

231 | 1964

## SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

Dipl.-Ing. W. Abicht

# Über die Sicherheit beschädigter Schiffe

**TUHH**

*Technische Universität Hamburg-Harburg*

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Bericht Nr. 231

Über die Sicherheit beschädigter Schiffe

von

Dipl.-Ing. W. Abicht

Hamburg 1964

## Untersuchungen über die Sicherheit beschädigter Schiffe

Die in den letzten Jahrzehnten erzielten Fortschritte auf dem Gebiet der Schiffssicherheit haben dazu geführt, daß das Befahren der Ozeane heute wesentlich ungefährlicher ist als zum Beispiel zu Beginn dieses Jahrhunderts. Eine Ausnahme bildet jedoch noch immer die Kollisionsgefahr. Trotz aller Bemühungen der Schiffahrtsnationen ist es bis jetzt nicht gelungen, die Zahl der jährlich nach einer Beschädigung des Schiffskörpers gesunkenen bzw. gekenterten Schiffe wesentlich zu senken.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, das Schiff und damit auch die an Bord befindlichen Menschen sowie die Ladung des Schiffes vor den Kollisionsgefahren zu schützen:

1. durch Maßnahmen, die Kollisionen überhaupt verhindern sollen (Navigationsmittel, Eiwachdienst usw.)
2. durch Maßnahmen, die ein Schiff gegen Beschädigungen des Schiffskörpers möglichst widerstandsfähig machen (Unterteilung, teilweises Ausfüllen der Schiffsräume mit spezifisch leichten Stoffen, Verwendung extrem leichter Baumaterialien, Anordnung von starken Lenzpumpen usw.).

Von diesen beiden Möglichkeiten stellt nur die letztgenannte eine schiffbauliche Maßnahme dar. Im folgenden soll versucht werden, die auf diesem Gebiet vorhandenen Kenntnisse zu erweitern. Gleichzeitig sollen die bisher angewandten Methoden

kritisch überprüft werden. Dabei wird stets vom beschädigten Schiff ausgegangen. Die Maßnahmen, die ergriffen werden können, um Kollisionen zu vermeiden, bleiben also im Rahmen dieser Untersuchungen völlig außer acht.

### I. Die wasserdichte Unterteilung

Es ist leicht einzusehen, daß von allen Möglichkeiten, ein Schiff vor den Folgen einer Beschädigung zu schützen, die wasserdichte Unterteilung - zumindest bei Seeschiffen - die beste Lösung ist. So spricht z.B. gegen den Einbau starker Lenzpumpen, daß sie nur bei sehr kleinen Lecks mit Erfolg eingesetzt werden können, daß der für ihre Aufstellung erforderliche Raumbedarf relativ groß ist und daß die Anschaffungskosten hoch sind. Physikalisch gesehen ist das Ausfüllen der Schiffsräume mit Stoffen geringen spezifischen Gewichts oder gar die Verwendung besonders leichter Baustoffe im Hinblick auf die Sinksicherheit am wirkungsvollsten; in der Praxis sind derartige Maßnahmen aber wegen des zu großen Raumbedarfs bzw. wegen der zu geringen Materialfestigkeit meist undurchführbar. Als die einzig wirtschaftlich vertretbare Lösung verbleibt also tatsächlich nur die Methode der Unterteilung des Schiffskörpers durch Schotte. Wird ein wasserdicht unterteiltes Schiff beschädigt, so daß in eine oder mehrere benachbarte Abteilungen Wasser eindringt, so ist mit diesem Vorgang im allgemeinen ein Schwimffähigkeits-

und Stabilitätsverlust verbunden, Es ist daher nur dann sinnvoll, ein Schiff im Hinblick auf die Ertragbarkeit von Lecks zu unterteilen, wenn es im intakten Zustand über ausreichende Schwimmfähigkeits- und Stabilitätsreserven verfügt. Da Seeschiffe jedoch sowohl den internationalen als auch den jeweiligen nationalen Vorschriften über Intaktstabilität und Intaktfreibord unterliegen und diese Vorschriften unter normalen Bedingungen stets Schwimmfähigkeits- und Stabilitätsreserven sicherstellen, kann man durch eine richtig gewählte Unterteilung für jedes Seeschiff ein bestimmtes Maß an Lecksicherheit erreichen.

#### 11. Was ist bei der Unterteilung eines Schiffes zu beachten?

An die wasserdichte Unterteilung eines Schiffes werden die folgenden, sich zum Teil widersprechenden Forderungen gestellt:

1. Die wasserdichte Unterteilung soll im Hinblick auf Beschädigungen so wirksam wie irgend möglich sein,
2. Bei der Wahl der Schottenstellung ist darauf zu achten, daß die einzelnen Abteilungen mindestens so groß sind, wie dies für die Verwendung des jeweiligen Raumes erforderlich ist.
3. Aus Kostengründen ist die Anzahl der Schotte so gering zu halten, daß eine ausreichende Festigkeit des Schiffes gerade noch erreicht wird.

Wenn man bisher die Schottenstellung nicht immer im wesentlichen auf Grund eines wohlabgewogenen Kompromisses festlegte, den man jeweils unter Beachtung dieser drei Forderungen zu machen hätte, so liegt dies vor allen Dingen daran, daß die Stellung der Schotte - zumindest bei Fahrgastschiffen - bereits ziemlich genau durch Vorschriften festgelegt ist. Derartig strenge Vorschriften vereinfachen zwar die Arbeit des Konstrukteurs, berauben ihn aber gleichzeitig der Freiheit des Konstruierens, so daß er daran gehindert wird, wirklich optimale Lösungen auszuführen.

Dieses Nachteils war man sich natürlich schon immer bewußt. Trotzdem hat man ihn meistens nicht also schwerwiegend empfunden. Der Grund hierfür ist wohl hauptsächlich darin zu suchen, daßes bis vor kurzem kein qualitatives und quantitatives Maß für die Wirksamkeit einer Unterteilung im Hinblick auf Beschädigungen gab. Nachdem aber nun von Wendel [1], [2] der Weg gezeigt worden ist, wie man die Unterteilung bezüglich der Ertragbarkeit von Lecks beurteilen kann, ist es möglich, durch physikalisch richtige Überlegungen unabhängig von irgendwelchen Unterteilungsvorschriften optimale Schottenstellungen zu ermitteln.

### III. Beurteilung der Unterteilung im Hinblick auf Beschädigungen

Wendel hat als Bewertungsmaß für die Wirksamkeit einer Unterteilung im Hinblick auf Beschädigungen die Wahrscheinlichkeit

des Überstehens von Verletzungen eingeführt. Sie ergibt sich z.B. für ein durch Querschotte unterteiltes Schiff zu

$$W = \iint_G w(\xi, \eta) d\xi d\eta.$$

G

Hierbei bedeutet:

$\eta$  = Lecklänge, gemessen in Schiffslängsrichtung  
(mit der doppelten Schiffslänge dimensionslos gemacht)  
 $\xi$  = Abstand der Leckmitte vom hinteren Schiffsende  
(mit der Schiffslänge dimensionslos gemacht)

$w(\xi, \eta)$  = Wahrscheinlichkeitsdichte für das Auftreten von Lecks in Abhängigkeit vom Ort (gemessen vom hinteren Schiffsende) und von der Lecklänge (gemessen als Projektion in Schiffslängsrichtung)

G = Integrationsgebiet (die Integration erfolgt innerhalb des Gebiets der größtmöglichen Lecklängen ["charakteristisches Dreieck"] über den Bereich aller ertragbaren Lecklängen)

Bei der Berechnung der Wahrscheinlichkeit des Überstehens von Verletzungen setzt man immer voraus, daß ein Leck auftritt. Der nach der vorstehenden Gleichung berechnete Wert sagt dann aus, wie wahrscheinlich es ist, daß das Schiff auf Grund seiner wasserdichten Unterteilung das auftretende Leck ertragen kann. Er ist also gleichzeitig ein Gütegrad für die Unterteilung.

Für praktische Belange interessiert jedoch nicht so sehr die Wahrscheinlichkeit des Überstehens von Verletzungen sondern vielmehr die Möglichkeit, die Wirksamkeit einer Unterteilung durch eine Kennzahl richtig angeben zu können. Im folgenden soll daher untersucht werden, ob es möglich ist, eine solche Kennzahl zu finden, deren Berechnung einfacher ist als die Berechnung der jeweiligen Überlebenswahrscheinlichkeit.

a) Arten der Unterteilung

Man kann ein Schiff der Länge, der Breite und der Höhe nach wasserdicht unterteilen. Entsprechend muß man dann bei der Untersuchung der Wirksamkeit dieser Unterteilungen im Hinblick auf Lecks unterscheiden zwischen Lecklängen, Lecktiefen und Leckhöhen.

Beschränkt man sich bei einem Schiff auf jeweils nur eine Unterteilungsart, so hat dies den Vorteil, daß man bei der Beurteilung dieser Unterteilung auch nur eine Ausdehnungsrichtung der möglichen Leckgrößen zu beachten braucht. So interessiert z.B. bei der Anordnung von Querschotten nur die Lecklänge; die Größe der Lecktiefe und der Leckhöhe ist dabei völlig belanglos, da sie den sich nach der Beschädigung einstellenden Zustand des Schiffes nicht beeinflussen. Das gleiche gilt bei der Längsunterteilung für die Lecklänge und die Leckhöhe und bei der Unterteilung durch wasserdichte Decks für die Lecktiefe und die Lecklänge.

Um klare Vorstellungen von den physikalischen Zusammenhängen zu bekommen, wird in den nachstehenden Untersuchungen nur die Querunterteilung behandelt. Falls es möglich ist, für diese Art der Unterteilung einen sinnvollen, leicht zu berechnenden Gütegrad zu definieren, wäre die gestellte Aufgabe schon im wesentlichen gelöst, da sich in der Praxis die Anordnung von Querschotten als die wichtigste und zweckmäßigste Unterteilung herausgestellt hat. Das liegt u.a. daran, daß Querschotte ohnehin aus Festigkeitsgründen erforderlich sind und außerdem Querschotte gegenüber anderen Unterteilungsmöglichkeiten im allgemeinen für den Betrieb eines Schiffes am wenigsten hinderlich sind. Hinzu/kommt, daß bei einer Querunterteilung sowohl der im Leckfall mögliche Stabilitätsverlust als auch der eintretende Schwimffähigkeitsverlust meistens in engen Grenzen gehalten werden kann. Will man aber dennoch auch die anderen Unterteilungsmöglichkeiten bewerten, so bereitet dieses dann keine Schwierigkeiten mehr, da die für die Querunterteilung angestellten Überlegungen jederzeit auf die Längs- und die Höhenunterteilung übertragen werden können.

b) Gegenüberstellung der ertragbaren und der möglichen Lecklängen

Die Hauptschwierigkeit bei der Beurteilung der Wirksamkeit einer Unterteilung lag bisher immer darin, daß man sich zwar eine Beschädigung des Schiffskörpers vorgibt, aber nicht weiß, wie groß das Leck sein wird und an welcher Stelle des Schiffes

es auftreten wird. Man half sich, indem man für jedes Schiff eine bestimmte Leckgröße annahm. Damit beging man aber bereits einen entscheidenden Fehler. Die Auswirkungen, die eine solche einseitige, nicht die Vielzahl der insgesamt möglichen Leckausdehnungen erfassende Betrachtungsweise auf die Beurteilung einer Unterteilung hat, können nämlich so groß sein, daß sie zu einer völlig falschen Vorstellung von der Wirksamkeit der Unterteilung führen (vgl. Kapitel V, Abschnitt a).

Es ist eigentlich erstaunlich, daß man sich über die Fehler, die mit dieser unzulässigen Vereinfachung verbunden sind, lange Zeit nicht im klaren war. Dieses ist um so unverständlicher, als bei der Beurteilung der Wirksamkeit einer Unterteilung im Prinzip genau so vorgegangen werden kann wie bei jeder anderen Beurteilung einer technischen Maßnahme auch. Man braucht nämlich nur das jeweils praktisch erreichte Ergebnis ins Verhältnis zu setzen zu dem theoretisch bestmöglichen Ergebnis (Definition des technischen Wirkungsgrades). Auf die Unterteilung angewendet, bedeutet dies, daß die Wirksamkeit einer solchen Sicherheitsmaßnahme an dem Verhältnis aller (auf Grund der Unterteilung) für das Schiff noch ertragbaren Lecks zu der Zahl der insgesamt möglichen Lecks gemessen werden kann.

Leider stellt jedoch die Ermittlung aller für ein Schiff noch ertragbaren Lecks einen unzumutbaren Rechenaufwand dar. Eine wesentliche Vereinfachung ergibt sich erst dann, wenn die drei

Unterteilungsarten getrennt untersucht werden. So gilt z.B. für die hier zu behandelnde Querunterteilung, daß das Verhältnis der ertragbaren zu den möglichen Lecklängen ein Maß für die Güte der gewählten Querunterteilung ist.

Um nun im Einzelfall diesen Gütegrad berechnen zu können, bedarf es einer genauen Definition der "ertragbaren" und der "möglichen" Lecklängen.

Beschreibt man die Lage und Länge eines Lecks durch den Ort der Leckmitte (gemessen vom hinteren Schiffsende) bzw. durch die Ausdehnung des Lecks (gemessen als Projektion des Lecks in Schiffslängsrichtung), so gilt folgendes:

Die absolut größte Lecklänge, die an einem Schiff auftreten und auch gemessen werden kann, ist gleich der Schiffslänge. Sie ist nur an einer einzigen Stelle des Schiffes denkbar, nämlich genau in der Schiffsmitte. Ebenso gibt es auch für alle anderen Stellen des Schiffes eine jeweils größtmögliche Lecklänge. Erst an den Schiffsenden wird die größtmögliche Lecklänge gleich null, denn an diesen Stellen ist keine Lecklänge denkbar, die ihren Mittelpunkt hier hat und außerdem sich noch über einen Teil des Schiffes erstreckt. Trägt man die jeweils größtmöglichen Lecklängen über der Schiffslänge auf, so ergibt sich das in Fig. 1 gezeigte Bild. Der Abbildung ist zu entnehmen, daß zwischen der Treffstelle  $x$  und der diesem Ort zugeordneten größtmöglichen Lecklänge  $y_{\text{mögl. max.}}$  folgende Beziehung besteht:

$$y_{\text{mögl.max.}} = 2x, \quad \text{wenn } 0 \leq x \leq 0,5 L \text{ bzw.}$$

$$y_{\text{mögl.max.}} = 2(x-L), \quad \text{wenn } 0,5L \leq x \leq L.$$

Außer den größtmöglichen Lecklängen sind auch andere Lecklängen möglich, die jedoch alle innerhalb des von der Kurve der größtmöglichen Lecklängen und der Abszissen achse eingeschlossenen Gebietes liegen. Dieses Gebiet stellt somit die Gesamtheit aller "möglichen" Lecklängen dar.

Die Hauptarbeit bei der Beurteilung einer Querunterteilung besteht in der Ermittlung der "ertragbaren" Lecklängen. Hierzu ist es erforderlich, daß man die genaue Anordnung der Querschotte kennt. Für diese Schottenstellung ist dann eine Leckrechnung durchzuführen, in der ermittelt wird, welche Abteilungen bzw. welche Gruppen benachbarter Abteilungen jeweils für sich alleine geflutet werden können, ohne daß bestimmte, noch genauer festzulegende Mindestwerte für den Freibord und die Stabilität des beschädigten Schiffes unterschritten werden.

Unter "ertragbaren" Lecklängen sind nun alle diejenigen Lecklängen zu verstehen, durch die jeweils nur solche Abteilungen bzw. Abteilungsgruppen überflutet werden, bei denen die obigen Mindestforderungen erfüllt sind. Man kann die ertragbaren Lecklängen genau so wie die möglichen Lecklängen über der Schiffslänge auftragen, indem über alle Abteilungen und

Abteilungsgruppen, die ohne Gefahr für das Schiff geflutet werden können, das Gebiet der "ertragbaren" Lecklängen eingezeichnet wird. Jedes dieser Gebiete wird durch Geraden begrenzt, die innerhalb des jeweils betrachteten Schiffslängenbereichs die größten, für das Schiff gerade noch ertragbaren Lecklängen darstellen. Die innerhalb eines solchen "sicheren" Gebietes absolut größte ertragbare Lecklänge ist gleich der Länge der zugehörigen Abteilung bzw. Abteilungsgruppe. Sie wird - entsprechend der getroffenen Vereinbarung über den Ort eines Lecks - über der Mitte der Abteilung bzw. Abteilungsgruppe aufgetragen (vgl. Fig. 2).

Durch die graphische Darstellung der möglichen und der ertragbaren Lecklängen in der in Fig. 2 gezeigten Form erhält man bereits einen Überblick über die Wirksamkeit der gewählten Unterteilung. Bei dieser Auftragsart erkennt man nämlich deutlich den Anteil der ertragbaren Lecklängen an den insgesamt möglichen Lecklängen. Um nun auch eine quantitative Beurteilung durchführen zu können, soll in dem folgenden Abschnitt versucht werden, unter Beachtung der bisher gewonnenen Einblicke in die qualitativen Zusammenhänge einen geeigneten Gütegrad für die Querunterteilung zu definieren.

### c) Quantitative Beurteilung der Unterteilung

Im vorstehenden Abschnitt ist gezeigt worden, wie man durch die Gegenüberstellung der ertragbaren und der möglichen Leck-

längen ein anschauliches Bild von der Wirksamkeit einer Unterteilung erhält. Der jeweilige Erfolg, den man durch eine wasserdichte Unterteilung im Hinblick auf die Ertragbarkeit von Lecks erzielt, läßt sich aber auch zahlenmäßig ausdrücken. Hierzu braucht man nur den Quotienten aus der Summe aller ertragbaren Lecklängen und der Gesamtheit aller möglichen Lecklängen zu bilden. Dabei sei zunächst einmal dahingestellt, ob es erforderlich ist, die einzelnen Lecklängen und Treffstellen nach ihrer Häufigkeit unterschiedlich zu bewerten.

Das Einfachste und auch das Naheliegendste ist es, als Gütegrad für die Querunterteilung das Flächenverhältnis einzuführen, das sich aus dem Flächenanteil der Gebiete der ertragbaren Lecklängen an der Gesamtfläche der möglichen Lecklängen ergibt (vgl. Fig.2). Bezeichnet man diesen Gütegrad mit  $g$  und die Gebiete der ertragbaren und der möglichen Lecklängen mit  $G_{\text{ertr.}}$  bzw.  $G_{\text{mögl.}}$ , so gilt:

$$g = \frac{\sum_{G_{\text{ertr.}}} \int y_{\text{ertr. max.}} dx}{\int_{G_{\text{mögl.}}} y_{\text{mögl. max.}} dx}$$

Der beste Gütegrad, den man erreichen kann, ist  $g = 1$ . In diesem Fall sind alle Lecklängen, die auftreten können, für das Schiff auch ertragbar. Praktisch wird dies z.B. bei einem völlig unsinkbaren Boot, das aus einem sehr leichten Material

hergestellt ist, erreicht. Allerdings ist es in diesem Extremfall nicht mehr sinnvoll, von einem Gütegrad der Unterteilung zu sprechen, da ein solches Schiff aus Gründen der Lecksicherheit gar nicht erst unterteilt zu werden braucht.

Bei normalen Seeschiffen wird man dagegen auch bei einer noch so wirksamen Unterteilung den Wert  $g = 1$  nie ganz erreichen können. Das liegt daran, daß eiserne Schiffe ein so großes Eigengewicht haben, daß sie ihre Schwimmfähigkeit schon verlieren, bevor das im Leckfall eindringende Wasser den gesamten Schiffskörper überflutet hat.

Der untere Grenzwert des Gütegrads ist  $g = 0$ . Diesen Wert erhält man, wenn ein Schiff überhaupt nicht unterteilt ist, oder wenn die Querschotte so ungünstig angeordnet sind, daß das Schiff die Überflutung keiner dieser durch die Querunterteilung geschaffenen Abteilungen überstehen würde. Da jedoch für normale Handelsschiffe Pieksschotte vorgeschrieben sind, die nur einen geringen Abstand vom Vor- bzw. Hintersteven haben und daher fast immer ohne Gefahr für das Schiff geflutet werden können, wird auch dieser Grenzwert praktisch nie erreicht.

Die angeführten Beispiele lassen bereits erkennen, daß der Gütegrad  $g$  zumindest als grobes Maß für die Wirksamkeit einer Unterteilung geeignet ist. Außerdem genügt er der For-

derung nach einer einfach zu berechnenden Kennzahl. Von Nachteil ist allerdings, daß der Gütegrad  $g$  als reine Verhältniszahl der ertragbaren zu den möglichen Lecklängen kein absolutes Maß ist, sondern nur darüber etwas aussagt, wie gut ein vorhandenes Schiff im Verhältnis zu seiner Länge unterteilt ist. Die Gütegrade verschieden großer Schiffe können deshalb nicht ohne weiteres <sup>miteinander</sup> verglichen werden. So ist z.B. von zwei Schiffen, die den gleichen Gütegrad  $g$  haben, das größere Schiff wegen der größeren Zahl der ertragbaren Lecklängen meist wesentlich sicherer gegenüber Beschädigungen als das kleinere Schiff. Dieser Nachteil ist jedoch nicht so schwerwiegend, wie man vielleicht zunächst annehmen könnte. Die Hauptaufgabe des Gütegrads besteht nämlich darin, eine Kennzahl zu haben, die angibt, wie gut die für ein bestimmtes Schiff gewählte Unterteilung ist und um wieviel man ihre Wirksamkeit durch eine andere Schottenstellung verbessern kann. Wird diese Aufgabe von dem Gütegrad <sup>voll</sup> erfüllt, so ist er auch dann verwendbar, wenn er stets im Zusammenhang mit der Schiffsgröße gesehen werden muß.

Eine Kontrolle dafür, ob der Gütegrad  $g$  die Wirksamkeit der für ein Schiff gewählten Unterteilung auch immer richtig angibt, läßt sich leicht durchführen. Zu diesem Zweck braucht man sich nur ein beliebiges Schiff vorzugeben und es auf verschiedene Art und Weise derart zu unterteilen,

daß man immer den gleichen Gütegrad  $g$  erhält. Zeigt sich bei näherer Untersuchung, daß die verschiedenen Schottstellungen im Hinblick auf die Ertragbarkeit von Lecks wirklich gleichwertig sind, so stellt der als Flächenverhältnis definierte Gütegrad  $g$  ein gerechtes Maß für die Wirksamkeit einer Unterteilung dar. Wenn sich jedoch herausstellt, daß diese Schottenstellungen nicht gleich wirksam sind, ist es erforderlich, auch die bisher nicht beachteten Einflußgrößen bei der Definition des Gütegrads mit zu berücksichtigen, um zu einem wirklich objektiven Bewertungsmaß zu gelangen.

Bei stets gleichem Gütegrad  $g$  kann man die Schottenstellung auf zweierlei Art variieren:

1. durch unterschiedliche Aufteilung des jeweils gleich großen Gesamtgebiets der "ertragbaren" Lecklängen in "sichere" Teilgebiete (vgl. Fig. 3) und
2. durch unterschiedliche Lage der jeweils gleich großen "sicheren" Teilgebiete zum Schiff (vgl. Fig. 4).

Im ersten Fall unterscheiden sich die in Fig. 3 skizzierten Schiffe dadurch, daß Schiff A zwar keine großen, dafür aber um so mehr kleinere Lecklängen ertragen kann als Schiff B. Das heißt, daß beide Schiffe gleichwertig sind, wenn die Leckstatistik zeigt, daß alle Lecklängen gleich häufig sind.

Tatsächlich sind aber kleine Lecklängen häufiger als große. (Vgl. [1], [2] und [3]). Es muß daher auch die Unterteilung des Schiffes A als sicherer angesehen werden als die des Schiffes B. Da dies im Gütegrad  $g$  nicht zum Ausdruck kommt, ist ein neuer Gütegrad zu definieren, bei dem die Häufigkeit der Lecklängen berücksichtigt wird.

