransport in Container geladen zu werden. Der Hersteller versichert mit dem Dokument auch, dass die Temperatur der Holzkohle überprüft worden sei, um einen ungefährlichen Zustand der Holzkohle sicherzustellen.

Das übergebene „Weathering Certificate“ enthält keinen Hinweis, der einen Rückschluss auf die in Frage stehende Holzkohleladung erlauben würde.

Das „**Material Safety Data Sheet**“⁵⁶ wurde ebenfalls durch das herstellende Unternehmen selbst ausgestellt. In ihm werden neben den üblichen Informationen zur Gefahrenvermeidung und den Maßnahmen bei einem Brand oder dem Austreten des Stoffes die folgenden technischen Daten der Holzkohle genannte:

- Feuchtigkeitsgehalt: 4,0 % bis 7,0 %
- gebundener Kohlenstoff: 75,0 % bis 90,0 %
- flüchtige Bestandteile: 10,0 % bis 20,0 %
- Aschegehalt: 0,5 % bis 3,0 %

Der Pkt. 17 des Dokuments bezieht sich als Referenz auf einen durch das Unternehmen SUCOFINDO ausgestellten „Report of Analysis“ vom 18. September 2015 (Nr. 32091/DBBPAH). Dieser war nicht Bestandteil der übergebenen Unterlagen. Allerdings gehen die Untersucher davon aus, dass dieser schon aufgrund des Ausstellungsdatums ohne Bezug zur in Frage stehenden Holzkohleladung ist.

Das Dokument „**Producing Process Certificate Industrial Lump Charcoal**“⁵⁷ wurde gleichfalls durch den Hersteller ausgestellt. Es bezieht sich ausdrücklich auf die WARNOW CHIEF und deren Reise 304W. In diesem Dokument werden die technischen Daten wie folgt aufgeführt:

- generelle Größe: 50 mm bis 100 mm

⁵⁵ Siehe Anlage Ziffer 8.5.

⁵⁶ Siehe Anlage Ziffer 8.6.

⁵⁷ Siehe Anlage Ziffer 8.7.

- Feuchtigkeitsgehalt: 4,0 % bis 7,0 %
- Gebundener Kohlenstoff: 85,0 % bis 90,0 %
- flüchtige Bestandteile: 5,0 % bis 10,0 %
- Aschegehalt: 0,5 % bis 3,0 %

Als Produktionsstandort wird Banjarmasin⁵⁸ genannt. Gemäß dem Zertifikat wurde die Holzkohle am 26. Oktober 2015 hergestellt und am 7. Januar 2016 verpackt.

Der durch das Unternehmen Pt. Buana Multiguna Inspection and Testing ausgefertigte „**Vanning Survey Report**“⁵⁹ bezieht sich ebenfalls auf die Reise 304W der WARNOW CHIEF. In ihm wird festgestellt, dass der UN-N.4-Test „... in our analytical laboratory [sic] ...“ bestanden wurde und dass der Feuchtigkeitsgehalt der Probe 8,36 % beträgt. Die Untersucher der BSU gehen davon aus, dass sich dies auf den oben genannten „Report of Analysis“ bezieht, auch wenn in diesem Fall die Herstellerfirma als Auftraggeber aufgeführt wird.

Im Staubericht wird bescheinigt, dass die Container vor der Beladung trocken und in einem guten Zustand waren. Zudem wird dargestellt, dass nach dem Beladen in loser Schüttung die Ladung zur Tür hin mit einem „Zaun“ aus Bambusstangen gesichert wurde.

3.4.4.1 Untersuchung der Holzkohle

Während der Besichtigung des Schiffes in Hamburg wurde auch eine Probenmenge der Holzkohle durch die Untersucher übernommen. Die Probe wurde nicht weiter analysiert, da das vorliegende Material während des Löschprozesses massiv mit Seewasser in Berührung gekommen sein muss und so nicht mehr dem Originalzustand entsprach.

Eine geplante weitere Begutachtung der betreffenden Container im Hafen von Le Havre durch einen durch die Reederei beauftragten Besichtigter wurde durch die Behörden nicht gestattet. Daher sollten beim Empfänger weitere Proben genommen werden. Dieser hatte die Container beim Eintreffen der Besichtigter aber bereits entladen, so dass eine Zuordnung nicht mehr möglich war.

⁵⁸ Banjarmasin ist ca. 30 Straßenkilometer von Banjarbaru entfernt.

⁵⁹ Siehe Anlage Ziffer 8.8.

4 AUSWERTUNG

4.1 Ladungspapiere

Für Holzkohle, die keine Gefahrguteigenschaften besitzt und die nicht als Gefahrgut transportiert werden soll, ist gemäß IMDG Code die Sondervorschrift 925⁶⁰ anzuwenden:

„Die Vorschriften dieses [IMDG] Codes gelten nicht für:

- [...]
- *eine Sendung von Kohle, die die Prüfung für selbsterhitzungsfähige Stoffe, wie im Handbuch über Prüfung und Kriterien (siehe 33.3.1.3.3) beschrieben, bestanden haben und wenn eine entsprechende Bescheinigung eines durch die zuständige Behörde akkreditierten Labors vorliegt, aus der hervorgeht, dass aus der zur Beförderung vorgesehenen Sendung die Proben durch geschultes Personal des Labors korrekt entnommen und geprüft wurden, und dass diese Proben korrekt geprüft die Prüfung bestanden haben [...].*

Die Bescheinigung eines akkreditierten Labors über den negativ bestandenen Test nach UN-N.4 ist demnach das einzige notwendige Dokument, das eine Holzkohleladung, die kein Gefahrgut darstellt, begleiten muss. Ergänzend dazu können Reedereien weitere Dokumente verlangen, wie beispielsweise ein Bewitterungszertifikat oder ein Stauzertifikat.

4.1.1 Ladungspapiere MSC KATRINA

Das Nichtvorhandensein der Gefahrguteigenschaft sollte durch den vorliegenden „Report of Analysis“ (Nr.: 04343/DOEDAI) bestätigt werden. Der Inhalt dieses Reports ließ allerdings keinen Rückschluss auf die MSC MILA 3, die MSC KATRINA oder den Sea Waybill zu. Insofern war die Zurückweisung dieses Reports durch die Wasserschutzpolizei nur folgerichtig, da davon auszugehen war, dass sich der Report nicht auf die vorliegenden Holzkohle bezog. In jedem der nachfolgend durchgeführten Tests (UN-N.4-Test) wurde aber die Nichtgefahrengeigenschaft im Sinne des IMDG Codes dieser Holzkohleladung bestätigt.

Das vorliegende „Certificate of Quantity and Quality“ mit der Nummer 044402 passte zum Sea Waybill, da darin Schiff und Reisennummer sowie weitere Daten genannt wurden, die die genaue Identifizierung ermöglichen. Mit dem Zertifikat wurden das Gewicht der Ladung und die physikalischen Parameter der Holzkohle nach einer Analyse durch das ausstellende Unternehmen bestätigt. Das Zertifikat enthielt keine Aussage zu den Gefahrguteigenschaften der Holzkohle.

Die im „Certificate of Quantity and Quality“ aufgeführten physikalischen Parameter der Holzkohle unterschieden sich von den im „Report of Analysis“ aufgeführten in allen Werten. Außerdem wick die als Referenz genannten Probennummer (044384) des Reports von der auf dem Zertifikat aufgeführten (044402) ab. Das unterstützt die Annahme der Untersucher, dass der vorliegende Report sich nicht auf diese Holzkohleladung bezieht.

⁶⁰ IMDG Code Kapitel 3.3.1.

Dem zur Verfügung gestellten „Report of Analysis“ war nicht zu entnehmen, dass es sich bei dem ausführenden Labor um ein akkreditiertes Labor handelte. Die diesbezüglich an die in den Dokumenten bekanntgemachten E-Mail-Adressen des ausstellenden Unternehmens gesandten E-Mail-Anfragen konnten nicht zugestellt werden.

4.1.2 Ladungspapiere LUDWIGSHAFEN EXPRESS

Von den zur Holzkohleladung vorliegenden Dokumenten bezog sich nur der „Vanning Survey Report“ eindeutig auf die Holzkohleladung der LUDWIGSHAFEN EXPRESS. Auf der Grundlage der Feststellungen im „Vanning Survey Report“ gehen die Untersucher der BSU dennoch davon aus, dass die Holzkohleladung keine Gefahrguteigenschaften aufwies. Alle anderen Unterlagen hatten weder einen Bezug zueinander bzw. zu dieser Reise noch waren die angegebenen physikalischen Parameter deckungsgleich. Der „Report of Analysis“ enthielt zum einen keine Details zu den physikalischen Parametern der Holzkohle und zum anderen keinen Hinweis auf eine vorhandene Akkreditierung. Durch Hapag-Lloyd wurde aber ein separates Dokument übermittelt, welches die Akkreditierung des Unternehmens SUCOFINDO zertifizierte.

Eine im Rahmen der Untersuchung an OOCL per E-Mail gesandte Anfrage nach weiteren Ladungspapieren blieb unbeantwortet.

4.2 Holzkohle als Gefahrgut

Holzkohle kann ein Gefahrgut darstellen, da es bei einem Transport in großer Menge und bei langer Transportdauer nur durch die Berührung mit Luftsauerstoff und ohne Energiezufuhr selbsterhitzungsfähig ist. In diesem Fall entsteht ein Schwelbrand ohne offene Flamme. „Dabei können Temperaturen bis zu 1300 °C erreicht werden. Während der Verbrennung werden Gase produziert. Eine starke Raumentwicklung dieser Gase ist im Labor nicht zu beobachten. Die Gase sind geruchsfrei.“⁶¹

Ein vor dem Transport durchgeführter Test soll klären, ob die zu transportierende Holzkohle ein Gefahrgut darstellt. Im IMDG Code ist festgelegt, dass der Test zur Bestimmung der Gefahrguteigenschaft entsprechend der Beschreibung im „Handbuch über Prüfungen und Kriterien“, Ziffer 33.3.1.6, ausgeführt wird. Aufgrund der vereinfachten Handhabbarkeit wird der Test nicht mit einer Probe von 27 m³ durchgeführt. Für den Eingangstest reicht eine Menge an Holzkohle, die in einen Würfel von 10 cm Kantenlänge passt. Ein Stoff ist nicht in Klasse 4.2 einzustufen, wenn bei diesem Test ein negatives Ergebnis erzielt wird. Die Holzkohle, die auf den beiden Containerschiffen transportiert wurde, durchlief diesen Test in Indonesien wahrscheinlich mit einem negativen Ergebnis. Zumindest lassen die zu einem späteren Zeitpunkt negativ bestandenen Tests darauf schließen. Die Holzkohle war demnach kein Gefahrgut.

