

486 | Juli 1988

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

Walter Abicht

Künftige Lecksicherheitsansprüche an Frachtschiffe

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

Künftige Lecksicherheitsansprüche an Frachtschiffe

Walter Abicht, Hamburg, Technische Universität Hamburg-Harburg, 1988

© Technische Universität Hamburg-Harburg
Schriftenreihe Schiffbau
Schwarzenbergstraße 95c
D-21073 Hamburg

<http://www.tuhh.de/vss>

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU
DER UNIVERSITÄT HAMBURG

WIR BEFÜRWORTEN DAS ERSCHEINEN DER ARBEIT

"Künftige Lecksicherheitsansprüche an Frachtschiffe"

VON *W. Abicht*

MIT 60 SEITEN

ALS IFS-BERICHT NR. 486

(ISBN 3 - 89220 - 486 -)

HAMBURG, DEN 8. 9. 88

HAMBURG, DEN 8. 9. 88

W. Abicht

FACHVERTRETER

Föck

FACHVERTRETER

DER BERICHT SOLL IN EXEMPLAREN GEDRUCKT WERDEN.

DIE FINANZIERUNG ÜBERNIMMT

HAMBURG, DEN

GESCH. DIREKTOR

ZUSAMMENFASSUNG DES INHALTES:

Entsprechend einem im Mai 1988 gefaßten IMO-Beschluß sind künftig alle Trockenfrachter über 100 m Länge so zu unterteilen, daß für das Überleben eines auftretenden Seitenlecks eine bestimmte Mindestwahrscheinlichkeit besteht. Damit wird erstmalig die Lecksicherheit des häufigsten Handelsschiffstyps international gesetzlich geregelt. In dem Bericht wird die neue Vorschrift in ihren Grundzügen vorgestellt, auf die anzuwendenden Formeln näher eingegangen und auf die noch vorhandenen Mängel hingewiesen. Die inzwischen vorliegenden ersten Ergebnisse der praktischen Anwendung werden präsentiert und diskutiert. Die englische Originalfassung der IMO-Regeln und die vom Germanischen Lloyd ausgearbeitete Version sind als Anhang beigelegt.

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Bericht Nr. 486

Künftige Lecksicherheitsansprüche
an Frachtschiffe

von
Walter Abicht

Vorgetragen am 8. Juli 1988 im Rahmen des Kolloquiums
des Instituts für Schiffbau der Universität Hamburg

	Seite
5. Unterteilungsvorschriften des Germanischen Lloyds für Trockenfrachter	22
6. Anwendung der IMO-Unterteilungsvorschrift auf gebaute Frachtschiffe	24
6.1 Untersuchungsergebnisse des Germanischen Lloyds	24
6.2 Untersuchungsergebnisse der U.S. Coast Guard	26
7. Schlußbemerkungen	28
8. Schrifttum	29
9. Anhänge	31
9.1 Anhang I : IMO-Regeln zur Unterteilung und Leckstabilität von Trockenfrachtern	31
9.2 Anhang II : GL-Bauvorschrift Abschnitt 36 "Unterteilung und Leckstabilität von Trockenfrachtschiffen"	46
9.3 Anhang III: Anwendung der IMO-Regeln auf 4 gebaute Trockenfrachter	52
9.4 Anhang IV : Anwendung der IMO-Regeln auf 42 gebaute Trockenfrachter	57

Künftige Lecksicherheitsansprüche an Frachtschiffe

von
Walter Abicht

1. Einleitung

Die Gestaltung moderner Frachtschiffe richtet sich fast ausschließlich nach der Art und den Abmessungen der Ladung sowie nach dem Gesichtspunkt eines möglichst schnellen Ladungsumschlags. Sicherheitsüberlegungen fließen zwar auch in den Entwurf ein, jedoch im allgemeinen nur in dem gesetzlich vorgeschriebenen Umfang und in einer untergeordneten Weise.

Trotz der sehr zahlreichen gesetzlichen Bestimmungen zur Schiffssicherheit gehen weltweit jedes Jahr ca. 300 Seeschiffe über 500 BRT verloren. Um einen Abbau dieser jährlichen Verluste zu erreichen, sind international verbindliche Vorschriften erforderlich, die mehr als bisher den Entwurf beeinflussen. Dabei muß in Kauf genommen werden, daß bestimmte Schiffstypen in der bisherigen Art künftig nicht mehr gebaut werden können. Ein solcher radikaler Schritt ist nicht ungewöhnlich und wurde u.a. bei der Verabschiedung der MARPOL-Konvention gemacht. Hier wurde mit dem Zwang zum Einbau von "segregated ballast tanks" erreicht, daß betriebsbedingte Ölverschmutzungen bei modernen Großtankern nahezu völlig vermieden werden können. Das in diesem Fall - bei unveränderter Ladetankkapazität - benötigte größere Rumpfvolumen führt nicht nur zu einem insgesamt größeren und damit teureren Schiff, sondern auch zu Änderungen der Abmessungsverhältnisse, der Raumeinteilung, des Rohrleitungssystems usw. /1/.

Eine vergleichbare Verbesserung könnte bei der Sicherheit von Trockenfrachtern erzielt werden, wenn an die Unterteilung dieser Schiffe höhere Anforderungen gestellt werden würden. Nach einer Untersuchung der US Coast Guard /2/ ist bei 50 % bis 80 % aller Schiffsverluste eindringendes Wasser eine wesentliche Unfallursache. Hieraus folgt, daß viele der verlorengegangenen Frachtschiffe den

Unfall überlebt hätten, wenn sie eine bessere wasserdichte Unterteilung gehabt hätten. Das gilt nicht nur für Kollisions- und Grundberührungsfälle, sondern auch für Flutungen, die durch eingetauchte Öffnungen, durch undichte Lukenabdeckungen, durch Seeschlag und dergleichen zustande kamen.

2. Geschichtlicher Rückblick

Obwohl bereits seit der Einführung des Eisenschiffbaus die Forderung erhoben wird, Frachtschiffen eine angemessene Lecksicherheit zu geben, zeichnet sich erst jetzt eine internationale Regelung für die Unterteilung von Frachtschiffen ab. Dabei sah man schon beim Entwurf des ersten größeren stählernen Schiffes, der "Great Britain" (Konstrukteur J.K. Brunel, Baujahr 1843), wasserdichte Querschotte vor. Der Grund hierfür war unter anderem die Befürchtung, daß die im Vergleich zum hölzernen Schiff sehr dünne Außenhaut leichter durchstoßen wird und daß ein eventuelles Leck sich nicht mehr ohne weiteres mit Bordmitteln abdichten läßt /3/.

Da damals noch keine anderen Bewertungsmethoden zur Verfügung standen, beschränkten sich die Forderungen auf Einhaltung eines bestimmten, vom Verwendungszweck des Schiffes abhängigen Abteilungsstatus. So empfahlen zum Beispiel bereits im Jahre 1867 führende englische Schiffbauingenieure den Einabteilungsstatus für stählerne Frachtschiffe. Eine im Jahre 1890 eingesetzte britische Untersuchungskommission bekräftigte diese Forderung, indem sie vorschlug, von einer bestimmten Schiffsgröße an für alle Frachtschiffe den Einabteilungsstatus vorzuschreiben /4/. Ähnliche Forderungen wurden später auch in Deutschland erhoben, so zum Beispiel von O. Flamm in seinem im Jahre 1913 vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft gehaltenen Vortrag /5/.

Während es im Fahrgastschiffbau vergleichsweise leicht war, Unterteilungsvorschriften auf nationaler Ebene und - nach dem Untergang der Titanic im Jahre 1912 - auf internationaler Ebene durchzusetzen, scheiterten alle Bemühungen, entsprechende Regeln auch für Frachtschiffe einzuführen. Der Hauptgrund für die Erfolglosigkeit war, daß die für den Transport vieler Güter benötigten bzw. wünschenswerten großen Laderäume nicht mehr möglich gewesen wären. Da damals

die Lecksicherheit eines Schiffes ausschließlich am Abteilungsstatus gemessen wurde, hätte eine hierauf aufbauende Unterteilungsvorschrift die Wirtschaftlichkeit des Gütertransports in einem zu starken Maße beeinträchtigt. So war es auch nicht weiter verwunderlich, daß eine im Internationalen Schiffssicherheitsvertrag SOLAS 1960 enthaltene Empfehlung, Regeln für die Unterteilung und Leckstabilität von Frachtschiffen zu erarbeiten, weitgehend unbeachtet blieb. Dies änderte sich zunächst auch nicht, als auf der Internationalen Schiffssicherheitskonferenz SOLAS 1974 eine Resolution verabschiedet wurde, auf der nochmals zu Anstrengungen aufgerufen wurde, auch für solche Schiffe Unterteilungsregeln aufzustellen, die keine Fahrgastschiffe sind.

3. Eine neue Methode der Lecksicherheitsbewertung

Mittlerweile hatte man erste Erfahrungen mit einem völlig neuartigen Unterteilungskonzept gewinnen können, dessen Grundidee von Wendel /6/ stammt und dessen Anwendung auf Fahrgastschiffe als alternative Möglichkeit von der IMO zugelassen ist (sogenanntes "IMO-Äquivalent", IMO-Resolution A. 265 vom Dezember 1973). Statt die Unterteilung ausschließlich auf einen bestimmten Abteilungsstatus abzustellen, wird hier eine Anordnung von Quer- und Längsschotten verlangt, die so vorzunehmen ist, daß die Wahrscheinlichkeit des Überstehens eines Seitenlecks einen vorgegebenen Mindestwert nicht unterschreitet. Zur Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit ist es erforderlich, für eine zunächst vorgegebene Unterteilung diejenigen Räume und Raumgruppen zu ermitteln, deren Flutung ertragbar ist. Sodann wird für jeden dieser Räume die Wahrscheinlichkeit berechnet, daß im Falle einer Kollision der betreffende Raum - und nur dieser Raum ! - beschädigt wird. Durch Addition der für die "flutbaren" Räume ermittelten "Teilgebietswahrscheinlichkeiten" erhält man die Wahrscheinlichkeit, daß das betrachtete Schiff ein Seitenleck übersteht. Je höher diese Überlebenswahrscheinlichkeit ist, um so wirksamer ist die vorgesehene Unterteilung. Wird die vorgeschriebene Mindestwahrscheinlichkeit nicht erreicht, ist die Unterteilung zu ändern und die Wahrscheinlichkeitsberechnung für die geänderte Raumeinteilung zu wiederholen. Die Lecksicherheitsforderung ist erfüllt, sobald eine Schottanordnung gefunden worden ist, bei der die Überlebenswah-

scheinlichkeit nicht mehr unterhalb des vorgeschriebenen Mindestwerts liegt (iterativer Prozeß).

Der Nachteil dieser neuen Bewertungsmethode ist, daß der erforderliche Rechenaufwand recht groß werden kann. Diesem Nachteil stehen jedoch überzeugende Vorteile gegenüber: die wesentlich korrektere Beurteilung der vorhandenen Lecksicherheit des Schiffes, die Erfäßbarkeit der sowohl durch Quer- als auch durch Längsschotte erreichbaren Sicherheitsbeiträge und vor allem die größere Freiheit des Entwurfsingenieurs bei der Schottanordnung.

Die größere Flexibilität bei der Unterteilung macht es unter anderem möglich, einen gewünschten Grad an Lecksicherheit auch dann noch zu erzielen, wenn in Teilbereichen des Schiffes relativ große Räume angeordnet werden sollen. Es war somit naheliegend, das Wahrscheinlichkeitskonzept zur Basis einer Unterteilungsvorschrift für Frachtschiffe zu machen. Damit konnte man der Forderung nach einem gesetzlichen Mindestmaß an Lecksicherheit endlich auch bei Frachtschiffen nachkommen, ohne eine allzu große Einbuße an der Wirtschaftlichkeit eines Entwurfs befürchten zu müssen. Eine Arbeitsgruppe der IMO einigte sich relativ schnell auf eine Formulierung des zur Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit anzuwendenden Berechnungsverfahrens. Dagegen konnte über die für die Überlebenswahrscheinlichkeit zu fordernden Mindestwerte noch keine von allen Mitgliedsländern vorbehaltlos akzeptierte Lösung gefunden werden. Nach einem von der IMO im Mai 1988 gefaßten Beschluß sind die neuen Unterteilungsregeln zur Anwendung auf alle Trockenfrachter (einschließlich der Ro-Ro-Schiffe) über 100 m Länge vorgesehen. Vor einer endgültigen Billigung durch die IMO sollen die Verwaltungen zunächst die Vorschrift probeweise anwenden und so weitere Erfahrungen sammeln.

4. Lecksicherheitsansprüche der IMO an Trockenfrachter

Die wichtigsten Bestimmungen der künftigen Unterteilungsvorschrift für Trockenfrachter sollen im folgenden vorgestellt werden. Der genaue Wortlaut der Regeln kann dem als Anhang I beigefügten IMO-Dokument MSC/Circular 484 entnommen werden.

4.1 Anwendungsbereich und Definitionen (Regeln 1 und 2)

=====
In diesen Regeln wird der Anwendungsbereich festgelegt (neue Trockenfrachter über 100 m Länge mit Ausnahme derjenigen Schiffe, für die die IMO bereits Leckstabilitätsregeln aufgestellt hat). Ferner wird den Verwaltungen zugestanden, in Sonderfällen von der Vorschrift abweichen zu können, sofern durch andere Maßnahmen zumindest das gleiche Maß an Sicherheit erreicht wird. Regel 2 enthält eine Zusammenstellung der Definitionen für die in der Vorschrift benutzten Fachausdrücke und physikalischen Größen.

4.2 Geforderte Überlebenswahrscheinlichkeit R (Regel 3)

=====
Der geforderte Mindestwert für die Überlebenswahrscheinlichkeit im Seitenleckfall ("required subdivision index R") wird in folgender Weise von der Schiffslänge L_S abhängig gemacht:

$$R = \sqrt[3]{C_1 + C_2 \cdot L_S}$$

Diejenigen Mitgliedsländer, die eine Abhängigkeit des R-Wertes auch vom Schiffstyp forderten, konnten sich nicht durchsetzen. Uneinigkeit bestand ferner über die für C_1 und C_2 anzusetzenden Zahlenwerte. Während im IMO-Dokument $C_1=0$ und $C_2=0,001$ gesetzt wird, enthält der neue Abschnitt 36 der Bauvorschriften des Germanischen Lloyds die Angaben $C_1=0$ und $C_2=0,00075$. Über die für C_1 und C_2 endgültig zu wählenden Zahlenwerte will die IMO im April 1989 eine Entscheidung treffen.

4.3 Vorhandene Überlebenswahrscheinlichkeit A (Regel 4)

=====
Die durch die wasserdichte Unterteilung eines Schiffskörpers erzielte Überlebenswahrscheinlichkeit im Seitenleckfall ("attained subdivision index A") darf die geforderte Mindestüberlebenswahrscheinlichkeit R nicht unterschreiten ($A \geq R$). Der A-Wert ist durch Bildung des Mittelwerts aus der Überlebenswahrscheinlichkeit A_L des voll abgeladenen Schiffes ("loaded") und der Überlebenswahrscheinlichkeit A_P des teilabgeladenen Schiffes ("partially loaded": Schiff mit 60 % der maximalen Zuladung) zu bestimmen: $A = \frac{1}{2} (A_L + A_P)$.

Die Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit A_L bzw. A_P geschieht jeweils in der Weise, daß für alle diejenigen Räume und Raumgruppen, deren Flutung ertragbar ist (positive Resthebelarme, im Endzustand kein Eintauchen von Öffnungen und Krängung maximal 30°), folgende Größen ermittelt werden:

- Teilgebietswahrscheinlichkeit p_i für den betrachteten Raum bzw. die betrachtete Raumgruppe (= Wahrscheinlichkeit, daß nur der jeweilige Raum bzw. die jeweilige Raumgruppe durch ein Seitenleck geöffnet wird).
- Bewertungsfaktor s_i für die jeweilige Endschwimmlage ($0 \leq s_i \leq 1$); entspricht der Wahrscheinlichkeit, daß das Schiff nach Erreichen der jeweiligen Endschwimmlage den Leckfall überlebt.
- Wahrscheinlichkeit v_i , daß der obere Endpunkt eines Seitenlecks unterhalb einer vorgegebenen, über dem jeweiligen Tiefgang d liegenden Höhe (z.B. einem Deck) bleibt.