Im zweiten Fall können beide Schiffe die gleichen Lecklängen ertragen (s. Fig. 4). Der einzige Unterschied besteht darin, daß sich bei Schiff A der größte Teil der ertragbaren Lecklängen im Hinterschiff befindet, während Schiff B die gleich großen Lecklängen im Vorschiff ertragen kann. Leider ist das zur Zeit vorhandene Beobachtungsmaterial über die Verteilung der Treffstellen über die Schiffslänge noch nicht sehr umfangreich, so daß es verfrüht wäre, ein endgültiges Urteil darüber abgeben zu wollen, welche der beiden Unterteilungen nun wirklich sicherer ist. Obgleich die wenigen, bisher vorliegenden Daten darauf deuten, daß Beschädigungen im Vorschiff etwas häufiger als im Hinterschiff zu erwarten sind (d.h. das Schiff B wäre etwas günstiger unterteilt als Schiff A), ist es zweckmäßig, vorläufig eine über die Schiffslänge konstante Treffhäufigkeit anzunehmen. Man folgt damit einer Annahme, die auch schon Wendel bei der Einführung der Wahrscheinlichkeit des Überstehens von Verletzungen als Bewertungsmaß für die Wirksamkeit einer Unterteilung getroffen hat [2]. Schiffe, wie sie in Fig. 4 einander gegenübergestellt sind, werden also als

gleich wirksam unterteilt angesehen. Für den Gütegrad der Querunterteilung bedeutet dies, daß die Treffstellenhäufigkeit nicht besonders berücksichtigt zu werden braucht.

Die vorstehenden Überlegungen zeigen, daß das einfache Zahlenverhältnis aus der Gesamtheit der ertragbaren Lecklängen und den insgesamt möglichen Lecklängen allein noch nicht ausreicht, um eine Unterteilung richtig zu bewerten. Es muß auch die Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Lecklängen beachtet werden. Trotzdem soll die Berechnung des Gütegrads einfach bleiben. Im Gegensatz zur Überlebenswahrscheinlichkeit ist es jedoch beim Gütegrad nicht erforderlich, daß die Zahlenwerte absolut richtig sind. Wie bereits erwähnt, genügt für die Beurteilung einer Unterteilung auch ein relatives, in diesem Fall auf die jeweilige Schiffslänge bezogenes Maß.

Ein solches Maß, das alle genannten Forderungen erfüllt, erhält man, wenn man die einzelnen Lecklängen entsprechend ihrer Häufigkeit mit Gewichten versieht und erst dann den Quotienten aus der Summe der ertragbaren und den möglichen Lecklängen bildet. Die einfachste Art der Gewichtsbelegung ist in Fig. 5 skizziert: Die nach den größeren Lecklängen hin schräg abfallende Ebene berücksichtigt die Abnahme der Lecklängenhäufigkeit mit der Lecklänge. Dabei ist die Steigung dieser Ebene so gewählt worden, daß sich für den Zentralwert der Lecklängenverteilung derselbe Wert ergibt wie ihn auch die Lecklängenstatistik liefert.

Selbstverständlich stimmt die willkürlich gewählte Gewichtsverteilung nicht genau mit der für das jeweils betrachtete Schiff gültigen Häufigkeitsverteilung überein. Durch die linear abnehmende Gewichtsbelegung und durch den gleichen, mit der Statistik übereinstimmenden Zentralwert für die Lecklängenverteilung werden jedoch die Tendenzen und Größenordnungen richtig erfaßt, so daß man ein für praktische Zwecke ausreichend genaues Bewertungsmaß erhält.

Bleibt man bei der graphischen Darstellung, so stellt der verbesserte Gütegrad nicht mehr ein Flächenverhältnis, sondern ein Volumenverhältnis dar. Dieses Volumenverhältnis ergibt sich aus dem Anteil aller Volumina über den Gebieten der ertragbaren Lecklängen am Gesamtvolumen, das sich über dem Gebiet der möglichen Lecklängen bis zur schräg abfallenden Ebene erstreckt. Da die Berechnung des korrigierten Gütegrads im Prinzip genau so erfolgt wie die der Wahrscheinlichkeit des Überstehens von Verletzungen und zum Unterschied von dem als Flächenverhältnis definierten Gütegrad  $g$  wird der neue Gütegrad im folgenden auch  $W$ -Wert genannt. Seine genaue Definition lautet

$$W = \frac{\sum G_{\text{ertr.}} \iint w(y) \cdot dy_{\text{ertr.}} \cdot dx}{G_{\text{mögl.}} \iint w(y) \cdot dy_{\text{mögl.}} \cdot dx}$$

wobei  $w(y)$  das Gewicht ist, das den einzelnen Lecklängen zugeordnet wird. Vergleicht man diese Definition des  $W$ -wertes

mit der <sup>der</sup>Überlebenswahrscheinlichkeit (s. S. 5 ), so erkennt man sehr deutlich die Ähnlichkeit zwischen diesen Größen. Sie unterscheiden sich zur Hauptsache nämlich nur dadurch, daß der W-Wert im Gegensatz zum Wahrscheinlichkeitswert kein absolutes, sondern nur ein relatives, d.h. auf die jeweilige Schiffsgröße bezogenes Maß ist und daß seine Berechnung wegen der einfachen geometrischen Zusammenhänge wesentlich einfacher ist als die der Wahrscheinlichkeit des Überstehens von Verletzungen. Mit dem W-Wert ist somit die gesuchte Kennzahl gefunden worden, die sowohl die Wirksamkeit einer Unterteilung richtig angibt als auch leicht zu berechnen ist. (Näheres über die Berechnung des W-Wertes s. [4]).

#### IV. Mindestforderungen an den Freibord und die Stabilität eines beschädigten Schiffes

Will man ein Schiff gegenüber Beschädigungen möglichst sicher machen, so genügt es nicht, es wasserdicht zu unterteilen, sondern man muß sich auch überlegen, wie groß der Freibord und die Stabilität des lecken Schiffes sein müssen, damit es ebenso wie das unverletzte Schiff bis zu einer gewissen Grenze äußeren Kräften bzw. Momenten widerstehen kann. Eine wasserdichte Unterteilung nützt praktisch nämlich überhaupt nichts, wenn das Schiff im Leckfall die

geringste zusätzliche Beanspruchung nicht mehr ertragen kann. Andererseits wäre es ungerechtfertigt, wenn man für das beschädigte Schiff hinsichtlich des Freibords und der Stabilität dieselben Mindestwerte verlangen würde wie für das im vollen Umfange seetüchtige intakte Schiff. Um hier nun zu einer Lösung zu kommen, ist es am zweckmäßigsten, die erforderlichen Mindestwerte für das leckte Schiff so zu bemessen, daß sie größenordnungsmäßig den bei ausgeführten Schiffen im Leckfall vorhandenen Werten entsprechen. Dabei empfiehlt es sich, von einem physikalisch begründeten, allgemeingültigen Kriterium auszugehen, das eine einwandfreie Beurteilung der Sicherheit des lecken Schiffes ermöglicht.

Ein solches Kriterium ist die Momentenbilanz, d.h. die Gegenüberstellung der aufrichtenden und krängenden Momente (s. [5], [6]). Da die Schiffe, auf die dieses Kriterium angewendet werden soll, infolge der Beschädigung nur noch beschränkt seetüchtig sind, können bei der Berechnung des resultierenden Krängungsmoments nur die im Leckfall am ehesten zu erwartenden Krängungsmomente berücksichtigt werden und zwar auch nur in einer Größenordnung, die den bei gebauten Schiffen im Mittel ertragbaren Krängungsmomenten entspricht. (Vgl. Abschnitt a) dieses Kapitels). Zu diesen Krängungsmomenten gehören das Personen- und das Winddruckmoment. Das gilt insbesondere für die vornehmlich Fahrgäste beför-

dernden Schiffe, weil bei diesen Schiffstypen nicht nur die Zahl der an Bord befindlichen Personen besonders hoch ist sondern wegen der umfangreichen Aufbauten und Deckshäuser auch eine große Windangriffsfläche vorhanden ist. Gleichzeitig sollen aber gerade diese Schiffe am meisten geschützt werden. Es liegt daher nahe, bei der Ermittlung des jeweils erforderlichen Mindestfreibords und der Mindeststabilität Normwerte für derartige Krängungsmomente zugrunde zu legen, die dann für alle Schiffstypen gelten können.

Um nun möglichst schnell feststellen zu können, ob die in einem Leckfall noch vorhandenen Freibord- und Stabilitätswerte den gestellten Anforderungen genügen und damit das Leck als "ertragbar" angesehen werden kann, ist es schließlich noch wichtig, die Bedingungsgleichungen, die diese Frage entscheiden sollen, möglichst einfach zu formulieren.

#### a) Ermittlung der ertragbaren Krängungsmomente

Der erste Schritt zur Festlegung des "im ertragbaren Leckfall" erforderlichen Mindestfreibords und der erforderlichen Mindeststabilität besteht in der Ermittlung der von Fahrgastschiffen mit Standardabmessungen im Leckfall ertragbaren Krängungsmomente. Zu diesem Zweck sind für eine Reihe von Fahrgastschiffen unterschiedlicher Größe die auf-

richtenden Hebelarme berechnet und in Diagrammform aufgetragen worden (s. Anlage I, Bild 11 sowie Anlage I, 2. Teil, S.1 ff). Ferner sind für die untersuchten Standardschiffe die "kritischen" Neigungswinkel bestimmt worden, bei denen Leckwasser aus der beschädigten Abteilung durch Öffnungen im Schotten-deck austritt und in unbeschädigte Nachbarabteilungen einzudringen beginnt (Punkt B in Bild 11 der Anlage I; vgl. auch Fig.6). Das für das jeweils betrachtete Schiff "ertragbare" Krängungsmoment ist nun dasjenige Moment, dessen Hebelarm den aufrichtenden Hebelarm in dem Punkte schneidet, der dem "kritischen" Neigungswinkel entspricht.

Sind auf diese Weise die ertragbaren Krängungsmomente ermittelt worden, so kann man noch einen Schritt weitergehen und das jeweils gerade noch ertragbare Gesamtmoment aufteilen in ein durch den einseitigen Aufenthalt der Fahrgäste an Seite Deck hervorgerufenen Personenmoment und in ein Winddruckmoment. Damit hat man dann Normmomente gefunden, die geeignet sind, als künftige Mindestforderungen aufgestellt zu werden (Näheres siehe Anlage I, 2. Teil und Anlage V).

#### b) Mindeststabilität und Mindestfreibord im Leckfall

Ein beschädigtes Schiff wird als ausreichend sicher angesehen, wenn es die genau festgelegten Normkrängungsmomente ertragen kann; d.h. die durch die Normmomente hervorgerufene Neigung muß kleiner sein als die "kritische" Neigung (bzw. kleiner als der sogenannte "Panikwinkel" von ca.  $12^{\circ}$ ). Für die Stabilität und den Freibord des beschädigten Schiffes bedeutet

dies, daß beide Werte so groß sein müssen, daß die vorstehende Bedingung erfüllt wird. Man kann diesen Zusammenhang durch eine sehr einfache Formel ausdrücken, wenn man die aufrichtenden und krängenden Hebelarme nach den für kleine Winkel gültigen Näherungsformeln berechnet. Da die hier betrachteten Neigungswinkel tatsächlich alle sehr klein sind (die obere Grenze für den "kritischen" Neigungswinkel ist der Panikwinkel von ca.  $12^{\circ}$ ), sind diese Näherungen durchaus zulässig. Es kann <sup>also</sup> gesetzt werden:

aufrichtender Hebelarm des lecken Schiffes  $h_{\text{aufr.}} = \overline{MG}_R \cdot \varphi$

Hebelarm des resultierenden Normmoments  $h_{\text{Kr}} = \text{const.}$

Die durch die Normkrängungsmomente hervorgerufene Neigung beträgt:

$$\varphi_{\text{Norm}} = \frac{h_{\text{Kr}}}{\overline{MG}_R}$$

Der "kritische" Neigungswinkel ergibt sich aus Fig.6:

$$\varphi_{\text{Krit.}} = \frac{Fb_R}{B/2 - 1}$$

Aus der Forderung  $\varphi_{\text{Norm}} \leq \varphi_{\text{Krit.}}$  erhält man eine eindeutige Aussage über den im Leckfall erforderlichen Restfreibord und die erforderliche metazentrische Höhe:

$$\boxed{\frac{Fb_R \cdot \overline{MG}_R}{B/2 - 1} \geq h_{\text{Kr}}} \quad (1)$$

Dabei ist für  $h_{Kr}$  die Summe der krängenden Hebelarme der zu berücksichtigenden Normkrängungsmomente einzusetzen; im Falle einer unsymmetrischen Überflutung tritt zu den Normmomenten noch das durch die Unsymmetrie hervorgerufene Krängungsmoment hinzu.

Aus der Zusatzforderung  $\varphi_{Norm} \leq 12^{\circ}$  ("Panikwinkel") ergibt sich noch eine zweite Bedingungsgleichung, die ebenfalls erfüllt sein muß, wenn ein Leckfall als "ertragbar" gelten soll:

$$\frac{h_{Kr}}{\overline{MG}_R} \leq 0,21 \quad (2)$$

Die Formeln (1) und (2) geben zusammen eine klare Antwort auf die Frage, wie groß der Freibord und die Stabilität eines lecken Schiffes sein muß, damit es noch in einem gewissen Umfang seetüchtig bleibt. Sie stellen ein Stabilitätskriterium dar, das den Vorteil hat, allgemeingültig zu sein und daher auf jeden beliebigen Schiffstyp individuell angewendet werden zu können. - Interessant ist das Ergebnis, daß es grundsätzlich möglich ist, einen relativ kleinen Restfreibord durch eine große metazentrische Resthöhe auszugleichen und umgekehrt (s. Formel (1)!). Selbstverständlich müssen dabei sowohl der Restfreibord als auch der  $\overline{MG}_R$ -Wert immer noch positiv sein. Ferner ist zu beachten, daß für  $\overline{MG}_R$  stets der nach der Methode des fortfallenden Auftriebs berechnete Wert einzusetzen ist.

Da die vorstehenden Formeln recht einfach sind, kann mit ihrer Hilfe sehr schnell entschieden werden, ob die Überflutung einer Abteilung oder Abteilungsgruppe "ertragbar" ist bzw. ob die Lecklängen, die zur Überflutung dieser einen Abteilung oder Abteilungsgruppe führen, als "ertragbare" Lecklängen anzusehen sind und somit einen positiven Beitrag zum W-Wert des Schiffes liefern (vgl. Kapitel III, Abschnitt b). Die Formeln sind daher ebenso wie der W-Wert dazu geeignet, auch in der Praxis angewendet zu werden. Zusammen mit dem W-Wert bilden sie die Grundlagen für die Beurteilung der Lecksicherheit eines Schiffes.

#### V. Die Regelung der Unterteilung und der Leckstabilität durch Vorschriften

Vorschriften für die Unterteilung und Leckstabilität von Fahrgastschiffen bestehen bereits seit langem. Die zur Zeit gültigen Regeln sind im Internationalen Schiffssicherheitsvertrag London 1948 niedergelegt. Sie sind nach den folgenden Grundsätzen aufgebaut:

1. Unterteilung. Die Unterteilung erfolgt nach dem Grundsatz, daß die Schiffe unter Berücksichtigung ihrer Größe und der Art der vorgesehenen Verwendung so wirksam wie irgend möglich zu unterteilen sind. Dementsprechend wird der vorgeschriebene Grad der Unterteilung "mit der Länge des Schiffes und dem Verwendungszweck in der Weise verändert, daß

der höchste Grad der Unterteilung den Schiffen mit größter Länge, die vornehmlich der Beförderung von Fahrgästen dienen, entspricht."

Als Maß für den Grad der Unterteilung dient der Abteilungs-faktor. Er ist definiert als derjenige Faktor, mit dem die Ordinaten der zuvor ermittelten Kurve der flutbaren Längen zu multiplizieren sind, um die an jedem Punkt der Schiffslänge jeweils größte zulässige Abteilungs-länge zu erhalten. Die Größe des Abteilungs-faktors wird, durch die Schiffslänge und durch das Kennzeichen des Verwendungszwecks - das ebenfalls genau definiert ist - bestimmt (vgl. Anlage I, Bild 4).

2. Leckstabilität. Die Höhe der Anforderungen an die Leckstabilität richtet sich nach der Art der Überflutung. Während im Falle der symmetrischen Flutung noch eine positive metazentrische Resthöhe verlangt wird, ist im Falle der unsymmetrischen Flutung auch eine negative metazentrische Resthöhe zulässig, wenn die dann eintretende Neigung des Schiffes den Grenzwert von sieben Grad nicht überschreitet. Hinsichtlich der Schwimffähigkeit des beschädigten Schiffes gilt der Grundsatz, daß in keinem Fall die "Tauchgrenze" - das ist eine gedachte, 76 mm unterhalb der Oberkante des Schottendecks verlaufende Linie - im Endzustand der Überflutung unter Wasser liegen darf. Praktisch bedeutet dies, daß ein Mindestrestfreibrod von 76 mm gefordert wird.

a) Mängel der gegenwärtigen Unterteilungs- und Leckstabilitätsvorschriften.

Die Vorschriften des Internationalen Schiffssicherheitsvertrages 1948 entsprechen dem Stand der Schiffbautechnik zu jener Zeit und dem damaligen Wissen um die Fragen der Sicherheit beschädigter Schiffe. In der Zwischenzeit hat sich aber nicht nur die Schiffstechnik weiterentwickelt, sondern es sind auch neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Lecksicherheit gewonnen worden. Es ist daher nur natürlich, daß von vielen Vertretern der Mitgliedsstaaten der Inter-Governmental Maritime Consultative Organization (IMCO) eine Anpassung der Vorschriften an den heutigen Stand gefordert wird. Im einzelnen wird auf folgende entscheidende Mängel des Vertrages hingewiesen:

1. Der Abteilungsfaktor ist kein geeignetes Maß für die Wirksamkeit einer Unterteilung im Hinblick auf die Ertragbarkeit von Lecks. Abgesehen davon zwingt er den Konstrukteur zu einer nicht immer gerade günstigen Anordnung der Querschotte, obgleich vom Standpunkt der Lecksicherheit aus eine derartige Einschränkung in der Wahl der Schottenstellung überhaupt nicht erforderlich ist. (Vgl. [1], [3], [7], [8], [9], [10]; s. auch Anlage I, 1. Teil).
2. Das Kennzeichen des Verwendungszwecks wird seiner ursprünglichen Aufgabe der Charakterisierung des Schiffstyps nicht

mehr gerecht. Insbesondere erreichen moderne Fahrgast-  
schiffe, die vornehmlich der Beförderung von Fahrgästen  
dienen, nicht mehr das für sie vorgesehene höchste Kenn-  
zeichen ( $C_S = 123$ ). (Vgl. [3], [9], [11], [12], [13], [14];  
s. auch Anlage I, 1. Teil).

3. Die zulässigen Mindestwerte für die metazentrische Rest-  
höhe und den Restfreibord sind so gering, daß selbst un-  
ter günstigen Bedingungen ein beschädigtes Schiff, das die-  
se Werte aufweist, nur sehr geringe Aussichten hat, den  
Leckfall zu überstehen.

Ferner wird bemängelt, daß bei unsymmetrischen Flutungen  
unter Umständen geringere Stabilitätswerte zulässig sind  
als bei symmetrischen Flutungen. Erfüllt z.B. ein nur durch  
Querschotte unterteiltes Schiff die Forderung  $\overline{MG}_R > 0$  nicht,  
so besteht die Möglichkeit, das Schiff durch den Einbau ei-  
nes Längsschotts unsymmetrisch zu unterteilen und es dann -  
sofern die übrigen Forderungen erfüllt werden - bei dem ne-  
gativen  $\overline{MG}_R$ -Wert zu belassen. Da aber durch eine solche Maß-  
nahme die Sicherheit des beschädigten Schiffes nicht erhöht  
wird, sondern durch das infolge der Unsymmetrie zusätzlich  
hervorgerufene Krängungsmoment sogar erheblich herabgesetzt  
wird, kann eine derartige Regelung zu einer unerwünschten  
Verringerung der Leckstabilität führen.

(Vgl. [7], [8], [9], [11], [13], [15]; s. auch Anlage I, 2. Teil).

Die Forderungen nach Beseitigung dieser Mängel haben dazu geführt, daß auf der Londoner Schiffssicherheitskonferenz von 1960 der Unterausschuß "Unterteilung und Stabilität" der IMCO damit beauftragt worden ist, u.a. das Problem der Lecksicherheit näher zu untersuchen (s. Internationaler Schiffssicherheitsvertrag 1960, Anhang D, Empfehlungen 6 und 8). Da sich sehr bald herausstellte, daß Untersuchungen dieser Art recht umfangreich und kompliziert sind, wurde im Jahre 1962 beschlossen, den Unterausschuß "Unterteilung und Stabilität" aufzugliedern in die Arbeitsgruppen "Unterteilung und Leckstabilität" und "Intaktstabilität". Die zu diesem Zeitpunkt bereits erzielten Untersuchungsergebnisse wurden dazu verwendet, für jede Arbeitsgruppe ein detailliertes Arbeitsprogramm aufzustellen (s. Anlagen II und III).

b) Vorschlag für eine zukünftige Unterteilungs- und Leckstabilitätsvorschrift

Eine Antwort auf die Frage, wie die bestehenden Mängel der gegenwärtigen Unterteilungs- und Leckstabilitätsvorschriften beseitigt werden können, geben die bei den Untersuchungen über die Unterteilung und Leckstabilität erzielten Ergebnisse (s. Kapitel III und IV dieses Berichts) sowie die in [14] mitgeteilten Ergebnisse von Untersuchungen über das Kennzeichen des Verwendungszwecks. Wendet man die gewonnenen Erkenntnisse konsequent

an, so ergibt sich, daß bei einer die physikalischen Verhältnisse berücksichtigenden Lecksicherheitsvorschrift im wesentlichen drei Grundsätze zu beachten sind:

1. Der geforderte Grad der Unterteilung ist mit dem W-Wert oder einer ähnlichen Kennzahl zu regeln, die die Wirksamkeit einer Unterteilung bezüglich der Ertragbarkeit von Lecks richtig anzeigt.
2. Mindestwerte für den Freibord und die Stabilität des beschädigten Schiffes sind unter Beachtung der aufrichtenden und der krängenden Momente zu bestimmen, wobei für die krängenden Momente bestimmte Normmomente zugrunde zu legen sind.
3. Bei der Festlegung der Höhe der Anforderungen ist sowohl die Größe des Schiffes als auch die Art der vorgesehenen Verwendung zu berücksichtigen.

(Vgl. auch Anlage IV: Allgemeine Grundsätze für eine Unterteilungsvorschrift).

Wie man nun zu einem konkreten Vorschlag für eine solche Lecksicherheitsvorschrift gelangt, kann der Anlage I entnommen werden. Darüber hinaus wird in dieser Anlage gezeigt, daß man gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt auch die Frachtschiffe ohne Schwierigkeiten in das vorgeschlagene System eingliedern kann.

Die Ergebnisse des in der Anlage I ausgearbeiteten Vorschlags sind in der Anlage V noch einmal in der Form eines Konzepts für eine neue Unterteilungs- und Leckstabilitätsvorschrift zusammengefaßt. Da dieses Konzept auch von den Mitgliedern der Arbeitsgruppe "Unterteilung und Leckstabilität" des Fachausschusses Schiffssicherheit der Schiffbautechnischen Gesellschaft im wesentlichen gebilligt worden ist, wäre <sup>es</sup> geeignet, als Basis für einen deutschen Vorschlag zur Lösung des Lecksicherheitsproblems verwendet zu werden.