Für das Gutachten im Auftrag der BSU führte Herr Dr.-Ing. Krause den UN-N.4-Test erneut durch. Auch sein Test hatte zum Ergebnis, dass die Holzkohle den Eingangstest negativ durchlief und damit kein Gefahrgut darstellte. Weitere experimentelle und rechnerische Untersuchungen zeigten aber, dass die

⁶¹ Gutachten Dr.-Ing. Krause.

Selbstentzündungstemperatur bei einer Menge von 27 m³ bei 41 °C lag. Damit erfüllte der Stoff das im „Handbuch über Prüfungen und Kriterien“ unter Ziffer 33.3.1.3.3.1 genannte Kriterium: bei einer Selbstentzündungstemperatur von weniger als 50 °C für ein Volumen von 27 m³ ist der Stoff in Klasse 4.2 einzuordnen. Diese Untersuchung wurde aber vor der Versendung nicht durchgeführt. Damit blieb der Widerspruch unentdeckt.

Aus der Auswertung des Gutachtens ergibt sich außerdem, dass die Transportdauer und die dabei auftretenden Temperaturen weitere beim Transport von Holzkohle zu beachtende Umstände sind. Die Transportdauer ist durch die Reedereien kaum zu beeinflussen und bleibt innerhalb der Transportkette zum Teil auch unbekannt. Dies gilt in diesem Fall zumindest für den Zeitraum der Produktion der Holzkohle bis zum Hafen von Banjarmasin. Im „Weathering Certificate“ für die Ladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS wird durch den Hersteller/Versender aber beispielsweise angegeben, dass zwischen der Produktion und dem Verladen in einen Container zwischen 17 und 33 Tagen liegen können. Ebenso sind die während des Transports auftretenden Temperaturen unbekannt, da darüber üblicherweise keine Aufzeichnung erfolgt. Zudem sind die Bedingungen innerhalb einer Gruppe von Containern variabel, da sich durch verschiedene mögliche Stellplätze an Land und auf den Schiffen Unterschiede in der Sonneneinstrahlung, der Belüftung oder der Beeinflussung durch externe Wärmequellen ergeben. Insofern gibt der in Diagramm 1 dargestellte Temperaturverlauf der Außentemperatur nur einen ungefähren Anhaltspunkt.

Transportdauer und dabei auftretende Temperaturen haben aber einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung der Situation im Container. Mit der Darstellung der adiabatischen Induktionszeiten (Pkt. 6.2 des Gutachtens), d.h. der Beziehung zwischen einer konstanten Lagertemperatur und der Transportzeit, wurde durch den Gutachter der BSU ein Hinweis darauf gegeben, wie kritisch diese für einen Transport sind, wenn das Zünden des Stoffes vermieden werden soll. So ergab eine Temperatur von 40 °C eine Induktionszeit von 72 Tagen. Bei einer Temperatur von 50 °C verringerte sich die Induktionszeit auf 32 Tage.

Mit der weiterführenden Betrachtung des Gutachtens der BSU unter Pkt. 7.4 des Gutachtens wurde die Aussage zum Zusammenhang zwischen Transportdauer und dabei herrschender Temperatur weiter verschärft. Unter der Annahme des Temperaturverlaufs der Außentemperaturen am Container aus Diagramm 1 und einer Anfangstemperatur der Holzkohle von 45 °C wurde durch Herrn Dr.-Ing. Krause mit einer rechnerischen Simulation dargestellt, dass nach 52 Tagen eine Wärmeexplosion eintreten würde. Das wurde in der Realität bestätigt.

Es ist denkbar, dass die in der E-Mail des Herstellers der Holzkohle an MSC gemachten Feststellungen einen Einfluss auf die Brandentstehung hatten. Hier ist insbesondere der Gewächshauseffekt zu nennen, der bedeutet, dass die infrarote Wärmestrahlung des erwärmten Ladegutes die Wände des Containers nicht durchdringen kann, daher von den Innenwänden des Containers zurückgestrahlt wird und so zu einer weiteren Erwärmung führt

4.3 Gewicht der Holzkohleladung der MSC KATRINA

Im Rahmen der Untersuchung wurden Unstimmigkeiten hinsichtlich der Nettogewichte der Container im Verhältnis zu den Korngrößen bzw. den sich daraus ergebenden Schüttdichten festgestellt. Davon ausgehend, dass der vorgelegte „Report of Analysis“ sich nicht auf die Ladung der MSC KATRINA bezieht, bleiben für die weitere Betrachtung die Aussagen aus dem „Certificate of Quantity and Quality“ zu den Korngrößen sowie in der dazugehörenden E-Mail zur Schüttdichte und die Feststellungen während der Begutachtungen in Deutschland zu Korngrößen und Schüttdichte. Den Untersuchern ist klar, dass die jeweils zur Verfügung stehenden Proben nur einen kleinen Ausschnitt aus der gesamten Ladungsmenge darstellen und dass die Zusammensetzung der Probe unter anderem von der Art der Probenentnahme abhängt. Dennoch ist bemerkenswert, dass laut Zertifikat mehr als 80 % der Probe eine Korngröße von 5 mm bis 20 mm besaß und die Schüttdichte dabei 510 kg/m^3 betragen sollte. Wohingegen Herr Dr.-Ing. Krause bei einer Korngröße von 20 mm eine Schüttdichte von 670 kg/m^3 und bei einer Korngröße von 80 mm die Schüttdichte von 530 kg/m^3 feststellte.

Darüber hinaus bleibt festzustellen, dass die im Sea Waybill genannte Korngröße von 20 mm bis 80 mm nicht mit der im „Certificate of Quantity and Quality“ genannten überwiegenden Korngröße von 5 mm bis 20 mm übereinstimmte. Diese Widersprüchlichkeit wurde im Rahmen dieses Berichtes nicht weiter untersucht.

Im Rahmen der Untersuchung wurden die Containergewichte nicht noch einmal überprüft. Daher bleibt offen, ob die im Sea Waybill festgehaltenen Containergewichte den tatsächlichen Gewichten entsprachen oder die Container überladen waren.

4.4 Brandausbruch und Brandbekämpfung

4.4.1 Brandausbruch

Die Untersucher der BSU gehen davon aus, dass die Art des Brandausbruchs, also die Entwicklung des Brandes innerhalb des Containers, auf beiden Schiffen identisch war. Aufgrund der unterschiedlichen Staupositionen war die Identifizierung bzw. Alarmierung abweichend. Auf der MSC KATRINA wurde der entstehende Rauch durch die Rauchmeldeanlage detektiert. Auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS entdeckte ein Besatzungsmitglied den Brand während eines Kontrollganges zu den an Deck gestauten Kühlcontainern.

4.4.2 Brandbekämpfung MSC KATRINA

Auf der MSC KATRINA wurde die Brandbekämpfung dadurch begünstigt, dass sich die Holzkohle zum einen in 40 Fuß Containern befand und die Konstruktion des Laderaums so einen Zugang mindestens von einer Seite ermöglichte. Zum anderen wurde die Brandbekämpfung durch den Umstand erleichtert, dass sich alle Container mit Holzkohle in einem frei stehenden Stapel befanden. Das erleichterte den Feuerwehrleuten den Zugang zu dem annähernd in der Mitte des betroffenen Containers befindlichen Brandherd und verhinderte den Brandübertritt auf benachbarte Container.

Wenn sich hypothetisch dazu die Ladung in einem 20 Fuß Container befunden hätte, der Stauplatz an der Vorderkante des Laderaums gewesen wäre (siehe Abbildung 25) und der brandbetroffene Container überstaut gewesen wäre, dann wäre eine Brandbekämpfung unmöglich gewesen. Mit Hilfe der an Bord vorhandenen, fest installierten CO₂-Feuerlöschanlage hätte der Brand innerhalb des Containers nicht gelöscht werden können. Darüber hinaus ist fraglich, ob damit das Übergehen des Brandes auf die benachbarten Container zu verhindern gewesen wäre. Mit einer fest installierten Feuerlöschanlage auf Wasserbasis, mit der man das Übergehen des Brandes auf die benachbarten Stapel zumindest hätte verzögern können, war dieser Laderaum nicht ausgerüstet. Für den Angriffstrupp des Schiffes wäre der Stellplatz nicht erreichbar gewesen.

Nur bei einem Transport an Deck wäre auch bei einem 20 Fuß Container zumindest über eine Stirnseite eine Brandbekämpfung möglich gewesen.



Abbildung 25: Beispielstellplatz für einen schwer erreichbaren 20 Fuß Container

Die auf der MSC KATRINA eingesetzten Feuerwehrlaute und Notärzte gehörten für die Schiffsbrandbekämpfung besonders ausgebildeten Einheiten an. Damit einhergehend verfügte die Gruppe über die Fähigkeit, sich zum Brandherd abzuseilen. Das war notwendig, da der brandbetroffene Container nicht mit Hilfe der an Bord vorhandenen mobilen Leitern zu erreichbar war. Der eingeschränkte Zugang nur über die Stirnseite des Containers hätte die direkte Erreichbarkeit des Brandherdes erschwert bzw. verhindert.

4.4.3 Brandbekämpfung LUDWIGSHAFEN EXPRESS

Auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS war der erste brandbetroffene Container für die Besatzung gut erreichbar, da sein Stellplatz auf dem Lukendeckel war. Auch der zweite brandbetroffene Container war gut erreichbar. Aufgrund des Transports an Deck waren beide Stirnseiten des 40 Fuß Containers zugänglich.

Die Brandbekämpfung erfolgte durch die Besatzung der LUDWIGSHAFEN EXPRESS selbst und ohne Unterstützung von außen. Der Erfolg wurde nach Ansicht der Untersucher dadurch begünstigt, dass

- mit den Fognails ein zweckentsprechendes Löschgerät zur Verfügung stand,

- die Besatzung im Umgang mit diesem Löschgerät geübt war,
- der Brandausbruch zu einem frühen Zeitpunkt entdeckt wurde,
- sich keine andere entzündliche Ladung in der unmittelbaren Nähe befand,
- alle Holzkohlecontainer an Deck und in normaler Reichweite transportiert wurden, so dass sie für die Brandbekämpfung leicht erreichbar waren.

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

5.1 Feststellung der Gefahrguteigenschaften der Holzkohle

Durch sein Gutachten konnte Herr Dr.-Ing. Krause darlegen, dass die Bestimmung der Gefahrguteigenschaften von Holzkohle ausschließlich mit dem UN-N.4-Test unzureichend ist. Dies gilt zumindest für die Holzkohle, die den Eingangstest besteht und damit in großen Gebinden oder als Schüttgut in größeren Behältnissen wie beispielsweise Seecontainern transportiert wird. Beim UN-N.4-Test wird nicht ausreichend die Abhängigkeit vom Volumen des transportierten Gutes beachtet.