Das Produkt der vorstehenden Wahrscheinlichkeitswerte stellt die Wahrscheinlichkeit dar, daß der jeweilige Raum bzw. die jeweilige Raumgruppe allein beschädigt wird, daß ferner das Schiff nach eingetretener Beschädigung den Leckfall übersteht und daß sich schließlich das Seitenleck nach oben hin nicht über einen vorgegebenen Punkt erstreckt. Dabei wird vorausgesetzt, daß alle drei Ereignisse stochastisch voneinander unabhängig sind (andernfalls wäre die Produktbildung unzulässig). Durch Addition der so für jeden einzelnen ertragbaren Leckfall ermittelten Wahrscheinlichkeiten erhält man die Überlebenswahrscheinlichkeit des Schiffes, die es in dem jeweils betrachteten Betriebszustand besitzt:

$$A = \sum_{i=1}^n p_i \cdot s_i \cdot v_i$$

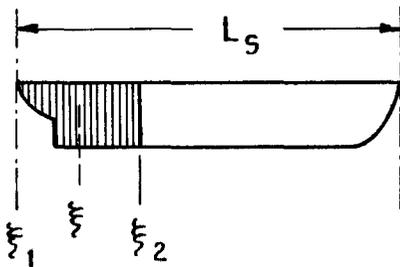
Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß der untere Endpunkt des Seitenlecks in Höhe der Basis (= Schiffsboden) anzunehmen ist. In den Fällen jedoch, in denen geringere Leckhöhen für das Schiff ungünstiger sind, ist mit diesen zu rechnen (z.B. führt das Intaktbleiben des Doppelbodens zu einem größeren Stabilitätsverlust).

4.4 Berechnung der Teilgebietswahrscheinlichkeit p_i (Regel 5)
 =====

Diese Regel stellt die Basis der Unterteilungsvorschrift für Frachtschiffe dar. Sie enthält genaue Anweisungen zur Berechnung der Teilgebietswahrscheinlichkeit p_i . Entsprechend einem polnischen Vorschlag (IMCO-paper STAB/89 vom 5.2.1981 und IMO-paper SLF/1 vom 5.5.1982) wurden die Formeln zur Berechnung von p_i gegenüber denen im "IMO-Äquivalent" für Fahrgastschiffe modifiziert. Der p_i -Wert einer sich von Bord zu Bord erstreckenden Abteilung ist je nach Lage dieser Abteilung wie folgt zu bestimmen:

4.4.01 Hintere Endabteilung

$$\left(\xi_1 = \frac{x_1}{L_s} = 0 \right)$$



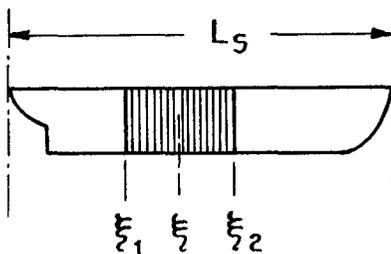
Wenn $\xi_2 \leq 0,5$: $p_i = F + 0,5 ap + q$

Wenn $\xi_2 > 0,5$: $p_i = F + 0,5 ap + q - q'$

Der Ort der Abteilungsmitte wird mit ξ bezeichnet: $\xi = 0,5 (\xi_1 + \xi_2)$.

4.4.02 Zwischenabteilung

$$\left(\xi_1 \neq 0 ; \xi_2 \neq 1 \right)$$



Wenn $\xi_1 < 0,5$ und $\xi_2 \leq 0,5$ } $p_i = a \cdot p$
 Wenn $\xi_1 \geq 0,5$ und $\xi_2 > 0,5$ }

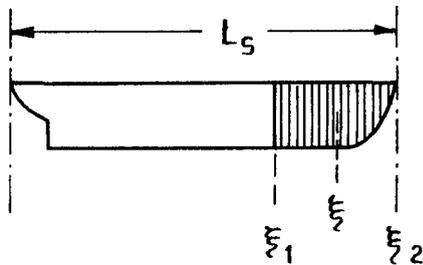
Wenn $\xi_1 < 0,5$ und $\xi_2 > 0,5$: $p_i = a \cdot p - q'$

4.4.03 Vordere Endabteilung

$$\left(\xi_2 = \frac{x_2}{L_s} = 1 \right)$$

Wenn $\xi_1 \geq 0,5$: $p_i = 1 - F + 0,5 a \cdot p$

Wenn $\xi_1 < 0,5$: $p_i = 1 - F + 0,5 a \cdot p - q'$



Der p_i -Wert ist für alle Abteilungen, für die sich ein Wert $s > 0$ ergibt, zu berechnen (vgl. Regel 6). Für die Größen a , F , p , q und q' gilt:

4.4.04 Treffstellenverteilung $a(\xi)$

Treffstelle $0 \leq \xi \leq 0,5$: $a = 0,4 + 1,6 \xi$

Treffstelle $\xi > 0,5$: $a = 1,2$

Durch vorstehende Funktionen wird zum Ausdruck gebracht, daß Seitenlecks im Vorschiff etwas häufiger als im Hinterschiff auftreten. Die Trefferhäufigkeit wird in der hinteren Schiffshälfte nach vorn hin linear ansteigend angesetzt, während sie in der vorderen Schiffshälfte als konstant angenommen wird.

4.4.05 Verteilungsfunktion der Treffstellen $F(\xi)$

Diese Funktion ergibt sich durch Integration der Verteilungsdichte $a(\xi)$:

$$F = 0,4 + (\xi - 0,5) \cdot (0,6 + 0,5 a)$$

4.4.06 Teilgebietswahrscheinlichkeit p

Mit p wird die Teilgebietswahrscheinlichkeit bezeichnet, die man bei einer linear abfallenden Wahrscheinlichkeitsdichte der Leck-

längen für eine Zwischenabteilung (d.h. $\xi_1 \neq 0$ und $\xi_2 \neq 1$) erhält, die gänzlich in der hinteren oder in der vorderen Schiffshälfte liegt. Diejenige mit der Schiffslänge L_S dimensionslos gemachte Lecklänge, bei der die Wahrscheinlichkeitsdichte gleich null wird, wird mit λ_{\max} bezeichnet. Je nach Schiffslänge L_S wird von folgenden Werten ausgegangen:

$$L_S \leq 200 \text{ m} : \lambda_{\max} = 0,24$$

$$L_S > 200 \text{ m} : \lambda_{\max} = \frac{48 \text{ m}}{L_S}$$

Die Teilgebietswahrscheinlichkeit p erhält man durch Integration der Wahrscheinlichkeitsdichte der Lecklängen und Treffstellen. Sie ist um so größer, je länger die mit der Schiffslänge L_S dimensionslos gemachte Abteilungslänge λ ist.

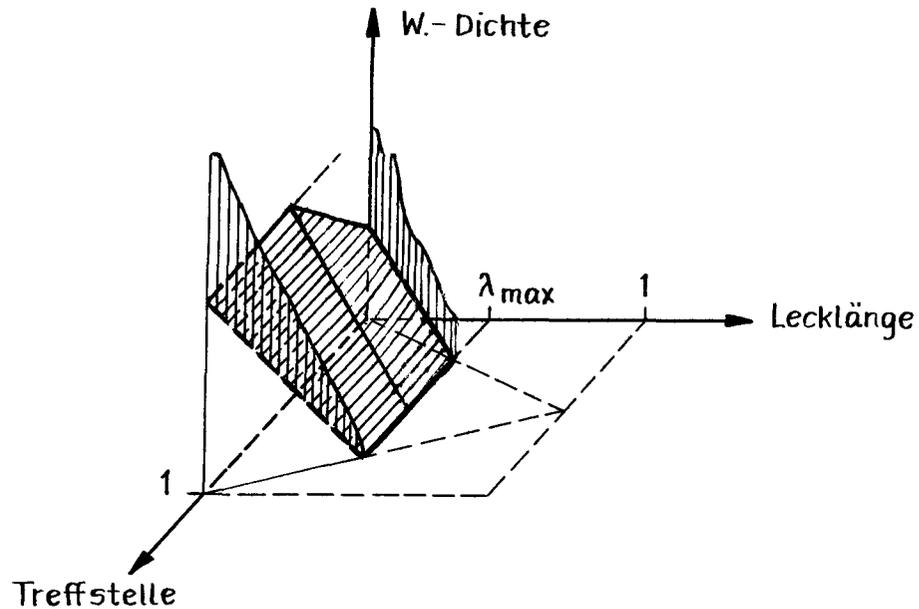
Die zur Berechnung von p anzuwendende Formel lautet für Abteilungslängen

$$\lambda \leq \lambda_{\max} : p = \lambda_{\max} \cdot \left(\left[\frac{\lambda}{\lambda_{\max}} \right]^2 - \frac{1}{3} \left[\frac{\lambda}{\lambda_{\max}} \right]^3 \right)$$

$$\lambda > \lambda_{\max} : p = \lambda_{\max} \cdot \left(\left[\frac{\lambda}{\lambda_{\max}} \right] - \frac{1}{3} \right)$$

4.4.07 Korrekturglied q bei hinteren Endabteilungen

Die Treffstellenverteilung $a(\xi)$ wird mit der Randverteilung der Treffstellen gleichgesetzt. Dadurch, daß die Randverteilung an den Stellen $\xi = 0$ und $\xi = 1$ nicht auf null abfällt, sondern hier endliche Werte (nämlich 0,4 bzw. 1,2) aufweist, müssen für die Endabteilungen die oben unter a) bzw. c) angegebenen besonderen Formeln zur Berechnung der Teilgebietswahrscheinlichkeit p_i angewendet werden. Für die zweidimensionale Wahrscheinlichkeitsdichte der Treffstellen und Lecklängen bedeutet dies, daß die Verteilungsfläche an den Rändern plötzlich stark ansteigen muß (in der nachfolgenden Skizze schraffiert dargestellt).



Die Formel für den p_i -Wert der in der hinteren Schiffshälfte gelegenen Endabteilung ändert sich dadurch in der unter a) angegebenen Weise. Für das Korrekturglied q gilt bei Abteilungsängen

$$\lambda \leq \lambda_{\max} : q = \frac{0,4}{3} \lambda_{\max}^2 \cdot \left(\left[\frac{\lambda}{\lambda_{\max}} \right]^3 - \frac{1}{4} \left[\frac{\lambda}{\lambda_{\max}} \right]^4 \right)$$

$$\lambda > \lambda_{\max} : q = 0,2 \lambda_{\max}^2 \cdot \left(\left[\frac{\lambda}{\lambda_{\max}} \right]^2 - \frac{2}{3} \left[\frac{\lambda}{\lambda_{\max}} \right] + \frac{1}{6} \right)$$

4.4.08 Korrekturglied q' bei zum Teil in der hinteren, zum Teil in der vorderen Schiffshälfte gelegenen Abteilungen

Der an der Stelle $\xi = 0,5$ vorhandene Knick in der Treffstellenverteilung (s. auch vorstehende Skizze) macht einen Abzug q' beim p_i -Wert aller derjenigen Abteilungen erforderlich, die vom Hinterschiffs- in den Vorschiffsbereich hineinreichen. Liegt die Mitte der betrachteten Abteilung in der hinteren Schiffshälfte, so berechnet sich q' im Falle

$$2 \xi_2 - 1 \leq \lambda_{\max} : q' = \frac{0,4}{3} \lambda_{\max}^2 \cdot \left(\left[\frac{2\xi_2 - 1}{\lambda_{\max}} \right]^3 - \frac{1}{4} \left[\frac{2\xi_2 - 1}{\lambda_{\max}} \right]^4 \right)$$

$$2 \xi_2 - 1 > \lambda_{\max} : q' = 0,2 \lambda_{\max}^2 \cdot \left(\left[\frac{2\xi_2 - 1}{\lambda_{\max}} \right]^2 - \frac{2}{3} \left[\frac{2\xi_2 - 1}{\lambda_{\max}} \right] + \frac{1}{6} \right)$$

Für eine mit ihrer Mitte in der vorderen Schiffshälfte gelegene Abteilung gilt im Falle

$$1 - 2 \xi_1 \leq \lambda_{\max} : q' = \frac{0,4}{3} \lambda_{\max}^2 \cdot \left(\left[\frac{1-2\xi_1}{\lambda_{\max}} \right]^3 - \frac{1}{4} \left[\frac{1-2\xi_1}{\lambda_{\max}} \right]^4 \right)$$

$$1 - 2 \xi_1 > \lambda_{\max} : q' = 0,2 \lambda_{\max}^2 \cdot \left(\left[\frac{1-2\xi_1}{\lambda_{\max}} \right]^2 - \frac{2}{3} \left[\frac{1-2\xi_1}{\lambda_{\max}} \right] + \frac{1}{6} \right) .$$

Um die Zahl der Symbole im Interesse einer besseren Übersichtlichkeit so gering wie möglich zu halten, werden die Formeln ohne Verwendung der in der Vorschrift benutzten Kürzel F_1 , F_2 , y und y' präsentiert.

4.4.09 Anmerkungen zu den p_i -Formeln

Generell ist zu den in der Regel 5 enthaltenen Formeln zu sagen, daß sie in mancher Hinsicht unbefriedigend sind und eine Reihe von Ungereimtheiten enthalten. Bei Nutzung des auf diesem Gebiet gerade in der Bundesrepublik Deutschland vorhandenen Fachwissens hätten die Mängel nicht nur verhindert, sondern die gesamte Vorschrift für den Anwender wesentlich einfacher gestaltet werden können.

Besonders unerfreulich sind die erheblichen Sprünge in der Teilgebietswahrscheinlichkeit p_i , die man erhält, wenn man eine Endabteilung um eine infinitesimal kleine Strecke zur Schiffsmitte hin verschiebt. Eine solche Verschiebung hat die Anwendung einer anderen Formel zur Folge mit der Konsequenz, daß nun die Teilgebietswahrscheinlichkeit auf einen Bruchteil ihres ursprünglichen Wertes schrumpft. Ein solches Ergebnis ist völlig widersinnig und in keiner Weise berechtigt.

4.4.10 Beitrag von Seitenräumen zur Überlebenswahrscheinlichkeit

In ähnlicher Weise wie beim "IMO-Äquivalent" für Fahrgastschiffe besteht auch bei der neuen Unterteilungsvorschrift für Frachtschiffe die Möglichkeit, den Beitrag zur Lecksicherheit zu erfassen, den Seitenräume liefern, deren Flutung für das Schiff ertragbar ist. Im Vergleich zur Teilgebietswahrscheinlichkeit einer an derselben Stelle gelegenen gleich langen Abteilung ergibt sich ein geringerer Wahrscheinlichkeitswert, da hier zusätzlich die Bedingung erfüllt sein muß, daß die Eindringtiefe des Seitenlecks die Breite b des Seitenraums nicht übersteigen darf. Man berücksichtigt dies durch einen Reduktionsfaktor r , mit dem der Beitrag der erwähnten Abteilung multipliziert werden muß:

Überlebenswahrscheinlichkeitsbeitrag einer Abteilung : $p_i \cdot s_i \cdot v_i$
Überlebenswahrscheinlichkeitsbeitrag eines Seitenraums: $r \cdot p_i \cdot s_i \cdot v_i$

Der Reduktionsfaktor r ist identisch mit der Wahrscheinlichkeit, daß bei einem auftretenden Seitenleck ein vorhandenes Längsschott nicht durchstoßen wird. Wie groß diese Wahrscheinlichkeit jeweils ist, hängt von der relativen Seitenraumbreite b/B und der mit der Schiffslänge L_S dimensionslos gemachten Seitenraumlänge λ ab. Die Regel 5 schreibt die Bestimmung von r durch Anwendung folgender Formeln vor:

Seitenraumlänge $\lambda \geq 0,2 b/B$:

a) $b/B \leq 0,2$: $r = b/B \left(2,3 + \frac{0,08}{\lambda + 0,02} \right) + 0,1$

b) $b/B > 0,2$: $r = \frac{0,016}{\lambda + 0,02} + b/B + 0,36$

Seitenraumlänge $\lambda < 0,2 b/B$:

Der aktuelle r -Wert ist hier durch lineare Interpolation zwischen zwei r -Werten zu bestimmen, die für die beiden Grenzfälle $\lambda = 0$ und $\lambda = 0,2 b/B$ gelten:

a) $\lambda = 0$: $r = 1$

b) $\lambda = 0,2 b/B$: $r = b/B \left(2,3 + \frac{0,08}{\lambda + 0,02} \right) + 0,1$ (falls $b/B \leq 0,2$)

$r = \frac{0,016}{\lambda + 0,02} + b/B + 0,36$ (falls $b/B > 0,2$)

4.4.11 Anmerkungen zu den r-Formeln

Auch bei den Formeln für den Reduktionsfaktor r werden - ebenso wie bei denen für die Teilgebietswahrscheinlichkeit p_i - Wahrscheinlichkeitswerte erreicht, die nicht korrekt sind. So müßte sich z.B. bei allen Raumlängen λ für $b/B = 1$ stets der Wert $r = 1$ ergeben. Ferner müßten die Formeln für sehr schmale Seitenräume ($b/B \rightarrow 0$) das Ergebnis $r = 0$ liefern. Beide Forderungen werden von den Formeln nicht erfüllt.

Derartige Fehler, die sich nicht auf die betrachteten Grenzfälle beschränken, können unter Umständen zu erheblichen Fehlbeurteilungen führen. So läßt sich ohne weiteres nachweisen, daß von zwei Schiffen A und B, die sich nur in ihrer Unterteilung voneinander unterscheiden, sich nach den Regeln der Vorschrift für das Schiff A die größere Überlebenswahrscheinlichkeit ("attained subdivision index") ergibt, obgleich bei Zugrundelegung eines der Leckstatistik entsprechenden und konsequent eingehaltenen Verteilungsmodells eine von der Vorschrift unabhängige Berechnung zeigt, daß das Schiff B mit höherer Wahrscheinlichkeit eine Seitenbeschädigung übersteht.