## Schrifttum

- [1] Wendel, K.: Die Wahrscheinlichkeit des Überstehens von Verletzungen, Schiffstechnik 1960, S. 47
- [2] Wendel, K.: Die Bewertung von Unterteilungen, Jahrbuch der STG 1961
- [3] Comstock, J.P. und J.B. Robertson: Survival of Collision Damage versus the 1960 Convention on Safety of Life at Sea, SNAME 1961, S. 461
- [4] Abicht, W.: Diagramme zur Ermittlung der Wahrscheinlichkeit für das Überstehen von Verletzungen des Schiffskörpers, Hansa 1962, S. 1567
- [5] Wendel, K.: Sicherheit gegen Kentern, Zeitschrift VDI 1958, S. 1523
- [6] Arndt, B.: Ermittlung von Mindestwerten für die Stabilität, Schiffstechnik 1960, S. 35
- [7] Krappinger, O. und K. Knüpfner: Die Sicherheit der Schiffe bei Beschädigungen, Zeitschrift VDI 1960, S. 1511 u. S. 1773
- [8] Varges, G.: Wasser im Schiff, Schiffstechnik 1959, S. 197
- [9] Jaeger, H.E.: Betrekkelijke waarden, Schip en Werf 1962, S. 286
- [10] Dieudonné, M.: Note on the Probabilistic Method of Evaluating the Safety of Ships. (unveröffentlicht)
- [11] Jens, J.: Wie sicher ist ein havariertes Fahrgastschiff? Schiffstechnik 1959, S. 212
- [12] Carter, N.: Subdivision of Passenger Ships, North East Coast Inst. of Eng. and Shipb. 1962, S. 43

- [13] Inter-Governmental  
Maritime Consultative  
Organization, Sub-Com-  
mittee on Subdivision  
and Stability Problems: Mitteilungen über Vorschläge von  
Mitgliedsstaaten der IMCO zur Be-  
handlung des Unterteilungs- und  
Stabilitätsproblems (London 1960,  
1962 und 1963).
- [14] Dahl, P.:  
Untersuchungen über das Kennzeichen  
des Verwendungszwecks, Teilbericht  
des Lehrstuhls für Entwerfen von  
Schiffen am Institut für Schiffbau  
der Universität Hamburg zu den im  
Auftrage des Bundesverkehrsministe-  
riums durchgeführten Untersuchungen  
über die Sicherheit beschädigter  
Schiffe (unveröffentlicht).
- [15] Russo, V.L. und J.B. Robertson: Standards for Stability of  
Ships in Damaged Condition, SNAME  
1950, S. 478.

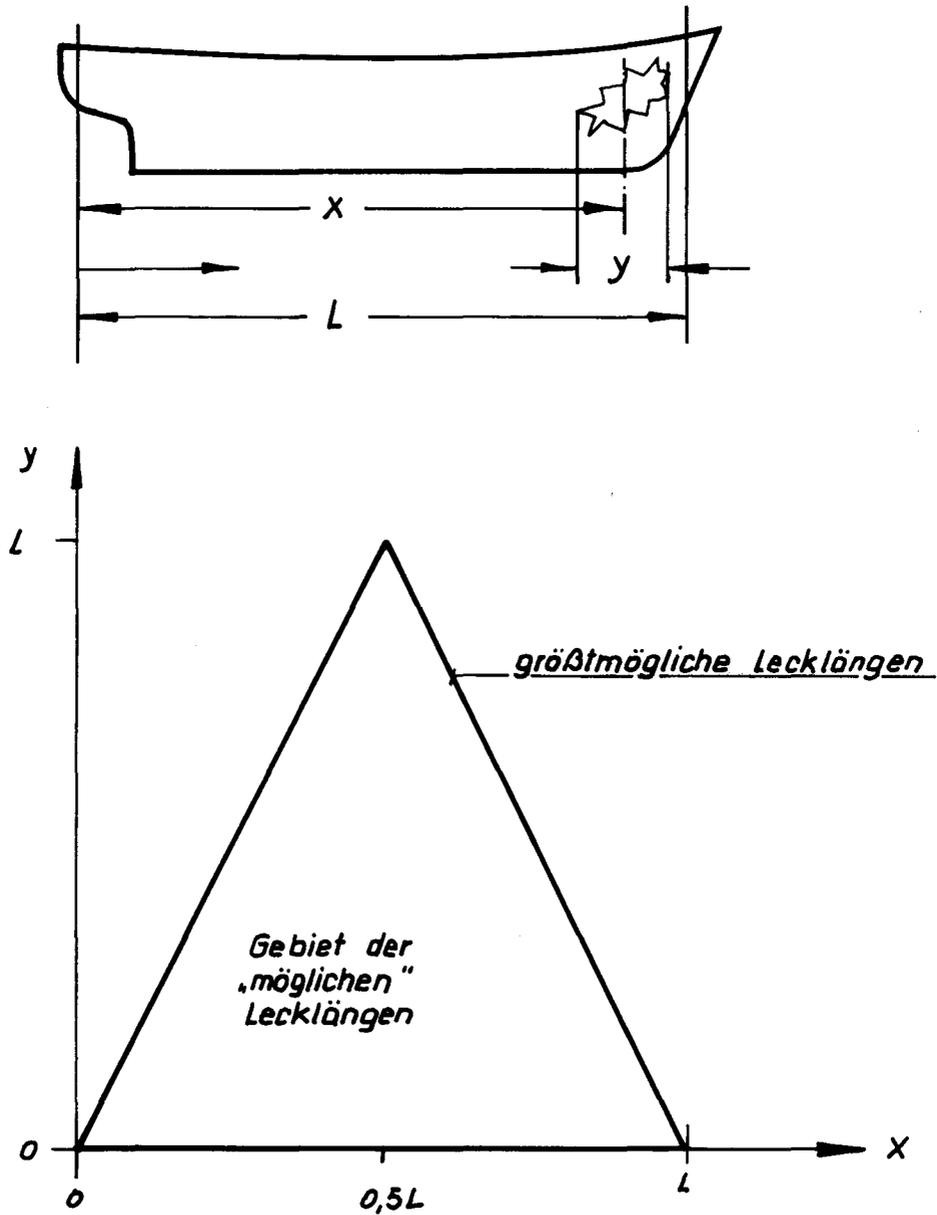


Fig. 1 Darstellung der jeweils größtmöglichen Lecklängen, aufgetragen über der Schiffslänge.

Im Bereich  $0 \leq x \leq 0,5L$  beträgt die größtmögliche Lecklänge  $y_{\text{mögl. max}} = 2x$ , im Bereich  $0,5L \leq x \leq L$  beträgt die größtmögliche Lecklänge  $y_{\text{mögl. max}} = 2(x-L)$ .

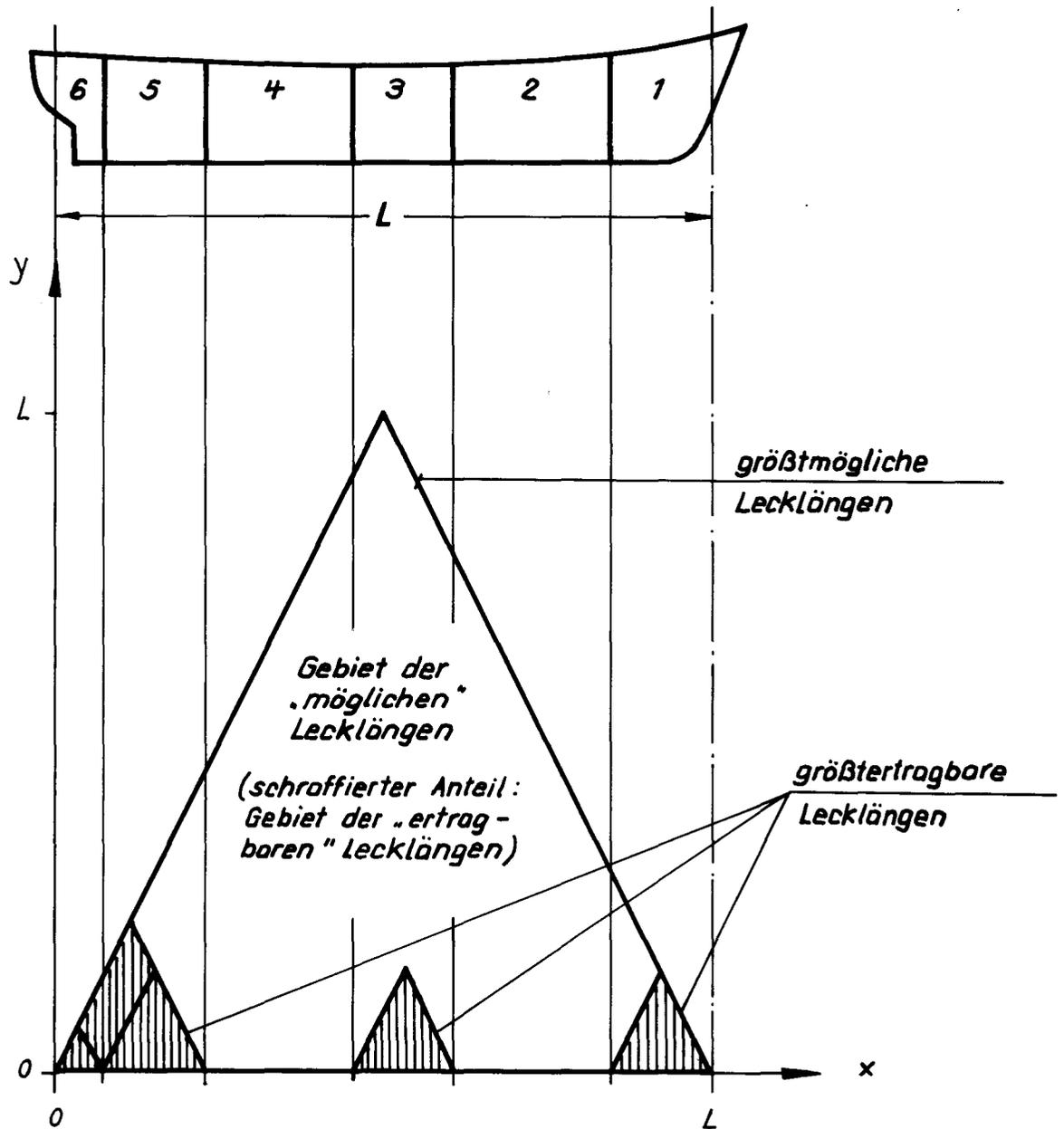
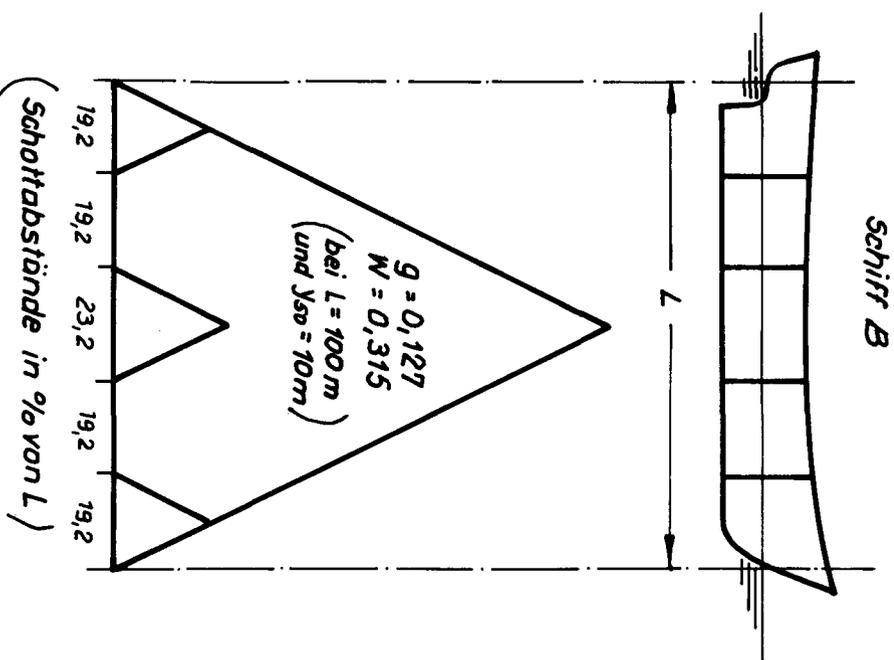
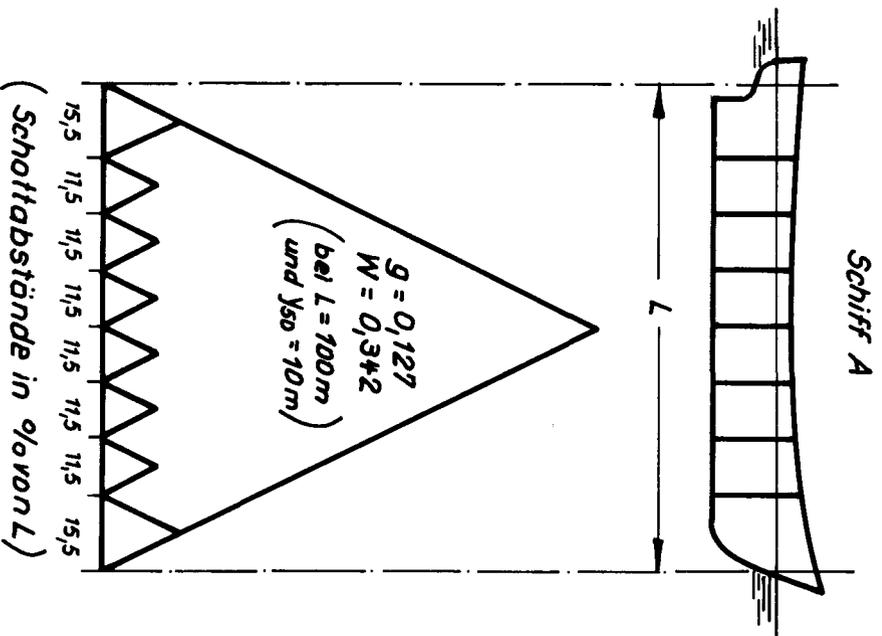
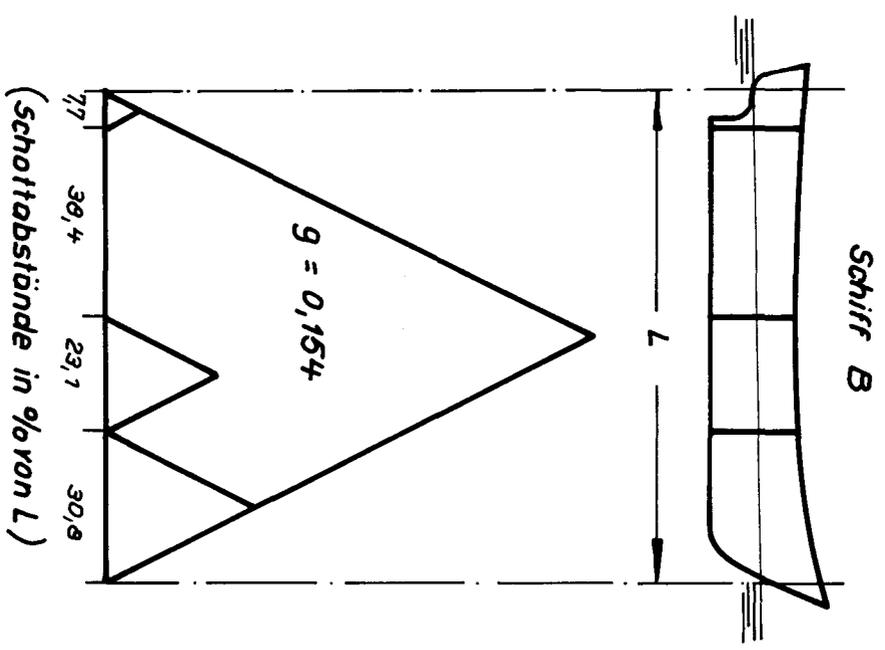
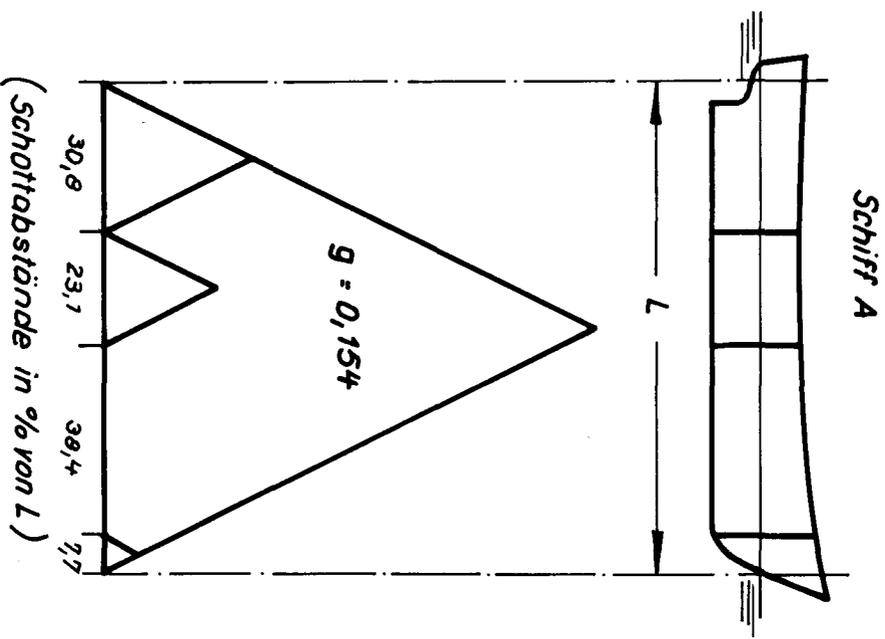


Fig. 2 Darstellung der möglichen und der ertragbaren Lecklängen.

Die Abteilungen bzw. Abteilungsgruppen 1,3,5+6 können ohne Gefahr für das Schiff jeweils für sich allein geflutet werden.



**Fig. 3** Vergleich von zwei Schiffen gleicher Länge und gleichen Gütegrads  $g$ , aber unterschiedlicher Aufteilung des Gesamtgebiets der „ertragbaren“ Lecklängen in „sichere“ Teilgebiete.



**Fig. 4** Vergleich von zwei Schiffen gleicher Länge und gleichen Gütegrads  $g$ , aber unterschiedlicher Lage der Teilgebiete der „ertragbaren“ Lecklängen.

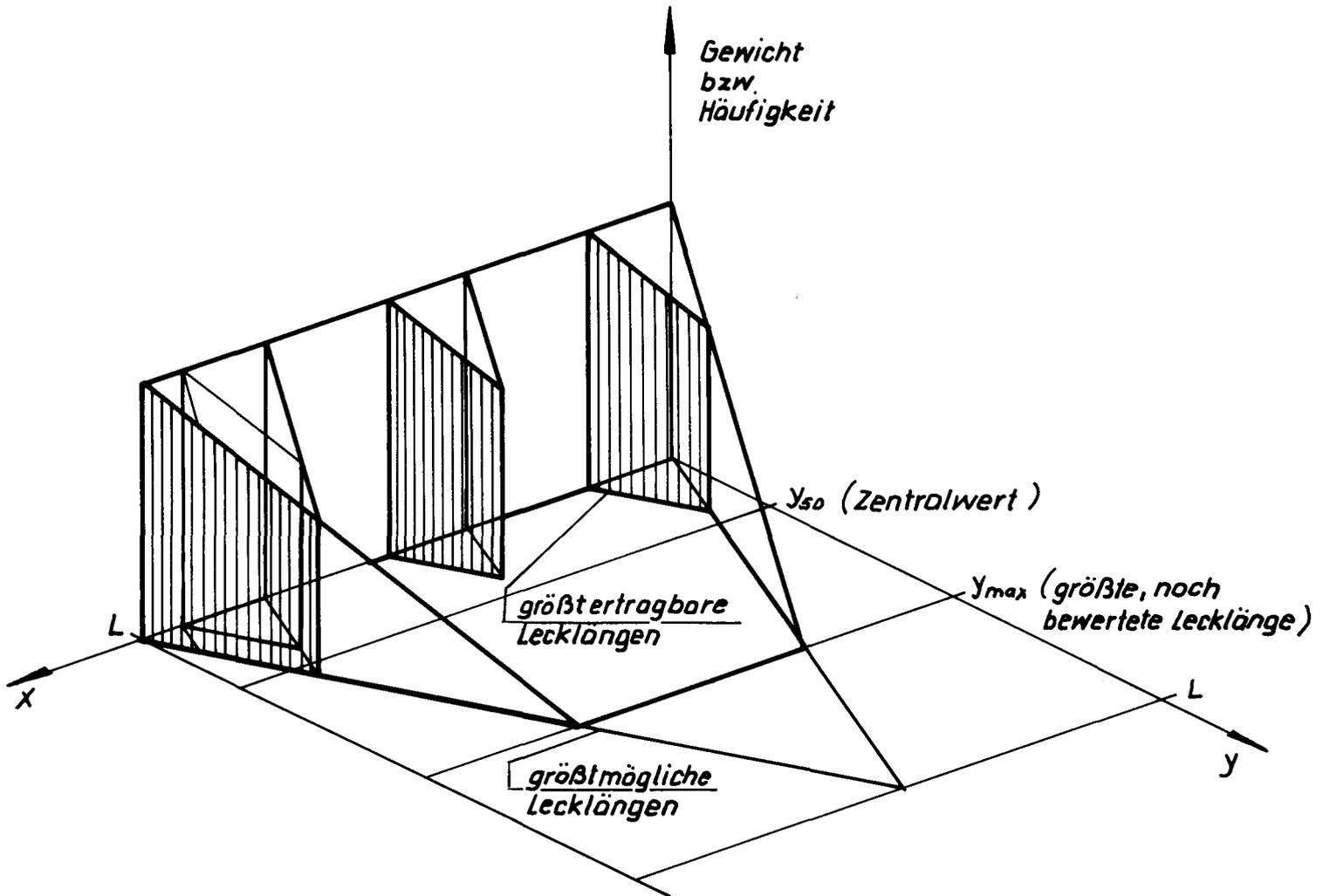


Fig. 5 Zur Definition des  $W$ -Wertes als Gütegrad der Querunterteilung.

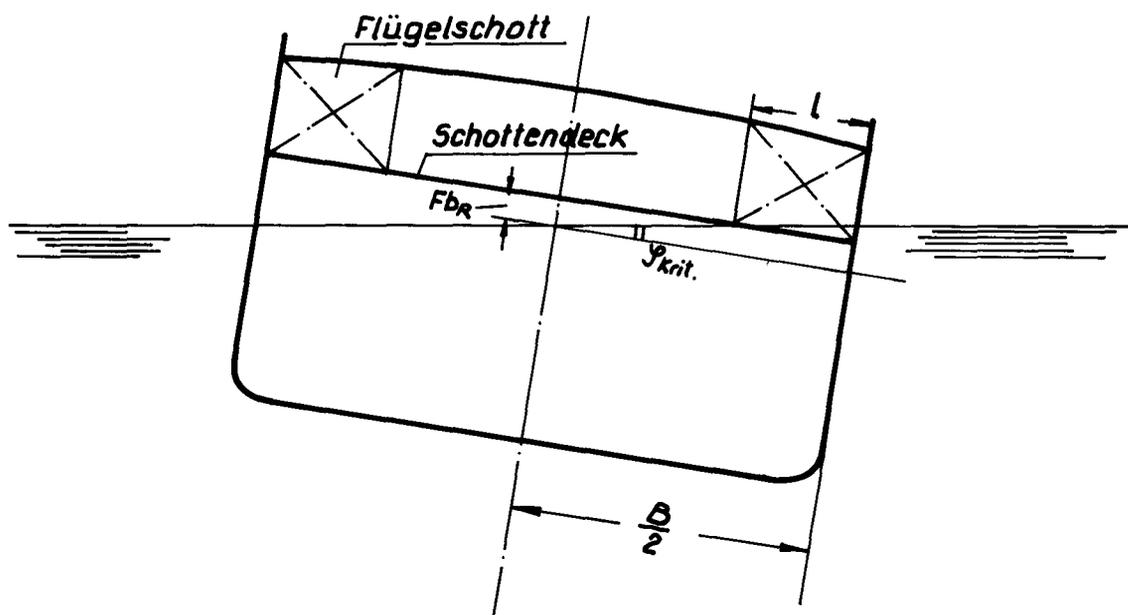


Fig. 6 „Kritische“ Neigung eines Schiffes mit Flügelschotten.