Die der BSU bekannt gewordenen Brandereignisse mit Holzkohleladungen scheinen die Feststellung zu untermauern, dass die gebräuchliche Methode nicht frei von Fehlern in der Klassifizierung ist. So gerieten nicht nur auf der MSC KATRINA und auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS negativ getestete Holzkohleladungen in Brand. Eine Recherche der BSU führte zu folgenden weiteren Bränden:

- SAFMARINE NOMAZWE, 2011, Holzkohleladung
- SANTA ROSA, 2014, Transport von Holzkohle aus Argentinien verpackt in Säcken im Container als Decksladung,
- CAROLINE MAERSK, 2015, Transport von Holzkohle aus China in Containern im Laderaum⁶²
- MARENO, 2015, Holzkohleladung verpackt in Säcken im Container als Decksladung
- MSC SVEVA, 2015, Holzkohleladung als Schüttgut im Container als Decksladung.

Zumindest für die SANTA ROSA wurde durch spätere Tests bestätigt, dass die transportierte Holzkohle den UN-N.4-Test negativ bestand und damit kein zur Selbstentzündung neigendes Gefahrgut darstellte. Aber auch die anderen Ladungen stellten auf der Grundlage der Recherche kein Gefahrgut dar.

Durch den Gutachter der BSU wird aufgezeigt⁶³, dass mit einer etwas aufwendigeren Methode eine Klassifizierung selbsterhitzungsfähiger Stoffe erfolgen könnte, die sich am tatsächlich zu transportierenden Volumen orientieren und die zudem die Widersprüche⁶⁴ in der Klassifizierung nach dem IMDG Code aufheben würde. Die Untersucher der BSU gehen daher davon aus, dass das bestehende Testverfahren einer Überarbeitung bedarf. Dies gilt für alle zur Selbsterhitzung neigenden Stoffe, die für eine Klassifizierung nach 4.2 des IMDG Codes in Frage kommen.

5.2 Ladungspapiere

Die in Zusammenhang mit diesem Fall begutachteten Ladungspapiere entsprachen nicht den Erwartungen der Untersucher, da sich mehrfach kein Zusammenhang mit der zu transportierenden Ladung herstellen ließ. Dies gilt insbesondere für die nach Sondervorschrift 925 des IMDG Codes notwendige Bescheinigung über das Bestehen der Prüfung für selbsterhitzungsfähige Stoffe. Beide Dokumente wurden

⁶² Danish Maritime Accident Investigation Board (DMAIB). Marine Accident Report April 2016 – CAROLINE MAERSK – Fire in containers on 26 August 2015.

⁶³ Gutachten Dr.-Ing. Krause.

⁶⁴ Krause, Gerhard: Ein Beitrag zur UN-Klassifizierung zum Transport selbsterhitzender Stoffe nach Unterklasse 4.2. In: Chemie Ingenieur Technik, 81. Jg. 2009, Heft 10, S. 1653-1663.

durch die Reedereien MSC und OOCL akzeptiert, obwohl sie die geforderten Informationen nicht enthielten.

So ließ der „Report of Analysis“ zur Ladung auf der MSC KATRINA weder dessen Zugehörigkeit zur Ladung erkennen, noch war ersichtlich, dass das ausführende Labor akkreditiert war. Als Bescheinigung, dass die Proben durch geschultes Personal korrekt entnommen und geprüft wurden, kann hier das „Certificate of Quantity and Quality“ gelten.

Der „Report of Analysis“ für die Ladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS ließ ebenfalls keinen Zusammenhang zur Ladung erkennen. Darüber hinaus enthielt der Report keine physikalischen Parameter der Ladung und ebenfalls keinen Hinweise zur Akkreditierung des Labors. Als Bescheinigung für die ordnungsgemäße Probenentnahme wird durch die Untersucher hier der „Vanning Survey Report“ angesehen. Das Zertifikat über die Akkreditierung wurde aber als extra Dokument übermittelt. Es war allerdings nicht in englischer Sprache verfasst.⁶⁵

Als Ergebnis der Untersuchung der Ladungspapiere ist die BSU der Ansicht, dass insbesondere die die Ladung annehmenden Reedereien entsprechende Vorgaben hinsichtlich der Ausgestaltung der notwendigen Dokumente gegenüber den Versendern machen sollten. Zusätzlich sollten sie Augenmerk auf den sachlichen Zusammenhang der vorgelegten Dokumente legen.

In ähnlicher Weise sehen es auch die Betreiber des Webangebotes CargoHandbook.com . Hier heißt es bei den Empfehlungen für den Transport von nicht als Gefahrgut klassifizierter Holzkohle:

- *Check that the laboratory certificate is applicable to the customer [...]*
- *Check that the laboratory is accredited by the Competent Authority [...]*
- *Check that the manufacturers name is shown on the laboratory certificate [...]*⁶⁶

Daneben wird dort gefordert, dass *“The laboratory Certificate must accompany the shipment, after stuffing of the containers the container numbers that are applicable are to be added to the certificate (hand written is acceptable) and placed on board the vessel [...].”*⁶⁷ Wie bereits dargestellt war die Information hinsichtlich der Containernummern in keinem der Reports enthalten.

In den “Guidelines for the Carriage of Charcoal and Carbon in Containers”, die im Oktober 2017 durch CINS (Cargo Incident Notification System) und IGP&I (International Group of P&I Clubs) herausgegeben wurden, wird außerdem unter Pkt. 2 folgendes empfohlen:

“It is of the utmost importance that Charcoal / Carbon not subject to the provisions of the IMDG Code should be declared by the shipper to the receiving carrier.”

Diese Forderung wird unter Pkt 6.2. der Guidelines erneut erhoben:

⁶⁵ Siehe Anlage Ziffer 8.9.

⁶⁶ BMT Surveys: Charcoal. URL: <http://cargohandbook.com/index.php/Charcoal>. Stand: 2. Februar 2016.

⁶⁷ Ebd.

“Therefore, it is of the utmost importance that Charcoal / Carbon not subject to the provisions of the IMDG Code (under IMDG Code Special Provision 925) is declared as special cargo to the shipping line and has a self-heating test certificate as required, which is accepted by the shipping line. [...]

This enables the shipping line to arrange proper stowage on board the vessel and inform the master accordingly.”

Die Untersucher der BSU gehen davon aus, dass OOCL im Fall der LUDWIGSHAFEN EXPRESS gegenüber Hapag-Lloyd als vertraglicher Frachtführer agierte. Damit war OOCL im Besitz der notwendigen Ladungspapiere und Ladungsinformationen. Hapag-Lloyd handelte als ausführender Frachtführer⁶⁸, besaß aber keine Kenntnis über das Ladungsgut, obwohl die der Holzkohle innewohnende Gefahr dies nach Ansicht der BSU notwendig gemacht hätte. Andere Reedereien innerhalb der Allianz, die nicht als Gefahrgut deklarierte Holzkohle in Slot charter befördert würden, könnten so durch entsprechende Stauung die Gefahr minimieren.

5.3 Brandbekämpfung

Es kann festgestellt werden, dass aufgrund der unzureichenden Testprozedur gemäß des IMDG Codes auch von nicht als Gefahrgut klassifizierter und in Containern transportierter Holzkohleladung eine nicht unerhebliche Brandgefahr ausgeht. Um einer Besatzung dennoch die Möglichkeit der Brandbekämpfung zu eröffnen, sollten Container mit Holzkohleladung grundsätzlich an Deck und nicht höher als in der zweiten Lage auf Schiffen transportiert werden. Nur so ist eine gute Identifizierung des brandbetroffenen Containers und ausreichende Erreichbarkeit im Falle eines Brandes gegeben.⁶⁹

In den bereits genannten “Guidelines for the Carriage of Charcoal and Carbon in Containers” wird inzwischen unter 5.1. ebenfalls empfohlen: *“However, stowage ON DECK and ACCESSIBLE is strongly recommended under these guidelines.”*

Dazu ist es wie bereits unter Ziffer 5.2 dargestellt notwendig, dass die Versender/Shipper in jedem Fall den Frachtführer/Carrier über eine Holzkohleladung informiert. Dies sollte auch für die Informationsweitergabe zwischen den verschiedenen Frachtführer gelten.

⁶⁸ Actual carrier.

⁶⁹ Siehe zu den Schwierigkeiten bei Verladung unter Deck auch den Untersuchungsbericht der DMAIB zur CAROLINE MAERSK, hier Abs. 3.2.1 - Discovering and fighting the fire.

6 SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN

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

6.1 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt dem BMVI, sich in den Gremien der Internationalen Seeschiffahrts-Organisation (IMO) für eine Anpassung der Vorschriften des IMDG-Codes einzusetzen, um zu verhindern, dass sich Holzkohle, die nach den derzeitigen Vorschriften nicht als Gefahrgut der Klasse 4.2 zu klassifizieren ist, während der Seereise entzündet.

6.2 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt dem BMVI, sich in den Gremien der Internationalen Seeschiffahrts-Organisation (IMO) für Stauvorschriften für alle Arten selbsterhitzungsfähige Stoffe einzusetzen, die gewährleisten, dass solche Stoffe in jedem Fall grundsätzlich an Deck und mit ausreichender Erreichbarkeit transportiert werden.

6.3 Reederei Mediterranean Shipping Company (MSC)

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt der Reederei MSC, in ihre die Ladung betreffenden Verfahrensanweisungen und Richtlinien aufzunehmen, dass in Containern transportierte selbsterhitzungsfähige Stoffe grundsätzlich an Deck und mit ausreichender Erreichbarkeit transportiert werden.

6.4 Reederei Orient Overseas Container Line (OOCL)

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt der Reederei OOCL die Weitergabe von Informationen zu einer Ladung an die Partner im Slot Charter Agreement auch dann, wenn diese zwar kein Gefahrgut darstellt, jedoch von der Ladung eine erhöhte Gefahr ausgeht, wie zum Beispiel die der Selbsterhitzung.