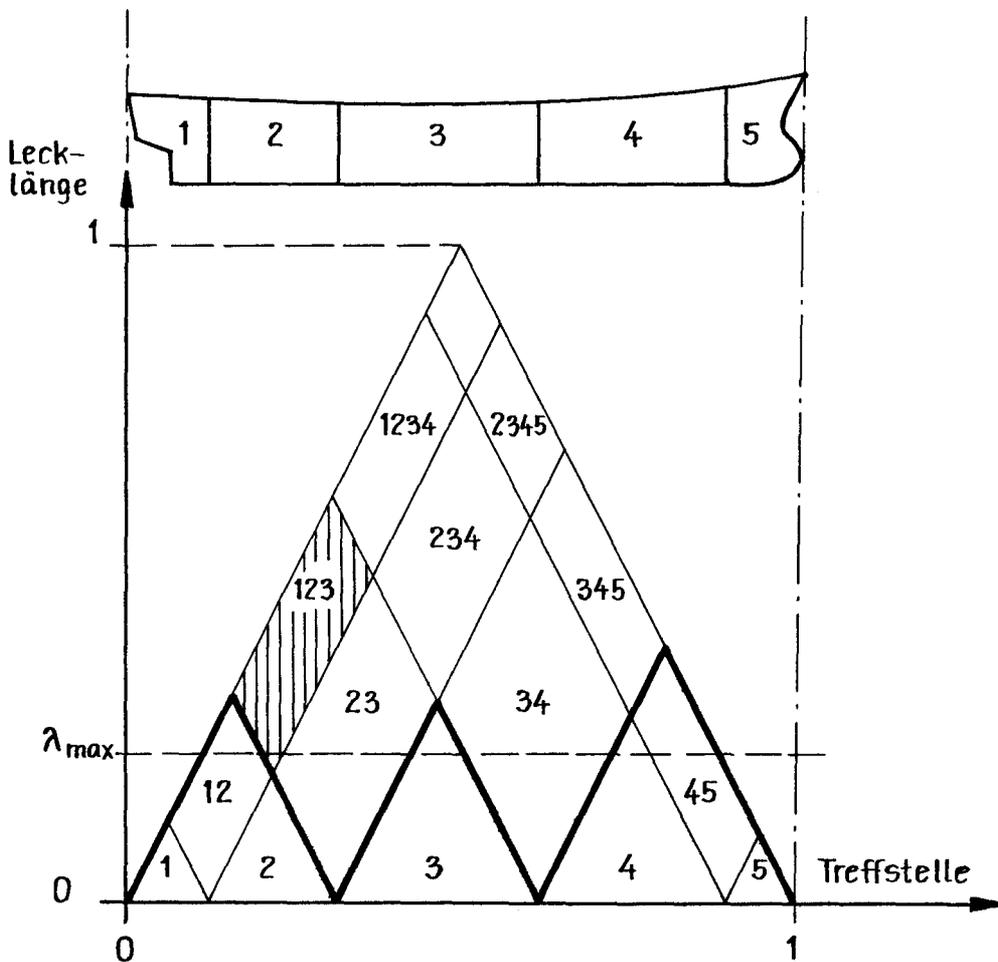
Ein wesentlicher Grund dafür, daß sich derartige Fehlbeurteilungen ergeben können, ist der Umstand, daß in die Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit Zahlenwerte eingehen, die aus der Differenz relativ großer Zahlen gewonnen werden (s. hierzu den folgenden Abschnitt). Ungenauigkeiten in den Ausgangswerten führen in solchen Fällen bekanntlich zu großen Fehlern in den Ergebnissen. Es wäre daher zu überlegen, ob für den r -Wert auf Formeln verzichtet und statt dessen der jeweils anzuwendende Reduktionsfaktor besser einem Diagramm entnommen werden sollte. Dieser Weg ist sowohl für die Sicherheitsbeurteilung im Seitenleckfall als auch im Bodenleckfall möglich. Wie in /7/ gezeigt, lassen sich auf diese Weise die in der Vorschrift enthaltenen Mängel vermeiden.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei darauf hingewiesen, daß mit der vorstehenden Kritik nur solche Fehler gemeint sind, die darauf zurückzuführen sind, daß das Beurteilungssystem in sich nicht geschlossen und exakt ist. Beurteilungsfehler, die dadurch entstehen, daß für besondere Schiffstypen oder für bestimmte Fahrtgebiete für die einzelnen Leckgrößen spezielle Häufigkeitsverteilungen gelten, sind damit nicht gemeint. Hier ist der Verfasser zusammen mit den

Formulierern der Vorschrift der Meinung, daß bei der Wahl der Überlebenswahrscheinlichkeit als Lecksicherheitskriterium hinsichtlich der Verteilung der Zufallsgrößen von einem bestimmten Modell ausgegangen werden muß, das nicht in jedem Einzelfall mit der jeweiligen Wirklichkeit übereinzustimmen braucht. Insofern ist es auch berechtigt, in der Vorschrift - wie geschehen - das Wort "Überlebenswahrscheinlichkeit" zu vermeiden und dafür den Begriff "Unterteilungsindex" zu verwenden.

4.4.12__Hinweise_zur p_i -Wert-Berechnung

Die Regel 5 enthält im letzten Absatz Anweisungen zur Berechnung des p_i -wertes für Abteilungsgruppen. Grundsätzlich empfiehlt es sich, für jedes Schiff nach Durchführung der Leckrechnung ein Diagramm der weiter unten abgebildeten Art zu erstellen, aus dem hervorgeht, wie Treffstelle und Lecklänge beschaffen sein müssen, damit jeweils ausschließlich ein bestimmter Raum bzw. eine bestimmte Raumgruppe geflutet wird. So liegt z.B. innerhalb des in der



Die im Text als Beispiel beschriebene p_i -Wert-Berechnung bezieht sich auf das schraffierte rhombenförmige Gebiet. Die dick eingezeichnete Grenzlinie gibt die jeweils gerade noch ertragbare Lecklänge an.

Abbildung mit "2" bezeichneten dreieckförmigen Gebiets die Gesamtheit der nach Treffstelle und Lecklänge möglichen Seitenlecks, die ausschließlich eine Flutung der Abteilung 2 bewirken. Ein sich über zwei Abteilungen erstreckendes Dreieck (z.B. das über den Abteilungen 2 und 3 liegende, mit "23" bezeichnete Dreieck) enthält in entsprechender Weise die Gesamtheit aller derjenigen Seitenlecks, die entweder nur die Abteilung 2, nur die Abteilung 3 oder beide Abteilungen öffnen. Zieht man von dem dreieckförmigen Gebiet "23" die mit "2" und "3" bezeichneten Dreiecksgebiete ab, so sind in dem verbleibenden rhombenförmigen Gebiet diejenigen Seitenlecks enthalten, die ausschließlich eine gemeinsame Flutung der Abteilungen 2 und 3 zur Folge haben. Rhombenförmige Gebiete, die gänzlich oberhalb der dimensionslosen Lecklänge λ_{\max} liegen, brauchen nicht näher betrachtet zu werden, da davon ausgegangen wird, daß Lecklängen, die größer als λ_{\max} sind, nicht auftreten.

Die Vorgehensweise bei der Berechnung der Wahrscheinlichkeit p_i der leckbedingten Flutung einer Abteilungsgruppe ist im Prinzip die gleiche wie die bei der Ermittlung des zugehörigen rhombenförmigen Gebiets. Man berechnet unter Anwendung der jeweils geltenden p_i -Formeln die Teilgebietswahrscheinlichkeit für das die betrachteten Nachbarabteilungen überdeckende große Dreieck und zieht hiervon die p_i -Werte der zur Gewinnung des jeweiligen rhombenförmigen Gebiets abzuziehenden kleineren Dreiecke wieder ab. Dabei ist darauf zu achten, daß bei einer Überlappung von Dreiecksflächen der p_i -Wert des Überlappungsdreiecks wieder hinzuaddiert werden muß, weil sonst der p_i -Wert dieses Gebiets zweimal abgezogen werden würde.

Beispiel:

Den p_i -Wert für die aus den Abteilungen 1, 2 und 3 bestehende Gruppe - also die Wahrscheinlichkeit der gemeinsamen Flutung der Abteilungen 1, 2 und 3 - erhält man wie folgt:

$$p_i = p_{123} - p_{12} - p_{23} + p_2 \quad .$$

Die vorstehenden Betrachtungen gelten in gleicher Weise für Seitenraumgruppen. Der einzige Unterschied besteht darin, daß hier noch der Reduktionsfaktor r hinzutritt. In beiden Fällen erhält man den Beitrag zur Überlebenswahrscheinlichkeit aus der Differenz

größerer Wahrscheinlichkeitswerte. Auf die damit - bei Verwendung vereinfachter bzw. nicht völlig korrekter Formeln - verbundene Problematik wird noch einmal hingewiesen.

Für die Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit A ist es im allgemeinen nicht erforderlich, für jedes dreieck- bzw. rhombenförmige Gebiet, das ganz oder teilweise unterhalb der λ_{\max} -Linie liegt, den zugehörigen p_i -Wert zu bestimmen. Die p_i -Wert-Berechnung kann für diejenigen Gebiete entfallen, zu denen Flutungen gehören, die das Schiff nicht ertragen kann (vgl. Regel 6: es ist $s = 0$ zu setzen, wenn im Endzustand keine positiven Resthebelarme vorhanden sind, wenn Öffnungen zu Wasser kommen oder wenn sich eine Krängung von über 30° einstellt). Um sofort zu erkennen, für welche Gebiete eine p_i -Wert-Berechnung erforderlich ist, empfiehlt es sich, durch eine dick eingezeichnete Grenzlinie anzugeben, in welchen Flutungen sich ein Wert $s > 0$ ergibt. In dem Abbildungsbeispiel ist dies bei der Flutung jeder einzelnen Abteilung sowie bei einer gemeinsamen Flutung der Abteilungen 1 und 2 sowie der Abteilungen 4 und 5 der Fall.

4.5 Berechnung des Bewertungsfaktors s_i (Regel 6)

=====

Die Regel 6 schreibt die Berechnung des in Regel 4 erwähnten Bewertungsfaktors s_i vor, durch den zum Ausdruck gebracht werden soll, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Schiff den sich nach einer Flutung einstellenden Zustand übersteht. Es wird davon ausgegangen, daß ein beschädigtes Schiff um so sicherer ist, je größer maximaler Wert (in m) und Umfang (in Grad) der Hebelarmkurve des Restkörpers sind (in der Vorschrift fehlt der für die Eindeutigkeit der Berechnung erforderliche Hinweis, daß die Methode "fortfallender Auftrieb" anzuwenden ist). Ferner wird der s_i -Wert von der Größe eines sich im Endzustand eventuell einstellenden Krängungswinkels ϕ_e abhängig gemacht. Die Berechnungsformel lautet:

$$s_i = C \cdot \sqrt{0,5 \cdot h_{\max} \cdot \text{Umfang}} ,$$

wobei $C = 1$, falls $\phi_e \leq 25^\circ$

und $C = 0$, falls $\phi_e > 30^\circ$.

Für $25^\circ < \phi_e \leq 30^\circ$ gilt:

$$C = \sqrt{\frac{30^\circ - \phi_e}{5}}$$

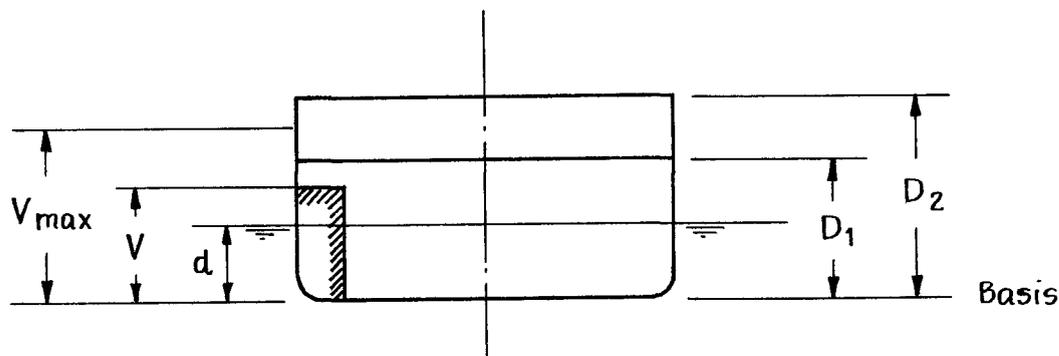
Für h_{\max} darf höchstens ein Wert von 0,1 m eingesetzt werden, für den Umfang ein Höchstwert von 20°. Kommen in der Endschwimm-lage Öffnungen zu Wasser, ist $s_i = 0$ zu setzen. Wie aus der Defi-nitionsgleichung für den s_i -Wert deutlich hervorgeht, handelt es sich hier um eine weitgehend willkürliche Bewertung und keineswegs um eine echte Wahrscheinlichkeitsberechnung.

Erfreulich ist, daß man die im IMO-Äquivalent für Fahrgastschiffe enthaltene s_i -Formel nicht übernommen hat. Diese hat nämlich - neben dem hohen erforderlichen Rechenaufwand - den Nachteil, daß die Be-wertung für einen Betriebszustand vorzunehmen ist, in dem das Schiff den nach dem Stabilitätsgrenzdiagramm höchstzulässigen \overline{KG}' -Wert aufweist. Die Zugrundelegung eines extremen Grenzwerts widerspricht dem für die Bewertung gewählten Wahrscheinlichkeits-prinzip. Wenn schon nicht mit einer realistischen \overline{KG}' -Wert-Vertei-lung gerechnet wird, sollte mit einem mittleren \overline{KG}' -Wert und nicht mit einem nur selten auftretenden zulässigen Höchstwert gerechnet werden. Dieser bei der Formulierung des IMO-Äquivalents begangene Fehler ist der entscheidende Grund dafür, daß die meisten Fahrgast-schiffe den geforderten Überlebenswahrscheinlichkeitswert R nicht erreichen, obgleich bei der Festlegung des R-Wertes von der bei Fahrgastschiffen im Mittel vorhandenen Überlebenswahrscheinlichkeit ausgegangen wurde.

4.6 Berechnung der Leckhöhenwahrscheinlichkeit v_i (Regel 7)
=====

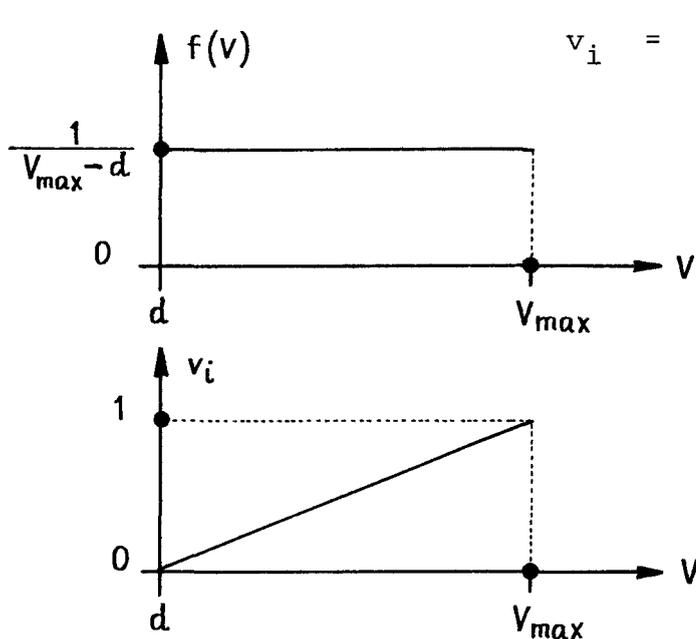
Der in der Regel 7 definierte v_i -Wert ermöglicht es, den Effekt waagerechter Unterteilungen, die oberhalb der Schwimmwasserlinie des intakten Schiffes liegen, bei der Berechnung der Überlebens-

wahrscheinlichkeit zu berücksichtigen. Zu diesem Zweck wird angenommen, daß die vertikale Leckausdehnung V sich vom Schiffsboden bis zu einem oberen Punkt erstreckt, dessen Höhe über Basis zwischen einem Minimalwert (= Ausgangstiefgang d) und einem Maximalwert (= maximale Leckhöhe V_{\max}) liegt.



Innerhalb des Bereichs $d \leq V \leq V_{\max}$ kann die vertikale Leckausdehnung V jeden Wert mit gleich großer Wahrscheinlichkeit annehmen. Die Wahrscheinlichkeitsdichte $f(V)$ ist somit konstant. Für V_{\max} wird folgender, von der Schiffslänge L_S abhängiger Wert angesetzt: $V_{\max} = d + 0,056 L_S \left(1 - \frac{L_S}{500 \text{ m}}\right)$. [Bei sehr großen Schiffen mit $L_S \geq 250 \text{ m}$ tritt an die Stelle der vorstehenden Formel der Wert $V_{\max} = d + 7 \text{ m}$].