Untersuchungen zum Problem der wasserdichten Unterteilung  
von Fahrgastschiffen im Hinblick auf eine Neuordnung des  
Schiffssicherheitsvertrages

Um zu einer Klärung der Fragen bezüglich der wasserdichten Unterteilung von Schiffen zu gelangen, wurden im Internationalen Schiffssicherheitsvertrag von 1960 zwei Empfehlungen aufgenommen:

1. Grundsätze für die Unterteilung von Fahrgastschiffen  
(Empfehlung 6) und
2. Unterteilung und Leckstabilität von Frachtschiffen  
(Empfehlung 8).

Im folgenden wird ein Vorschlag zur Weiterarbeit im Sinne dieser Empfehlungen gemacht.

Erster Teil: DIE ERTRAGBARKEIT VON LECKS

1.) Die gegenwärtigen Unterteilungsvorschriften.

Zur Zeit wird die Unterteilung der Fahrgastschiffe immer noch durch den Abteilungsfaktor geregelt (ISSV 1960, Kapitel II, Regel 5). Auf die Mängel dieser Vorschrift haben u. a. Wendel / 1 / und Varges / 2 / hingewiesen. Sie sollen noch einmal an Hand von zwei Beispielen deutlich gemacht werden:

1. Beispiel:

Es werden zwei Schiffe A und B miteinander verglichen, die in der Länge L und in dem Kennzeichen des Verwendungszwecks  $C_S$  übereinstimmen.

In beiden Fällen sei der nach ISSV erforderliche Abteilungsfaktor  $F = 1,0$ . Infolge unterschiedlicher Schiffsform und unterschiedlichen Tiefgangs ergeben sich jedoch voneinander abweichende flutbare Längen, so daß Größe und Anzahl der "sicheren" Teilgebiete verschieden sind (vergl. Bild 1). Das Beispiel wurde so gewählt, daß jedes Leck, das das Schiff B an der Stelle x ertragen kann, auch das Schiff A nicht zum Sinken bringen würde. Dagegen würde jedes Leck, das längenmäßig bis in das schraffiert gezeichnete Gebiet hineinreicht, zum Verlust des Schiffes B führen, Schiff A aber noch nicht unmittelbar gefährden. Es ist also Schiff A sicherer als Schiff B. Da dieser Unterschied durch den Abteilungsfaktor nicht zum Ausdruck kommt, ist es zweckmäßig, ihn durch ein geeigneteres Maß für die Sicherheit gegenüber Verletzungen zu ersetzen.

## 2. Beispiel:

Ein Schiff habe die Länge  $L$ , das Kennzeichen des Verwendungszwecks  $C_{S1}$  und den nach ISSV erforderlichen Abteilungsfaktor  $F_1 = 1,0$ . Die Anzahl der Querschotte sei  $n_1$ . Durch Vergrößerung des Maschinenraumes (oder auch der Fahrgasträume unterhalb der Tauchgrenze) erhöhe sich das Kennzeichen des Verwendungszwecks auf  $C_{S2}$ . Der jetzt erforderliche Abteilungsfaktor betrage z. B.  $F_2 = 0,9$ . Die Herabsetzung der zulässigen Abteilungsängen erfordert eine neue Schottenstellung mit verringertem Schottenabstand, d. h. die Schottenzahl nimmt zu auf  $n_2$ . Durch die vermehrte Anzahl der Schotte ist es jedoch eher möglich, daß bei einem Leck auch ein Schott beschädigt wird; in diesem Fall wird das Schiff sinken, denn es hat ja immer noch den Einabteilungsstatus (der Zweiabteilungsstatus wird erst bei  $F = 0,5$  erreicht). Das Schiff 1 (mit  $F_1 = 1,0$ ) ist also sicherer gegenüber Verletzungen als das Schiff 2 (mit  $F_2 = 0,9$ ). Dieses Beispiel zeigt, daß unter Umständen eine engere Unterteilung nicht nur keine Erhöhung der Lecksicherheit bewirkt, sondern sogar die Sicherheit vermindern kann. Der Abteilungsfaktor  $F$  ist deshalb als Maß für die Lecksicherheit nicht geeignet.

Schließlich soll noch auf eine weitere Schwäche der jetzigen Unterteilungsvorschriften hingewiesen werden, die eine Folge des mit der Schiffslänge und dem Kennzeichen des Verwendungszwecks kontinuierlich abnehmenden Abteilungs-faktors  $F$  ist und den Freibord des lecken Schiffes betrifft. Im Kapitel II, Regel 2 des ISSV 1960 wird eine Tauchgrenze von drei Zoll (76 mm) vorgeschrieben. Dieser Freibord wird im Falle des verletzten, gerade noch schwimmfähigen Schiffes jedoch nur dann erreicht, wenn der Abteilungs-faktor  $F$  gerade 1,  $1/2$  oder  $1/3$  beträgt. Liegt der Abteilungs-faktor zwischen diesen Werten, so wird sich im Leckfall ein größerer Freibord als drei Zoll einstellen, da die Zahl der flutbaren Abteilungen größer als eins, jedoch kleiner als zwei bzw. größer als zwei, jedoch kleiner als drei ist und jeweils nur höchstens die kleinere Anzahl an Abteilungen wirklich geflutet sein darf, wenn das Schiff noch schwimmfähig bleiben soll. Der Freibord ist also nicht konstant, sondern ändert sich mit dem Abteilungs-faktor. Die an den Stellen auftretenden Sprünge, wo nach dem Vertrag ein Abteilungs-faktor von  $F = 1/2$  bzw.  $1/3$  gefordert wird, sind jedoch nicht gerechtfertigt.

## 2.) Überlegungen zur Neugestaltung der Unterteilungsvorschriften

Sinn der wasserdichten Unterteilung von Schiffen ist es, dafür zu sorgen, daß die Schiffe möglichst auch nach einer Verletzung noch in einem stabilen Zustand schwimmfähig bleiben. Ob diese Forderung nach "Lecksicherheit" in einem bestimmten Fall erfüllt ist, hängt außer vom Tiefgang, vom Trimm, von der Flutbarkeit, von der Intaktstabilität und vom gerade herrschenden Seegang sehr wesentlich von der Leckgröße und der Treffstelle ab.

Ogleich auch die erstgenannten Größen gewissen Schwankungen unterworfen sind, unterliegen Leckgröße und Treffstelle nur dem Zufall. Es ist daher angebracht, bei Lecksicherheitsberechnungen zumindest für diese beiden Größen die Häufigkeitsverteilung zu berücksichtigen, während der Einfachheit halber alle anderen Größen als konstant angesetzt werden können.

Trägt man über der Schiffslänge die an der Stelle  $x$  jeweils größtmögliche Lecklänge  $y$  auf, so ergibt sich (Ort des Lecks = Mitte Leck) ein gleichschenkliges Dreieck ("charakteristisches Dreieck"), dessen Spitze an der Stelle  $x = L/2$  liegt und dessen Höhe die an einem Schiff denkbar größte Lecklänge  $y = L$  darstellt. Bezüglich der Häufigkeitsverteilungen wird nach Wendel / 3 / angenommen, daß die Häufigkeit der Lecklänge <sup>1)</sup> linear mit der Größe abnimmt und die Häufigkeit der Treffer <sup>2)</sup> über der Schiffslänge konstant ist.

Unter diesen Voraussetzungen erhält man für jedes Wertepaar  $x, y$  eine Wahrscheinlichkeitsdichte  $w(x, y)$ , die in Bild 3 über der  $x$ - $y$ -Ebene aufgetragen ist. Hat man für ein Schiff aufgrund einer Leckrechnung ermittelt, welche Abteilungen bzw. Abteilungsgruppen jeweils für sich allein geflutet werden können, ohne daß das Schiff sinkt, so sind auch die größten ertragbaren Lecklängen bekannt. Sie sind in Bild 3 als kleine Dreiecke eingezeichnet. Die Summe der Volumina über diesen Dreiecken, bezogen auf das Gesamtvolumen über dem charakteristischen Dreieck - jeweils bis zur  $w(x, y)$  Ebene gerechnet-, stellt die Wahrscheinlichkeit  $W$  dar, die besagt, wie wahrscheinlich es ist, daß das untersuchte Schiff eine Verletzung übersteht. Es ist  $0 \leq W \leq 1$ .

Die Wahrscheinlichkeit  $W$  ist ein sehr gut geeignetes Maß für die Lecksicherheit eines Schiffes. So bedeutet z.B.  $W = 0$ , daß das Schiff überhaupt kein Leck ertragen kann (z.B. Stahlschiffe ohne Schotte) und  $W = 1$  sagt aus, daß das Schiff jedes Leck bis zur Größe  $y = y_{\max}$  aushalten kann. Es wird deshalb vorgeschlagen, in einer neuen Unterteilungsvorschrift den Abteilungsfaktor  $F$  durch den  $W$ -Wert zu ersetzen. Da die Ermittlung des  $W$ -wertes eines Schiffes eine Leckrechnung voraussetzt, muß auch eine Vereinbarung darüber getroffen werden, unter welchen Bedingungen ein verletztes Schiff noch als in einem stabilen Zustand schwimmfähig

---

1) 2) Mit diesen Häufigkeitsverteilungen sind nicht die Randverteilungen gemeint (vergl. hierzu Vortrag Prof. Wendel vor der STG, Nov. 1961)

angesehen werden soll. Nach dem ISSV 1960 gilt ein leckes Schiff noch als "sicher", wenn der Freibord mindestens drei Zoll (76 mm) beträgt und die metazentrische Höhe einen positiven Wert aufweist. Diese Anforderungen sind sehr gering. Abgesehen davon, daß kaum eine Reserve für Rechenungenauigkeiten besteht, kann das lecke Schiff unter diesen Umständen selbst kleine krängende Momente nicht mehr ertragen, z. B. ä infolge Winddruck von der Seite oder infolge einseitigen Aufenthalts der Personen an Bord, aber gerade diese Krängungsmomente sind für die hier zu behandelnden Fahrgastschiffe im allgemeinen relativ groß. Es ist daher angebracht, bei einer Neufestsetzung der Mindestfreiborde und MG-Werte den Einfluß kleiner Krängungsmomente mit zu berücksichtigen (Näheres hierüber s. 2. Teil: "Stabilität und Freibord im Leckfall).

Nach welchen Gesichtspunkten sind nun die Schiffe "so wirksam wie irgend möglich" zu unterteilen? In Kapitel II, der Regel 5 des Vertrages heißt es, daß der Grad der Unterteilung "mit der Länge des Schiffes und dem Verwendungszweck in der Weise zu verändern ist, daß der höchste Grad der Unterteilung den Schiffen mit größter Länge, die vornehmlich der Beförderung von Fahrgästen dienen, entspricht." Nach diesen Richtlinien sollte auch in Zukunft verfahren werden. Einer Änderung bedarf jedoch das Kennzeichen für den Verwendungszweck. Durch die Weiterentwicklung der Schiffstechn~~ik~~ kann der im Vertrag näher definierte

$C_S$ -Wert heute nicht mehr als ein Kennzeichen für den Verwendungszweck eines Schiffes angesehen werden. Es sei z. B. darauf hingewiesen, daß die Größe des Maschinenraums nicht mehr die Bedeutung hat, die sie früher bei den großen Fahrgastschiffen einmal hatte, und daß in den der Kennzeichnung der Fahrgastschiffseigenschaft dienenden  $C_S$ -Wert nur der Anteil der Fahrgasträume eingeht, die unterhalb des Schottendecks liegen. Man sollte sich daher bemühen, ein besseres Maß für den Verwendungszweck zu finden, das auch dann sinnvoll bleibt, wenn einmal der gegenwärtige Stand der Entwicklung als überholt gilt. Ein Vorschlag für ein solches Maß wird später noch gemacht.

### 3.) Vorschlag für eine neue Unterteilungsvorschrift.

In diesem Kapitel soll untersucht werden, inwieweit mit Hilfe der obigen Überlegungen zahlenmäßig eine Unterteilungsvorschrift aufgebaut werden kann. Es wird dabei davon ausgegangen, daß die Sicherheitsanforderungen, die die zu entwickelnde Vorschrift stellen wird, im Durchschnitt nicht höher als bisher sein sollen. Die jedoch zur Zeit infolge der unzulänglichen Vorschriften immer noch möglichen, zum Teil sogar erheblichen Abweichungen zwischen der tatsächlichen und der aufgrund der Schiffslänge und des Verwendungszwecks erwünschten Sicherheit gegenüber Verletzungen sollten künftig verhindert werden. Dies gilt insbesondere für Abweichungen zur weniger sicheren Seite hin.

Um zunächst einmal den prinzipiellen Weg zu zeigen, wie hierbei vorgegangen werden kann, beschränken sich die folgenden Untersuchungen nur auf Fahrgastschiffe, für die nach Regel 27, Kapitel III, des ISSV 1960 eine Unterbringungsmöglichkeit in Rettungsbooten für alle an Bord befindlichen Personen vorhanden sein muß. Bei Fahrgastschiffen, die diese Bedingungen nicht zu erfüllen brauchen, kann dann entsprechend verfahren werden. Die Behandlung der Frachtschiffe, auf die die obigen Überlegungen ebenfalls angewendet werden können, erfolgt in einem späteren Abschnitt.

Bild 4 zeigt in Abhängigkeit von der Schiffslänge und dem Kennzeichen des Verwendungszwecks den nach dem geltenden Schiffssicherheitsvertrag erforderlichen Abteilungsfaktor  $F$ . Es soll versucht werden, ihn durch die Wahrscheinlichkeit  $W$  zu ersetzen. Zu diesem Zweck werden zunächst fünf Gruppen von Schiffen betrachtet, die nach dem jetzigen Vertrag in den in Bild 4 eingezeichneten Gebieten A, B, C, D und E liegen:

Gebiet A: Vornehmlich der Beförderung von Fracht dienendes

Einabteilungsschiff ( $L \approx 131$  m,  $C_S \approx 23$ ,  $F \approx 1,0$ )

Gebiet B: Vornehmlich der Beförderung von Fahrgästen dienendes

Einabteilungsschiff ( $L \approx 79$  m,  $C_S \approx 123$ ,  $F \approx 1,0$ )

- Gebiet C: Vornehmlich der Beförderung von Fracht dienendes  
Zweiabteilungsschiff (L = 242 m,  $C_S = 23$ , F = 0,5)
- Gebiet D: Vornehmlich der Beförderung von Fahrgästen dienendes  
Zweiabteilungsschiff (L = 137 m,  $C_S = 123$ , F = 0,5)
- Gebiet E: Vornehmlich der Beförderung von Fahrgästen dienendes  
Dreiabteilungsschiff (L = 244 m,  $C_S = 123$ , F = 0,33)

Für jede dieser Gruppen können die bei ausgeführten Schiffen im allgemeinen vorhandenen W-Werte ermittelt werden. Da innerhalb dieser Gebiete die Streuung der W-Werte nur gering ist, hätte man bereits so brauchbare Zahlenwerte gewonnen, die für diese Schiffe zukünftig mindestens verlangt werden müßten. Um auch für außerhalb dieser fünf Gebiete liegende Schiffe erforderliche Mindest-W-Werte zu erhalten, würde es genügen, zwischen den obigen Werten linear zu interpolieren.

Leider reichte das vorliegende statistische Material nicht aus, um auf direktem Wege zu genügend vielen und genügend genauen W-Werten gebauter Schiffe zu kommen. Es gelang jedoch, auf dem Umweg über die Schottabstände  $x$  die W-Werte zu berechnen. Das Ergebnis zeigt Bild 5. Auf der oberen Hälfte sind für Schiffe, die den Gruppen A bis E angehören, die statistisch ermittelten häufigsten Schottabstände über dem innerhalb des jeweils betrachteten Gebiets liegenden Längenbereich aufgetragen. Unter Zugrundelegung einer äquidistanten Schottstellung, - mit Ausnahme der Piekschötte, deren Stellung nach den Vorschriften der Klassifikationsgesellschaften angenommen wurde - konnten somit für die Einabteilungsschiffe (Gruppen A und B), für die Zweiabteilungsschiffe (Gruppen C und D) und für die Dreiabteilungsschiffe (Gruppe E) die W-Werte berechnet werden (vergl. Bild 5, untere Hälfte). Die Rechnungen wurden nach dem von Wendel / 3 / angegebenen Verfahren für eine zentrale Lecklänge von  $y_{50} = 6$  m bzw.  $y_{50} = 10$  m durchgeführt. Infolge der noch

unzureichenden Lecklängenstatistik kann für den Zentralwert keine genaue Zahlenangabe gemacht werden, der Wert  $y_{50} = 10$  m stellt etwa die obere Grenze dar. Da er für die beabsichtigte Aufstellung des W-Diagramms recht gut geeignet ist ( $W = 1$  wird erst bei sehr großen Schiffslängen erreicht), wurde ihm der Vorzug gegeben. Somit liegt auch allen folgenden Untersuchungen stets der Zentralwert  $y_{50} = 10$  m zugrunde.

Eine Zusammenfassung der berechneten W-Werte ist in Bild 6 wiedergegeben. Erweitert man das gewonnene Bild zu dem in Bild 7 gezeigten Diagramm, so hat man bereits im wesentlichen die gewünschte Darstellung der erforderlichen Wahrscheinlichkeit W in Abhängigkeit von der Schiffslänge und dem Verwendungszweck. Die in diesem Diagramm vorgeschlagenen W-Werte stellen eine Mindestforderung dar, weil die zugrundeliegende äquivalente Teilung gegenüber allen anderen Teilungen immer die kleinsten Wahrscheinlichkeitswerte liefert. Daß es sich trotzdem um vernünftige Werte handelt, zeigen die in das gleiche Bild eingetragenen Wahrscheinlichkeitswerte einiger ausgeführter Schiffe (vergl. hierzu Tabelle 1).

Aus den schon oben angeführten Gründen kann der  $C_S$ -Wert nicht mehr als ein geeignetes Kennzeichen für den Verwendungszweck eines Schiffes angesehen werden. Es bestand somit die Aufgabe, eine möglichst einfache Kennzahl zu finden, an deren Größe man sofort erkennen kann, in wie starkem Maße ein Fahrgastschiff (d. h. ein Schiff mit mehr als zwölf Passagieren) Eigenschaften eines reinen Fahrgastschiffes aufweist. Es zeigte sich jedoch, daß eine einzige Kennzahl die gestellte Forderung nur schlecht erfüllt. Zu den Kennzeichen eines reinen Fahrgastschiffes gehören nämlich mindestens zwei wesentliche Eigenschaften: viele Fahrgäste und wenig Laderaum. Eine Lösung dieser Aufgabe wurde durch eine Klassifizierung der Fahrgastschiffe gefunden. Die höchste Klasse VII erhalten Fahrgastschiffe mit einer hohen Fahrgastbelegung  $N$  ( $N =$  Zahl der Fahrgäste,  $L =$  Schiffslänge) und einem geringen Laderaumanteil  $\frac{V_L}{V}$  ( $V_L =$  Volumen der Laderäume bis zum

Schottendeck,  $V$  = Volumen des Schiffes bis zum Schottendeck (beides auf Mallkante gerechnet), entsprechend erhalten die geringste Klasse (II) Fahrgastschiffe mit einer niedrigen Fahrgastbelegung und einem großen Laderaumanteil. Die Klasse I bleibt reinen Frachtschiffen vorbehalten. Tabelle 2 zeigt die Fahrgastschiffsklassen II bis VII in Abhängigkeit von den beiden Kennzahlen  $N/L$  und  $V_L/V$ , ferner sind einige Beispiele angegeben. Bild 8 stellt schließlich das endgültige Diagramm der erforderlichen Mindest-W-Werte dar, in dem einschließlich der noch später zu behandelnden Klasse I (Frachtschiffe) alle Schiffsklassen als Parameter eingetragen sind.

Mit dem in Bild 8 vorgeschlagenen Wahrscheinlichkeitsdiagramm werden die anfangs erwähnten Mängel der jetzigen, durch den Abteilungsfaktor geregelten Unterteilungsvorschrift aufgehoben. Dieses gilt auch für den Freibord des lecken Schiffes. Bisher waren durch den vorgeschriebenen Abteilungsfaktor  $F$  zwei gänzlich verschiedene Sicherheitsmaßnahmen miteinander verquickt, nämlich die Fähigkeit, Lecks zu ertragen und die durch einen bestimmten Leckfreibord im Leckfall gewährleistete Sicherheit gegenüber Krängungsmomenten. Dadurch ergab sich ein mit der Schiffslänge an bestimmten Stellen sprungartig ändernder Freibord. In den Bildern 9 und 10 ist der Verlauf des Leckfreibords über der Schiffslänge für nach dem ISSV unterteilte Fahrgastschiffe mit Standardabmessungen dargestellt. Die Freibordrechnungen wurden unter Berücksichtigung der üblichen Schottenstellung sowohl für vornehmlich der Beförderung von Frachtdienende Schiffe (Bild 9) als auch für vornehmlich der Beförderung von Fahrgästen dienende Schiffe (Bild 10) durchgeführt.

#### 4.) Unterteilungsvorschriften für Frachtschiffe

Vorschläge für Unterteilungsvorschriften für Frachtschiffe wurden auf der Londoner Schiffssicherheitskonferenz von 1960 von Amerika und Rußland vorgebracht. Die USA verlangten für Frachtschiffe der Länge  $L \geq 330$  ft (100,58 m) den Einabteilungsstatus (Tauchgrenze 3") und aus-

reichende Stabilität im Leckfall, die UdSSR schlug für Schiffe ab  $L = 300$  ft (91,44 m) bzw. für Fischereifahrzeuge bereits ab  $L = 200$  ft (60,96 m) den Abteilungsfaktor 1,00 und für Schiffe ab  $L = 150$  m den Abteilungsfaktor 0,5 vor.

Beide Empfehlungen basieren also wieder auf dem Abteilungsfaktor  $F$ , der - wie oben ausführlich dargelegt - nicht als einwandfreies Maß für die Sicherheit eines Schiffes angesehen werden kann. Es ist daher zweckmäßig, ihn - ähnlich wie bei den oben behandelten Fahrgastschiffen - durch den  $W$ -Wert zu ersetzen.

Da sich bei den Frachtschiffen die Anzahl der an Bord befindlichen Personen im wesentlichen nach der Größe des Schiffes richtet, genügt es, Mindest- $W$ -Werte nur in Abhängigkeit von der Schiffslänge vorzuschreiben; die bei den Fahrgastschiffen wegen des unterschiedlichen Verwendungszwecks nötige Einteilung in mehrere Schiffsklassen erübrigt sich hier also. Alle Frachtschiffe erhalten die Klasse I.

Bei der Aufstellung des  $W$ - $L$ -Diagramms kann ähnlich wie bei den Fahrgastschiffen vorgegangen werden. Die Ermittlung der üblichen Schottabstände  $x$  ist bei den Frachtschiffen besonders einfach, da sie den Vorschriften der Klassifikationsgesellschaften entsprechen. Um festzustellen, welche der Abteilungen im allgemeinen "sicher" sind, wurden für eine Reihe von Frachtschiffen eine Schottenrechnung (Näherungsverfahren von Skinner und Phillips) und eine Leckstabilitätsrechnung durchgeführt. In Übereinstimmung mit den amerikanischen Vorschlägen wurde mit einer für alle Schiffe konstanten Tauchgrenze von 3" (gemessen vom Schottendeck) gerechnet.