7 QUELLENANGABEN

- Ermittlungen der Wasserschutzpolizei Hamburg zum Brand auf der MSC KATRINA
- Schriftliche Stellungnahmen der Schiffsführungen der MSC KATRINA und der LUDWIGSHAFEN EXPRESS und Zeugenaussagen von Besatzungsmitgliedern
- Verschiedene Ladungsdokumente und Berichte, die von den Reedereien MSC und Hapag-Lloyd zur Verfügung gestellt wurden
- MSC Instructions for Specific Cargo - Charcoal
- Stellungnahme der Schiffsführung der MSC SVEVA
- Gutachten Herr Dr.-Ing. G. Krause
- Gutachten IBExU
- Seekarte des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- Amtliches Wettergutachten Deutscher Wetterdienst (DWD)
- Ereignistagebuch des Havariekommandos zum Brand auf der MSC KATRINA
- Lageberichte des Havariekommandos
- Einsatzberichte der Feuerwehren Cuxhaven und Bremerhaven
- Meldebericht der VkZ Cuxhaven
- Brückentagebuch und Einsatzdokumentation des Gewässerschutzschiffes NEUWERK
- Fotos:
 - Abbildungen 1 und 3: Dietmar Hasenpusch Photo-Production,
 - Abbildungen 5 und 7 bis 9: BSU,
 - Abbildungen 12 bis 17: Havariekommando,
 - Abbildungen 18 bis 20 und 23 bis 24: Hapag-Lloyd.

8 ANLAGEN

8.1 „Sea Waybill“ für Holzkohleladung MSC MILA / MSC KATRINA


<p>See website for large version of the reverse Ver página Web para términos y condiciones Смотрите веб-сайт для ознакомления с условиями и положениями 请参看条款和条件详细网站 www.msc.com</p>	
 <p>MEDITERRANEAN SHIPPING COMPANY S.A. 12-14, chemin Rieu, 1208 GENEVA, Switzerland Website : www.msc.com</p>	<p>SEA WAYBILL No. MSCUJ8812024 NOT NEGOTIABLE</p>
<p>SHIPPER: PT. CITRA PRIMA UTAMA JL. TOMAT NO.35 BANJARBARU, KALIMANTAN SELATAN (70711) INDONESIA TEL/FAX: +62-511-4773843</p>	<p>CARRIER'S AGENTS ENDORSEMENTS: (Include Agent(s) at POD) SHIPPER'S LOAD, STOWAGE, COUNT AND SEAL FCL/FCL Said to contain, the carrier had no means to verify shipper's representation and the latter to be ultimately responsible for shortages established at destination in case the container is discharged with the same seal as noted on this bill of lading.</p>
<p>CONSIGNEE: [REDACTED], FRANCE</p>	<p>NO. & SEQUENCE OF SEA WAYBILLS 00 / ZERO</p> <p>NO. OF RIDER PAGES 2</p>
<p>NOTIFY PARTIES: (No responsibility shall attach to the Carrier or to his Agent for failure to notify - see Clause 20) [REDACTED], FRANCE</p>	<p>PLACE OF RECEIPT: (Combined Transport ONLY - see Clauses 1 & 5.2) XXXXXXXXXX</p>
<p>VESSEL & VOYAGE NO. (see Clauses 8 & 9) MSC MILA 3 HC541R</p>	<p>PORT OF LOADING SURABAYA, INDONESIA</p>
<p>BOOKING REF. (or) SHIPPER'S REF. 460T37GM9IK 411IN1508278</p>	<p>PORT OF DISCHARGE LE HAVRE, FRANCE</p>
<p>PLACE OF DELIVERY: (Combined Transport ONLY - see Clauses 1 & 5.2) XXXXXXXXXX</p>	
<p>PARTICULARS FURNISHED BY THE SHIPPER - NOT CHECKED BY CARRIER - CARRIER NOT RESPONSIBLE (see Clause 14)</p>	
<p>Container Numbers, Seal Numbers and Marks</p>	<p>Description of Packages and Goods (Continued on attached Sea Waybill Rider page(s), if applicable)</p>
<p>7</p>	<p>40'HC CONTAINER see attached rider page(s)</p>
<p>TOTAL: 7</p>	<p>+ Total Tare</p>
<p>Gross Cargo Weight IN KG 181511,0 27360,0</p>	<p>Measurement IN CBM</p>
<p>FREIGHT & CHARGES Cargo shall not be delivered unless Freight & Charges are paid (see Clause 16). FREIGHT PREPAID</p>	
<p>AGENT AT PORT OF DISCHARGE: MSC - Mediterranean Shipping Company France S.A. C.H.C.I. 182 QUAI GEORGE V. CS 41339 76065 LE HAVRE CEDEX FRANCE Phone +33 23 274 6800 Fax +33 23 274 6810 Email msclshavre@mscfr.mscgva.ch</p>	<p>RECEIVED by the Carrier from the Shipper in apparent good order and condition unless otherwise stated herein the total number or quantity of containers or other packages or units indicated in the box entitled "Carrier's Receipt" for carriage subject to all the terms hereof from the Place of Receipt or the Port of Loading, to the Port of Discharge or Place of Delivery, whichever is applicable. IN ACCEPTING THIS SEA WAYBILL THE SHIPPER EXPRESSLY ACCEPTS AND AGREES TO, ON HIS OWN BEHALF AND ON BEHALF OF THE CONSIGNEE, THE OWNER OF THE GOODS AND THE MERCHANT, AND WARRANTS HE HAS AUTHORITY TO DO SO, ALL THE TERMS AND CONDITIONS WHETHER PRINTED, STAMPED OR OTHERWISE INCORPORATED ON THIS AND ON THE REVERSE SIDE AND THE TERMS AND THE CONDITIONS OF THE CARRIER'S APPLICABLE TARIFF AS IF THEY WERE ALL SIGNED BY THE SHIPPER.</p> <p>Unless instructed otherwise in writing by the Shipper delivery of the Goods will be made only to the Consignee or his authorised representatives. This Sea Waybill is not a document of title to the Goods and delivery will be made, after payment of any outstanding Freight and charges, only on provision of proper proof of identity and of authorisation at the Port of Discharge or Place of Delivery, as appropriate, without the need to produce or surrender a copy of this Sea Waybill.</p> <p>IN WITNESS WHEREOF the Carrier, Master or their Agent has signed this Sea Waybill.</p>
<p>DECLARED VALUE (only applicable if Ad Valorem Charges paid - see Clause 7.3) XXXXXX</p>	<p>CARRIER'S RECEIPT (No. of Cntrs or Pkgs rcvd by Carrier - see Clause 14.1) 7</p>
<p>PLACE AND DATE OF ISSUE NUJK 10.10.2015</p>	<p>SIGNED on behalf of the Carrier MSC Mediterranean Shipping Company S.A. MSC Germany S.A. & Co. KG as agent only for MSC MEDITERRANEAN SHIPPING COMPANY S.A., GENEVA</p>
<p>SHIPMENT ON BOARD DATE 10.10.2015</p>	
<p>Sea Waybill Standard Edition - 02/2015 TERMS CONTINUED ON REVERSE</p>	

Abbildung 26: „Sea Waybill“ für Holzkohleladung auf MSC MILA und MSC KATRINA, Seite 1

See website for large version of the reverse | Ver página Web para términos y condiciones | Смотрите веб-сайт для ознакомления с условиями и положениями | 提单的条款和条件详情请见网站 | www.msc.com

MSC	MEDITERRANEAN SHIPPING COMPANY S.A. 12-14, chemin Rieu, 1206 GENEVA, Switzerland Website : www.msc.com	SEA WAYBILL No. MSCUJ8812024 RIDER PAGE SCAC Code: MSCU Page <u>1</u> of <u>2</u>
------------	---	---

CONTINUATION OF PARTICULARS FURNISHED BY THE SHIPPER - NOT CHECKED BY CARRIER - CARRIER NOT RESPONSIBLE (see Clause 14)

Container Numbers, Seal Numbers and Marks	Quantity	Description of Packages and Goods (Continued on further Sea Waybill Rider page(s), if applicable)	Gross Cargo Weight IN KG	Measurement IN CBM
TGHU8580047 SEAL: FEJ6396467	1	40'HC CONTAINER TARE	3870,0	
	1	INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL G RAIN SIZE : 20 MM - 80 MM TOTAL GROSS WEIGHT : 181.5 11 M. TONS TOTAL NET WEIGH T : 181.336 M. TONS BULK IN CONTAINER FREIGHT PREP AID	25925,0	0,0
TGHU8777036 SEAL: FEJ6396468	1	40'HC CONTAINER TARE	3870,0	
	1	INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL G RAIN SIZE : 20 MM - 80 MM TOTAL GROSS WEIGHT : 181.5 11 M. TONS TOTAL NET WEIGH T : 181.336 M. TONS BULK IN CONTAINER FREIGHT PREP AID	25925,0	0,0
TCNU7950968 SEAL: FEJ6396469	1	40'HC CONTAINER TARE	3900,0	
	1	INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL G RAIN SIZE : 20 MM - 80 MM TOTAL GROSS WEIGHT : 181.5 11 M. TONS TOTAL NET WEIGH T : 181.336 M. TONS BULK IN CONTAINER FREIGHT PREP AID	25947,0	0,0
MEDU8763531 SEAL: FEJ6396470	1	40'HC CONTAINER TARE	3940,0	
	1	INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL G RAIN SIZE : 20 MM - 80 MM TOTAL GROSS WEIGHT : 181.5 11 M. TONS TOTAL NET WEIGH T : 181.336 M. TONS BULK IN CONTAINER FREIGHT PREP AID	25924,0	0,0
MEDU8241692 SEAL: FEJ6396727	1	40'HC CONTAINER TARE	3940,0	
	1	INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL G RAIN SIZE : 20 MM - 80 MM TOTAL GROSS WEIGHT : 181.5 11 M. TONS TOTAL NET WEIGH T : 181.336 M. TONS BULK IN CONTAINER FREIGHT PREP AID	25915,0	0,0
MEDU8935498 SEAL: FEJ6396728	1	40'HC CONTAINER TARE	3940,0	
	1	INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL G RAIN SIZE : 20 MM - 80 MM TOTAL GROSS WEIGHT : 181.5 11 M. TONS TOTAL NET WEIGH T : 181.336 M. TONS BULK IN CONTAINER FREIGHT PREP AID	25945,0	0,0
FSCU6925558 SEAL: FEJ6396729	1	40'HC CONTAINER TARE	3900,0	


Brandbetroffener Container

Untersuchter Container

PLACE AND DATE OF ISSUE 10.10.2015	SHIPPED ON BOARD DATE 10.10.2015	SIGNED on behalf of the Carrier MSC Mediterranean Shipping Company S.A. MSC Germany S.A. & Co. KG as agent only for MSC MEDITERRANEAN SHIPPING COMPANY S.A., GENEVA
---------------------------------------	-------------------------------------	--

Abbildung 27: „Sea Waybill“ für Holzkohleladung auf MSC MILA und MSC KATRINA, Seite 2