Damit erhält man $f(V) = \frac{1}{V_{\max} - d}$. Durch Integration der Wahrscheinlichkeitsdichte $f(V)$ bekommt man die Wahrscheinlichkeit v_i , daß die vertikale Leckausdehnung kleiner als ein vorgegebener Wert V ist (vgl. graphische Darstellungen) :



$$v_i = \frac{V - d}{V_{\max} - d}$$

Ergibt sich nach vorstehender Formel ein Wert $v_i > 1$, ist mit $v_i = 1$ zu rechnen. Ebenso ist $v_i = 1$ zu setzen, sofern die oberste horizontale Unterteilung betrachtet wird und diese unterhalb des oberen Endpunktes von V_{\max} liegt.

Es sei angemerkt, daß die Konstantverteilung des oberen Endpunkts des Seitenlecks eine mehr oder weniger willkürliche Annahme darstellt, mit der versucht werden soll, den Einfluß höhergelegener horizontaler Unterteilungen auf die Lecksicherheit tendenzmäßig richtig zu erfassen. Erstaunlich ist, daß man nicht auch für den unteren Endpunkt eine Verteilungsdichte angesetzt hat. Tatsächlich wirken sich nämlich tiefgelegene horizontale Unterteilungen oft stärker auf die Überlebenswahrscheinlichkeit aus als solche oberhalb der Schwimmwasserlinie. So erhöht sich bekanntlich der Stabilitätsverlust erheblich, wenn unterhalb des Leckwasserspiegels liegende Räume nicht mitgeflutet werden. Ferner ist die Annahme zu kritisieren, daß alle Seitenlecks bis zur Basis reichen. Wie die Leckstatistik zeigt, trifft dies nur für 30 % aller Seitenlecks zu /8/.

Durch die unvollständige Einbeziehung horizontaler Unterteilungen in die Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit wird die Lecksicherheitsbeurteilung keinesweg genauer. Erfahrungsgemäß ist vielmehr zu befürchten, daß man bei einer nur teilweisen Erfassung zusätzlicher Einflußfaktoren - insbesondere wenn deren Häufigkeitsverteilungen nicht der Leckstatistik entnommen werden können - dem richtigen Ergebnis nicht näherkommt, sondern sich vielmehr weiter davon entfernt.

Oberhalb der jeweiligen Schwimmbene liegende wasserdichte Zwischendecks erhöhen die Lecksicherheit des Schiffes immer dann, wenn das Seitenleck gänzlich unterhalb des jeweils betrachteten Zwischendecks liegt ($V < D_1$) und der sich einstellende Endschwimmzustand für das Schiff weniger gefährlich ist als derjenige, der sich bei der Leckhöhe $V = V_{\max}$ ergibt. Das folgende Beispiel zeigt, wie in einem solchen Fall die Regel 7 anzuwenden ist.

Beispiel : Bei einer Leckhöhe $V = V_{\max}$ stellt sich nach Flutung einer
.....
Abteilung ein Endschwimmzustand ein, der aufgrund der geringen Reststabilität mit $s_i = 0$ zu bewerten ist. Der von der beschädigten Abteilung gelieferte Lecksicherheitsbeitrag beträgt in diesem Fall $p_i \cdot s_i \cdot v_i = 0$. Führt eine Flutung derselben Abteilung, diesmal jedoch nur bis zur Höhe eines Zwischendecks D_1 (wobei $D_1 < V_{\max}$ ist), zu einer Endschwimmlagenbewertung $s_i > 0$, so ergibt sich ein positiver Beitrag zur Überlebenswahrscheinlichkeit : $p_i \cdot s_i \cdot v_i > 0$. Bei der Berechnung dieses Beitrags ist für v_i folgender Wert einzusetzen :

$$v_i = \frac{D_1 - d}{V_{\max} - d} .$$

4.7 Flutbarkeitsannahmen (Regel 8)

Bei den im Rahmen der Vorschrift durchzuführenden Berechnungen sind bestimmte, von der jeweiligen Raumart abhängige Flutbarkeitswerte μ anzunehmen. Dabei ist von einer homogenen Flutbarkeit auszugehen; für die Flächen- und die Volumenflutbarkeit ist also derselbe Wert anzusetzen. Die vorgeschriebenen μ -Werte betragen für

Vorratsräume	0,60	
Unterkunftsräume	0,95	
Maschinenräume	0,85	
Leerräume	0,95	
Trockenfrachträume	0,70	
Gefüllte Tanks	0	} es ist mit dem jeweils ungünstigeren Wert zu rechnen
Leere Tanks	0,95	

Problematisch bei diesen Flutbarkeitsannahmen ist der Wert $\mu = 0,70$ für Trockenfrachträume. Während es bei den anderen Raumarten durchaus vertretbar ist, näherungsweise mit einer konstanten Flutbarkeit zu rechnen, trifft dies für Laderäume nicht zu. Wegen der starken Abhängigkeit der Leckrechnungsergebnisse von den Flutbarkeitswerten sowie der je nach Stauung, Füllungsgrad und Ladungsart sehr unterschiedlichen und keineswegs homogenen Flutbarkeit kann der mit einer Laderaumflutbarkeit von $\mu = 0,70$ berechnete Unterteilungsindex A erheblich von der tatsächlich vorhandenen Überlebenswahrscheinlichkeit abweichen. Comstock und Robertson /9/ haben daher schon im Jahre 1961 angeregt, bei der Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit von Stückgutfrachtern für die Laderaumflutbarkeit eine Häufigkeitsverteilung anzusetzen. Da inzwischen die Containerladung zur vorherrschenden Trockenfracht geworden ist, sollte man diese Ladungsart bei Laderaumflutungen zugrunde legen. Nach einer Untersuchung von Böttcher /10/ beträgt die mittlere Flutbarkeit von Containern z.B. auf der Route Ostasien/Europa $\mu = 0,762$. Wegen der in jedem Laderaum verbleibenden Leerräume ist die Flutbarkeit des Laderaums selbst größer. Bei der Ermittlung des genannten Wertes wurde vorausgesetzt, daß der beschädigte Laderaum jeweils für längere Zeit geflutet bleibt. Da auf Dauer kein Container der Belastung durch den Wasserdruck gewachsen ist, muß

von der Flutung aller unterhalb des Leckwasserspiegels liegenden Container ausgegangen werden. Wie in /10/ ferner festgestellt wird, führt die vorwiegend nach Stabilitätsgesichtspunkten vorgenommene Stauung dazu, daß die im unteren Teil des Laderaums untergebrachten Container im Mittel eine geringere Flutbarkeit haben als die höhergelegenen Container. Insgesamt gesehen ist also die für alle Trockenfrachträume konstant mit $\mu = 0,70$ anzusetzende Flutbarkeit nicht nur unrealistisch, sondern insofern auch gefährlich, als sie zu Überlebenswahrscheinlichkeitswerten führt, die in dieser Höhe tatsächlich gar nicht erreicht werden.

4.8 Weitere Bestimmungen über Stabilitätsunterlagen, Kollisions-

schottanordnung, Querschotte, Decks, außenliegende Öffnungen

und Doppelbodenanordnung (Regeln 9 bis 13)

Die Regeln 9 bis 13 enthalten weitere, der Lecksicherheit dienende Bestimmungen. Sie sind hier unter einer Überschrift zusammengefaßt worden, da sie in ähnlicher Form auch in den für andere Schiffstypen geltenden Unterteilungsvorschriften zu finden sind und insofern keine Besonderheit darstellen.

Zu den Unterlagen, die an Bord jedes Trockenfrachters über 100 m Länge vorhanden sein müssen, gehören:

- Stabilitätsgrenzdiagramme ($\overline{GM}'_{\text{Min.}}$ bzw. $\overline{KG}'_{\text{Max.}}$ als Funktion des Tiefgangs; hinsichtlich der Zugrundelegung dieser Grenzwerte bei der Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit A gilt die in Abschnitt 4.5 geäußerte Kritik)
- Anweisungen zur Bedienung evtl. vorhandener Querflutungsanlagen
- Unterlagen und Hilfsmittel zur Begrenzung des Stabilitätsverlustes im Leckfall
- Schiffspläne und Merkblätter mit genauen Angaben über die vorhandenen wasserdichten Begrenzungsflächen und die darin befindlichen Öffnungen sowie über die Einrichtungen zum Ausgleich leckbedingter Krängungen.

Für das Kollisionsschott wird verlangt, daß es bis in Höhe des Freiborddecks wasserdicht ausgeführt und in einem Abstand zwischen 5 % (bei $L_S > 200$ m genügen 10 m) und 8 % der Schiffslänge hinter dem vorderen Schiffsendpunkt angeordnet wird. Die vor dem Kollisionsschott liegenden Abteilungen müssen so beschaffen sein, daß auch beim größten Tiefgang und bei einer unbegrenzten Leckhöhe sich jeweils noch ein Bewertungsfaktor $s_i \geq 1$ ergibt.

Für die wasserdichten Schotte und Decks gilt, daß sie nach der größten Druckbelastung auszulegen sind, die in einem noch als ertragbar anzusehenden Leckfall ($s > 0$) auftreten kann. Im Interesse einer wirksamen Unterteilung ist die Zahl der Öffnungen auf ein Minimum zu begrenzen. Soweit diese während der Reise als Zugang benutzt werden, müssen sie von beiden Raumseiten sowie von der Brücke aus verschließbar sein. Für die Laderäume ist eine Unterteilung durch geeignete wasserdichte Türen oder Rampen zugelassen (Voraussetzung für die Erfüllung der Forderung $A \geq R$ bei Ro-Ro-Frachtschiffen). Sie sind vor der Abreise zu schließen und dürfen während der Reise - von Ausnahmen abgesehen - nicht geöffnet werden.

Nach außen führende Öffnungen unterliegen speziellen Anforderungen. Nähere Einzelheiten können dem Anhang I entnommen werden (Regel 12).

Eine für den Frachtschiffsentwurf sehr wichtige Forderung enthält die Regel 13. Sie schreibt für alle Trockenladeräume einen Doppelboden mit einer Mindesthöhe von $B/15$ vor. Sofern in nationalen Bestimmungen hiervon abweichende Mindestwerte vorgesehen sind, kann die jeweilige Verwaltung die Einhaltung dieser Werte verlangen.

5. Unterteilungsvorschriften des Germanischen Lloyds für Trockenfrachter

Die von der IMO erhobenen Lecksicherheitsansprüche haben den Germanischen Lloyd veranlaßt, weitgehend gleichlautende Forderungen in ihr Vorschriftenwerk aufzunehmen. Der in Kapitel 2 der Bauvorschriften für stählerne Seeschiffe neu hinzugekommene Abschnitt 36 "Unterteilung und Leckstabilität von Trockenfrachtschiffen" ist im Anhang II wiedergegeben. Zu den Bestimmungen seien nachstehend einige Anmerkungen gemacht.

Die Angabe "SURCAP", die künftig alle Trockenfrachter als Zusatz zum Klassenzeichen erhalten, deren Unterteilung den Vorschriften des Germanischen Lloyds entspricht, soll nach außen hin die relativ hohe Lecksicherheit des Schiffes dokumentieren. Die Bezeichnung "SURCAP" ist eine Abkürzung für das englische Wort "survival capability".

Zu den wenigen Abweichungen von den IMO-Forderungen gehört der mit $R = \sqrt[3]{0,00075 L_S}$ etwas niedriger angesetzte Mindestwert für die Überlebenswahrscheinlichkeit (vgl. hierzu Abschnitt 4.2 dieses Berichts). Eine weitere Herabsetzung des R-Wertes war für Schiffe vorgesehen, die das Zusatzzeichen "COLL" führen. Bekanntlich wird dieses Zeichen vom Germanischen Lloyd erteilt, wenn die Seitenstrukturen eines Schiffes entsprechend den Bestimmungen des Abschnitts 35 der Bauvorschriften gegen Kollisionsstöße besonders verstärkt sind. Man hat hiervon jedoch wieder Abstand genommen, weil keine Klarheit über den Umfang der Minderung bestand.

Grundsätzlich ist eine Reduktion des R-Wertes bei seitenverstärkten Schiffen vertretbar, wenn der durch die weniger effektive Unterteilung bedingte Sicherheitsverlust nicht größer ist als der durch die Verstärkung erzielte Sicherheitsgewinn. Bei dieser Aussage wird vorausgesetzt, daß der als Lecksicherheitskriterium dienende Unterteilungsindex A für Schiffe mit und ohne "COLL"-Zeichen nach denselben Formeln berechnet wird.

Leider bereitet die Führung des Gleichwertigkeitsnachweises erhebliche Schwierigkeiten. Für eine Umsetzung in konkrete Zahlen müßte man unter anderem wissen, in wieviel Prozent aller Kollisionsfälle eine verstärkte Seitenstruktur einen Wassereinbruch verhindert. Auch wäre es erforderlich, die für derart verstärkte Schiffe geltenden Häufigkeitsverteilungen der Leckabmessungen zu kennen. Hierüber aus der Leckstatistik Informationen zu bekommen, scheitert an dem fehlenden Datenmaterial. Lediglich von einem, die Stärke der Schiffskonstruktion mitbestimmenden Element, nämlich der Anzahl der Decks, ist bekannt, daß es keinen sehr großen Einfluß auf die Leckausdehnung zu haben scheint /8/.

Im übrigen stellt sich die Frage, ob eine eventuelle Reduzierung des R-Wertes allein vom Vorhandensein des "COLL"-Zusatzes abhängig

gemacht werden sollte. Nach einer Untersuchung von Lee /11/ wäre es richtiger, im Hinblick auf die bei seitenverstärkten Schiffen anders verteilten Lecklängen als Basis für einen R-Wert-Abzug die Summe der Dicken derjenigen Bauteile zu wählen, die hauptsächlich zur Aufnahme der Kollisionsenergie beitragen. Eine ebenfalls mögliche Lösung wäre es, die R-Wert-Forderung beizubehalten und bei derartigen Schiffen die Teilgebietswahrscheinlichkeit p_i nach Formeln zu berechnen, die sich aus den veränderten Häufigkeitsverteilungen ergeben.

Wie man sieht, setzt eine individuelle Anpassung des zu fordernden R-Wertes an die Stärke der Seitenstruktur die Klärung vieler offener Fragen voraus. Unter diesen Umständen ist die getroffene Entscheidung, Schiffe mit dem Zusatzzeichen "COLL" hinsichtlich des R-Wertes vorläufig nicht zu begünstigen, verständlich und vernünftig.

6. Anwendung der IMO-Unterteilungsvorschrift auf gebaute Frachtschiffe

Um einen Überblick über die bei gebauten Schiffen vorhandenen A-Werte zu bekommen, haben die Verwaltungen einiger Länder die A-Werte im Verkehr befindlicher Schiffe berechnet und die Ergebnisse dem jeweils geforderten R-Wert gegenübergestellt. Im folgenden soll über die in der Bundesrepublik Deutschland vom Germanischen Lloyd und in den Vereinigten Staaten von der U.S. Coast Guard durchgeführten Untersuchungen berichtet werden.

6.1 Untersuchungsergebnisse des Germanischen Lloyds =====

Es wurden vier Trockenfrachter unterschiedlicher Größe und unterschiedlichen Typs untersucht. Nähere Angaben zu den betrachteten Schiffen sind im Anhang III zu finden. Die nach den Regeln der IMO durchgeführten Berechnungen ergaben für die Wahrscheinlichkeitswerte A und R folgende Resultate :

Schiff 1 (Mehrzweckfrachter; $L_S = 74,30$ m) :	A = 0,618 R = 0,420
Schiff 2 (Semicontainerschiff; $L_S = 143,80$ m) :	A = 0,387 R = 0,524
Schiff 3 (Containerschiff; $L_S = 166,80$ m) :	A = 0,448 R = 0,550
Schiff 4 (Containerschiff; $L_S = 210,00$ m) :	A = 0,293 R = 0,594

Bereits diese kleine Auswahl an Schiffen zeigt die erheblichen Schwankungen der A-Werte. Der jeweils erreichte Unterteilungsindex A liegt zum Teil beträchtlich unterhalb des geforderten R-Wertes.

Eine der Fragen, die sich beim Vergleich der A- mit den R-Werten stellt, ist die, ob der einzuhaltende R-Wert nicht nur von der Schiffslänge, sondern auch vom Schiffstyp abhängig gemacht werden sollte (vgl. hierzu Abschnitt 4.2). Die Berechtigung dieser Frage wird noch deutlicher, wenn man sich die im folgenden Abschnitt mitgeteilten amerikanischen Untersuchungsergebnisse ansieht. Die Tatsache, daß gebaute Schiffe die geforderten Wahrscheinlichkeitswerte R häufig unterschreiten, läßt erkennen, daß bei konsequenter Einhaltung der IMO-Vorschrift viele bewährte Schiffstypen künftig entweder überhaupt nicht mehr gebaut werden können oder völlig anders konzipiert werden müssen.