Es zeigte sich, daß Schiffe unter 100 m Länge meist nur sehr wenig "sichere" Abteilungen haben; bis zu  $L = 145$  m herrscht der partielle Einabteilungsstatus vor und erst ab  $L = 145$  m sind im allgemeinen alle Abteilungen "sicher". Der partielle Zweiabteilungsstatus beginnt etwa bei  $L \approx 165$  m. Diese Angaben gelten für normale Volldecker, andere Schiffstypen wurden nicht untersucht, da das Ziel die Ermittlung von Mindest- $W$ -Werten ist und Volldecker (Massengutschiffe ausgenommen) gegenüber allen anderen Frachtschiffstypen die kleinsten  $W$ -Werte aufweisen.

Die Wahrscheinlichkeit  $W$  für das Überstehen eines Lecks konnten jetzt für die betrachteten Frachtschiffe in Abhängigkeit von der Schiffslänge berechnet werden. Als zentrale Lecklänge wurde wieder der Wert  $y_{50} = 10$  m zugrundegelegt. Die in Bild 8 eingezeichnete Gerade I stellt das Ergebnis dar. Man sieht, daß sich die  $W$ -Werte mit zunehmender Schiffslänge immer mehr den Werten nähern, die für vornehmlich der Beförderung von Fracht dienende Fahrgastschiffe vorgeschlagen werden. Es erscheint daher auch gerechtfertigt, ab  $L = 242$  m bezüglich der erforderlichen Mindest- $W$ -Werte zwischen Frachtschiffen und hauptsächlich Fracht befördernden Fahrgastschiffen keinen Unterschied mehr zu machen. Mindest- $W$ -Werte auch für Frachtschiffe unter 100 m vorzuschreiben, wird für nicht erforderlich gehalten, da sich für diese Schiffe sowieso nur kleine  $W$ -Werte ergeben würden und außerdem durch die von den Klassifikationsgesellschaften verlangten Piekschotte eine gewisse Sicherheit immer gewährleistet ist.

Abschließend soll noch einmal betont werden, daß sowohl die für die Fahrgast als auch die für die Frachtschiffe vorgeschlagenen  $W$ -Werte im großen und ganzen den gegenwärtigen Stand wiedergeben. Die infolge der unzulänglichen Vorschriften des ISSV zur Zeit noch statthaften, zum Teil sehr geringen  $W$ -Werte werden jedoch zukünftig nicht mehr möglich sein. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß die in diesen Fällen erfolgte Anhebung der Sicherheit im allgemeinen keinen höheren finanziellen Aufwand erfordert; in manchen Fällen wird sie sogar eine Verbilligung bedeuten.

##### 5.) Erhöhung der Mindestsicherheit gegenüber Verletzungen

Sollen die Schiffe in Zukunft eine größere Sicherheit durch Unterteilung erhalten, so kann das einfach dadurch erreicht werden, daß die vorgeschriebenen  $W$ -Werte schrittweise erhöht werden. Es empfiehlt sich jedoch nicht, die zentrale Lecklänge zu variieren. Abgesehen davon, daß dies durch die Erfahrungen nicht bestätigt wird, ist es auch vollkommen unnötig, denn eine größere Sicherheit läßt sich viel besser durch ein Anheben der erforderlichen  $W$ -Werte erzielen.

## Zweiter Teil: STABILITÄT UND FREIBORD IM LECKFALL

Wie bereits im ersten Teil erwähnt wurde, sollte die Unterteilung eines Schiffes so gewählt werden, daß es in einem möglichst großen Umfang Lecks überstehen kann. Ferner sollte die Unterteilung so beschaffen sein, daß ein Schiff im Leckfall mäßigen Krängungsmomenten zu widerstehen vermag. Es wäre daher zweckmäßig, auch bei einer Neuordnung der Unterteilungs- und Leckstabilitätsvorschriften diese Forderungen zugrunde zu legen. Das Überstehen von Verletzungen wurde bereits im ersten Beitrag ausführlich behandelt. Es stellte sich heraus, daß der W-Wert ein geeignetes Maß für die Ertragbarkeit von Lecks ist. Im folgenden soll nun versucht werden, auch die zweite Forderung in eine für eine Vorschrift geeignete Form zu bringen.

Es besteht wohl kein Zweifel darüber, daß bei den jetzigen Mindestwerten<sup>1)</sup> für Freibord und Anfangsstabilität ( $Fb \approx 3$  ;  $MG = 0,05$  m) ein leckes Schiff nicht imstande ist, die obige Forderung auch nur annähernd zu erfüllen. Tatsächlich werden sich jedoch in den meisten Leckfällen höhere Werte einstellen, so daß es durchaus berechtigt ist, eine Vorschrift entsprechend diesen Werten aufzubauen.

### 1.) Aufstellung von Momentenbilanzen für lecke Schiffe

Um einen Überblick zu bekommen, welche Krängungsmomente Fahrgast-schiffe mit Standardabmessungen im Leckfall ertragen können, wurden für Schiffe unterschiedlicher Größe Momentenbilanzen aufgestellt (vergl. Bild 11). Die gewählten Standardabmessungen repräsentieren den Typ des vornehmlich Fahrgäste befördernden Schiffes. Außer den Hauptabmessungen wurde nur der Leckfreibord vorgegeben. Aus Gründen der anzustrebenden

---

<sup>1)</sup> Abgesehen von den über den Abteufungsfaktor implizit vorgeschriebenen Fb-Werten (z. T. zu groß; Sprünge unlogisch)

Kontinuität empfiehlt es sich jedoch nicht, den gemäß ISSV vorhandenen Restfreibord zugrunde zu legen, sondern einen mittleren Freibord (nach Bild 10:  $Fb_R = \frac{L}{300}$ ). Ferner beschränken sich die Untersuchungen auf den stabilitätsmäßig<sup>300</sup> ungünstigsten Fall, daß die Doppelbodenzellen des lecken Schiffes leer sind. Bezüglich des Leckraums wurde angenommen, daß er mittschiffs liegt und symmetrisch überflutet wird.

#### a) Ermittlung der aufrichtenden Hebelarme

Bei der Berechnung der aufrichtenden Hebelarme des lecken Schiffes wurde von den für affine Schiffe geltenden Beziehungen Gebrauch gemacht. Da man sich jedes Schiff durch affine Verzerrung eines bestimmten Vergleichsschiffs entstanden denken kann, genügt es, für dieses Vergleichsschiff in Abhängigkeit von der Verdrängung und der Neigung die Formschwerpunktskoordinaten zu berechnen und in einer für affine Schiffe allgemeingültigen Form aufzutragen. Es bedarf dann nur noch einer einfachen Umrechnung, um aus den Schwerpunktskoordinaten die Hebelarme zu ermitteln. Mit Hilfe dieses Verfahrens konnten für alle hier betrachteten Schiffe die aufrichtenden Hebelarme berechnet werden, ohne daß für jedes Schiff eine besondere Stabilitätsrechnung nötig war (siehe Bild 11).

Von erheblichem Einfluß auf die Stabilität des lecken Schiffes ist die Anfangsstabilität  $\overline{MG}_0$  des unbeschädigten Schiffes. Aus diesem Grunde wurden für jedes der untersuchten Schiffe für jeweils drei verschiedene  $\overline{MG}_0$ -Werte  $\bar{X}$  Momentenbilanzen aufgestellt ( $\overline{MG}_0 = 1,00$  m;  $0,75$  m und  $0,50$  m [vergl. die Zusammenstellung in Bild 11]). Die zugehörigen Stabilitätsverluste  $\Delta\overline{MG}$  sind nach den von Dr. Knüpfner veröffentlichten Diagrammen /6/ ermittelt worden.

Entscheidend für die Beurteilung der Sicherheit lecker Schiffe ist nun der Grenzwinkel, bis zu dem das verletzte Schiff gekrängt werden kann, ohne daß Wasser in die noch intakten Nachbarabteilungen eindringt.

Die Größe dieses "kritischen" Winkels hängt davon ab, ob die wasser-dichten Querschotte oberhalb des Schottendecks als Flügelschotte fortgeführt werden oder nicht. In Bild 11 kennzeichnet Punkt A den der Flügelschottlänge null und Punkt B den der Flügelschottlänge  $0,3B$  entsprechenden Grenzwinkel.

#### b) Ermittlung der krängenden Hebelarme

Bei dem hier interessierenden Typ des "reinen" Fahrgastschiffes sind als krängende Momente nur das Personen- und das Winddruckmoment von Bedeutung. Beide wurden für die zu untersuchenden Standard-Fahrgastschiffe überschläglich ermittelt und als krängende Hebelarme in Diagrammform aufgetragen (s. Bild 15 u. 16).

Wie unterschiedlich sich der einseitige Aufenthalt einer bestimmten Personenzahl an Seite Deck bei gleichzeitig quereinkommendem Wind auf die Sicherheit eines lecken Schiffes auswirkt, zeigt das in Bild 11 eingezeichnete Beispiel. Bereits hieraus ist ersichtlich, daß kleinen Schiffen auch relativ nicht so große Krängungsmomente zugemutet werden können wie großen Schiffen.

#### 2.) Die von Standard-Fahrgastschiffen im Leckfall ertragbaren Krängungsmomente

Um zu konkreten Ergebnissen zu kommen, empfiehlt es sich, die bisher gemachten Voraussetzungen noch weiter einzuschränken. Derartige Vereinfachungen sind im Rahmen dieser Untersuchungen durchaus zulässig, soweit sie das Bild nicht verfälschen, d. h. solange die üblichen Standardwerte nicht ausgeschlossen werden. Es wird daher im folgenden davon ausgegangen, daß die Fahrgastschiffe im Intaktzustand einen  $\overline{MG}_0$ -Wert von  $1,00$  m aufweisen und Flügelschotte der Länge  $0,3 B$  besitzen. Die diesen Schiffen zugeordneten ertragbaren krängenden Hebelarme können direkt aus Bild 11 abgelesen werden. Sie sind gleich dem aufrichtenden Hebelarm im Punkt B. Bild 12 zeigt die so ermittelten ~~ertragbaren~~ ertragbaren krängenden Hebelarme in Abhängigkeit von der Schiffslänge.

Wie bereits erwähnt, kann die Leckstabilität als ausreichend angesehen werden, wenn das beschädigte Schiff einem resultierenden Krängungsmoment zu widerstehen vermag, das sich aus einem mittleren Personenmoment und einem mäßigen Winddruckmoment zusammensetzt. Damit nun bei der zahlenmäßigen Festlegung der beiden zu berücksichtigenden Krängungsmomente keine ungerechtfertigt hohen, aber auch nicht zu niedrige Anforderungen an die Leckstabilität gestellt werden, ist es ratsam, die Größe dieser Momente den im Mittel ertragbaren Krängungsmomenten anzupassen. Hierbei könnte evtl. eine gewisse Reserve für nicht erfaßte Einflüsse vorgesehen werden (z. B.: Zwischenzustände der Überflutung, Seegang usw.).

### 3.) Vorschlag für ein bei Leckrechnungen zu berücksichtigendes Personenmoment

---

Den weitaus größten Anteil an dem resultierenden Krängungsmoment hat das Personenmoment. Aus diesem Grunde wurde zunächst einmal die höchstzulässige Personenzahl  $\frac{N}{L}$  (dieser Quotient wurde in Anlehnung an den ersten Teil gewählt; s. S. ) bestimmt, die sich entsprechend den in Bild 12 dargestellten ertragbaren krängenden ~~Momenten~~ bei Windstärke null an Seite Deck aufhalten kann. Das Ergebnis zeigt Bild 13. Wie man sieht, nimmt die an Seite Deck ertragbare Personenzahl mit der Schiffslänge stark ab. Es erscheint jedoch gerechtfertigt, aus Sicherheitsgründen eine bestimmte untere Grenze vorzuschreiben. Es sei hier für Schiffe unter 80 m Länge der Wert  $\frac{N}{L} = 3 \frac{\text{Pers.}}{m}$  vorgeschlagen. Größeren Schiffen kann eine ab  $L = 80$  m linear mit der Länge zunehmende Personenanzahl  $\frac{N}{L}$  an Seite Deck zugemutet werden (s. Bild 13). Selbstverständlich wäre diese Formel nur dann anzuwenden, wenn die Zahl der an Bord befindlichen Personen ~~der~~ vorgeschlagenen Wert erreicht bzw. überschreitet. In allen anderen Fällen sollte bei der Berechnung des Personenmoments die tatsächlich an Bord befindliche Personenanzahl zugrunde gelegt werden.

#### 4.) Vorschlag für ein bei Leckrechnungen zu berücksichtigendes Winddruckmoment

Das gemäß obigem Vorschlag zu berücksichtigende Personenmoment hat bei Standard-Fahrgastschiffen den in Bild 12 eingezeichneten Krängungshebel zur Folge. Für das Winddruckmoment verbleibt dann noch die Differenz zwischen dem insgesamt ertragbaren krängenden Hebelarm und dem Personenhebel. Diesem Resthebel kann eine maximal ertragbare Windstärke zugeordnet werden. In Bild 14 sind die mit Hilfe des in Bild 16 dargestellten Diagramms ermittelten gerade noch zulässigen Windstärken eingetragen. Auch hier zeigt es sich wieder, daß kleine Schiffe nur geringe Windstärken ertragen können. Es wird empfohlen, künftig die ebenfalls in Bild 14 eingezeichneten mindestertragbaren Windstärken vorzuschreiben. Der diesem Vorschlag entsprechende Windhebel ist in Bild 12 als ein dem Personenhebel überlagerter Krängungshebel dargestellt. Aus demselben Bild folgt schließlich, daß ein größenordnungsmäßig vertretbarer Hebelarm als Reserve verbleibt, der mit den bereits erwähnten, nicht berücksichtigten Einflüssen begründet werden kann.

#### 5.) Ein vereinfachtes Verfahren zur Beurteilung der Leckstabilität

Grundsätzlich gilt für die Kentersicherheit des lecken Schiffes das gleiche wie für die des intakten Schiffes; Sie läßt sich am genauesten durch eine Gegenüberstellung der aufrichtenden und der krängenden Momente beurteilen ("Momentenbilanz"). Das einzige, was beim lecken Schiff zusätzlich zu beachten ist, ist die Möglichkeit, daß hier schon bei sehr kleinen Neigungswinkeln über das Schottendeck hinweg Leckwasser in unbeschädigte Nachbarabteilungen eindringen kann (vergl. hierzu Bild 11). Andererseits gestattet dieser Umstand es jedoch, sowohl bei der Berechnung der aufrichtenden als auch der krängenden Hebelarme von den für kleine Winkel geltenden

Näherungen Gebrauch zu machen. Man kann also für den aufrichtenden Hebelarm setzen:

$$h_{\text{aufr.}} = \overline{MG}_R \cdot \psi$$

Ferner genügt es, das Personen- und das Winddruckmoment für das aufrecht schwimmende Schiff zu ermitteln, so daß für den resultierenden Krängungshebelarm gilt:

$$h_{\text{Kr}} = h_{\text{Pers.}} + h_{\text{Wind}} = \text{Konstant.}$$

Stellt man diese beiden Hebelarme in der üblichen Diagrammform einander gegenüber (vergl. Bild 17), so gibt der Schnittpunkt der Geraden den Winkel  $\psi_G$  an, bei dem sich das lecke Schiff im Gleichgewicht befindet. Außer diesem Winkel  $\psi_G$  ist der Winkel  $\psi_{\text{Krit.}}$  zu bestimmen, der jene kritische Neigung eines lecken Schiffes kennzeichnet, bei der Wasser in die unverletzten Nachbarabteilungen einzudringen beginnt (über die Berechnung von  $\psi_{\text{Krit.}}$  s. Bild 17).

Die Beurteilung der Leckstabilität besteht nunmehr nur noch darin, daß man die Winkel  $\psi_G$  und  $\psi_{\text{Krit.}}$  miteinander vergleicht. Und zwar könnte man - im Rahmen einer Vorschrift - je nachdem, ob  $\psi_G$  kleiner oder größer als  $\psi_{\text{Krit.}}$  ist, ein leckes Schiff als ausreichend kentersicher bzw. nicht kentersicher ansehen. Vielleicht wäre es noch zweckmäßig, als Zusatzbedingung eine obere Grenze für den kritischen Winkel  $\psi_{\text{Krit.}}$  vorzuschreiben, die dem sogenannten "Panikwinkel" entspricht (ca.  $12^\circ$ ). Diese Grenze müßte demnach immer dann beachtet werden, wenn sich für  $\psi_{\text{Krit.}}$  ein größerer Winkel als  $12^\circ$  ergeben sollte.

#### 6.) Vor- und Nachteile der vorgeschlagenen Leckstabilitätsvorschrift

Die bisherigen Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, daß man künftig ein Leck nur noch dann als ertragbar ansehen sollte, wenn die Neigung des beschädigten Schiffes infolge der zu berücksichtigenden Krängungsmomente (gemäß Bild 13 und 14) den "kritischen" Winkel nicht übersteigt.

Wie in Bild 17 nachgewiesen worden ist, läßt sich dieser Vorschlag auch so formulieren, daß ein leckes Schiff ausreichend kentersicher ist, wenn der resultierende Krängungshebel kleiner als der folgende Quotient ist:

$$h_{\text{Kr.}} \leq \frac{Fb_R \cdot \overline{MG}_R}{B/2 - i}$$

Diese Forderung hat gegenüber den im ISSV vorgeschriebenen Mindestwerten für Restfreibord und metazentrische Resthöhe eine Reihe von Vorteilen. So wird u. a. berücksichtigt, daß ein relativ kleiner Restfreibord durch eine entsprechend größere Anfangsstabilität wieder ausgeglichen werden kann und umgekehrt. Außerdem wird jetzt sowohl der Einfluß der Schiffsbreite als auch der der Flügelschottlänge erfaßt. Vor allen Dingen aber finden mit diesem Vorschlag endlich auch die krängenden Hebelarme Berücksichtigung, die bisher völlig außer acht gelassen wurden. Schließlich wird durch die vorgeschriebene Art, wie die eine Krängung verursachenden Momente zu berücksichtigen sind, nicht nur die Schiffsgröße, sondern indirekt z. B. auch der Windlateralplan, die Personenanzahl usw. beachtet.

Den genannten Vorteilen steht nur ein einziger Nachteil gegenüber, nämlich die mit der Berechnung der Krängungshebel verbundene Mehrarbeit. Dieser zusätzliche Rechenaufwand ist jedoch sehr gering gegenüber der eigentlichen Leckrechnung, die nach wie vor erforderlich ist und in der Ermittlung des Restfreibords und der metazentrischen Resthöhe besteht. Er sollte daher zugunsten einer größeren Sicherheit im Leckfall in Kauf genommen werden.

#### 7.) Erforderliche Leckstabilität bei unsymmetrischen Überflutungen

Auch für den Fall der unsymmetrischen Flutung sollte der Grundsatz gelten, daß sich keine größere Neigung einstellen darf als die, bei der Leckwasser

in noch unbeschädigte Nachbarabteilungen eindringen kann (also.  $G \neq G_{\text{Krit.}}$  ).  
Es wird daher vorgeschlagen, bei der Berechnung der Gleichgewichtslage  $G$  das durch die Unsymmetrie bewirkte Krängungsmoment zusätzlich zu dem Personen- und Winddruckmoment (gemäß Bild 13 und 14) zu berücksichtigen:

$$h_{\text{Kr}} = h_{\text{Pers.}} + h_{\text{Wind}} + h_{\text{Unsymmetr.}}$$

Die mit diesem Vorschlag verbundene Verschärfung der Stabilitätsanforderungen läßt sich damit begründen, daß die durch das Übergehen von Personen bzw. durch quereinkommenden Wind hervorgerufenen Krängungsmomente gleichermaßen bei symmetrischer und unsymmetrischer Flutung auftreten können. Auf keinen Fall sollte man es zulassen, unvermeidbare Krängungsmomente (wie das Personen- u. Winddruckmoment) in den Fällen niedriger anzusetzen, in denen künstlich durch konstruktive Maßnahmen die Möglichkeit einer zusätzlichen Stabilitätsbeanspruchung geschaffen worden ist.

### 8.) Der Einfluß des Verwendungszwecks auf die Leckstabilitätsforderungen

Alle bisherigen Betrachtungen beschränkten sich auf den Typ des Fahrgastschiffes (mit ausreichendem Bootsraum), der vornehmlich der Beförderung von Fahrgästen dient. Im folgenden soll untersucht werden, inwieweit die vorgeschlagenen Leckstabilitätsvorschriften auch auf die Fahrgastschiffe angewendet werden können, die ihrem Verwendungszweck nach hauptsächlich zum Transport von Fracht vorgesehen sind. Vergleicht man bei beiden Schiffstypen die krängenden Hebelarme infolge der gemäß dem Vorschlag zu berücksichtigenden Stabilitätsbeanspruchungen, so ist es offensichtlich, daß die Krängungshebel des frachtschiffsähnlichen Typs wegen der geringeren Personenanzahl, des kleineren Windlateralplans und der meist größeren Verdrängung erheblich geringer sind. Hinzu kommt, daß wegen des kleineren B/T-Verhältnisses der  $\overline{MG}$ -Verlust ebenfalls kleiner ist. Insgesamt gesehen ist also der frachtschiffsähnliche Typ wesentlich eher in der Lage, die vorgeschlagenen Krängungsmomente zu ertragen. Andererseits wäre es nicht angebracht, für diese Schiffe schärfere

Bestimmungen aufzustellen, da ihnen wegen der geringen Fahrgastzahl ein erhöhter Schutz nicht zukommt. Es sollten daher unabhängig vom Verwendungszweck für alle Fahrgastschiffe dieselben Leckstabilitätsvorschriften gelten.

### 9.) Zusammenfassung

Es ist die Aufgabe einer "Unterteilungs- und Leckstabilitätsvorschrift", eine gewisse Mindest~~ertrag~~ertragbarkeit von Lecks sicherzustellen und gleichzeitig eine bestimmte Mindest-Leckstabilität zu gewährleisten. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß man dieser Aufgabe am besten gerecht wird, indem Mindest-W-Werte und mindestertragbare Krängungsmomente vorgeschrieben werden. Die vorgeschriebenen Krängungsmomente sind als ertragbar anzusehen, wenn die Bedingung  $G = G_{\text{Krit.}}$  erfüllt ist. Es ist zulässig, bei der Berechnung von  $G$  und  $G_{\text{Krit.}}$  von den in Bild 17 beschriebenen Vereinfachungen Gebrauch zu machen.

Den Sicherheitsvorschriften des ISSV liegt die Forderung zugrunde, daß "die Schiffe mit größter Länge, die vornehmlich der Beförderung von Fahrgästen dienen, den höchsten Grad der Unterteilung aufweisen sollen". Um diesem Grundsatz zu entsprechen, steigen mit der Schiffslänge sowohl die vorgeschlagenen W-Werte als auch die im Leckfall zu berücksichtigenden Krängungsmomente an, während mit dem Verwendungszweck ein Anstieg nur bei den W-Werten erforderlich ist (vergl. Bild 8 und die Bilder 13 und 14).

Die in dem vorliegenden Vorschlag enthaltenen Zahlenwerte sind zwar im wesentlichen statistisch begründet, können aber doch nur größenordnungsmäßig und tendenzmäßig als richtig angesehen werden. Dieser Umstand ist jedoch nicht so entscheidend, solange das zugrunde liegende Prinzip physikalisch korrekt ist und konsequent eingehalten wird. Hierauf wurde aber besonderer Wert gelegt, so daß z.B. eine Erhöhung der Sicherheit

jederzeit möglich und auch gewährleistet ist, indem lediglich die vorgeschriebenen Zahlenwerte erhöht werden (also größere W-Werte, eine größere Personenzahl an Seite Deck und höhere Windstärken).