See website for large version of the reverse | Ver página Web para términos y condiciones | Смотрите веб-сайт для ознакомления с условиями и положениями | 提单条款和条件详见网站 | www.msc.com

	MEDITERRANEAN SHIPPING COMPANY S.A. <small>12-14, chemin Rieu, 1208 GENEVA, Switzerland Website : www.msc.com</small>	SEA WAYBILL No. MSCUJ8812024 RIDER PAGE SCAC Code: MSCU Page <u>2</u> of <u>2</u>
---	--	---

CONTINUATION OF PARTICULARS FURNISHED BY THE SHIPPER - NOT CHECKED BY CARRIER - CARRIER NOT RESPONSIBLE (see Clause 14)


Container Numbers, Seal Numbers and Marks	Description of Packages and Goods <small>(Continued on further Sea Waybill Rider page(s), if applicable)</small>	Gross Cargo Weight	Measurement
		IN KG	IN CBM
1	SAID TO CONTAIN INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL G RAIN SIZE : 20 MM - 80 MM TOTAL GROSS WEIGHT : 181.5 11 M. TONS TOTAL NET WEIGH T : 181.336 M. TONS BULK IN CONTAINER FREIGHT PREP AID CARRIER HAS NO LIABILITY OR RESPONSIBILITY WHATSOEVER FOR THERMAL LOSS OR DAMAGE TO THE GOODS BY REASON OF NATURAL VARIATIONS IN ATMOSPHERIC TEMPERATURES DURING THE WINTER PERIOD, AND/OR CAUSED BY INADEQUATE PACKING OF THE GOODS FOR CARRIAGE IN DRY-VAN CONTAINERS AND/OR INHERENT VICE OF THE GOODS, IN SUCH TEMPERATURES.	25930,0	0,0

<small>PLACE AND DATE OF ISSUE</small> 10.10.2015	<small>SHIPPED ON BOARD DATE</small> 10.10.2015	<small>SIGNED on behalf of the Carrier MSC Mediterranean Shipping Company S.A.</small> MSC Germany S.A. & Co. KG as agent only for MSC MEDITERRANEAN SHIPPING COMPANY S.A., GENEVA
--	--	---


Sea Waybill Standard Edition - 02/2015

Abbildung 28: „Sea Waybill“ für Holzkohleladung auf MSC MILA und MSC KATRINA, Seite 3

8.2 „Report of Analysis“ für Holzkohleladung auf der MSC KATRINA



Certificate No. 04343/DOEDAI
 Date: September 18, 2015



Issuing Office:
 Jl. Jend. A. Yani Km 7,8 No 21A Banjarmasin 70654, Indonesia
 Phone/Facs: +62 625113271080/+625113258111
 Email: customerbjm@sucofindo.co.id

REPORT OF ANALYSIS

PRINCIPAL : PT. BUANA MULTIGUNA INSPECTION & TESTING
: QQ. PT. CITRA PRIMA UTAMA
ADDRESS : Jl. Tomat No. 35 Banjarbaru, Kalimantan Selatan
SUBJECT : INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL
DESCRIPTION OF SAMPLE : Packing : sealed plastic bag with seal number : **000984**, the sample was supplied by The Principal.1 (one) sample was received on September 2, 2015
DATE OF ANALYSIS : September 2, 2015
SAMPLE MARK : CPU - CHARCOAL
YOUR REFERENCES : SAMPLING BMI 044384

ANALYSIS RESULTS :

Sample Weight	: 35.85	kgs
Top Size	: 75	mm

PARAMETER TEST	RESULT	STANDARD METHOD
SELF HEATING TEST	Passed	Oven 140°C for 24 hours

Method of Test : The self-heating substances test was performed according to United Nations "Recommendation on the Transport Dangerous Goods, Manual of Test and Criteria" (33.3.1.3.3) Self-heating substances, using method on UN 33.3.1.6 "Test N.4 : Test method for self-heating substance"


PARAMETER TEST	RESULT	STANDARD METHOD
MOISTURE (ADB)	: 3.8 %	ASTM D-1762-84 ITEM 7
ASH CONTEN (ADB)	: 0.5 %	ASTM D-1762-84 ITEM 7
VOLATILE MATTER (ADB)	: 13.8 %	ASTM D-1762-84 ITEM 7
FIXED CARBON (ADB)	: 85.7 %	ASTM D-1762-84 ITEM 7

SIZE ANALYSIS :

+150 MM	: 0.0 %	ISO 728-1995
20 – 150 MM	: 96.4 %	ISO 728-1995
10 – 20 MM	: 1.8 %	ISO 728-1995
5 – 10 MM	: 0.7 %	ISO 728-1995
3 – 5 MM	: 0.3 %	ISO 728-1995
0 – 3 MM	: 0.8 %	ISO 728-1995

This Certificate/report is issued under our General Terms and Conditions, copy of which is available upon request or may be accessed at www.sucofindo.co.id

BJMB04201502158



2055942

SCI-2007A

Dept. of Commercial & Mineral & Coal Testing





Abbildung 29: „Report of Analysis“ für Holzkohleladung auf MSC KATRINA

8.3 „Certificate of Quantity and Quality“ für Holzkohleladung auf der MSC KATRINA




PT. BUANA MULTIGUNA INSPECTION & TESTING

In co - operation with
 RITCHIE & BISSET (FAR EAST) Pte, Ltd.
 NIKKAKEN SERVICE Pte, Ltd.

Head Office : Jl. Boulevard Barat Raya, Kav. A3 / 49 Plaza Pasifik Kelapa Gading
 Phone : (021) 45840558 (Hunting) Fax : (021) 45840587 E-mail : buanamulti@jakarta.cline.net.id. JAKARTA 14240, INDONESIA
 Branch Office : Jl. Kembangan Bakti No. 64 Telp. (031) 3545412 Fax : (031) 3545412 E-mail buanasby@sby.dnet.net.id SURABAYA – 60176

No. 044402



CERTIFICATE OF QUANTITY AND QUALITY

CONSIGNMENT : 7 X 40'FT HC CONTAINERS OF INDUSTRIAL LUMP CARCHOAL
 SHIPPER(S) : PT. CITRA PRIMA UTAMA
 JALAN TOMAT NO.35 BANJARBARU
 KALIMANTAN SELATAN INDONESIA

CONSIGNEE : CARBONEX
 LIEUDIT CORDELON
 10250 GYE SUR SEINE, FRANCE

VESSEL : MSC MILA HC541R
 B/L NO. / DATE : MSCUJ8812024, dt. October 10, 2015
 PORT OF LOADING : SURABAYA, INDONESIA
 PORT OF DISCHARGE : LE HAVRE, FRANCE

Interventions : (1) Supervision of Weighing; (2) Sampling and Quality Analysis
 Date and Place of Interventions : October 5 up to October 8, 2015, on Jalan Prapat Kurung, Surabaya
 Type of Packing : In Bulk
 Supervision of Weighing : Weight of the consignment was ascertained by weighing the tare and gross weight the containers over a weigh-bridge with the following result :

Containers No.	Seal Nos.	Gross (Kg)	Tare of Big Bags, Bulk Head (Kg)	Cargo Weight (Kg)
TGHU8580047	FEJ6396467	25925	25	25900
TGHU8777036	FEJ6396468	25925	25	25900
TCNU7950968	FEJ6396469	25947	25	25922
MEDU8763531	FEJ6396470	25924	25	25899
MEDU8241692	FEJ6396727	25915	25	25890
MEDU8935498	FEJ6396728	25945	25	25920
FSCU6925558	FEJ6396729	25930	25	25905
TOTAL WEIGHT		181511		181336

Sampling and Quality Analysis : Samples were drawn by PT.BUANA MULTIGUNA Inspection & Testing, as the Indonesian Independent Surveyor, Analytical and Testing Laboratories. Drawn properly every one hour of each container randomly and prepared in accordance to ISO 2309:1980, representing the 7 x 40'FT HC Full Containers Loaded with the following result of analysis:

Parameter	Results	Method
Fixed Carbon, % (dry basis)	78.93	ASTM D1762-84 (2001)
Ash Content, % (dry basis)	6.48	ASTM D1762-84 (2001)
Volatiles, % (dry basis)	14.59	ASTM D1762-84 (2001)
Moisture Content, % (ADB)	5.30	ASTM D1762-84 (2001)
Size analysis, % (5 mm up to 20 mm)	81.62	ISO728:1995
Size analysis, % (3 mm up to 5 mm)	11.38	ISO728:1995
Size analysis, % (0 mm up to 3 mm)	7.00	ISO728:1995

Surabaya, October 12, 2015
SL

PT. BUANA MULTIGUNA
Inspection & Testing
Surabaya Branch





Abbildung 30: „Certificate of Quantity and Quality“ für Holzkohleladung auf der MSC KATRINA

8.4 „Report of Analysis“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS

Certificate No. 00051/DOEDAJ
 Date: January 6, 2016



Issuing Office:
 Jl. Jend. A. Yani Km 7.8 No 21A Banjarmasin 70654, Indonesia
 Phone/Facs: +62 625113271080/+625113258111
 Email: customerbjm@sucofindo.co.id

REPORT OF ANALYSIS

PRINCIPAL : **PT. CITRA PRIMA UTAMA**
 ADDRESS : Jl. Tomat No. 35 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia 70711
 SUBJECT : Industrial Lump Charcoal
 DESCRIPTION OF SAMPLE : Packing : Sealed plastic bag with seal number : 000971, the sample was supplied by The Principal.1 (one) sample was received on December 18, 2015
 DATE OF ANALYSIS : December 28, 2015
 SAMPLE MARK : **CPU – CHARCOAL**
 YOUR REFERENCES : Sampling BMI 044432

ANALYSIS RESULTS :


PARAMETER TEST	RESULT	METHOD
SELF HEATING TEST	: Passed	Oven 140 °C for 24 hours


Method of Test : The self-heating substances test was performed according to United Nations *“Recommendations on the Transport Dangerous Goods, Manual of Test and Criteria”* (33.3.1.3.3) Self-heating substances, using method on UN 33.3.1.6 *“Test N.4 : Test method for self-heating substances”*.