Es bleibt abzuwarten, inwieweit einzelne Verwaltungen die Nichteinhaltung des R-Wertes akzeptieren, wenn auf andere Weise dieser Sicherheitsmangel ausgeglichen wird. Ein solcher Ausgleich ist gemäß Regel 1, Abschnitt 3 der Vorschrift möglich, sofern durch alternative Maßnahmen zumindest derselbe Grad an Sicherheit erreicht wird. Als Beispiel sei die in Abschnitt 5 erwähnte Verstärkung der Seitenstruktur genannt. Ob dagegen auch Maßnahmen zur Erhöhung der *a k t i v e n* Lecksicherheit (z.B. Verringerung der Kollisionsgefahr durch eingebaute Manövrierhilfen) honoriert werden dürfen, erscheint fraglich. Schließlich dient eine Unterteilungsvorschrift ausschließlich der Sicherstellung eines Mindestmaßes an *p a s s i - v e r* Lecksicherheit.

Selbstverständlich reicht eine Untersuchung an lediglich vier Schiffen nicht aus, um über die vorstehenden Anmerkungen hinaus generelle Aussagen über den Grad der Überlebensfähigkeit vorhandener Frachtschiffe zu machen. Im übrigen sei noch einmal an die Ausführungen

im Abschnitt 4.7 erinnert, in dem auf die Problematik der Annahme einer konstanten Laderaumflutbarkeit insbesondere bei Containerschiffen hingewiesen wurde. Aus den dort dargelegten Gründen muß davon ausgegangen werden, daß die tatsächliche Überlebenswahrscheinlichkeit des betrachteten Semicontainerschiffes sowie der beiden Vollcontainerschiffe unter Umständen noch wesentlich geringer ist als dies im ermittelten A-Wert zum Ausdruck kommt.

6.2 Untersuchungsergebnisse der U.S. Coast Guard

=====

In einer für die IMO angefertigten Studie hat die U.S. Coast Guard für insgesamt 42 Trockenfrachter die jeweils vorhandenen A- bzw. geforderten R-Werte berechnet. Die Auswahl der Schiffe wurde unter Mitwirkung der Länder China, Griechenland, Großbritannien, Japan, UdSSR und USA getroffen. Das Kollektiv umfaßt 13 Stückgutschiffe, 10 Containerschiffe, 9 Massengutschiffe, 6 Ro-Ro-Frachter, 3 Kühlschiffe und 1 Kernenergieschiff. Die Schiffslängen liegen im Bereich $60 \text{ m} \leq L_G \leq 254 \text{ m}$. Die Ergebnisse der Untersuchung sind auszugsweise im Anhang IV wiedergegeben.

Recht informativ ist eine Auftragung der ermittelten A-Werte über der Schiffslänge. Wie Fig. 2 des Anhangs IV zeigt, findet man sowohl bei kleinen als auch bei großen Schiffen starke Unterschiede im A-Wert. Es ist jedoch erkennbar, daß im Mittel die A-Werte mit zunehmender Schiffslänge geringfügig ansteigen. Diese Tendenz entspricht dem auch in der R-Wert-Formel zum Ausdruck kommenden Bestreben, Schiffe um so sicherer zu machen, je größer und damit höherwertiger sie sind.

Im erwähnten Diagramm sind außer den säulenförmig aufgetragenen A-Werten die jeweils geforderten R-Werte als gepunktete Linie eingezeichnet. Beim Vergleich der A- mit den R-Werten fällt unter anderem die geringe Lecksicherheit der kleinen Frachtschiffe auf. Der Grund für das schlechte Abschneiden dieser Fahrzeuge ist der Umstand, daß wegen der von der Schiffsgröße unabhängigen Abmessungen der Ladungseinheiten das Verhältnis Laderaumlänge zu Schiffslänge hier relativ groß wird. In der Vorschrift hat man dies in der Weise berücksichtigt, daß Trockenfrachter unter 100 m Länge nicht in den Anwendungsbereich fallen.

Die zur Berechnung des A-Wertes benötigten Überlebenswahrscheinlichkeiten A_L (für das abgeladene Schiff) und A_P (für das teilbeladene Schiff) sind in Fig. 3 des Anhangs IV einander gegenübergestellt. Wie nicht anders zu erwarten, wirkt sich der bei Teilbeladung größere Freibord positiv auf die Lecksicherheit aus. Die Unterschiede in der Überlebenswahrscheinlichkeit sind dabei erheblich: sie reichen von etwa jeweils gleich großen Werten bis zu sechzehnfach größeren Werten bei Teilbeladung (z.B. $A_L = 0,044$ und $A_P = 0,708$ bei einem 115 m langen Containerschiff). Vergleicht man die wiederum als gepunktete Linie dargestellten R-Werte mit den relativ hohen A_P -Werten, so zeigt sich, daß selbst im teilbeladenen Zustand der für die Überlebenswahrscheinlichkeit geforderte Wert nicht immer erreicht wird.

Um auch eine Vorstellung von den bei den einzelnen Schiffstypen vorhandenen A-Werten und deren Streuung zu bekommen, sind in Fig. 5 der U.S.-Studie die A- und R-Werte getrennt nach Schiffstypen aufgetragen. Innerhalb einer Gruppe sind die Schiffe jeweils nach ihrer Länge geordnet. Diese ebenfalls im Anhang IV enthaltene Darstellung ist in mancher Hinsicht recht aufschlußreich.

So erkennt man zum Beispiel, daß die untersuchten Massengutschiffe und Kühlschiffe ausnahmslos eine sehr hohe Überlebenswahrscheinlichkeit haben und die Forderung $A \geq R$ erfüllen. Es ist daher zu erwarten, daß die neuen Vorschriften den Entwurf dieser Schiffe nicht nennenswert beeinflussen werden.

Ein anderes Bild ergibt sich bei den Containerschiffen. Auffällig ist hier vor allem die starke Streuung der A-Werte. Um eine R-Wert-Unterschreitung zu vermeiden, werden bestimmte Entwurfslösungen, die zum Teil lediglich hinsichtlich der Lecksicherheit ungünstig sind, künftig nicht mehr oder nur noch in Ausnahmefällen möglich sein. Diese Konsequenz ist jedoch keineswegs negativ zu beurteilen. Vielmehr ist die Verhinderung des Baus solcher Schiffe ein wesentliches Ziel der Vorschrift. Es handelt sich hier also um einen gewollten und vom Sicherheitsstandpunkt sehr zu begrüßenden Effekt.

Ähnlich wie bei den Containerschiffen fällt der Vergleich der Wahrscheinlichkeitswerte A und R bei den Stückgutschiffen aus. Hier erfüllt sogar nur knapp die Hälfte der betrachteten Schiffe die Lecksicherheitsforderung $A \geq R$. Da zu dieser Gruppe die kleineren

Frachter mit $L_S < 100$ m gehören, ergibt sich nach Herausnahme dieser Fahrzeuge ein günstigeres Bild. Dennoch wird es bei manchen der bisher üblichen Entwürfe notwendig sein, sie an die neuen Bestimmungen anzupassen.

Äußerst unbefriedigend sind die für die Ro-Ro-Frachtschiffe erzielten Ergebnisse. Von den sechs untersuchten Schiffen erreichen nur zwei den für die Überlebenswahrscheinlichkeit vorgeschriebenen Mindestwert R . Obgleich in dieser Gruppe keine kleineren Schiffe enthalten sind (die Länge des kleinsten Ro-Ro-Frachters beträgt $L_S = 142,40$ m), liegt in 50 % der Fälle der A -Wert noch unter dem halben R -Wert. Vermutlich wird man bei diesem Schiffstyp nicht umhin können, eine Laderaumunterteilung durch wasserdichte Türen oder Rampen in der Zukunft als Regellösung vorzusehen.

Für Reaktorschiffe gelten bekanntlich spezielle und besonders strenge Unterteilungsvorschriften /12/. Wohl aus Vergleichsgründen ist in der U.S.-Studie auch ein solches Schiff untersucht worden. Es fällt auf, daß es zwar die Forderung $A \geq R$ erfüllt, im übrigen aber mit $A = 0,581$ keine übermäßig hohe Überlebenswahrscheinlichkeit besitzt. Zweifellos entspricht dieser Grad an Lecksicherheit nicht den Ansprüchen, die man an derartige Schiffe stellen sollte. An diesem Beispiel wird besonders deutlich, daß die Schiffslänge als alleiniger Parameter für die Höhe der Anforderungen nicht ausreicht. Wenn auch der Bau kernenergieangetriebener Handelsschiffe für die Zukunft nicht zu erwarten ist, so zeigt das Untersuchungsergebnis doch, daß man die Ansprüche an die Lecksicherheit von weiteren Faktoren abhängig machen sollte. So wäre unter anderem eine Berücksichtigung der Gefährlichkeit der Ladung, des vorgesehenen Einsatzgebietes, der Schiffskonstruktion und auch des jeweiligen Grades an aktiver Sicherheit denkbar.

7. Schlußbemerkungen

Die seit Jahrzehnten geforderte und jetzt zustande gekommene Unterteilungsregelung für Trockenfrachter stellt - trotz der noch vorhandenen Mängel - einen wesentlichen Fortschritt dar. In ihrer Bedeutung für die Schiffssicherheit ist die neue Vorschrift vergleichbar mit dem ersten internationalen Freibordübereinkommen.

Damals wie heute gingen der internationalen Regelung nationale Bestimmungen voraus. Beim Freibord war dies in Großbritannien (gesetzlicher Mindestfreibord seit 1890) und Deutschland (Freibordvorschrift seit 1904) der Fall, bei der Frachterunterteilung in den osteuropäischen Ländern. Die Aufsichtsorgane der letztgenannten Länder wenden bereits seit Ende der siebziger Jahre das im wesentlichen in der Bundesrepublik Deutschland entwickelte Bewertungsverfahren an und schreiben seit dieser Zeit unter anderem für Trockenfrachter und Ro-Ro-Schiffe Mindestwerte für die Überlebenswahrscheinlichkeit vor.

Die Anwendung des Wahrscheinlichkeitskonzepts auf die Frachterunterteilung erfordert eine neue Denkweise bei der Raumaufteilung. Anfangsschwierigkeiten werden nicht ausbleiben. Das nunmehr zehnjährige Bestehen einer solchen Vorschrift in wichtigen Schifffahrtsländern wie zum Beispiel der DDR, Polen, Rußland und Jugoslawien beweist jedoch, daß eine Anpassung der Frachtschiffsentwürfe an die neuen Anforderungen in der Praxis möglich ist. So bleibt nur zu hoffen, daß im Laufe der Zeit auch noch die in der Vorschrift enthaltenen Schönheitsfehler beseitigt werden.

8. Schrifttum

- /1/ Abicht et al.: Über die Auswirkungen des IMCO-Übereinkommens zur Verhütung der Meeresverschmutzung auf den Entwurf und die Konstruktion von Mineralöltankern (Tankerstudie). IfS-Schrift Nr. 2276. Hamburg 1975.
- /2/ Witt, J.: Neue Entwurfsgrundlagen für Frachtschiffe. HANSA 1988, S. 47.
- /3/ Wendel, K.: Die technische Revolution im Schiffbau. HANSA-Jubiläumsband "100 Jahre Schifffahrt, Schiffbau, Häfen", 1964.
- /4/ Barnaby, K.C.: The Institution of Naval Architects 1860-1960, R.I.N.A., London 1960.
- /5/ Abicht, W.: Unterteilung und Lecksicherheit. Jubiläumsband "75 Jahre Schiffbautechnische Gesellschaft", S.T.G., Hamburg 1974.
- /6/ Wendel, K.: Die Wahrscheinlichkeit des Überstehens von Verletzungen. Schiffstechnik 1960, S. 47 ff.

- /7/ Abicht, W.: Leckstabilität und Unterteilung. Handbuch der Werften, Band XIX. Schiffahrtsverlag "Hansa", Hamburg 1988.
- /8/ Riepe, W.: Statistische Untersuchungen über Leckgrößen bei Schiffsunfällen. Zeitschrift "Hansa" 1966, S. 1537 ff.
- /9/ Comstock, J.P. und Robertson, J.B.: Survival of collision damage versus the 1960 convention on safety of life at sea. Trans. SNAME 1961.
- /10/ Böttcher, H.: Untersuchungen über die Flutbarkeit und Lecksicherheit von Containerschiffen. Diplomarbeit am Institut für Schiffbau, Hamburg 1983.
- /11/ Lee, V.: Zum Einfluß einer verstärkten Seitenstruktur auf die Teilgebietswahrscheinlichkeit. Studienarbeit am Institut für Schiffbau, Hamburg 1988.
- /12/ IMO-Resolution A.491: Code of Safety for Nuclear Merchant Ships

A N H A N G I

Unterteilung und Leckstabilität
von Trockenfrachtern einschließlich der
Ro-Ro-Schiffe

(IMO-Paper MSC/Circ.484 vom 6.5.1988)

ANNEX

REGULATIONS ON SUBDIVISION AND DAMAGE STABILITY OF DRY CARGO SHIPS, INCLUDING RO-RO SHIPS (BUT EXCLUDING THOSE SHIPS DEALT WITH BY OTHER DAMAGE STABILITY REGULATIONS IN IMO INSTRUMENTS)

Regulation 1

Application

1 The requirements in these regulations shall apply to new ships over 100 m in length (L_s) intended primarily for the carriage of dry cargoes, but shall exclude those ships already covered by other damage stability regulations in IMO instruments.

2 Any reference to regulations hereunder refer to the set of regulations contained in regulations 1 to 13.

3 The Administration may for a particular ship or group of ships accept alternative arrangements, if it is satisfied that at least the same degree of safety as represented by these regulations is achieved. Any Administration which allows such alternative arrangements shall communicate to the Organization particulars thereof.

Regulation 2

Definitions

For the purpose of these regulations, unless expressly provided otherwise:

1.1 a "subdivision load line" is a waterline used in determining the subdivision of the ship;

1.2 the "deepest subdivision load line" is the subdivision load line which corresponds to the summer draught to be assigned to the ship;

1.3 the "partial load line" is the light ship draught plus 60% of the difference between the light ship draught and deepest subdivision load line;

MSC/Circ.484
ANNEX
Page 2

2.1 the "subdivision length of the ship" (L_s) is the greatest projected moulded length of that part of the ship at or below the deck or decks limiting the vertical extent of flooding;

2.2 the "mid-length" is the mid point of the subdivision length of the ship;

2.3 the "aft terminal" is the aft limit of the subdivision length;

2.4 the "forward terminal" is the forward limit of the subdivision length;

3 the "breadth" (B) is the greatest moulded breadth of the ship at mid-length at or below the deepest subdivision load line;

4 the "draught" (d) is the vertical distance from the moulded baseline at mid-length to the waterline in question;

5 the "permeability" (μ) of a space is the proportion of the immersed volume of that space which can be occupied by water.

Regulation 3
Required Subdivision Index "R"

1 These regulations are intended to provide ships with a minimum standard of subdivision.

2 The degree of subdivision to be provided shall be determined by the required Subdivision Index "R", as follows:

$$R = (C_1 + C_2 L_s)^{1/3} \text{ where } L_s \text{ is in metres}$$

and

$$\left. \begin{array}{l} C_1 = 0 \\ C_2 = 0.001 \end{array} \right\} *$$

* Reference is made to MSC/Circ.484, paragraph 3.

Regulation 4
Attained Subdivision Index "A"

1 The attained Subdivision Index "A", calculated in accordance with this regulation, shall not be less than the required Subdivision Index "R", calculated in accordance with paragraph 2 of regulation 3.

2 The attained Subdivision Index "A" shall be calculated for the ship by the following formula:

$$A = 0.5A_L + 0.5A_p$$

where:

A_L is that part of the attained subdivision index for the ship obtained at the deepest subdivision load line,

A_p is that part of the attained subdivision index for the ship obtained at the partial load line,

In calculating A_L and A_p , level trim shall be used, except when inconsistent with the ship's operation.

For both A_L and A_p , the following summation shall be used:

$$A = \sum p_i s_i v_i$$

where:

i represents each compartment or group of compartments under consideration,

p_i accounts for the probability that only the compartment or group of compartments under consideration may be flooded,

s_i accounts for the probability of survival after flooding the compartment or group of compartments under consideration,

v_i accounts for the probability that only the compartment(s) under consideration are flooded within the assumed vertical extent of damage.

MSC/Circ.484
ANNEX
Page 4

3 This summation covers only those cases of flooding, which contribute to the value of the attained Subdivision Index "A".

4 The summation indicated by the above formulae shall be taken over the ship's length for all cases of flooding in which a single compartment or two or more adjacent compartments are involved.

5 Wherever wing compartments are fitted, the summation indicated by the formula shall be taken over the ship's length for all cases of flooding in which only wing compartments are involved; and additionally, for all cases of simultaneous flooding of wing compartment(s) and adjacent inboard compartment(s), assuming a rectangular penetration which extends to the ship's centreline, but excludes damage to any centreline bulkhead.

6 The assumed vertical extent of damage is to extend from baseline upwards to any watertight horizontal subdivision above the waterline or higher. However, if a lesser extent will give a more severe result, such extent is to be assumed.