Schließlich ist mit den vorgeschlagenen Leckstabilitätsforderungen auch das Problem gelöst, wann hinsichtlich des W-Wertes eine Abteilung bzw. Abteilungsgruppe als "sicher" anzusehen ist: Eine Abteilung ist bei der Ermittlung des W-Wertes zu berücksichtigen, wenn Leckfreibord und metazentrische Resthöhe so groß sind, daß sie die Bedingung

$$\frac{Fb_R \cdot \overline{MG}_R}{\frac{B}{2} - l} \geq h_{Kr.}$$

erfüllen.

## L I T E R A T U R

- / 1 / Wendel, K.: "Die Wahrscheinlichkeit des Überstehens von Verletzungen". Schiffstechnik 1960, Heft 36, S. 47 ff
- / 2 / Vargas, G.: "Wasser im Schiff". Schiffstechnik 1959, Heft 34, S. 197 ff
- / 3 / Wendel, K.: "Sicherheit durch Unterteilung". Jahrb. STG 1961, Auszug in HANSA 1961, S. 2714 ff
- / 4 / Jens, J.: "Wie sicher ist ein havariertes Fahrgastschiff?" Schiffstechnik 1959, Heft 34, S. 212 ff
- / 5 / St. Denis, M.: "A Note on the Probabilistic Method of Assessing Survivability to Collision Damage."  
Vortrag zum Symposium über Schiffstheorie am Institut für Schiffbau, Hamburg, Januar 1962.
- / 6 / Knüpfner, K.: "Die Durchführung von Leckrechnungen im Schiffsentwurf". Schiffstechnik 1961, Heft 41 und 42, S. 51 ./ 74 und S. 97 - ./ 123

Nr.	Schiffname	L	C <sub>S</sub>	Passagier- zahl N	W
1	Vio Bravo	120,0	25	88	0,375
2	Santa Ursula	138,75	<23	24	0,51
3	Santa Teresa	139,7	<23	28	0,46
4	Schwabenstein	153,5	25	86	0,545
5	City of Port Elisabeth	158,5	26	106	0,60
6	Quahine	173,5	24	257	0,75
7	Kangitoto	181,2	26	399	0,71
8	Arucas	197,5	35	50	0,405
9	Prins d. Nederlanden	193,2	50	116	0,51
10	Ariadne	147,0	55	300	0,475
11	Akdeniz	135,4	-	855	0,445
12	Theodor Herzl	136,6	65	549	0,545
13	Jean Mermoz	153,3	69	970	0,66
14	Bergensfjord	161,25	63	855	0,79
15	Patria	176,0	38	349	0,84
16	Reina del Mar	176,75	61	755	0,82
17	Statendam	183,0	57	952	0,78
18	Robert Ley	193,4	87	1500	0,97
19	Columbus	228,6	96	2275	0,895
20	Bremen (alte)	270,0	83	2200	0,91

Tabelle 1

Vorschlag zur Klassifizierung der Fährgastschiffe.

$\frac{V_L/V}{N/L}$	0,7	0,7-0,5	0,5-0,3	0,3-0,1	0,1
<1	II	II	III	IV	V
1-2	II	III	IV	V	VI
2-4	III	IV	V	VI	VII
4-6	IV	V	VI	VII	VII
6-10	V	VI	VII	VII	VII
<10	VI	VII	VII	VII	VII

$V_L$  = Laderauminhalt bis zum Schottendeck } bis Mallkante

$V$  = Inhalt des Schiffes bis zum Schottendeck } gerechnet

$N$  = Anzahl der Fahrgäste

$L$  = Schiffslänge [m]

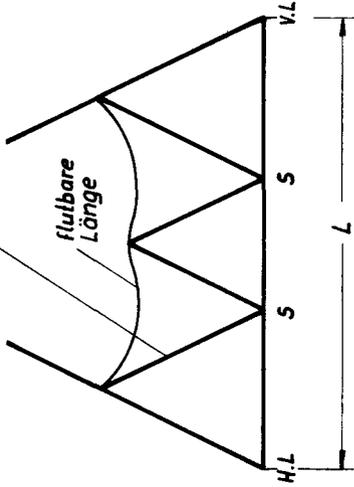
Beispiele:

Schiffsname	$V_L/V$	$N/L$	Typ
Santa Ursula	0,71	<1	II
Nella Dan	0,45	<1	III
Santa Rosa	0,51	1,8	IV
Israel	0,51	4,2	V
Nordstjernen	0,16	2,5	VI
Bergensfjord	0,14	5,5	VII
Ariadne	<0,1	2,5	VII
France	<0,1	6,9	VII

**Tabelle 2**

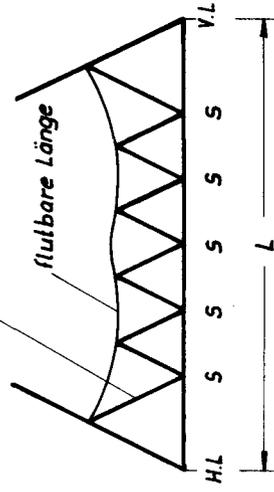
Schiff A

größte ertragbare Lecklänge

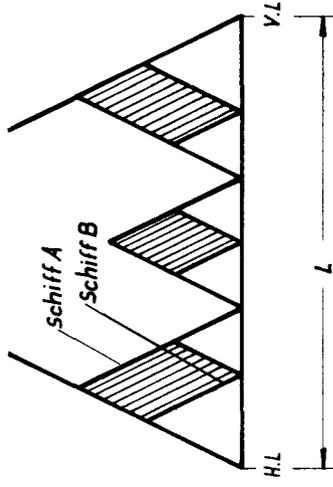


Schiff B

größte ertragbare Lecklänge



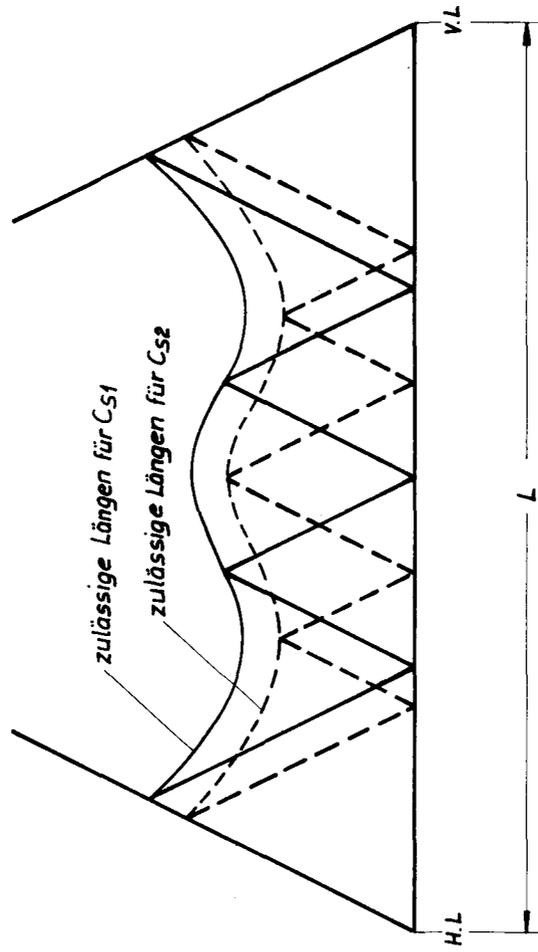
Vergleich



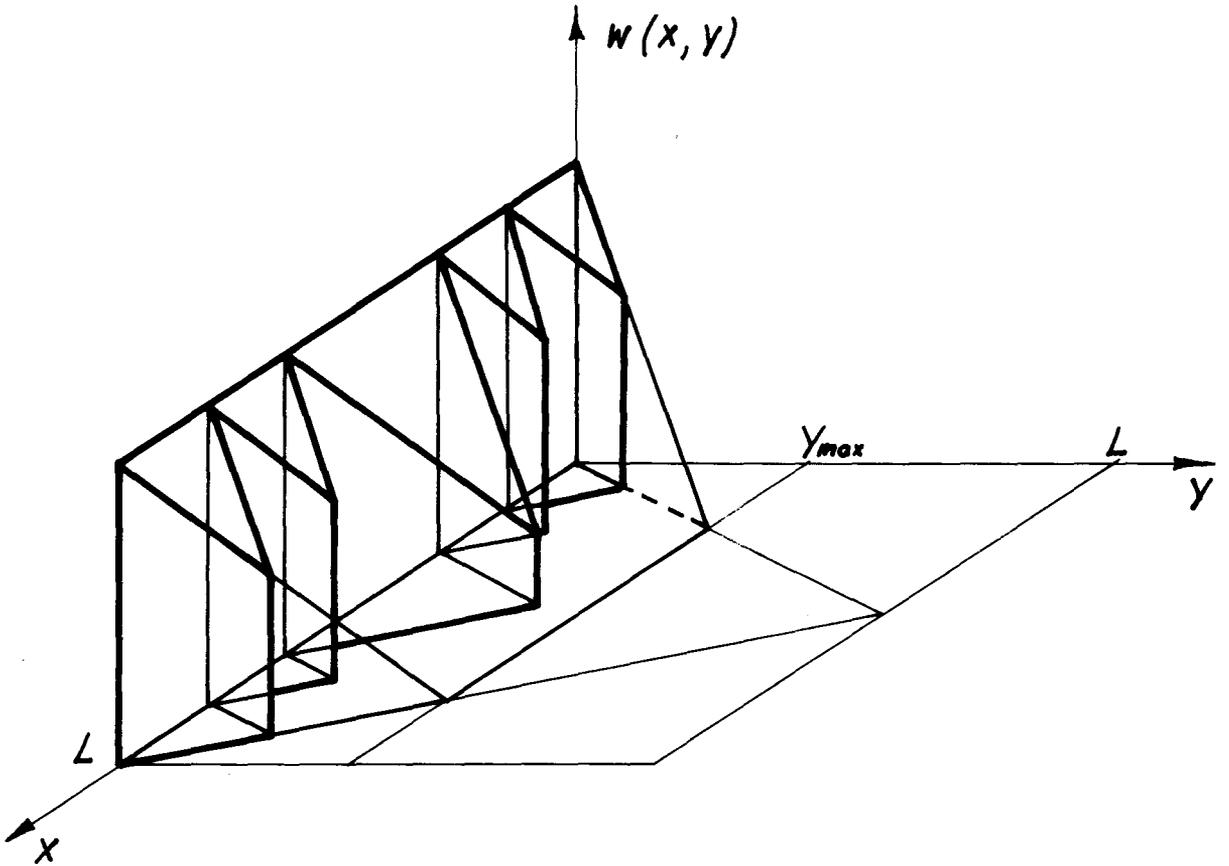
→ x

S = Schott

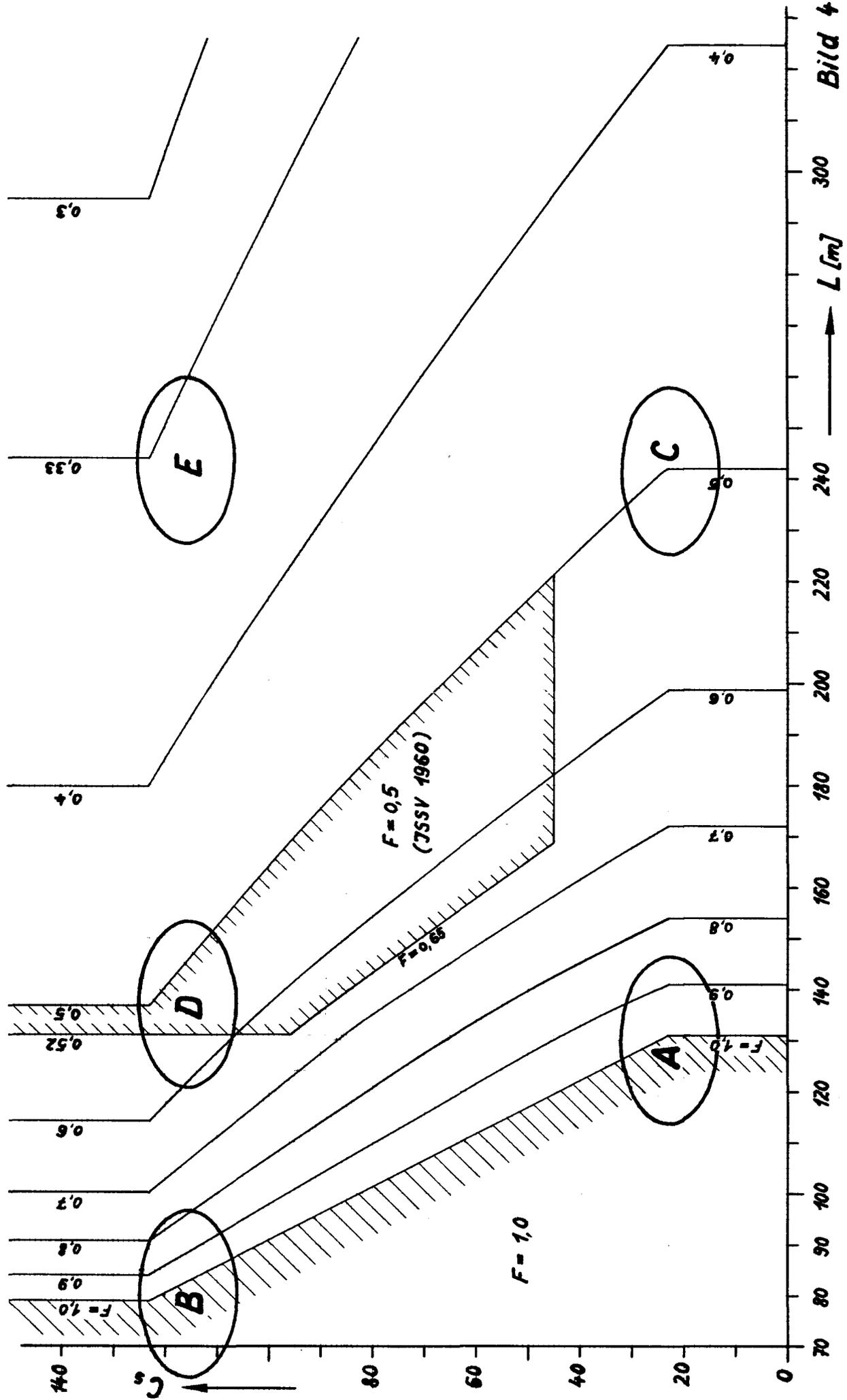
Unterteilung 1:  $F_1 = 1,0$  ; erforderliche Schottenanzahl  $n_1 = 3$   
Unterteilung 2:  $F_2 = 0,9$  ; erforderliche Schottenanzahl  $n_2 = 4$



Wahrscheinlichkeitsdichte.



Abteilungsfaktor  $F$  für Fahrgastschiffe mit ausreichendem Bootsraum (nach JSSV)



W-Werte von gebauten Schiffen mit ausreichendem Bootsraum.

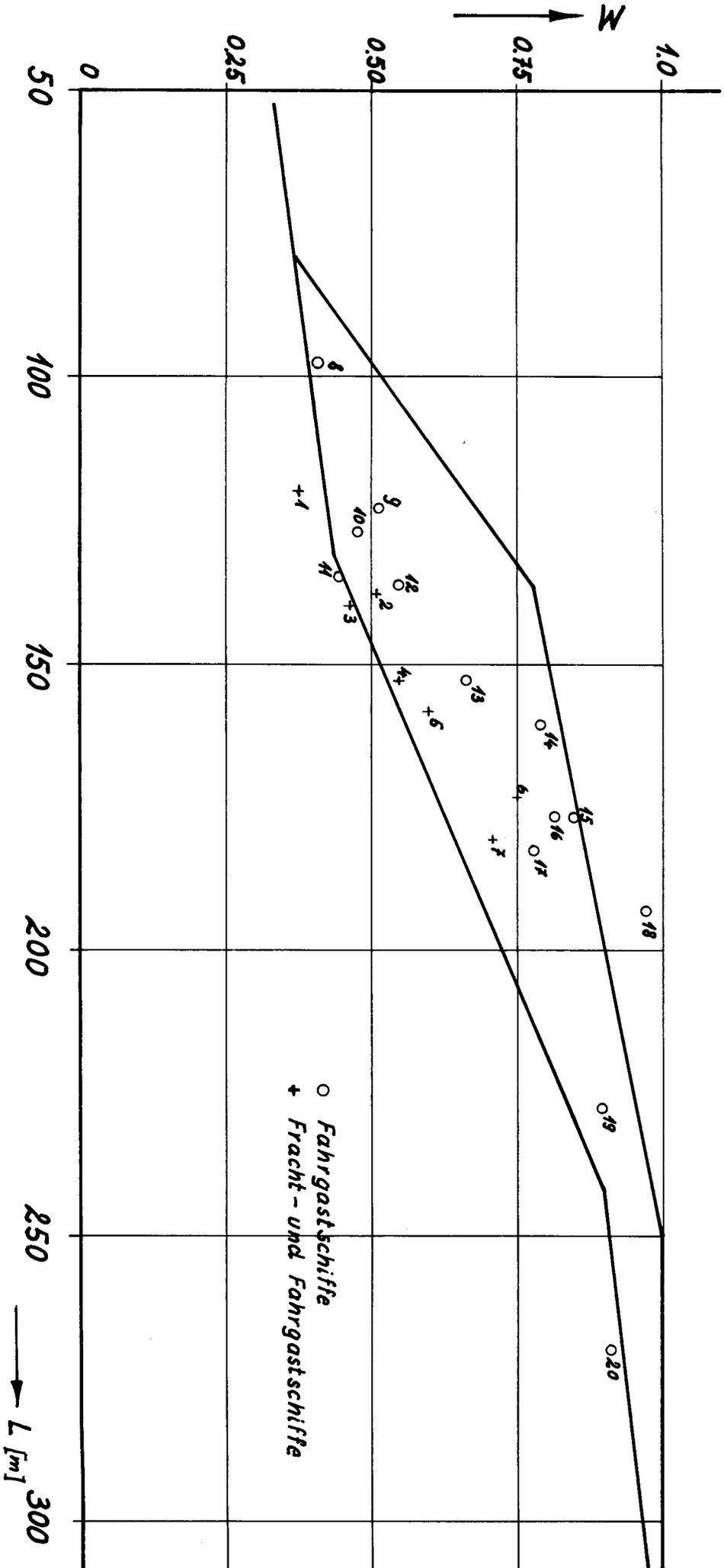


Bild 7

## Der Freibord des verletzten, noch schwimmfähigen Schiffes in Abhängigkeit von d. Schiffslänge

I. Vornehmlich der Beförderung von Fracht dienende Fahrgastsschiffe mit ausreichendem Bootsraum  
(nach JSSV :  $C_s \leq 23$ )

Die gestrichelte Linie stellt für nach dem JSSV unterteilte Schiffe den im Leckfall verbleibenden Freibord dar, wenn eine Abteilung leck ist ( $0,5 \leq F \leq 1$ ) bzw. wenn zwei Abteilungen leck sind ( $0,33 \leq F \leq 0,5$ ).

Ein Schiff taucht nur dann bis zur Tauchgrenze ( $3^*$ ) ein, wenn der Abteilungsfaktor  $F = 1$  oder  $0,5$  beträgt und ein bzw. zwei Räume leck sind. In allen anderen Fällen ist der verbleibende Freibord größer.

Die Freibordrechnungen wurden durchgeführt für Schiffe mit Standardabmessungen.

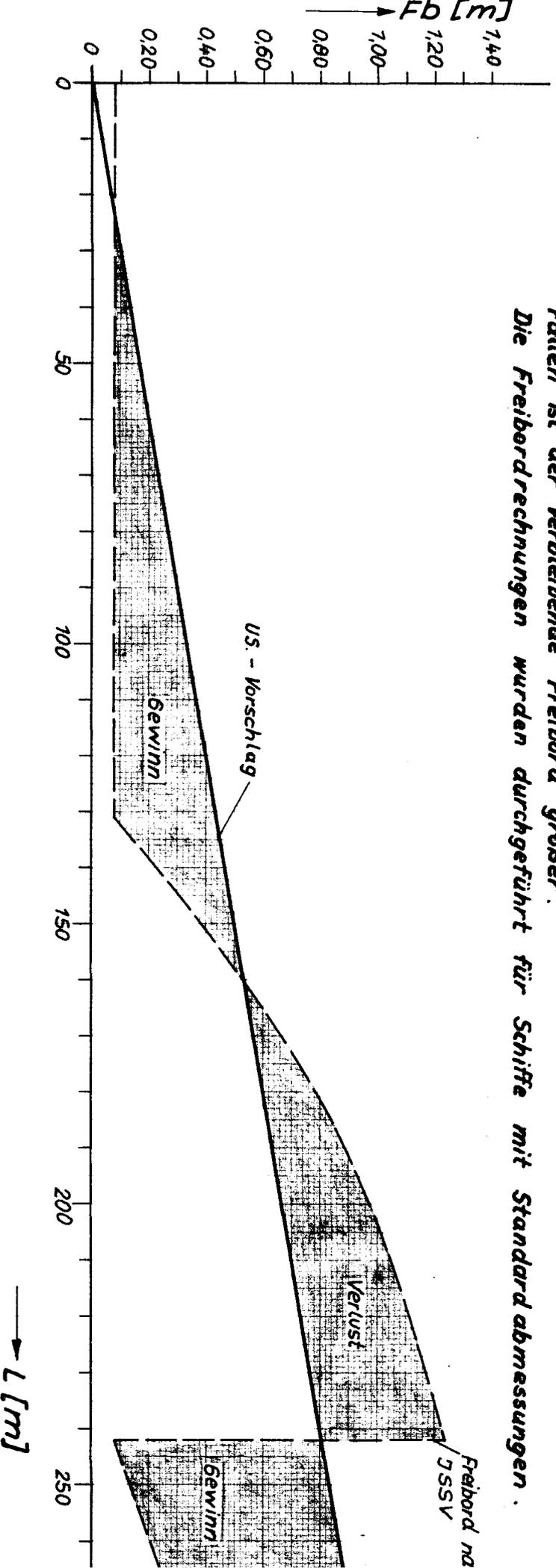


Bild 9

Der Freibord des verletzten, nach schwimmfähigen Schiffes in Abhängigkeit von der Schiffslänge

II. Vornehmlich der Beförderung von Fahrgästen dienende Schiffe mit ausreichendem Bootsräum  
 (nach JSSV :  $C_s \approx 123$ )

Die gestrichelte Linie stellt für nach dem JSSV unterteilte Schiffe den im Leckfall verbleibenden Freibord dar, wenn eine Abteilung leck ist ( $0,5 \approx F \approx 1$ ) bzw. wenn zwei Abteilungen leck sind ( $0,33 \approx F \approx 0,5$ ).  
 Ein Schiff taucht nur dann bis zur Tauchgrenze ( $3s$ ) ein, wenn der Abteilungsfaktor  $F = 1$ ;  $0,5$  oder  $0,33$  beträgt und ein bzw. zwei bzw. drei Räume leck sind. In allen anderen Fällen ist der verbleibende Freibord größer.  
 Die Freibordrechnungen wurden durchgeführt für Schiffe mit Standardabmessungen.