This Certificate/report is issued under our General Terms and Conditions, copy of which is available upon request or may be accessed at www.sucofindo.co.id

Dept. of Commercial 3 Mineral & Coal Testing

BJMB04201503172





2155652

SC1-2007A

Abbildung 31: „Report of Analysis“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS

8.5 „Weathering Certificate“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS


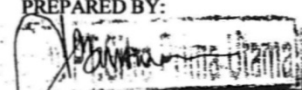
 <p>PT. CITRA PRIMA UTAMA Office : Jalan Tomat No.35 Banjarbaru, Kalimantan Selatan Tel/Fax: +62-511-4773843 Branch : Jalan Kalimas Baru No.29 Blok D-9, Surabaya. Tel.+62-31-3286609</p>	
<p>WEATHERING CERTIFICATE INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL</p>	
<p>We certify Weathering Report of Industrial Lump Charcoal produced by PT. Citra Prima Utama:</p>	
<p><u>Name and Description of the Product:</u></p>	
Name of Goods	: INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL
Specifications	: Basis Certificate of Quality issued by the independent surveyor.
	<ul style="list-style-type: none"> o General size: 5 mm Top 200 mm o Moisture Content, max 8.00% (as received) o Fixed Carbon, min 80.00% (dry basis) o Volatile Matter, max 19.00% (dry basis) o Ash Content, max 1.00% (dry basis)
<p><u>Manufacturing Process:</u></p>	
<p>1. Raw material</p> <ul style="list-style-type: none"> o The most environmental friendly, 100% of raw material are legally picked from waste of timber cutting in South Kali-mantan by having a special license from Forest Department, Rep. of Indonesia. 	
<p>2. Production</p> <ul style="list-style-type: none"> o The charcoal made by Clay Kilns and Brick Kilns. o The raw material woods are firstly debarked, all woods should be free of barks, then dried under sunshine for 25 to 30 days. o Carbonizing process in 21 days with the following stages: <ul style="list-style-type: none"> ▪ 15 days process converting wood into charcoal. <ul style="list-style-type: none"> ~ Drying woods in the kilns at 0-270°C. ~ Raising the temperature in the kilns to 270°C to start spontaneous pyrolysis. ~ Final heating to around 550-600°C to drive off tar and increase the fixed carbon to an acceptable figure. • 6 days cooling. o The charcoal in well packed in polypropylene (pp) bags soon after discharged from the kilns. o The charcoal are stored for at least 3 days in production area before they are transported to our warehouse & processing unit. 	
<p><u>Storage and Processing:</u></p>	
<p>1. After 3 days stored in the production area, the charcoal are transported to warehouse & processing unit of PT. Citra Prima Utama in Banjarbaru, +/- 150 km far away from the area.</p>	
<p>2. At the processing unit, the charcoal are treated for sizing, screening, and packaging, then stored within 14 – 30 days in our warehouses in Banjarbaru, South Kalimantan.</p>	
<p><u>Loading into Container:</u></p>	
<ul style="list-style-type: none"> o After 14 – 30 days processed and stored in warehouse, the charcoal are loaded into containers on whether into local containers or export containers. o Total days after production to container loading in between 17 – 33 days. o We check the charcoal temperature to ensure the charcoal in safe condition for transportation before they are loaded in to container(s). 	
<p>BANJARBARU, 7 January 2016 PREPARED BY:</p>  <p>PT. CITRA PRIMA UTAMA</p>	

Abbildung 32: „Weathering Certificate“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS

8.6 „Material Safety Data Sheet“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS



	PT. CITRA PRIMA UTAMA	1
MATERIAL SAFETY DATA SHEET		
DATE REVISED : 7 January 2016		
ISSUED BY : PT. CITRA PRIMA UTAMA		
1. Trade Name and Supplier		
• Trade Name	: INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL	
• Indonesian Name	: ARANG	
• Product Type	: Industrial Lump Charcoal produced in kiln or retort (0-150 mm)	
• Supplier	: PT. CITRA PRIMA UTAMA	
• Address	: <u>Head Office:</u> Jalan Tomat No.35 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia 70711, Tel/Fax. +62-511-4773843, <u>Representative & Warehousing Office:</u> Jalan Kalimas Baru No.29 Blok D-9, Surabaya, Indonesia Tel/Fax.+62-31-3286609	
2. Chemical Composition – Hazardous Ingredient		
<i>Composition:</i>		
• Moisture	: 4.0% - 7.0 %	as received ASTM D1762-84
• Ash	: 0.5% - 3.0 %	dry basis ASTM D1762-84
• Volatile Matters	: 10.0% - 20.0%	dry basis ASTM D1762-84
• Fix Carbon	: 75.0% - 90.0%	dry basis ASTM D1762-84
3. Hazards Identification		
• Industrial Lump Charcoal	must never be contaminated with oil. Under some circumstances Industrial Lump Charcoal contaminated with oil may cause self-heating.	
4. First Aid Measures		
• Eye Contact	: Flush with water.	
• Skin Contact	: Flush with water.	
• Inhalation	: With the reference to section 3, lack of oxygen may occur during fire. Personnel must be removed to fresh air as fast as possible. Loosen all tight cloths and if breathing stopped, give artificial respiration. If breathing is difficult. Give oxygen, Call physician.	
• Ingestion	: -	
5. Fire Extinguishing Media		
▪ Water		
6. Fire Fighting Procedure		
• If the material is inside silo/warehouse during fire, use “front-loader” and/or crane equipped with grab to remove the burning Industrial Lump Charcoal. Remove the cargo to an area where water is available. Be sure to kill the fire in each batch of Industrial Lump Charcoal before next batch is placed together with the previous one. If the storage of Industrial Lump Charcoal is not in open air the content of carbon monoxide in the air has to be controlled continuously as long as there may exist any risks of fire.		
• People in the area nearby and/or people involved in the fire extinguishing have to wear artificial aid all the time as long as they may be exposed to high content of CO ₂ -gas.		
• <i>Note:</i> CO ₂ -gas is not visible and does not smell and could be extremely poisoned if the content in the air is too high.		

Abbildung 33: „Material Safety Data Sheet“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS, Seite 1



PT. CITRA PRIMA UTAMA

2

Fire and explosion risk:

- Be careful with open fire/smoking, welding etc. near by Industrial Lump Charcoal as it is easy to ignite. Self heating of lump Charcoal has been reported. Risk of self heating may be increased especially in Industrial Lump Charcoal with high moisture content were raising temperature may be started by “oxidation”. In turn the oxidation may accelerate the oxidation-process in a pile of Industrial Lump Charcoal up to self-heating temperature.

7. Spill or Leak Procedures

- Steps to be taken in case material is released or spilled:
No special steps to be taken other than to take care of the esthetics.
- Always secure the Industrial Lump Charcoal is kept well away from open fire, glows/sparks or other high-temperature areas, keep away from oil as mentioned in this safety data sheet.

8. Precautions to be taken in storage & handling

- Keep away from heat, spark, open flame and other sources of ignition.
- Keep away from oil. Under some circumstances Industrial Lump Charcoal mixed with oil may cause a self-heating process to start.
- Also refer section 5 in the MSDS

9. Exposure Controls/Personal Protection

- Preventive Actions to be taken
 - Respiratory protections: Dust-preventing mask under normal conditions. For emergency and other conditions where there is a risk of fire in the Industrial Lump Charcoal, always use an approved positive pressure self contained breathing apparatus.
 - Eye protections: During handling or working with dry Industrial Lump Charcoal use protecting goggles.
 - Protective gloves: YES

10. Physical & Chemical Properties

- Color : Black.
- Smell : No smell or odor like and old fireplace.
- Solvability : Not solvable in water.

11. Stability & Reactivity

- Chemical Stability : Stable.
- Reacts with : Oxidizing materials.
- Hazardous Decomposition Products:
 - During heating or combustion especially with sufficient quantity of aid this product gives out CO and CO₂, as well as condensed, tar from volatile compositions.
 - During transport of wet Industrial Lump Charcoal in bulk/and or during storing in silo a risk of an initial self-heating process may exist. This process may cause CO₂ or CO to be given and gases will cause the ordinary air to leave or turn into a poison mixture, extremely dangerous to breathe in.
- Hazardous Polymerization: Will Not Occur.

12. Toxicological Information

- Eyes : Contact with the solid or dust will be irritating to the eyes.
- Skin : None.
- Inhalation : None
- Carcinogenicity : Not considered to be a carcinogen.
- Mutagenicity : None.

Abbildung 34: „Material Safety Data Sheet“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS, Seite 2



	PT. CITRA PRIMA UTAMA	3
<ul style="list-style-type: none"> • Reproductive Effects : None identified. 		
13. Ecological		
<ul style="list-style-type: none"> • Eventual spill of Industrial Lump Charcoal into the environment does only have an esthetic influence, but the Industrial Lump Charcoal should be removed and the area should be cleaned by water. 		
14. Disposal Considerations		
<ul style="list-style-type: none"> • Leftovers or garbage from not contaminated Industrial Lump Charcoal may be burned or delivered to a suitable deposit place for non-toxic garbage. Industrial Lump Charcoal may be stored for an unlimited time without any influence on its quality as long as the storing conditions are dry, clean and safe. 		
15. Transport Information		
<ul style="list-style-type: none"> • Shipping Name : INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL • IMO : NOT CLASSIFIED in IMO CLASS 4.2. As long as to be proven by Certificate of Analysis for Self-Heating Test for Industrial Lump Charcoal in accordance with the test method given in the United Nations, Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Manual of Tests and Criteria. • Division : GENERAL CARGO • IATA / ICAO : Not regulated • IMO / IMDG : Not regulated 		
16. Regulatory Information		
<ul style="list-style-type: none"> • Prior to loading, the manufacturer or shipper should give the master a certificate stating that <u>the cargo is not class 4.2</u> based on tests carried out in accordance with Appendix D.6. For Industrial lump Charcoal screenings it should also be stated that the prescribed weathering period has been observed. • Industrial Lump Charcoal screenings should be exposed to the weather for not less than 13 days prior to shipment. • Hot Industrial Lump Charcoal screenings in excess of 55 °C should not be loaded. • The moisture content of Industrial Lump Charcoal screenings should not be more than 10%. 		
17. Other Information		
<p>REFERENCE</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ SUCOFINDO, Indonesia, Report of Analysis, "Self-Heating Test", No. 32091/DBBPAH, date September 18, 2015. <p>SUPPLIER REMARKS:</p> <p>Information on this form is furnished solely for the purpose of compliance with the Occupational Safety and Health Act and shall not be used for any other purpose. PT. Citra Prima Utama urges the customers receiving this Material Safety Data Sheet to study it carefully to become aware of the hazards, if any, of the product involved. In the interest of safety you should notify your employees, agents and contractors of the information on this sheet.</p>		
		
<p>PREPARED BY: XXXXXXXXXX</p> <p>PT. CITRA PRIMA UTAMA</p>		

Abbildung 35: „Material Safety Data Sheet“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS, Seite 3

8.7 „Producing Process Certificate Industrial Lump Charcoal“ für die Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS




	PT. CITRA PRIMA UTAMA Office : Jalan Tomat No.35 Banjarbaru, Kalimantan Selatan Tel/Fax: +62-511-4773843 Branch : Jalan Kalimas Baru No.29 Blok D-9, Surabaya. Tel.+62-31-3286609
<u>PRODUCING PROCESS CERTIFICATE INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL</u>	
Booking no	: 2569139080
Commodity	: Industrial lump charcoal
Feeder	: WARNOW CHIEF 304W
Stored location	: Warehouse Pergudangan Suri Mulya jl margomulyo 44 blok CC1, Surabaya, East Java. Indonesia
Port of Loading	: SURABAYA
Port of Destination	: LE HAVRE
Specifications	
Surveyor	: Basis Certificate of Quality issued by the independent <ul style="list-style-type: none">• General Size 50mm-100mm• Moisture 4.0%- 7.0 % ASTM D-1762-84 ITEM7• AS CONTEN 0.5% -3.0%ASTM D-1762-84 ITEM7• VOLATILE MATTER 5.0%-10.0 % ASTM D-1762-84 ITEM7• FIXED CARBON 85.0 % - 90.0%ASTM D-1762-84 ITEM7
<p>We hereby advice that our industrial lump charcoal have gone through the following process before we deliver to the port.</p> <p>Factory Location: BANJARMASIN.</p> <p>a. Date of production/batch : Oktober 26th, 2015</p> <p>b. Date of packaging : January 7th, 2016</p> <p>I hereby certify that this booking satisfies the step-by-step procedure set out in the applicable stored Procedure of Industrail lump charcoal, including checks of the parties and cargo.</p> <p>Surabaya, January 13th, 2016</p> <p> </p>	

Abbildung 36: „Producing Process Certificate Industrial Lump Charcoal“

8.8 „Vanning Survey Report“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS


	PT. BUANA MULTIGUNA INSPECTION & TESTING In co - operation with RITCHIE & BISSET (FAR EAST) Pte, Ltd. NIKKAKEN SERVICE Pte, Ltd.										
	Head Office : Jl. Boulevard Barat Raya, Kav. A3 / 49 Plaza Pasifik Kelapa Gading Phone : (021) 45840558 (Hunting) Fax : (021) 45840587 E-mail : buanamulti@jakarta.cline.net.id JAKARTA 14240, INDONESIA Branch Office : Jl. Kalimas Barat 2 No. 4 Phone/Fax. (031) 3545412 E-mail : buanasby@sby.dnet.net.id SURABAYA - 60163										
<h3><u>VANNING SURVEY REPORT</u></h3>											
<p>THIS IS TO REPORT THAT, upon request of PT.CITRA PRIMA UTAMA, we have drawn representative sample of the consignment of INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL for self-test and conducting a vanning survey report during cargo stuffing into container(s) and would report as follow:</p>											
SHIPPER	: PT. CITRA PRIMA UTAMA JL.TOMAT NO.35 BANJAR BARU KALIMANTAN SELATAN INDONESIA 70711										
CONSIGNEE	: CARBONEX LIEUDIT CORDELON 10250 GYE SUR SEINE, FRANCE										
DESCRIPTION OF GOOD	: 15 X 40' of INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL in BULK										
WEIGHT	: NETT: 379,686 GROSS: 380,061										
VESSEL	: WARNOW CHIEF Voy. 304W										
LOADING REPORT	: SURABAYA PORT INDONESIA										
DESTINATION	: LE HAVRE, FRANCE										
CONTAINER	: OOLU9778510/OOLCYK5805, OOLU8222130/OOLCYK5872, OOLU8068853/OOLCYK5810, OOLU9854918/OOLCYK5801, OOLU8728319/OOLCYK5802, OOLU8241948/OOLCYK5803, OOLU8667893/OOLCYK5804, OOLU8328204/OOLCYK9281, OOLU8125254/OOLCYK5808, OOLU8252921/OOLCYK5879, OOLU8493908/OOLCYK5807, OOLU8221767/OOLCYK5809, OOLU8132340/OOLCYK5880, OOLU8091426/OOLCYK5806, OOLU9426000/OOLCYK5871.										
BOOKING NO.	: 2569139080										
<hr/> <h4><u>RESULT OF SELF HEATING TEST</u></h4>											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMODITY</th> <th>SPECIFICATION</th> <th>RESULT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL</td> <td>SPONTANEOUS COMBUSTIBLES @140 DEG C FOR 12 HOUR</td> <td>PASSED</td> </tr> <tr> <td></td> <td>MOISTURE CONTENT (%WT) @110 DEG C FOR 1 HOUR</td> <td>8,36%</td> </tr> </tbody> </table>			COMMODITY	SPECIFICATION	RESULT	INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL	SPONTANEOUS COMBUSTIBLES @140 DEG C FOR 12 HOUR	PASSED		MOISTURE CONTENT (%WT) @110 DEG C FOR 1 HOUR	8,36%
COMMODITY	SPECIFICATION	RESULT									
INDUSTRIAL LUMP CHARCOAL	SPONTANEOUS COMBUSTIBLES @140 DEG C FOR 12 HOUR	PASSED									
	MOISTURE CONTENT (%WT) @110 DEG C FOR 1 HOUR	8,36%									
<p>BASED ON THE ABOVE ANALYSIS RESULT TESTED IN OUR ANALYTICAL LABORATORY, WE HEREBY CONFIRM THAT SAMPLES DRAWN PASSED THE TEST.</p>											

Abbildung 37: „Vanning Survey Report“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS, Seite 1



 <p>PT. BUANA MULTIGUNA INSPECTION & TESTING In co - operation with RITCHIE & BISSET (FAR EAST) Pte, Ltd. NIKKAKEN SERVICE Pte, Ltd. Head Office : Jl. Boulevard Barat Raya, Kav. A3 / 49 Plaza Pasifik Kelapa Gading Phone : (021) 45840558 (Hunting) Fax : (021) 45840587 E-mail : buanamulti@jakarta.cline.net.id JAKARTA 14240, INDONESIA Branch Office : Jl. Kalimas Barat 2 No. 4 Phone/Fax. (031) 3545412 E-mail : buanasby@sby.dnet.net.id SURABAYA - 60163</p>
<p>FINDINGS GENERAL CONDITION:</p> <ol style="list-style-type: none">1. -CONTAINER: BEFORE VANNING STARTED WE CARRIED OUT VISUAL INSPECTION AND WE FOUND THE CONTAINER WAS CLEAN DRY AND NO ODOUR FREE FROM SUCH CONTAMINANT -DOORSHEET WAS FOUND IN GOOD CONDITION AND GOOD ORDER PROPERLY -ROOF AND FLOOR WAS FOUND NOT ANY LEAKAGE -THE CONTAINER WAS GENERALLY GOOD CONDITION FOR LONG TRANSPORTATION2. CARGO WAS STUFFIED INTO THE CONTAINER IN BULK3. AT THE COMPLAINION OF STUFFING THE CARGO WAS SUPPORTED BY BAMBOO FENCE4. AFTER STUFFING COMPLETED CONTAINER WAS CLOSED TIGHTLY AND SEALED BY SHIPPING LINE
<p>THIS CERTIFICATE REFERS TO SAMPLING ONLY AND DOES NOT DEAL WITH ANY OTHER MATTER. IT IS ISSUED WITHOUT PREJUDICE.</p>
<p>Surabaya, 25 Januari 2016</p>
<p>PT BUANA MULTIGUNA Inspection & Testing Surabaya Branch</p> 

Abbildung 38: „Vanning Survey Report“ für Holzkohleladung auf der LUDWIGSHAFEN EXPRESS, Seite 2

8.9 „Sertifikat Akreditasi“ für das Unternehmen SUCOFINDO



SERTIFIKAT AKREDITASI

LP-242-IDN

Ditetapkan tanggal : 26 November 2014 Berlaku hingga: 25 November 2018

Diberikan kepada

LABORATORIUM CABANG BANJARMASIN PT SUCOFINDO (PERSERO)

di

Jl. Ahmad Yani Km. 7,8 No.21, Banjarmasin, Kalimantan Selatan 70654

yang telah menunjukkan kompetensinya sebagai

LABORATORIUM PENGUJI

dengan menerapkan secara konsisten

SNI ISO/IEC 17025:2008 (ISO/IEC 17025:2005)

Persyaratan Umum Untuk Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi

untuk ruang lingkup seperti dalam lampiran

KOMITE AKREDITASI NASIONAL

KETUA

Sertifikat ini memberikan hak kepada laboratorium untuk menggunakan tanda akreditasi pada sertifikat laporan yang diterbitkan oleh laboratorium. Untuk tujuan promosi, sertifikat ini tidak boleh direproduksi sebagian, kecuali secara keseluruhan, tanpa izin tertulis dari Komite Akreditasi Nasional.