7 If pipes, ducts or tunnels are situated within assumed flooded compartments, arrangements are to be made to ensure that progressive flooding cannot thereby extend to compartments other than those assumed flooded.

8 In the flooding calculations carried out according to the regulations, only one breach of the hull need be assumed.

Regulation 5
Calculation of the factor " p_i "

1 The factor " p_i " shall be calculated according to paragraph 1.1 as appropriate, using the following notations:

3786y/jnt

x_1 = the distance from the aft terminal of L_s to the foremost portion of the aft end of the compartment being considered;
 x_2 = the distance from the aft terminal of L_s to the aftermost portion of the forward end of the compartment being considered;

$$\xi_1 = x_1/L_s$$
$$\xi_2 = x_2/L_s$$
$$\xi = (\xi_1 + \xi_2) / 2$$
$$\lambda = \xi_2 - \xi_1$$

$$\lambda' = 1 - 2\xi_1, \quad \text{if } \xi \geq 0.5$$

$$\lambda' = 2\xi_2 - 1, \quad \text{if } \xi < 0.5$$

The maximum non-dimensional damage length,

$$\lambda_{\max} = 48/L_s, \quad \text{but not more than 0.24.}$$

The assumed distribution density of damage location along the ship's length

$$a = 0.4 + 1.6\xi, \quad \text{but not more than 1.2}$$

The assumed distribution function of damage location along the ship's length

$$F = 0.4 + (\xi - 0.5) (0.6 + 0.5a)$$

$$y = \lambda / \lambda_{\max}$$

$$p = \lambda_{\max} F_1$$

$$q = 0.4 (\lambda_{\max})^2 F_2$$

$$F_1 = y^2 - \frac{1}{3} y^3 \quad \text{if } y < 1$$

$$F_1 = y - \frac{1}{3} \quad \text{otherwise}$$

$$F_2 = \frac{1}{3} y^3 - \frac{y^4}{12} \quad \text{if } y < 1$$

$$F_2 = \frac{1}{2} y^2 - \frac{1}{3} y + \frac{1}{12} \quad \text{otherwise}$$

MSC/Circ.484
ANNEX
Page 6

1.1 The factor " p_i " is determined for each single compartment:

1.1.1 Where the compartment considered extends over the entire ship length, L_s :

$$p_i = 1$$

1.1.2 Where the aft limit of the compartment considered coincides with the aft terminal:

$$p_i = F + 0.5ap + q$$

1.1.3 Where the forward limit of the compartment considered coincides with the forward terminal:

$$p_i = 1 - F + 0.5ap$$

1.1.4 When both ends of the compartment considered are inside the aft and forward terminals of the ship length, L_s :

$$p_i = ap$$

1.1.5 In applying the formulae of paragraphs 1.1.2, 1.1.3 and 1.1.4, where the compartment considered extends over the "mid-length", these formulae values shall be reduced by an amount determined according to the formula for "q", in which F_2 is calculated taking y to be λ' / λ_{max} .

1.1.6 The factor " p_i " for a ^{"Rounder"} group of three or more adjacent compartments equals zero if the non-dimensional length of such a group minus the outer compartments is greater than λ_{max} .

2 Wherever wing compartments are fitted, the " p_i " value for a wing compartment shall be obtained by multiplying the value as determined in paragraph 3 by the reduction factor "r" according to sub-paragraph 2.2, which represents the probability that the inboard spaces will not be flooded.

3786y/jnt

2.1 The "p_i" value for the case of simultaneous flooding of a wing and adjacent inboard compartment shall be obtained by using the formulae of paragraph 3, multiplied by the factor (1 - r).

2.2 The reduction factor "r" shall be determined by the following formulae:

For $\lambda \geq 0.2 b/B$:

$$r = \frac{b}{B} \left(2.3 + \frac{0.08}{\lambda + 0.02} \right) + 0.1, \text{ if } b/B \leq 0.2$$

$$r = \left(\frac{0.016}{\lambda + 0.02} + \frac{b}{B} + 0.36 \right), \text{ if } b/B > 0.2$$

For $\lambda < 0.2 b/B$ the reduction factor "r" shall be determined by linear interpolation between

$$r = 1, \text{ for } \lambda = 0$$

and

$$r = \text{as above, for } \lambda = 0.2 b/B$$

where:

b = the mean transverse distance in metres measured at right angles to the centreline at the subdivision load line between the shell and a plane through the outermost portion of and parallel to that part of the longitudinal bulkhead which extends between the longitudinal limits used in calculating the factor "p_i".

3 To evaluate "p_i" for compartments taken singly the formulae in paragraphs 3 and 4 shall be applied directly.

3.1 To evaluate the "p_i" values attributable to groups of compartments the following applies:

for compartments taken by pairs:

$$P_i = P_{12} - P_1 - P_2$$

$$P_i = P_{23} - P_2 - P_3, \text{ etc.}$$

for compartments taken by groups of three:

$$P_i = P_{123} - P_{12} - P_{23} + P_2$$

$$P_i = P_{234} - P_{23} - P_{34} + P_3 \text{ etc.}$$

for compartments taken by groups of four:

$$P_i = P_{1234} - P_{123} - P_{234} + P_{23}$$

$$P_i = P_{2345} - P_{234} - P_{345} + P_{34}, \text{ etc.}$$

where:

$P_{12}, P_{23}, P_{34}, \text{ etc.},$
 $P_{123}, P_{234}, P_{345}, \text{ etc. and}$
 $P_{1234}, P_{2345}, P_{3456}, \text{ etc.}$

shall be calculated according to the formulae in paragraphs 1 and 2 for a single compartment whose non-dimensional length λ corresponds to that of a group consisting of the compartments indicated by the indices assigned to p.

Regulation 6
Calculation of factor " s_i "

1 The factor " s_i " shall be determined according to the following:

.1 $s_i = C \sqrt{0.5(GZ_{max})(Range)}$
with $C = 1,$ if $\theta_e \leq 25^\circ$
 $C = 0,$ if $\theta_e > 30^\circ$
 $C = \sqrt{\frac{30 - \theta_e}{5}},$ otherwise

GZ_{max} = maximum positive righting lever (m) within the range as given below but not more than 0.1 m;

Range = range of positive righting levers beyond the angle of equilibrium (in degrees) but not more than 20° , however, the range shall be terminated at the angle where openings not capable of being closed weathertight are immersed;

θ_e = final equilibrium angle of heel (degrees)

.2 $s_i = 0$ where the final waterline taking into account sinkage, heel and trim, immerses the lower edge of openings through which progressive flooding may take place. However, if the compartments so flooded are taken into account in the calculations, the requirements of this regulation shall be applied.

Regulation 7

Calculation of factor " v_i "

1 The probability factor " v_i " shall be calculated according to:

$$v_i = \frac{V - d}{V_{max} - d}, \quad \text{but not more than 1}$$

However, if the uppermost horizontal subdivision in way of the damaged region is below V_{max} , then $v_i = 1$

with $V_{max} = d + 0.056 L_s \left(1 - \frac{L_s}{500} \right)$, but V_{max} is $(d + 7)m$ when $L_s \geq 250$ m

where:

v_i = probability that the vertical extent of damage has a value V or less,

V = assumed vertical extent of damage above baseline (m),

V_{max} = maximum vertical extent of damage above baseline (m).

Regulation 8
Permeability

For the purpose of the subdivision and damage stability calculations of the regulations, the permeability of each space or part of a space shall be as follows:

Spaces	Permeability
Appropriated to stores	0.60
Occupied by accommodation	0.95
Occupied by machinery	0.85
Void spaces	0.95
Dry cargo spaces	0.70
Intended for liquid	0 or 0.95*

Regulation 9
Stability information

1 The master of the ship shall be supplied with such reliable information as is necessary to enable him by rapid and simple means to obtain accurate guidance as to the stability of the ship under varying conditions of service. The information shall include:

- .1 a curve of minimum operational metacentric height (GM) versus draught which assures compliance with the relevant intact stability requirements and the requirements of regulations 1 to 7, alternatively a corresponding curve of the maximum allowable vertical centre of gravity (KG) versus draught, or with the equivalents of either of these curves;
- .2 instructions concerning the operation of cross-flooding arrangements; and
- .3 all other data and aids which might be necessary to maintain stability after damage.

* Whichever results in the more severe requirements.

2 There shall be permanently exhibited, for the guidance of the officer in charge of the ship, plans showing clearly for each deck and hold the boundaries of the watertight compartments, the openings therein with the means of closure and position of any controls thereof, and the arrangements for the correction of any list due to flooding. In addition, booklets containing the aforementioned information shall be made available to the officers of the ship.

3 In order to provide the information referred to in 1.1, the limiting GM (or KG) values to be used, if they have been determined from considerations related to the subdivision index, the limiting GM shall be varied linearly between the deepest subdivision load line and the partial load line. In such cases, for draughts below the partial load line if the minimum GM requirement at this draught results from the calculation of the subdivision index, then this GM value shall be assumed for lesser draughts, unless the intact stability requirements apply.

Regulation 10

Collision bulkhead

1 A collision bulkhead shall be fitted which shall be watertight up to the freeboard deck. This bulkhead shall be located at a distance from the forward terminal of not less than 5% of the length of the ship or 10 m, whichever is the less, and, except as may be permitted by the Administration, not more than 8% of the length of the ship.

2 The " s_i " value calculated for all compartments forward of the collision bulkhead at the deepest subdivision loadline and assuming unlimited vertical extent of damage is not to be less than 1.

Regulation 11

Watertight Bulkheads and Decks

1 The scantlings of watertight bulkheads and decks, forming the boundaries of watertight compartments assumed flooded in the damage stability analysis, are to be based on pressure heights corresponding to the deepest final waterline of the damage cases contributing to the attained subdivision index A.

2 The number of openings in watertight subdivisions is to be kept to a minimum compatible with the design and proper working of the ship. Where penetrations of watertight decks and bulkheads are necessary for access, piping, ventilation, electrical cables, etc., arrangements are to be made to maintain the watertight integrity of the enclosed compartments up to the level of the deepest flooded waterline.

3 The means to ensure the watertight integrity of internal openings which are used while at sea are to comply with the following:

.1 Access openings are to be capable of being remotely closed from the bridge and are also to be operable locally from each side of the bulkhead. Indicators are to be provided at the control position showing whether the doors are open or closed.

.2 The requirements regarding remote control in 3.1 may be dispensed with for those doors, ramps or hatch covers which are normally closed while at sea, provided an alarm system (e.g. light signals) locally and on the bridge is arranged, showing personnel at the bridge whether the doors/hatches in question are open or closed. A notice is to be affixed to each such door or hatch cover to the effect that it is not to be left open.

4 Watertight doors or ramps of satisfactory construction may be fitted to internally subdivide large cargo spaces, provided that the Administration is satisfied that such doors or ramps are essential. These doors or ramps may be hinged, rolling or sliding doors or ramps but shall not be remotely controlled. Such doors or ramps shall be closed before the voyage commences and shall be kept closed during navigation; the time of opening such doors or ramps in port and of closing them before the ship leaves port shall be entered in the log book. Should any of the doors or ramps be accessible during the voyage, they shall be fitted with a device which prevents unauthorized opening.

5 All other watertight doors shall be kept closed during navigation except when necessarily opened for the working of the ship, in which case they shall always be ready to be immediately closed.

6 The means to ensure the watertight integrity of internal openings which are kept permanently closed are to comply with the following:

- .1 A notice is to be affixed to each such closing appliance to the effect that it is to be kept closed. Manholes fitted with closely bolted covers need not be so marked.

Regulation 12
External Openings

1 The means to ensure the watertight integrity of external openings (excluding openings in the shell) which are used while at sea are to comply with the following:

- .1 Access doors and hatches are to be remotely controlled from the bridge and are also to be operable locally from each side of the bulkhead.
- .2 Indicators are to be provided at the control position showing whether the doors are open or closed.

2 The lower edge of openings, (leading to compartments assumed intact in the damage analysis) of air pipes (regardless of their closing appliances), ventilator openings, doors and hatches with weathertight closures are to be above damage waterline.

3 The means to ensure the watertight integrity of external openings which are kept normally closed are to comply with the following:

- .1 A note is to be affixed to each such closing appliance to the effect that it is to be kept closed.
- .2 Manholes fitted with closely bolted covers need not be so marked.

MSC/Circ.484
ANNEX
Page 14

4 Shell doors and access openings in the shell plating are to be permanently closed at sea and arranged in accordance with regulation 11, paragraph 3.2. The lower edge of such openings is not to be below a line drawn 900 mm above and parallel to the deepest load line.

5 An alarm with acoustic signalling in the hold indicating waterline less than 400 mm from the lower edge of the opening is to be installed and should function when any shell door fitted in the hold is open.

Regulation 13
Double Bottom

The vessel is to be arranged with a double bottom in way of all dry cargo holds and the height from baseline to the lowermost point of the cargo hold is to be not less than $B_1/15$ or another height required by the Administration, where B is as defined in regulation 2 (suction wells of moderate size may be neglected).

A N H A N G I I

Unterteilung und Leckstabilität von
Trockenfrachtschiffen

(Künftiger Abschnitt 36 der Bauvorschriften
des Germanischen Lloyds)

A b s c h n i t t 36

Unterteilung und Leckstabilität
von Trockenfrachtschiffen

A. Allgemeines

- 1 Die Vorschriften dieses Abschnittes sind für Trockenfrachtschiffe über 100 m (L_S) bestimmt, sofern sie nicht Unterteilungsvorschriften aus Konventionen oder Codes unterliegen.
- 2 Schiffe, die den Vorschriften dieses Abschnittes entsprechen, erhalten hinter dem Klassenzeichen die Angabe:

" S U R C A P "

3 Prüfungsunterlagen

Zusätzlich zu den in Kapitel 2, Abschnitt 1, G. aufgeführten Unterlagen, sind folgende Prüfungsunterlagen einzureichen:

- 3.1 Pläne mit Angaben über äußere Öffnungen und deren Verschlüsse.
- 3.2 Pläne mit Angaben über die wasserdichte Unterteilung, Öffnungen darin und deren Verschlüsse.
- 3.3 Leckstabilitätsuntersuchung und Berechnung gemäß Absatz C. dieses Abschnittes (2-fach).
- 3.4 Lecksicherheitsplan, in dem die für die Lecksicherheit wesentlichen Angaben zusammengefaßt sind (mindestens 3-fach).
- 3.5 Stabilitätsunterlagen gemäß Absatz D. dieses Abschnittes (mindestens 3-fach).

B. Begriffsbestimmungen

Es gelten folgende Definitionen:

1 Unterteilungsladelinie

Die Unterteilungsladelinie ist die Wasserlinie, die bei der Bestimmung der Unterteilung des Schiffes zugrunde gelegt wird.

2 Oberste Unterteilungsladelinie

Die Oberste Unterteilungsladelinie ist die Unterteilungsladelinie, die dem erteilten Sommer-Freibordtiefgang entspricht.

3 Teilladelinie

Die Teilladelinie ist die Wasserlinie, die sich aus der Summe des Leerschiffstiefganges und 60 % der Differenz von Leerschiffstiefgang und Sommer-Freibordtiefgang ergibt.

4 Unterteilungslänge L_S

Die Unterteilungslänge L_S ist die größte Länge des Schiffes auf oder unterhalb der Decks, die die maximale vertikale Schadensausdehnung begrenzen.

5 Längenmitte

Die Längenmitte ist der Punkt auf der halben Unterteilungslänge des Schiffes.

6 Hinterer Endpunkt

Der Hintere Endpunkt ist die hintere Grenze der Unterteilungslänge.

7 Vorderer Endpunkt

Der Vordere Endpunkt ist die vordere Grenze der Unterteilungslänge.

8 Breite B

Die Breite B des Schiffes ist die größte auf Mallkante in Längenmitte an oder unterhalb der Obersten Unterteilungsladelinie gemessene Breite.

9 Tiefgang d

Der Tiefgang d ist der in Längenmitte gemessene senkrechte Abstand von der Basis bis zu der betreffenden Wasserlinie.

10 Flutbarkeit μ

Die Flutbarkeit μ eines Raumes ist der Bruchteil in Hundertsteln dieses Raumes, der durch Wasser eingenommen werden kann.

C. Berechnungsmethoden

1 Geforderter Unterteilungsindex R

Der Zusatz SURCAP zum Klassenzeichen wird erteilt, wenn die Unterteilung dem geforderten Unterteilungsindex R nach folgender Formel entspricht:

$$R = (0.00075 L_s)^{1/3} \quad ; L_s \text{ in m}$$

2 Erreichter Unterteilungsindex A

2.1 Der erreichte Unterteilungsindex A darf nicht kleiner sein als der unter C.1 geforderte Unterteilungsindex R.

2.2 Der erreichte Unterteilungsindex A wird nach folgender Formel berechnet:

$$A = 0.5 A_L + 0.5 A_p$$

mit

A_L ist der erreichte Unterteilungsindex für das Schiff auf der obersten Unterteilungsladelinie,

A_p ist der erreichte Unterteilungsindex für das Schiff auf der Teilladelinie.