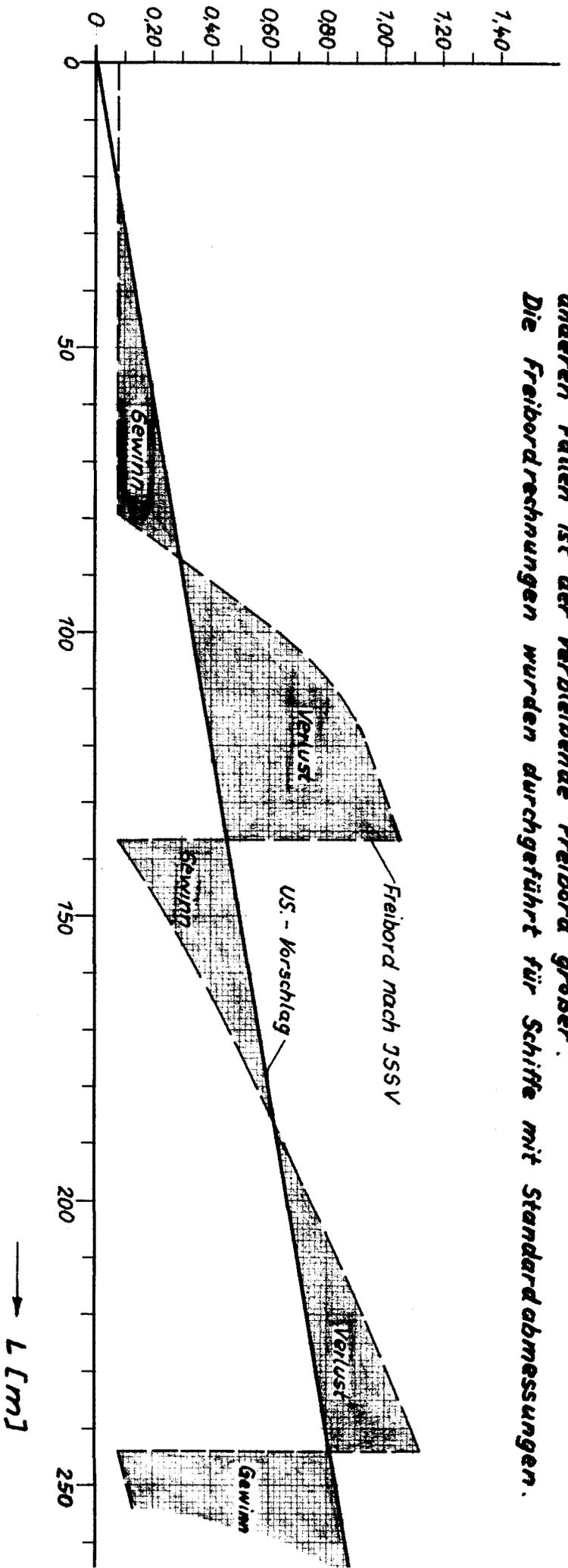
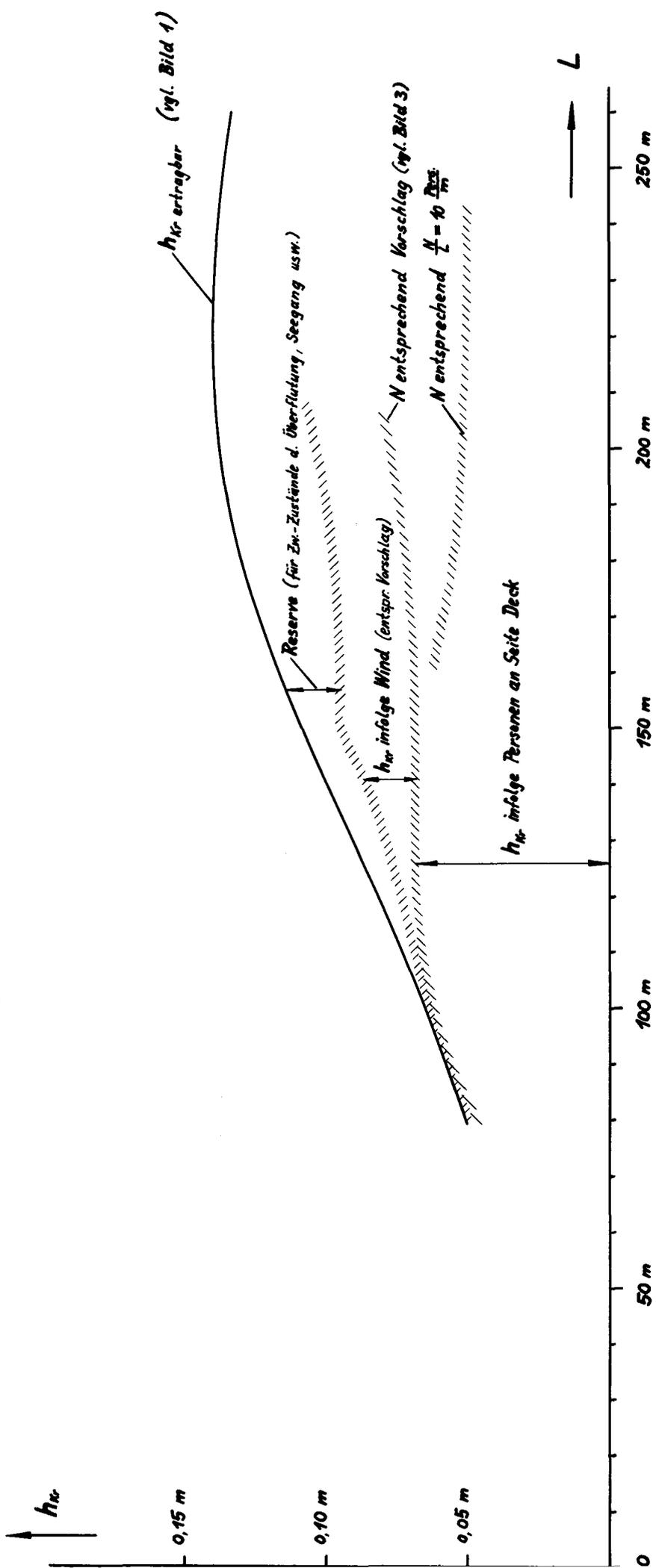


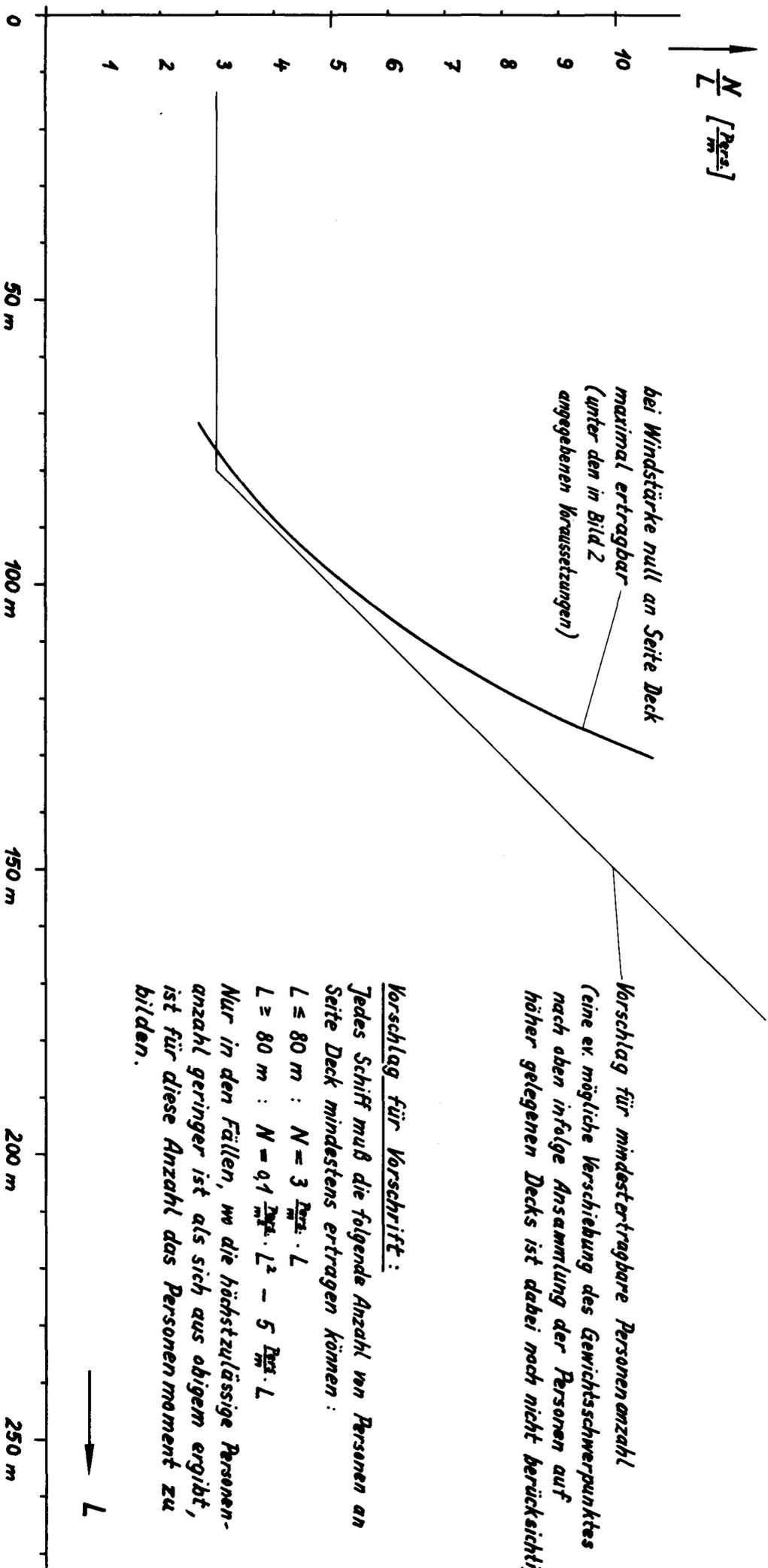
Bild 10

# Die von Standard-Fahrgastschiffen im Leckfall ertragbaren Hebelarme (gemäß Bild 1)

Gültig für vornehmlich der Beförderung von Fahrgästen dienende Schiffe mit leeren Doppelbedenzellen und einem Restfreibord von  $Fb_r = \frac{1}{300}$ . Für den Intaktzustand wurde eine metazentrische Höhe von  $M\bar{G}_0 = 1,00$  m zugrunde gelegt. Ferner wurde angenommen, daß die wasserdichten Querschotte oberhalb des Schottendecks als Flügelschotte fortgeführt werden (Flügelschottlänge = 0,3 B).



# Die von Standard-Fahrgastschiffen im Leckfall an Seite Deck ertragbare Personenanzahl



### Vorschlag für Vorschrift:

Jedes Schiff muß die folgende Anzahl von Personen an Seite Deck mindestens ertragen können:

$$L \leq 80 \text{ m} : N = 3 \frac{\text{Pers.}}{\text{m}} \cdot L$$

$$L \geq 80 \text{ m} : N = 0,1 \frac{\text{Pers.}}{\text{m}^2} \cdot L^2 - 5 \frac{\text{Pers.}}{\text{m}} \cdot L$$

Nur in den Fällen, wo die höchstzulässige Personenanzahl geringer ist als sich aus obigem ergibt, ist für diese Anzahl das Personenmoment zu bilden.

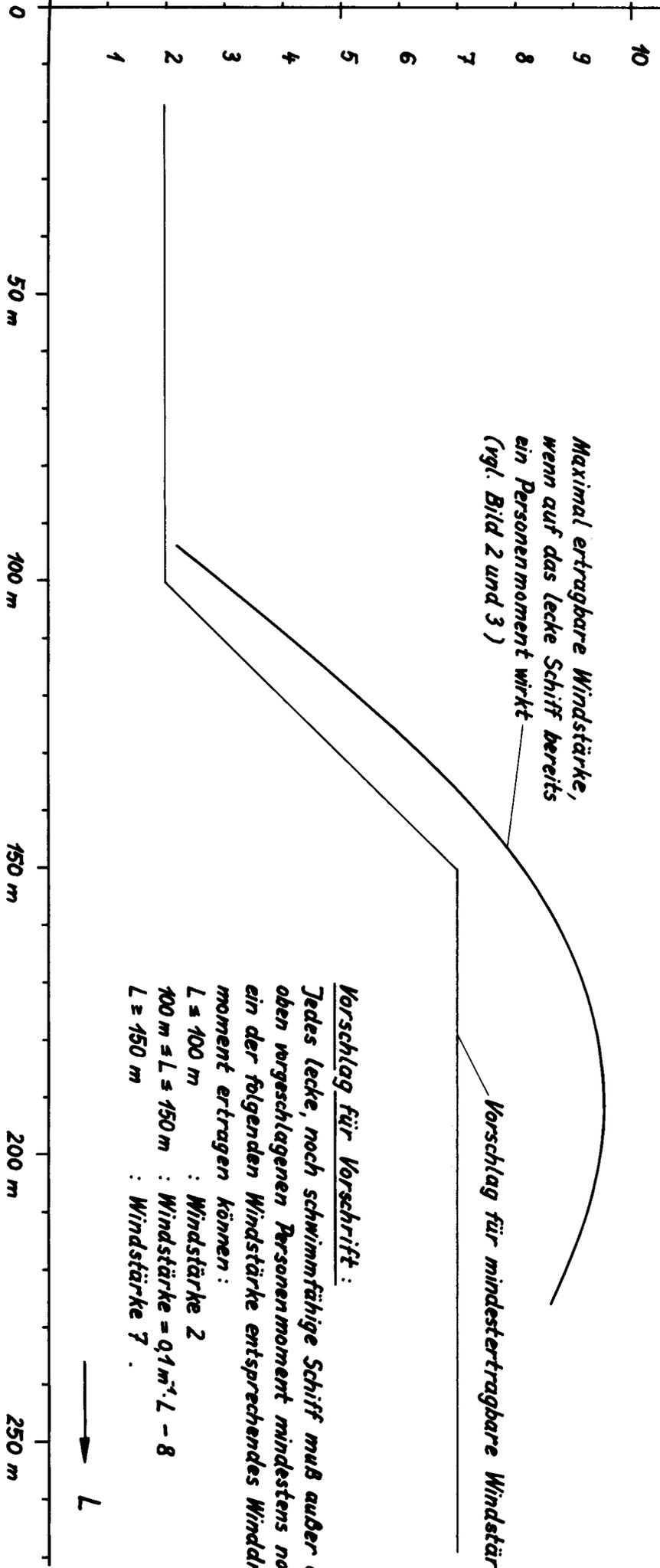
# Die von Standard-Fahrgastschiffen im Leckfall ertragbaren Windstärken

Es wird angenommen, daß der Wind von der Seite kommt und daß auf das lecke Schiff bereits ein Personenmoment (Nentsprechend abigem Vorschlag) wirkt.

Windstärke  
n. Beaufort

Maximal ertragbare Windstärke, wenn auf das lecke Schiff bereits ein Personenmoment wirkt (vgl. Bild 2 und 3)

Vorschlag für mindestertragbare Windstärke

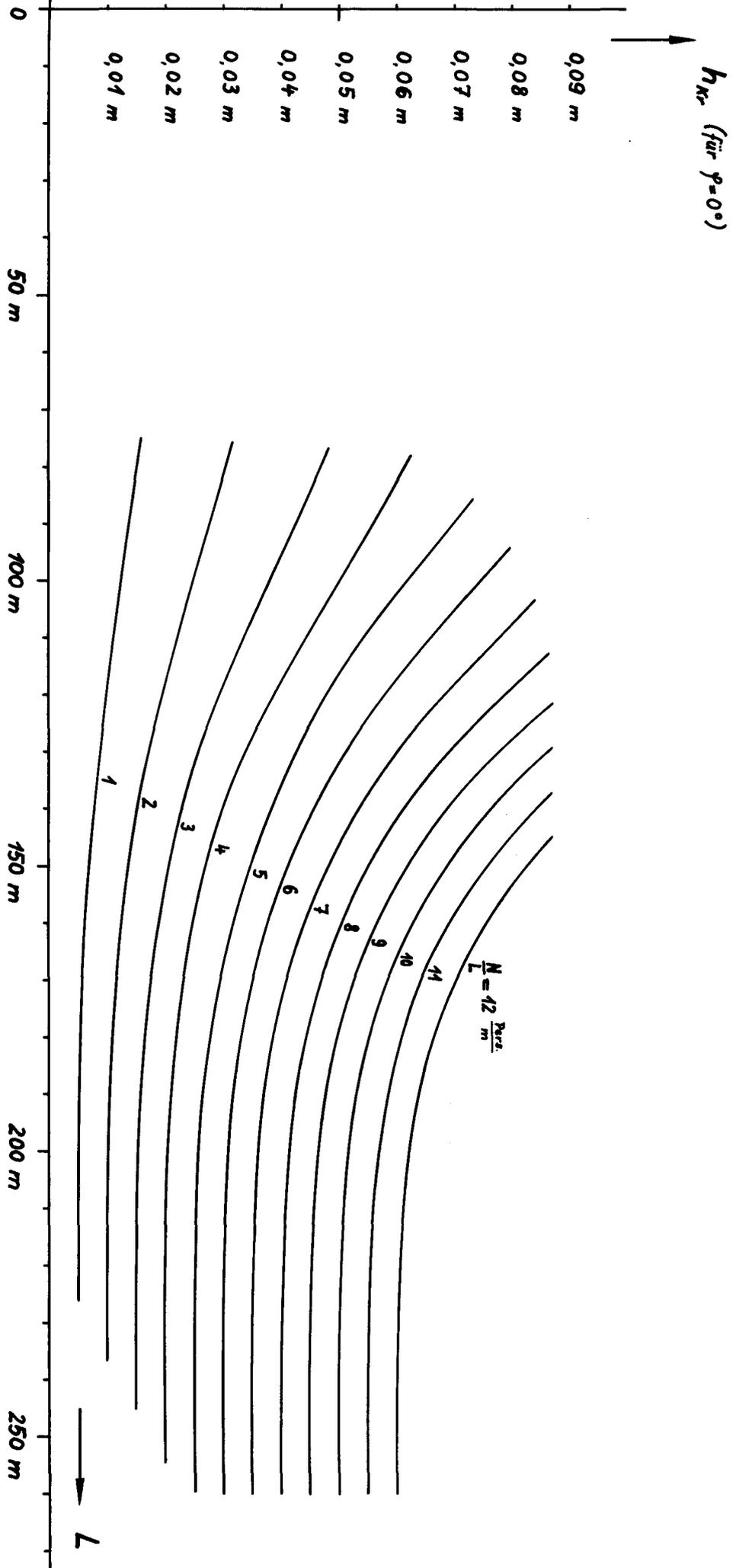


Vorschlag für Vorschrift:

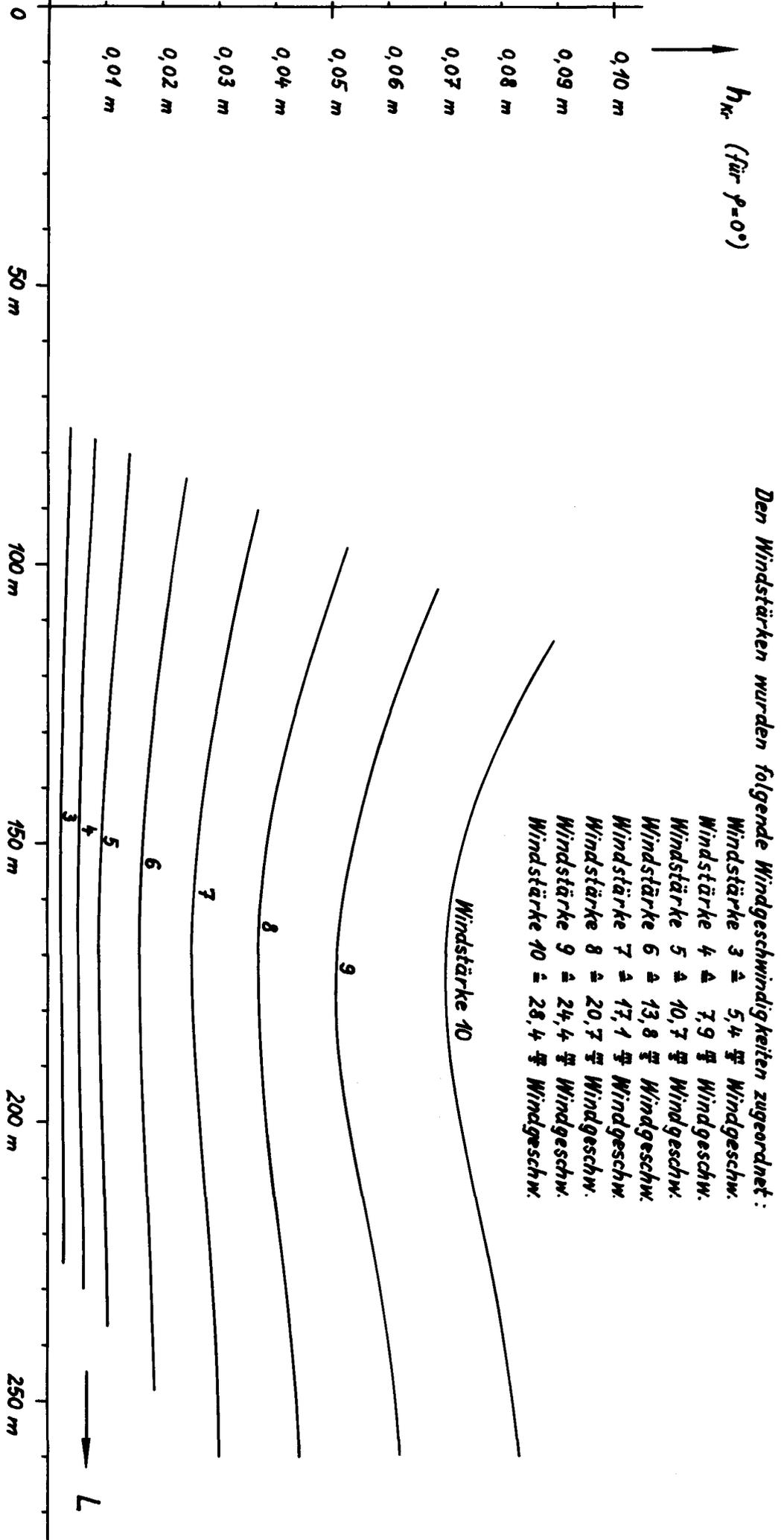
Jedes lecke, noch schwimmfähige Schiff muß außer dem oben vorgeschlagenen Personenmoment mindestens noch ein der folgenden Windstärke entsprechendes Winddruckmoment ertragen können:

- $L \leq 100 \text{ m}$  : Windstärke 2
- $100 \text{ m} \leq L \leq 150 \text{ m}$  : Windstärke =  $0,1 \text{ m}^2 \cdot L - 8$
- $L \geq 150 \text{ m}$  : Windstärke 7

Für Standard-Fahrgastschiffe überschläglich ermittelte krängende Hebelarme infolge Personen an Seite L

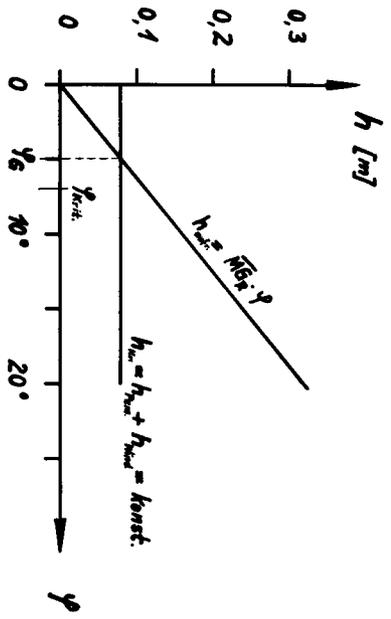


**Für Standard-Fahrgastsschiffe überschläglich ermittelte krängende Hebelarme infolge Wind von der See**



# Beurteilung der Leckstabilität von Fahrgastschiffen

(bei symmetrischen Überflutungen)



Ermittlung der Gleichgewichtslage  $\varphi_0$ :