Abbildung 39: „Sertifikat Akreditasi“ für das Unternehmen SUCOFINDO

8.10 Klassifizierung selbsterhitzungsfähiger Stoffe nach IMDG Code

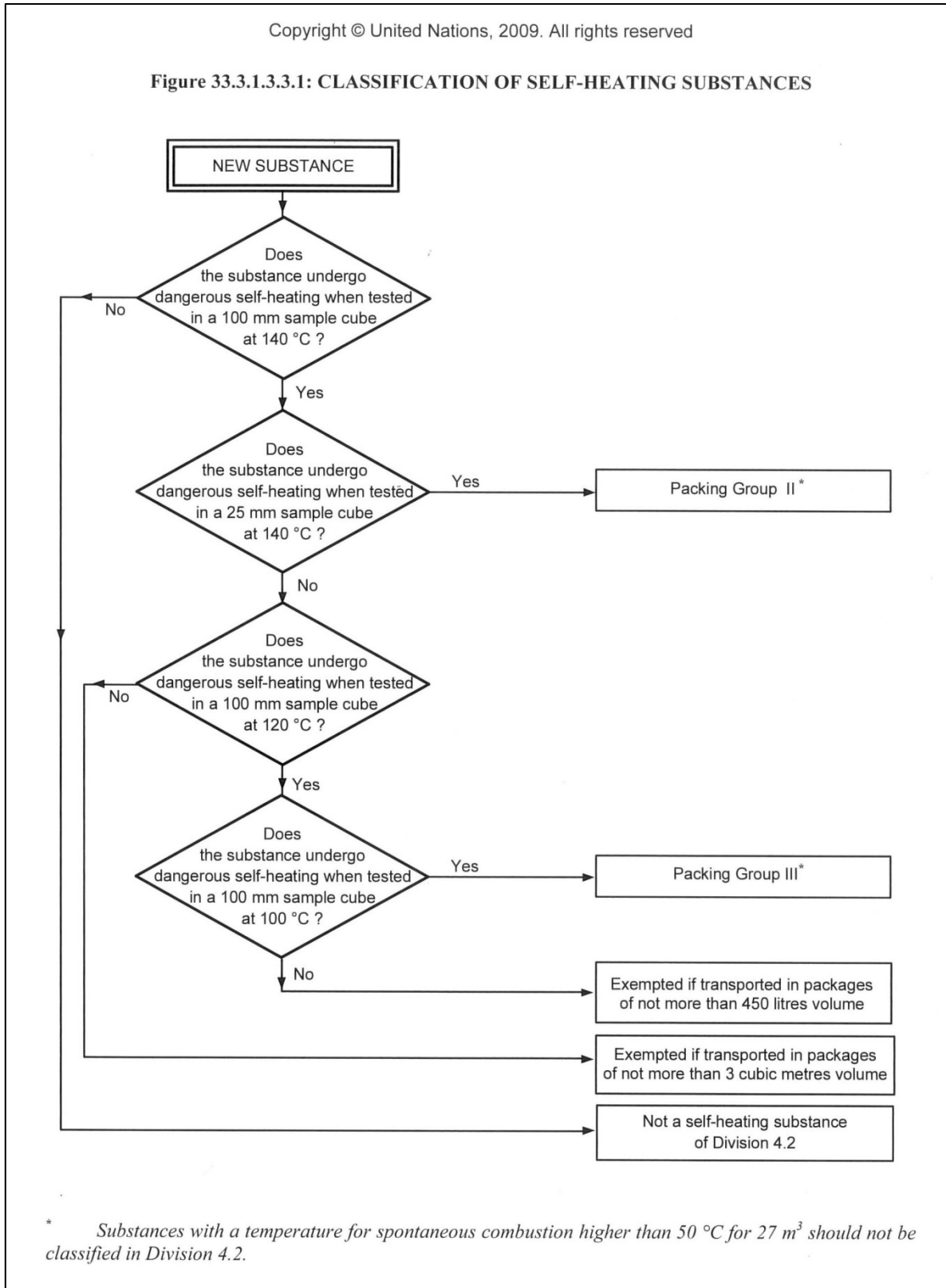


Abbildung 40: Schema des IMDG Codes zur Klassifizierung selbsterhitzungsfähiger Stoffe

8.11 Thermische Eigenschaften der Holzkohle der MSC KATRINA

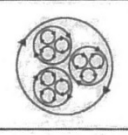
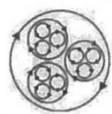
<p style="font-size: small; margin: 0;">Dr. Krause GmbH, Ahornstraße 28-32, Haus 55, 14482 Potsdam, Tel: 0331/740 01 05, Fax: 0331/704 66 29 Alle Rechte an dieser Unterlage und Beilagen, auch für den Fall der Patenterteilung und der Eintragung eines anderen gewerblichen Schutzrechtes, verbleiben bei uns. Soweit nicht ausdrücklich genehmigt, dürfen sie weder vervielfältigt, weitergegeben, verwertet noch dritten Personen mitgeteilt werden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz.</p>	<p>Dr. Krause GmbH : Safety Testing Laboratory Potsdam</p>	<p>Page 1</p> 
	<p>Thermo-physical Properties CHARCOAL KATRINA</p> <p>No. : BSU_001</p>	
<p>1. Company</p> <p>Employer : Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung</p> <p>Department :</p> <p>Order number : 455 / 15</p> <p>Name : ██████████</p> <p>Street : Bernhard-Nocht-Str.</p> <p>House no. : 78</p> <p>City : 20359 Hamburg</p> <p>Tel : 040 3190-0</p> <p>Fax : 040 3190 8340</p> <p>e-mail : ██████████</p>		
<p>2. Material</p> <p>Identifier / Trade name : Charcoal</p> <p>Delivery date : 12. 02. 2016</p> <p>Delivery quantity : ≈ 10 kg</p> <p>As-received condition : dry, no hot spots, grain size 20 – 80 mm</p> <p>Chemical compound : unknown</p> <p>Toxicity : none</p> <p>Class of dangerous goods : not classified by the shipper</p> <p>Colour : black</p> <p>Smell : none</p>		

Abbildung 41: Thermische Eigenschaften der Holzkohle, Seite 1

Dr. Krause GmbH, Ahornstraße 28-32, Haus 55, 14482 Potsdam, Tel: 0331/740 01 05, Fax: 0331/704 66 29
 Alle Rechte an dieser Unterlage und Beilagen, auch für den Fall der Patenterteilung und der Eintragung eines anderen gewerblichen Schutzrechtes, verbleiben bei uns.
 Soweit nicht ausdrücklich genehmigt, dürfen sie weder vervielfältigt, weitergegeben, verarbeitet noch dritten Personen mitgeteilt werden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz.

Dr. Krause GmbH : Safety Testing Laboratory Potsdam
Page 2


3. Experiments

Editor : **Dipl. Phys. K. Zielke**

3.1 Heat capacity

Container : Dewar-container by KGW Isotherm, FB 0 CAL

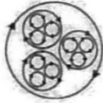
Original sample mass :	15.4	[g]
Reference liquid :	Water	
Mass of the reference liquid :	32.0	[g]
Spec. heat capacity of the reference liquid :	4.182	[J/(g*K)]
Heat capacity of the pure calorimeter C_K :	119.	[J/K]
Start temperature liquid :	47.9	[°C]
Start temperature sample :	16.3	[°C]
Temperature of equilibrium :	44.4	[°C]
Start date of the experiments :	21.03.2016	
End date of the experiments :	21.03.2016	

Measurement	Spec. Heat Capacity [J / (kg K)]
No. 1	1357.
No. 2	1194.
No. 3	1293.
No. 4	1380.
No. 5	1332.
No. 6	1314.
No. 7	1409
No. 8	1237
No. 9	1188
No. 10	1220
No. 11	1225
No. 12	1320
No. 13	1308

Comments :

Mean spec. heat capacity of the sample : 1293. [J/(kg*K)]

Abbildung 42: Thermische Eigenschaften der Holzkohle, Seite 2

Dr. Krause GmbH : Safety Testing Laboratory Potsdam
Page 3


Dr. Krause GmbH, Ahornstraße 28-32, Haus 55, 14482 Potsdam, Tel: 0331/740 01 05, Fax: 0331/704 66 29
 Alle Rechte an dieser Unterlage und Beilagen, auch für den Fall der Patenterteilung und der Eintragung eines anderen gewerblichen Schutzrechtes, verbleiben bei uns.
 Soweit nicht ausdrücklich genehmigt, dürfen sie weder vervielfältigt, weitergegeben, verwertet noch dritten Personen mitgeteilt werden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz.

3.2 Thermal diffusivity

Container : steel wire cube

Volume of sample : 0.027 [1]

Material preparation : no

Kind of heat storage : isoperibolic

End temperature of the oven : 100° [°C]

Start temperature of sample : 13° [°C]

Half time : 459 [s]

Date of the experiment : 14.03.2016

Thermal diffusivity : 1.9 E-7 [m² / s]

3.3 Density :

Volume of sample : 0.050 [1]

Measurement	Weight [g]
No. 1	32.0
No. 2	33.0
No. 3	31.1
No. 4	33.2
No. 5	34.7

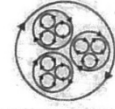
Volume of sample : 0.100 [1]

Measurement	Weight [g]
No. 6	67.5
No. 7	65.9
No. 8	68.4
No. 9	69.4
No. 10	70.0

Abbildung 43: Thermische Eigenschaften der Holzkohle, Seite 3

Dr. Krause GmbH : Safety Testing Laboratory Potsdam

Page 4



Volume of sample : 0.500 [l]

Measurement	Weight [g]
No. 11	245.0
No. 12	270.9
No. 13	263.3
No. 14	256.2
No. 15	263.2
No. 16	263.2
No. 17	267.8
No. 18	266.3
No. 19	271.8
No. 20	275.9

Humidity of the sample : 8.1 % [%]

Mean Density : $\rho = 601.0 \pm 70$ [kg/m³]

Grain size 20 mm $\rho = 670.0$ [kg/m³]

Grain size 80 mm $\rho = 530.0$ [kg/m³]

Dr. Krause GmbH, Ahornstraße 28-32, Haus 55, 14482 Potsdam, Tel: 0331/740 01 05, Fax: 0331/704 66 29
 Alle Rechte an dieser Unterlage und Beilagen, auch für den Fall der Patenterteilung und der Eintragung eines anderen gewerblichen Schutzrechtes, verbleiben bei uns.
 Soweit nicht ausdrücklich genehmigt, dürfen sie weder vervielfältigt, weitergegeben, verwendet noch dritten Personen mitgeteilt werden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz.

Abbildung 44: Thermische Eigenschaften der Holzkohle, Seite 4

Dr. Krause GmbH, Ahornstraße 28-32, Haus 55, 14482 Potsdam, Tel: 0331/740 01 05, Fax: 0331/704 66 29
 Alle Rechte an dieser Unterlage und Beilagen, auch für den Fall der Patenterteilung und der Eintragung eines anderen gewerblichen Schutzrechtes, verbleiben bei uns.
 Soweit nicht ausdrücklich genehmigt, dürfen sie weder vervielfältigt, weitergegeben, verwertet noch dritten Personen mitgeteilt werden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz.

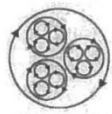
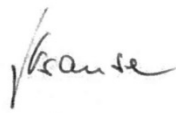
Dr. Krause GmbH : Safety Testing Laboratory Potsdam		Page 5	
Summary of the experiments			
Spec. heat capacity of the sample :	1293.		[J / (kg*K)]
Density of the sample :	601. ± 70		[kg / m ³]
Thermal diffusivity sample :	1.9 E-7		[m ² /s]
Thermal conductivity sample :	0.15		[W/(m*K)]
4. Summary			
Project number :	GK_BSU001		
Author :	Dr. Krause		
Number of pictures / graphs :	0		
Number of pages of this document :	5		
Notes :	None		
Declaration :	All measurements refer only to the material which has been received in section 2.		
Date : 29 / 03 / 2016	Potsdam		
Signature :	 Dr. Krause GmbH Ahornstr. 28-32 Haus 55 14482 Potsdam		

Abbildung 45: Thermische Eigenschaften der Holzkohle, Seite 5

8.12 Gutachten Dr.-Ing. Krause

Das im Zusammenhang mit dieser Untersuchung im Auftrag der BSU erstellte Gutachten des Herrn Dr.-Ing. Krause steht auf der Website der BSU für den Download zur Verfügung.