Bei der Berechnung von A_L und A_p ist in der Regel von gleichlastiger Schwimmlage auszugehen, sofern diese Annahme charakteristischen Betriebszuständen nicht widerspricht.

A_L und A_p sind wie folgt zu summieren:

$$A = \sum p_i s_i v_i$$

mit

i bezieht sich auf die jeweils betrachtete Abteilung oder Gruppe von Abteilungen,

p_i berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit, daß nur die betrachtete Abteilung oder Gruppe von Abteilungen geflutet wird,

s_i berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit des Überstehens der Flutung der betrachteten Abteilung oder Gruppe von Abteilungen,

v_i berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit, daß nur die Abteilung(en) geflutet wird (werden), die von der angenommenen vertikalen Ausdehnung des Lecks erfaßt wird (werden).

2.2.1 Die Summe soll alle Leckfälle über die ganze Schiffslänge erfassen, in denen jeweils eine Abteilung oder mehrere benachbarte Abteilungen verletzt sein können. Bei vorhandenen Seitenabteilungen wird die Summe über die ganze Schiffslänge für alle die Leckfälle berechnet, bei denen nur Seitenabteilungen betroffen sind; zusätzlich für alle die Fälle, bei denen gleichzeitig eine Flutung von Seitenabteilung(en) und benachbarten inneren Abteilung(en) angenommen wird. Es sind hierbei alle ertragbaren Kombinationen bis zu einer Eindringtiefe bis zur Mittellinie zu berücksichtigen. Mittellängsschotte sind als unverletzt anzusehen.

2.2.2 Die angenommene senkrechte Ausdehnung der Verletzung ist von der Basis an aufwärts bis zu jeder horizontalen Unterteilung über der Wasserlinie oder höher anzunehmen. Falls jedoch eine geringere Ausdehnung zu höheren Forderungen führt, ist diese zugrunde zu legen.

2.2.3 Sind Rohre, Kanäle oder Tunnel in gefluteten Abteilungen angeordnet, müssen Einrichtungen installiert werden, die eine weitergehende Flutung verhindern.

2.3 Ermittlung des Faktors p_i

2.3.1 Der Faktor p_i wird nach folgenden Formeln berechnet:

x_1 = Der Abstand vom Hinteren Endpunkt zum vordersten Teil der hinteren Begrenzung der betrachteten Abteilung;

x_2 = der Abstand vom Hinteren Endpunkt zum hintersten Teil der vorderen Begrenzung der betrachteten Abteilung;

$$\xi_1 = x_1/L_s$$

$$\xi_2 = x_2/L_s$$

$$\xi = (\xi_1 + \xi_2) / 2$$

$$\lambda = \xi_2 - \xi_1$$

$$\lambda' = 1 - 2 \xi_1 \quad \text{für } \xi \geq 0.5,$$

$$\lambda' = 2 \xi_2 - 1 \quad \text{für } \xi < 0.5$$

Die größte dimensionslose Lecklänge ist

$$\lambda_{\max} = 48/L_s,$$

jedoch nicht grösser als 0.24.

Die angenommene Verteilungsdichte über der Schiffslänge ist

$$a = 0.4 + 1.6 \xi ,$$

jedoch nicht größer als 1.2.

Die angenommene Verteilungsfunktion über der Schiffslänge ist

$$F = 0.4 + (\xi - 0.5) (0.6 + 0.5a)$$

$$y = \lambda / \lambda \max$$

$$p = \lambda \max \cdot F_1$$

$$q = 0.4 (\lambda \max)^2 F_2$$

$$F_1 = y^2 - 1/3 y^3 \text{ für } y < 1, \text{ sonst}$$

$$F_1 = y - 1/3$$

$$F_2 = 1/3 y^3 - 1/12 y^4 \text{ für } y < 1,$$

sonst

$$F_2 = 1/2 y^2 - 1/3 y + 1/12$$

Der Faktor p_i wird für jede einzelne Abteilung wie folgt ermittelt:

Für Abteilungen, die über die gesamte Schiffslänge L_s reichen

$$p_i = 1.$$

Fällt die hintere Begrenzung einer Abteilung mit dem hinteren Endpunkt zusammen:

$$(a) \quad p_i = F + 0.5 ap + q.$$

Fällt die vordere Begrenzung einer Abteilung mit dem vorderen Endpunkt zusammen:

$$(b) \quad p_i = 1 - F + 0.5 ap.$$

Liegen beide Begrenzungen der Abteilung innerhalb des hinteren und vorderen Endpunktes gilt:

$$(c) \quad p_i = ap.$$

Für eine Abteilung, die sich über die Längenmitte erstreckt, werden die Werte der Gleichungen zu (a), (b) und (c) um einen Betrag verringert, der nach der Formel für q zu ermitteln ist, in der F_2 in der Form bestimmt wird, daß $\lambda' / \lambda \max$ für y eingesetzt wird.

2.3.2 Bei vorhandenen Seitenabteilungen ist der p_i -Wert jeder Seitenabteilung mit dem unter (a) angegebenen Reduktionsfaktor r zu multiplizieren. Der Faktor r gibt die Wahrscheinlichkeit wieder, daß innere Räume unverletzt bleiben. Für die gleichzeitige Flutung von Seitenabteilung(en) und benachbarten inneren Abteilung(en) wird der p_i -Wert mittels der Gleichungen in 2.3.1 durch Multiplizieren mit dem Faktor $(1-r)$ ermittelt.

Der Reduktionsfaktor r wird wie folgt berechnet:

(a) Für $\lambda \geq 0.2 b/B$:

$$r = b/B (2.3 + \frac{0.08}{\lambda + 0.02}) + 0.1$$

für $b/B \leq 0.2$,

$$r = \frac{0.016}{\lambda + 0.02} + b/B + 0.36$$

für $b/B > 0.2$

Für $\lambda < 0.2 b/B$ wird der Reduktionsfaktor r durch lineare Interpolation zwischen

$$r = 1 \text{ für } \lambda = 0 \text{ und}$$

$$r = \text{wie oben, für } \lambda = 0.2 b/B$$

mit

b = die mittlere Entfernung zwischen der Außenhaut und dem äußersten Punkt des Längsschottes bzw. seiner ideellen Verlängerung parallel zur Außenhaut, gemessen in Höhe der Unterteilungsladelinie normal zur Mittschiffsebene innerhalb der für den Faktor p_i zugrunde gelegten Längenbegrenzung.

2.3.3 Der Wert p_i für Einzel-Abteilungen wird direkt nach den Formeln in 2.3.1 und 2.3.2 ermittelt.

Für Gruppen von Abteilungen wird der P_i -Wert wie folgt berechnet:

a) Zweiergruppen:

$$P_i = P_{12} - P_1 - P_2$$

$$P_i = P_{23} - P_2 - P_3, \text{ usw.}$$

b) Dreiergruppen:

$$P_i = P_{123} - P_{12} - P_{23} + P_3$$

$$P_i = P_{234} - P_{23} - P_{34} + P_4, \text{ usw.}$$

c) Vierergruppen:

$$P_i = P_{1234} - P_{123} - P_{234} + P_{23}$$

$$P_i = P_{2345} - P_{234} - P_{345} + P_{34},$$

usw.

indem

$P_{12}, P_{23}, P_{34},$ usw.
 $P_{123}, P_{234}, P_{345},$ usw. und
 $P_{1234}, P_{2345}, P_{3456},$ usw.

in Übereinstimmung mit den Formeln in 2.3.1 und 2.3.2 für eine Einzelabteilung ermittelt werden, deren dimensionslose Länge λ der einer Gruppe bestehend aus den Abteilungen entspricht, die durch die p-Indizes gekennzeichnet sind.

Der Faktor p_i für eine Gruppe von drei und mehr benachbarten Abteilungen ist gleich null, wenn die dimensionslose Länge dieser Gruppe vermindert um die äußeren Abteilungen größer als λ_{max} ist.

2.4 Ermittlung des Faktors s_i

Der Faktor s_i wird wie folgt berechnet:

2.4.1 $s_i = C \sqrt{0.5 \cdot h_{max} \cdot \text{Umfang}}$

mit

$C = 1$ für $\phi_e \leq 25^\circ,$

$C = 0$ für $\phi_e > 30^\circ,$

$C = \sqrt{(30 - \phi_e)/5}$

für $25^\circ < \phi_e \leq 30^\circ$

h_{max} = größter aufrichtender Hebel (m) innerhalb des anschließend definierten Umfangs, jedoch nicht mehr als 0.1 m

Umfang = positiver Hebelarmumfang über die Gleichgewichtslage hinaus, jedoch maximal 20° ; der positive Umfang wird begrenzt durch nicht wetterdicht verschlossene Öffnungen.

ϕ_e = Winkel der Gleichgewichtslage im Endzustand.

2.4.2 $s_i = 0$, wenn die Endschwimmlage unter Berücksichtigung von Tauchung, Krängung und Trimm zu weitergehenden Flutungen führt. Wird die weitergehende Flutung bereits bei den Berechnungen berücksichtigt, ist Absatz .1 anzuwenden.

2.5 Ermittlung des Faktors v_i

Der Wahrscheinlichkeitsfaktor v_i wird wie folgt berechnet:

$$v_i = \frac{V - d}{V_{max} - d} \quad \text{jedoch } \leq 1$$

Liegt die oberste horizontale Unterteilung unterhalb von V_{max} , so gilt $v_i = 1$, wobei

$V_{max} = d + 0.056 L_s (1 - L_s/500).$

Für

$L_s \geq 250$ m gilt $V_{max} = d + 7$ m.

v_i = die Wahrscheinlichkeit, daß die vertikale Ausdehnung der Verletzung $\leq V$ ist.

V = angenommene vertikale Ausdehnung der Verletzung über der Basis in m.

V_{max} = größte vertikale Ausdehnung der Verletzung oberhalb der Basis in m.

3 Flutbarkeit

Für die Berechnungen der Leckstabilität werden folgende Flutbarkeiten angesetzt:

Räume	Flutbarkeit
Bestimmt für Vorräte	0.60
Belegt durch Unterkunfts-räume	0.95
Belegt durch Maschinen-anlagen	0.85
Leerzellen	0.95
Trockenfrachträume	0.70
Vorgesehen für Flüssigkeiten	0 oder 95*

*) je nachdem, welcher Wert zu strengeren Forderungen führt.

D. Stabilitätsunterlagen

- 1 Dem Kapitän sind zuverlässige Unterlagen in dem erforderlichen Umfang zur Verfügung zu stellen, damit er sich auf schnelle und einfache Weise ein genaues Bild von der Stabilität des Schiffes unter den verschiedenen Betriebsbedingungen machen kann.

Die Unterlagen sollen folgendes beinhalten:

- 1.1 Eine GM' - oder KG' -Grenzkurve aufgetragen über den Tiefgang, die Übereinstimmung mit den Intakt-Stabilitätsforderungen und den Forderungen des Abschnittes C. sicherstellt.
- 1.2 Anweisungen für die Bedienung von Querflut-Einrichtungen.
- 1.3 Zusätzliche Angaben und Hilfsmittel, sofern nötig, um die Stabilität im Leckfall sicherzustellen.
- 1.4 Zur Unterrichtung des für das Schiff verantwortlichen Offiziers sind Pläne auszuhängen, die für jedes Deck und jeden Laderaum deutlich die Grenzen der wasserdichten Abteilungen, die darin befindlichen Öffnungen mit ihren Verschlußvorrichtungen sowie die Lage der dazugehörigen Bedienungsvorrichtungen und die Vorkehrungen zum Ausgleich einer durch Wassereintritt verursachten Schlagseite anzeigen. Ferner sind der Schiffsführung Merkblätter zur Verfügung zu stellen, in denen die obenerwähnten Angaben enthalten sind.

- 2 Um die Unterlagen gemäß D.1 zu erstellen, sind die GM' - bzw. KG' -Grenzwerte, die den Berechnungen des Unterteilungsindex zugrunde lagen, zwischen der Obersten Unterteilungsladelinie und der Teilladelinie linear zu interpolieren.

Für geringere Tiefgänge als dem der Teilladelinie sind die GM' - bzw. KG' -Werte der Teilladelinie zu nehmen, falls keine höheren Intakt-Stabilitätsforderungen bestehen.

E. Kollisionsschott

- 1 Es ist ein Kollisionsschott gemäß Abschnitt 11, A.2 vorzusehen.
- 2 Der s_j -Wert für alle Abteilungen vor dem Kollisionsschott darf in keinem Falle kleiner als 1 werden.

A N H A N G I I I

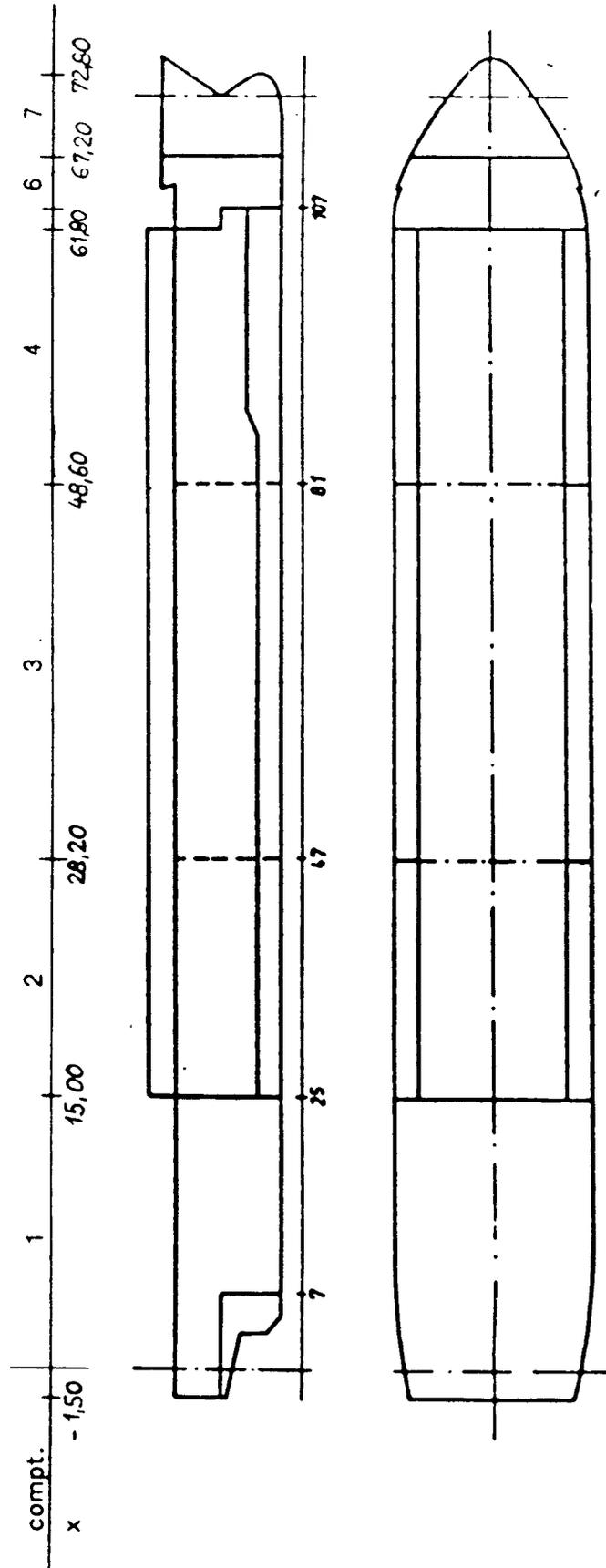
Anwendung der IMO-Regeln auf
4 gebaute Trockenfrachter

(Auszüge aus dem IMO-Dokument
SLF 33/10/3 vom 10.5.1988)

ANNEX

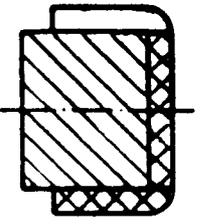
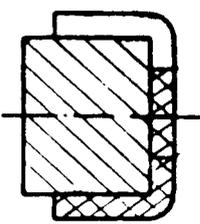
Ship No. 1

$L_s = 74,30$ m



Fr. 30 + 85

Fr. 60



dam. assumptions

1-Compt.

2-Compt's

$d_L = 3,38$ m

$d_p = 2,53$ m

$KG' = 4,20$ m

$KG' = 3,95$ m

$A_L = 0,575$

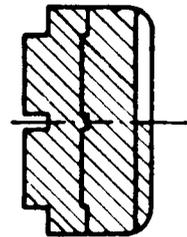
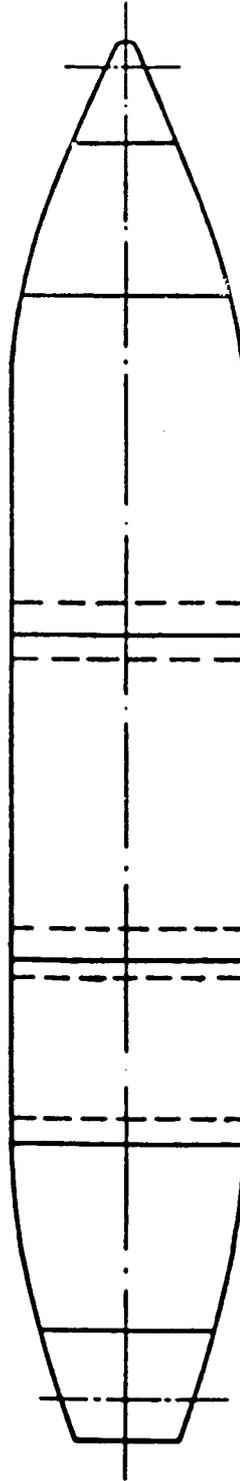
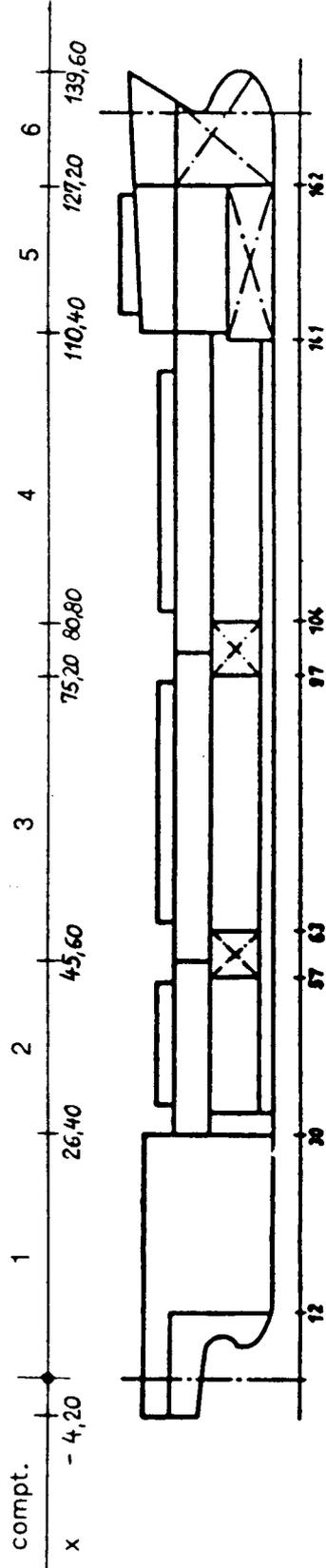
$A_p = 0,661$

$R = 0,420$

$A = 0,618$

Ship No. 2

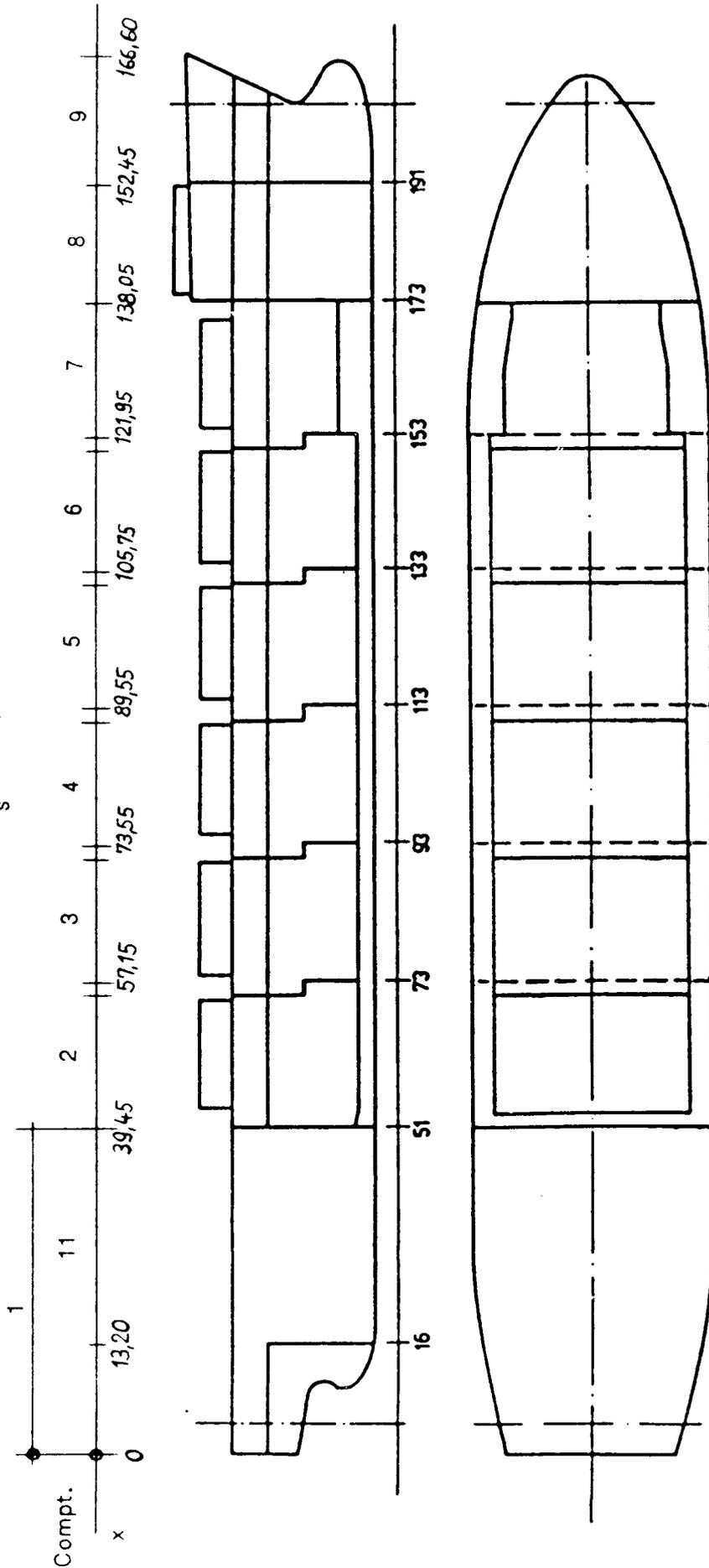
$L_s = 143,80$ m



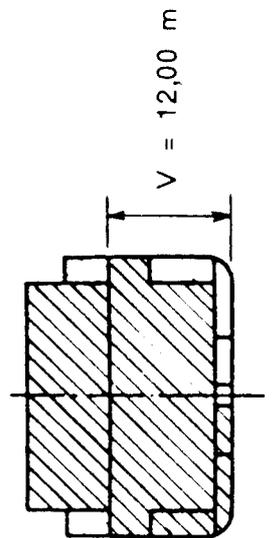
$d_L = 8,20$ m	$KG' = 9,10$ m	$A_L = 0,324$
$d_p = 6,09$ m	$KG' = 9,07$ m	$A_s = 0,449$
	$R = 0,524$	$A = 0,387$

Ship No. 3

$L_s = 166,60$ m

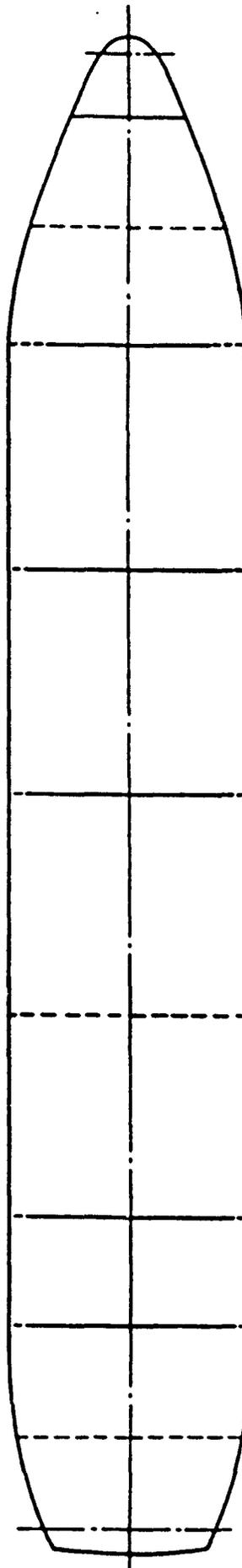
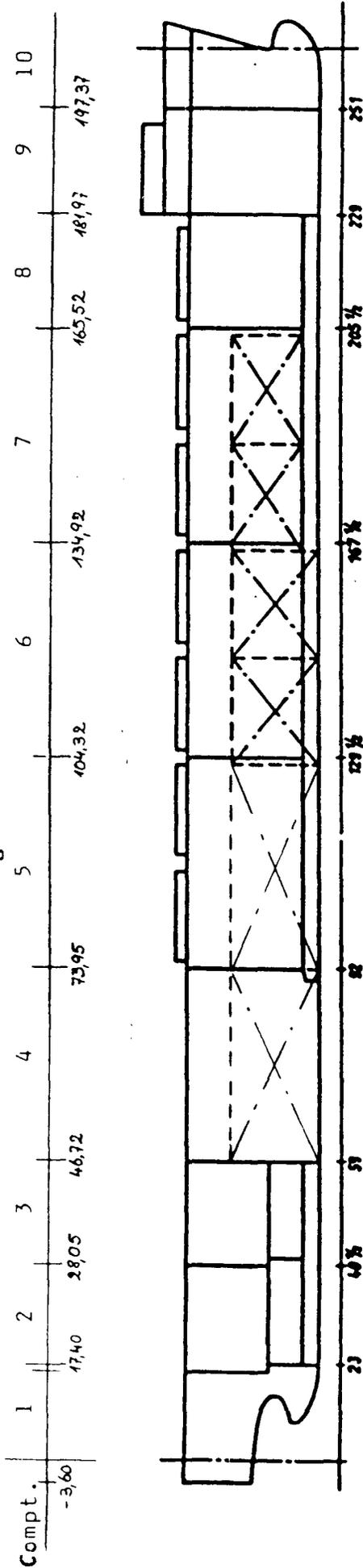


$d_L = 10,00$ m $KG' = 11,98$ m $A_L = 0,252$
 $d_p = 7,52$ m $KG' = 11,98$ m $A_p = 0,643$
 $R = 0,550$ $A = 0,458$

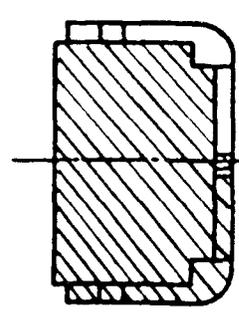


Ship No. 4

$L_s = 210,00 \text{ m}$



$d_L = 11,00 \text{ m}$ $A_L = 0,173$
 $d_p = 8,31 \text{ m}$ $A_p = 0,413$
 $KG' = 14,49 \text{ m}$ $R = 0,594$
 $KG' = 14,49 \text{ m}$ $A = 0,293$
 $R = 0,594$



A N H A N G I V

Anwendung der IMO-Regeln auf
42 gebaute Trockenfrachter

(Auszüge aus dem IMO-Dokument
SLF 32/3/8 vom 30.4.1987)

Figure 2
Sorted by Length

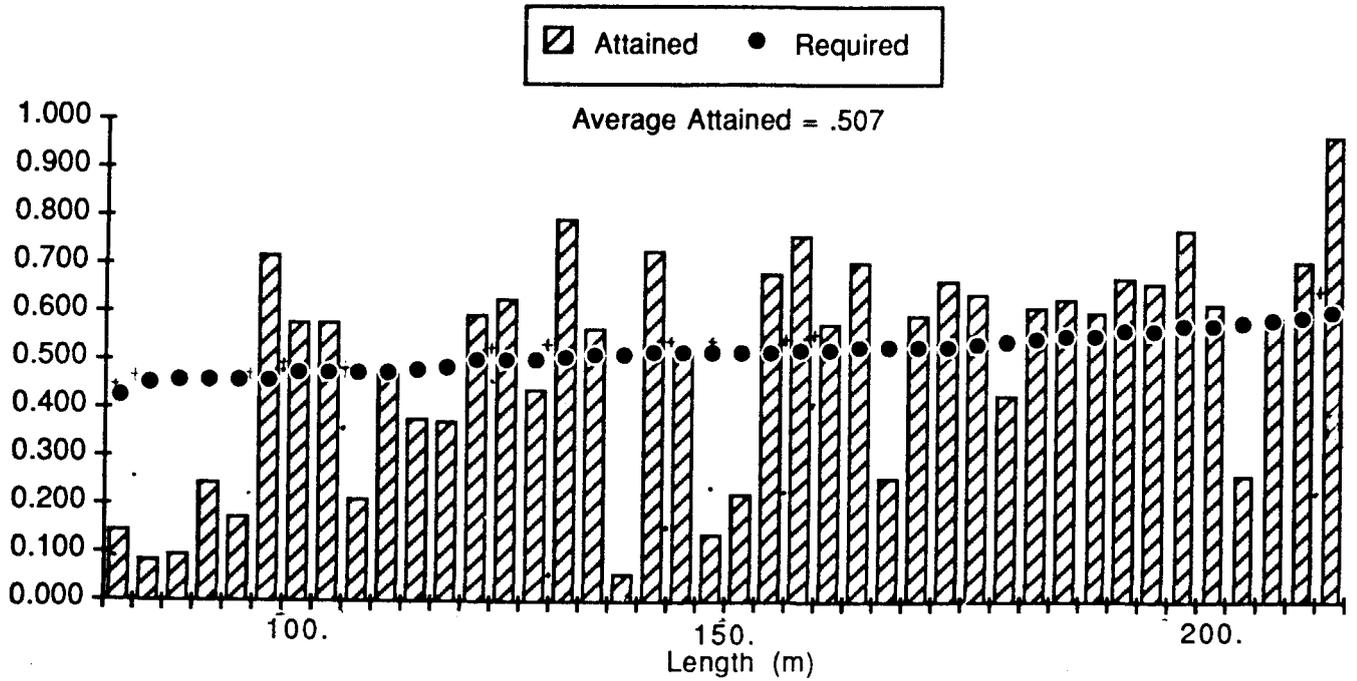


Figure 3

Sorted by Length

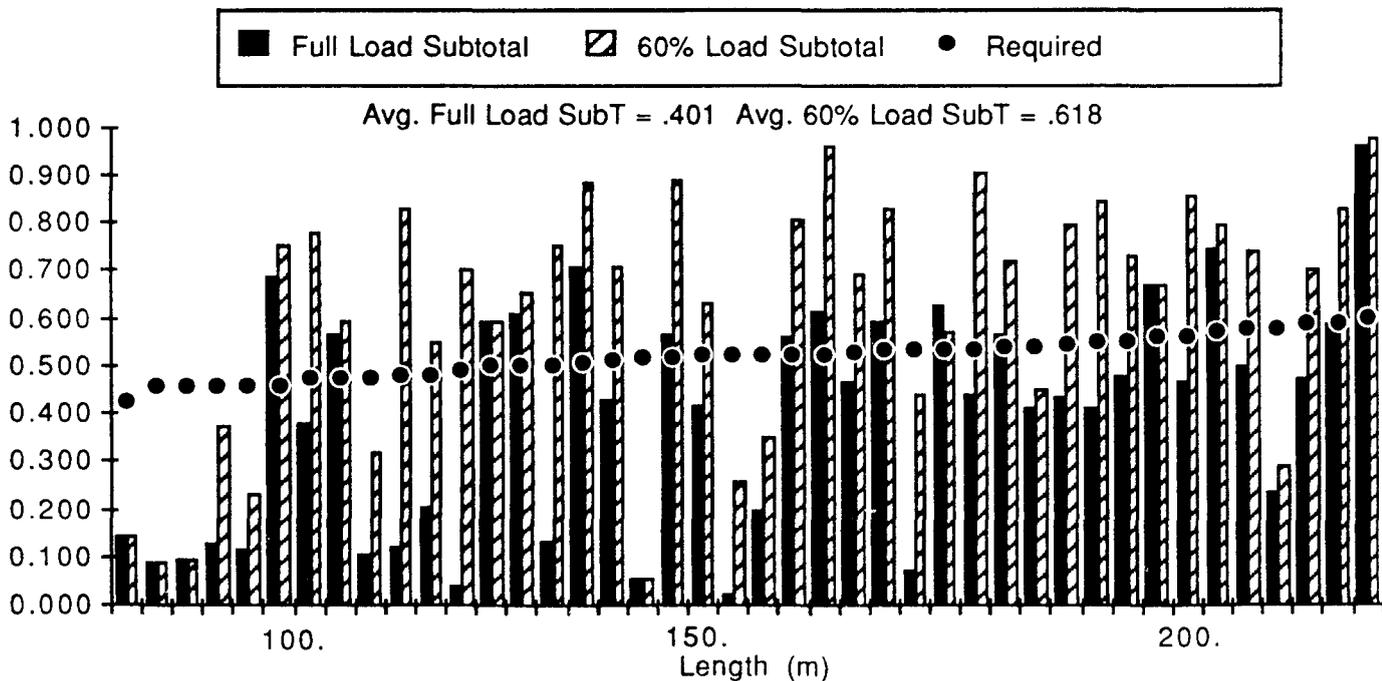


Figure 5

Sorted by Type of Ship