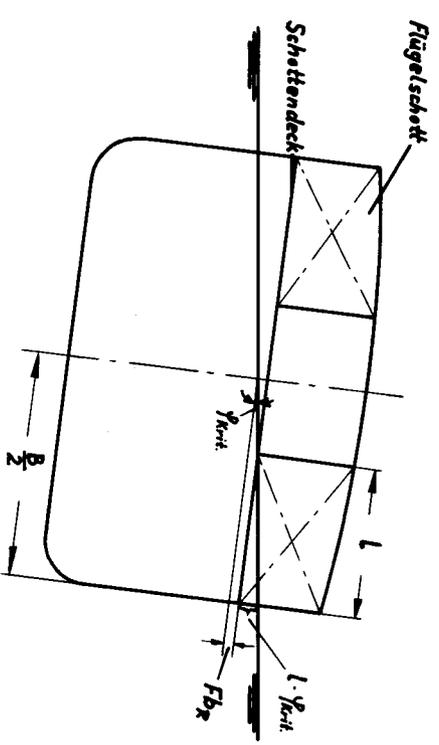
Gleichgewichtsbedingung:  $M_{G_R} \cdot \varphi_0 = h_{min} + h_{max}$

$$\varphi_0 = \frac{h_{min}}{M_{G_R}}$$

Die Leckstabilität ist ausreichend, wenn

bzw.  $\varphi_0 \leq \varphi_{krit.}$   
 bzw.  $\frac{h_{min}}{M_{G_R}} \leq \frac{F_{Br}}{B_2 - l}$   
 bzw.  $h_{min} \leq \frac{F_{Br} \cdot M_{G_R}}{B_2 - l}$

(wobei  $\varphi_{krit.} = 12^\circ$  sein sollte)



Ermittlung des kritischen Winkels  $\varphi_{krit.}$ :

$F_{Br}$  = Freibord  
 $M_{G_R}$  = Anfangsstabilität  
 } des leeren Schiffes

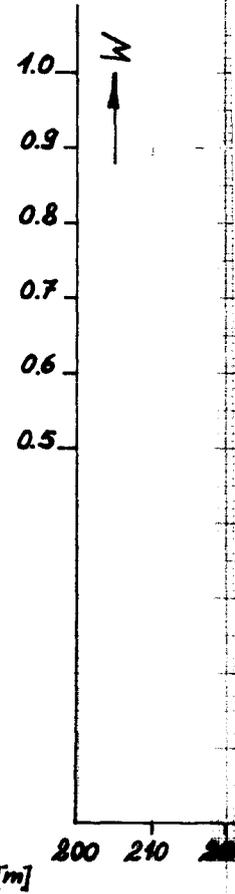
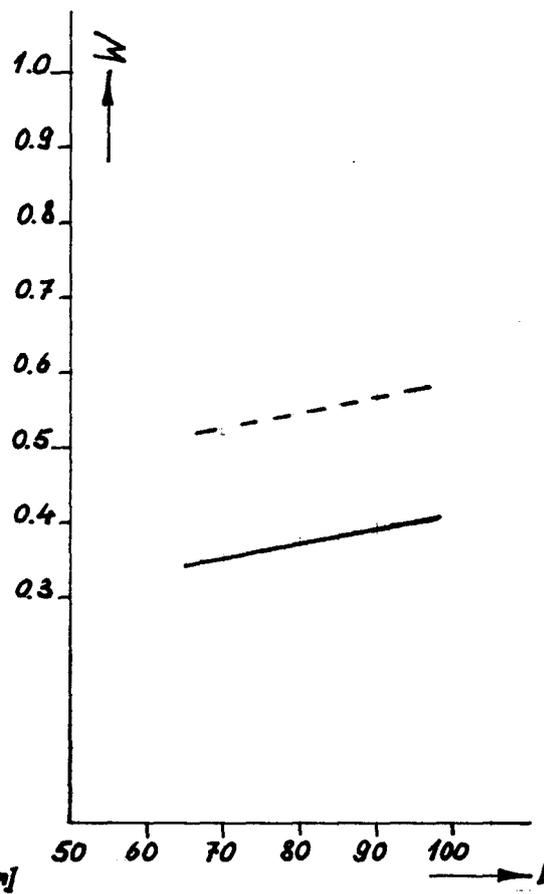
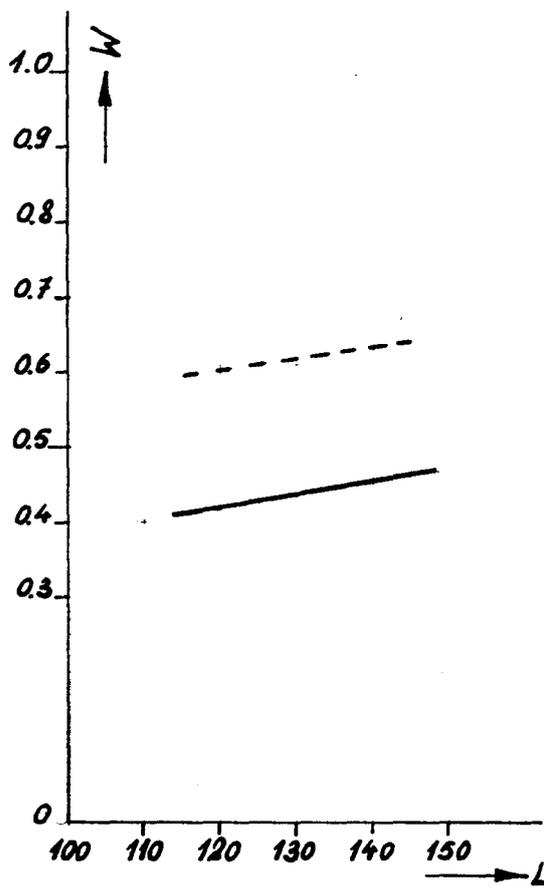
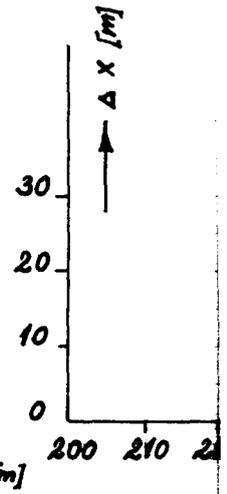
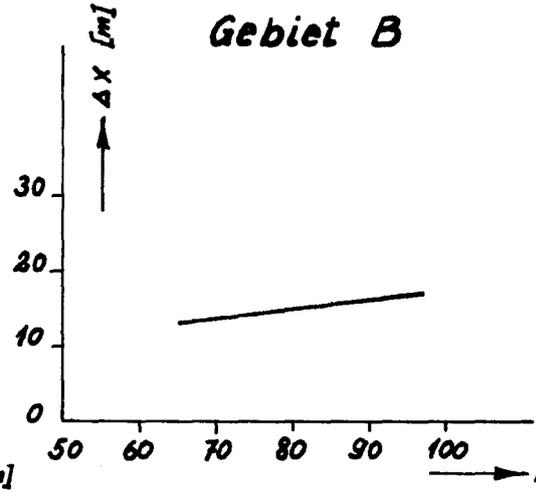
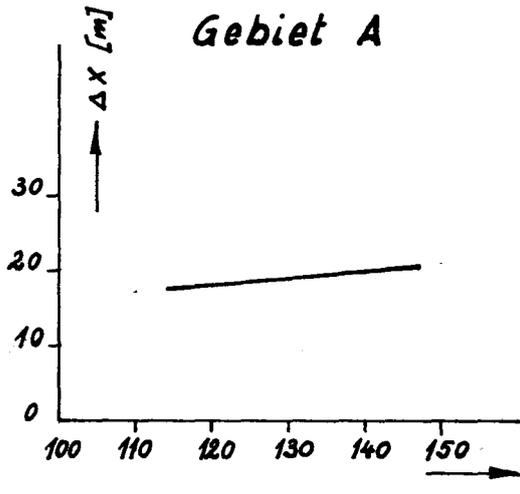
Aus obiger Skizze folgt:  $\varphi_{krit.} = \frac{F_{Br} + l \cdot \varphi_{krit.}}{B_2}$

$$\varphi_{krit.} = \frac{F_{Br}}{B_2 - l}$$

# Schottabstände und W-Wert

$\Delta x$  = der nach Statistik am häufigsten vorkommende Schottabst

$W$  = Wahrscheinlichkeit des Überstehens einer Verletzung für im



# Werte der untersuchten Fahrgastschiffe.

Abstand

im Abstand  $\Delta x$  äquidistant unterteilte Schiffe

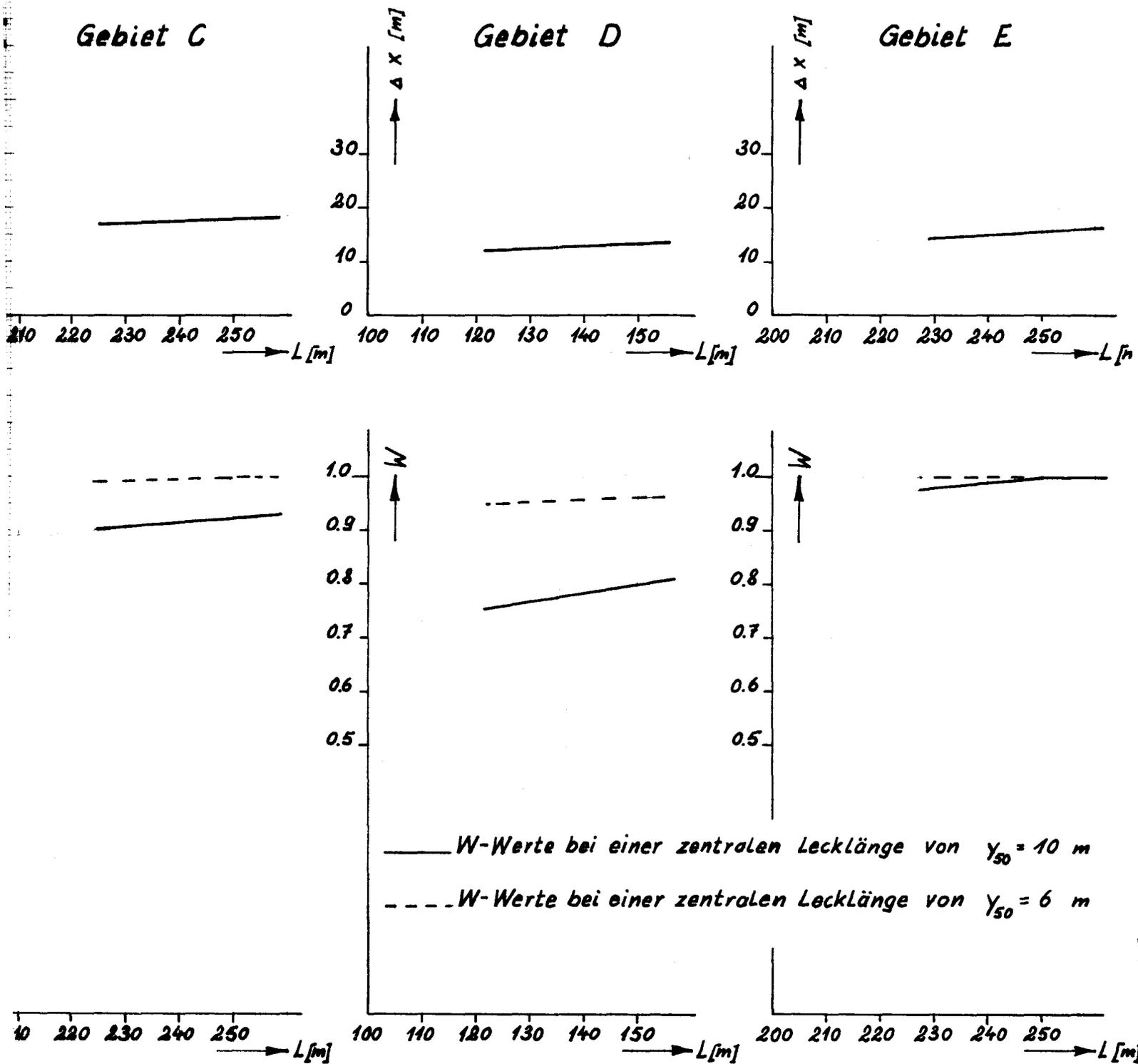


Bild 5

# Schiffen mit ausreichendem Bootsraum.

Zugrunde gelegte zentrale Lecklänge:  $Y_{50} = 10 \text{ m}$

(Passagierzahl  $N \leq 12$ )

vornehmlich der Beförderung von Fracht dienen

vornehmlich der Beförderung von Fahrgästen dienen.

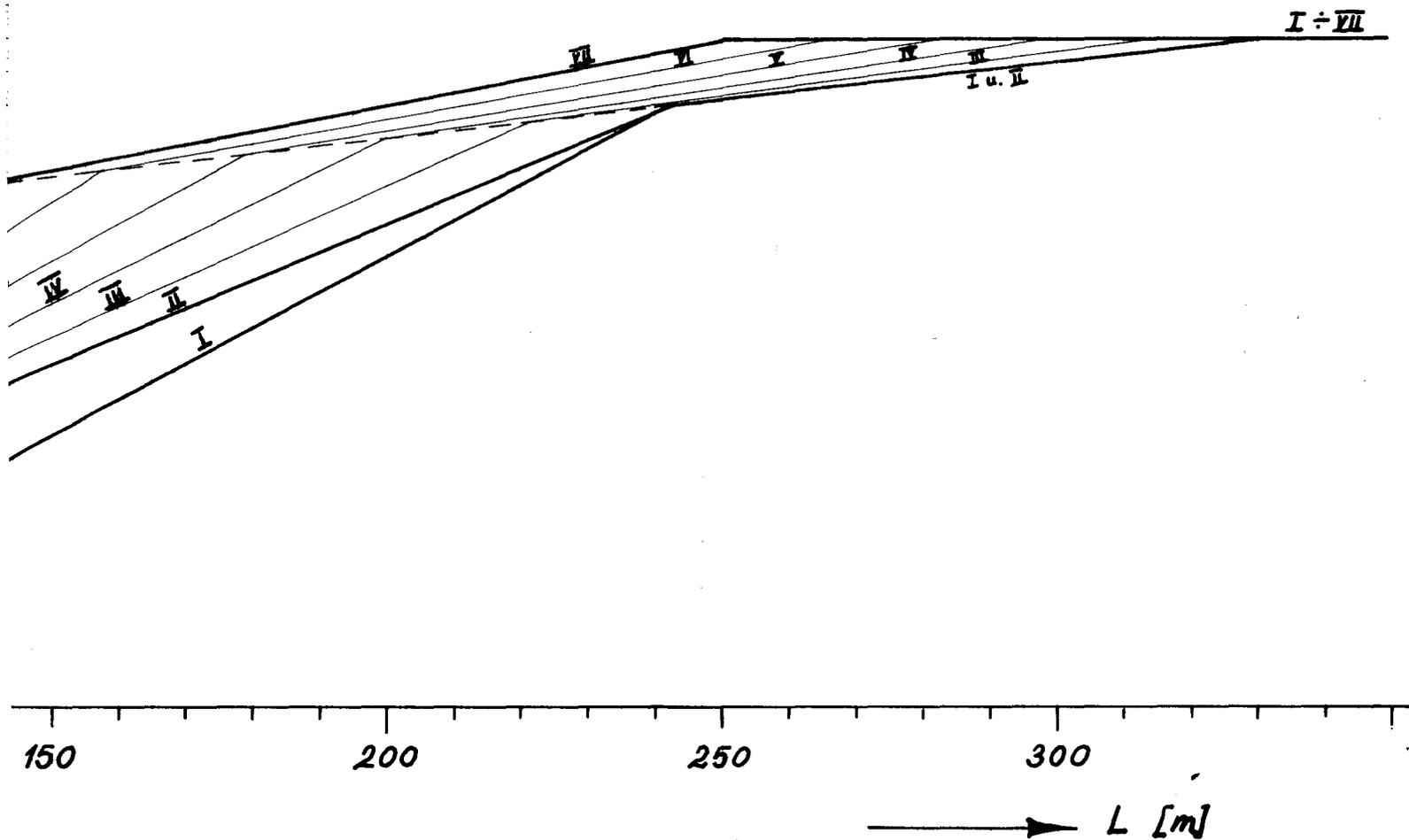


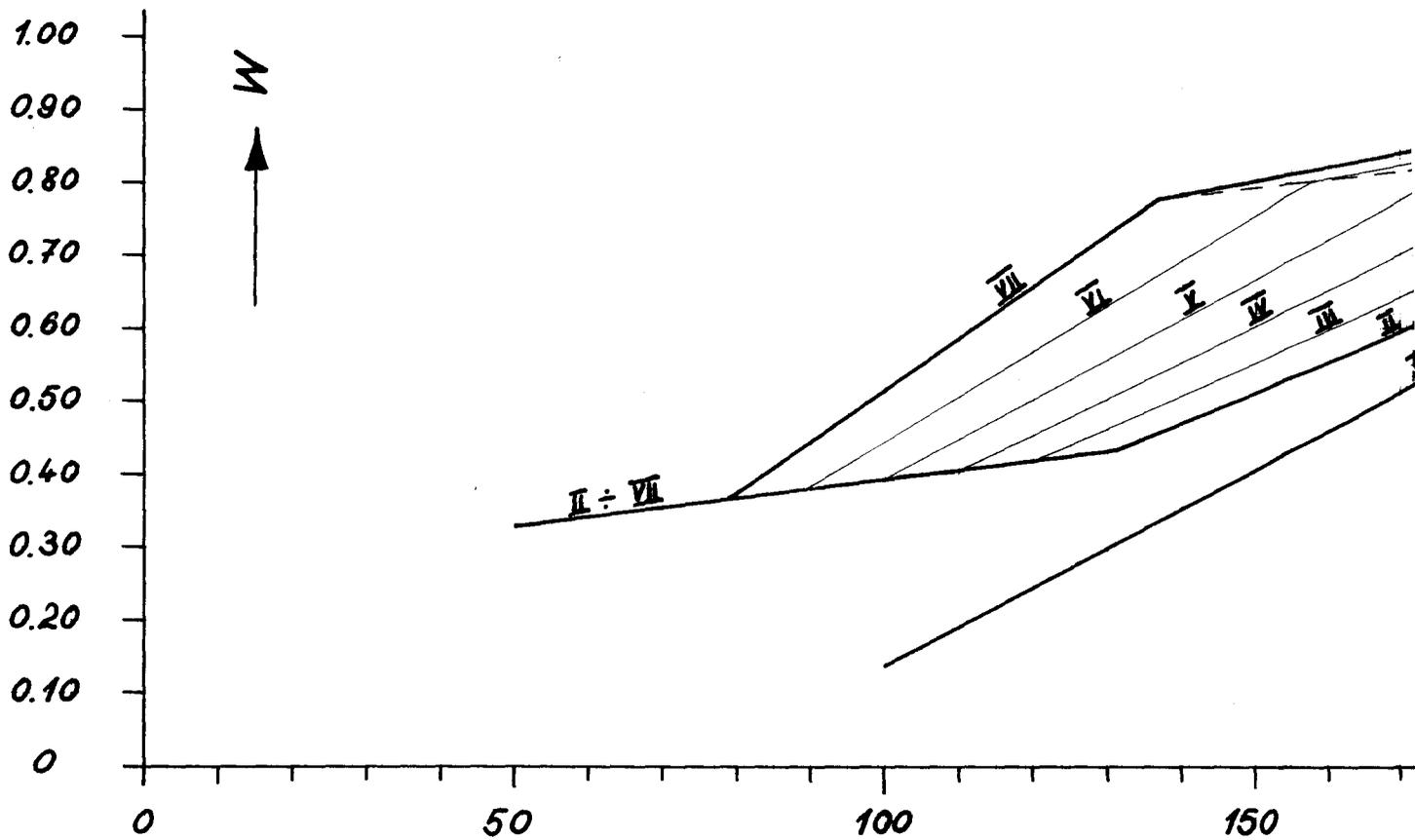
Bild 8

# Vorschlag für Mindest-W-Werte von Schiffen

Schiffstyp I : Frachtschiffe (Fahrgastzahl  $N$ )

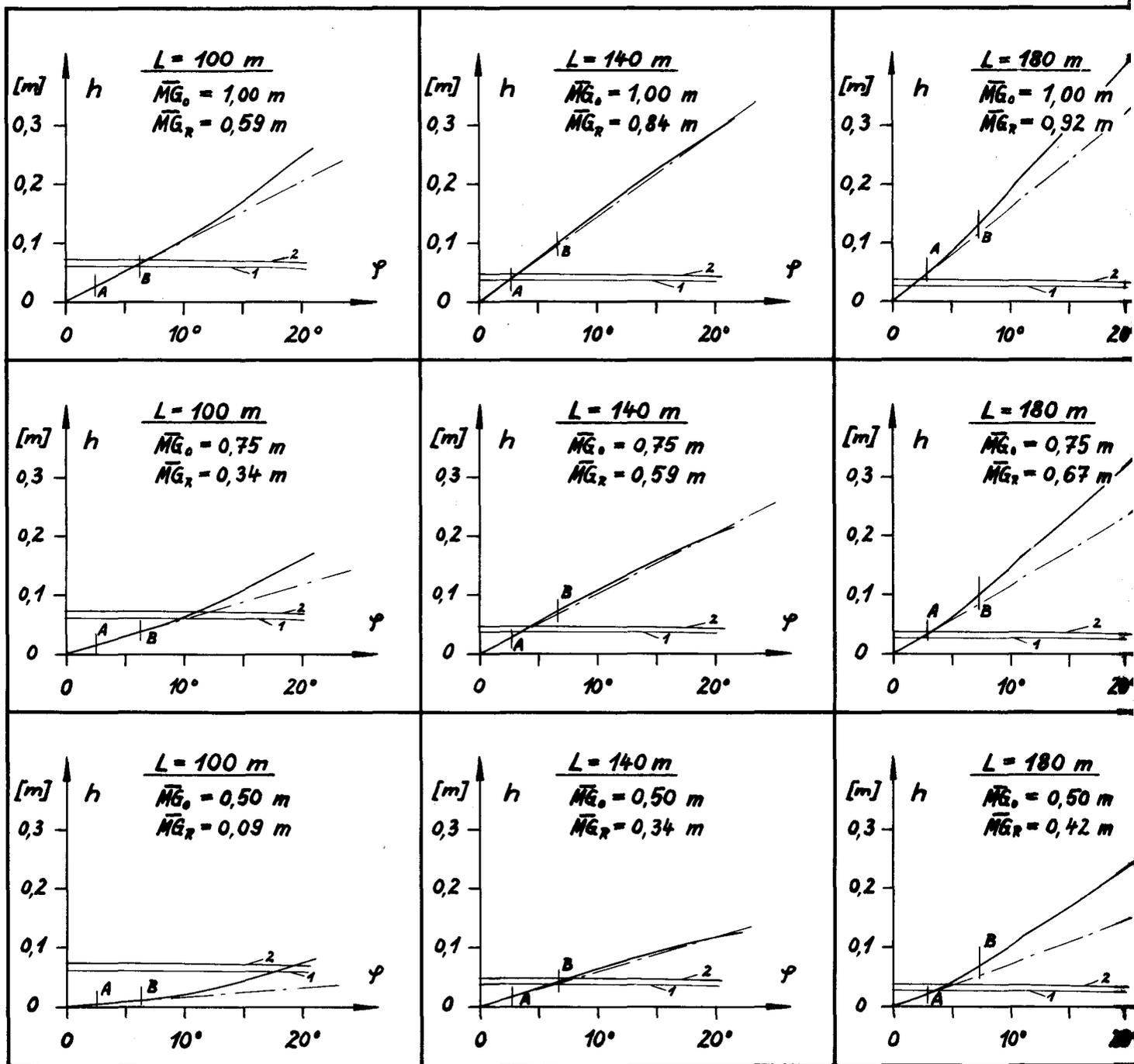
Schiffstyp II : Fahrgastschiffe, die vornehmlich a

Schiffstyp VII : Fahrgastschiffe, die vornehmlich a



# Zusammenstellung der für den Leckfall überschläglich erm

(gültig für lecke Schiffe mit leeren



Hebelarmkurve 1 : Beanspruchung durch Personenmoment  
 " 2 : " " durch Pers.- u. Windmom.  
 (bei  $\frac{H}{L} = 5$  [Pers./m] und Windstärke 5)

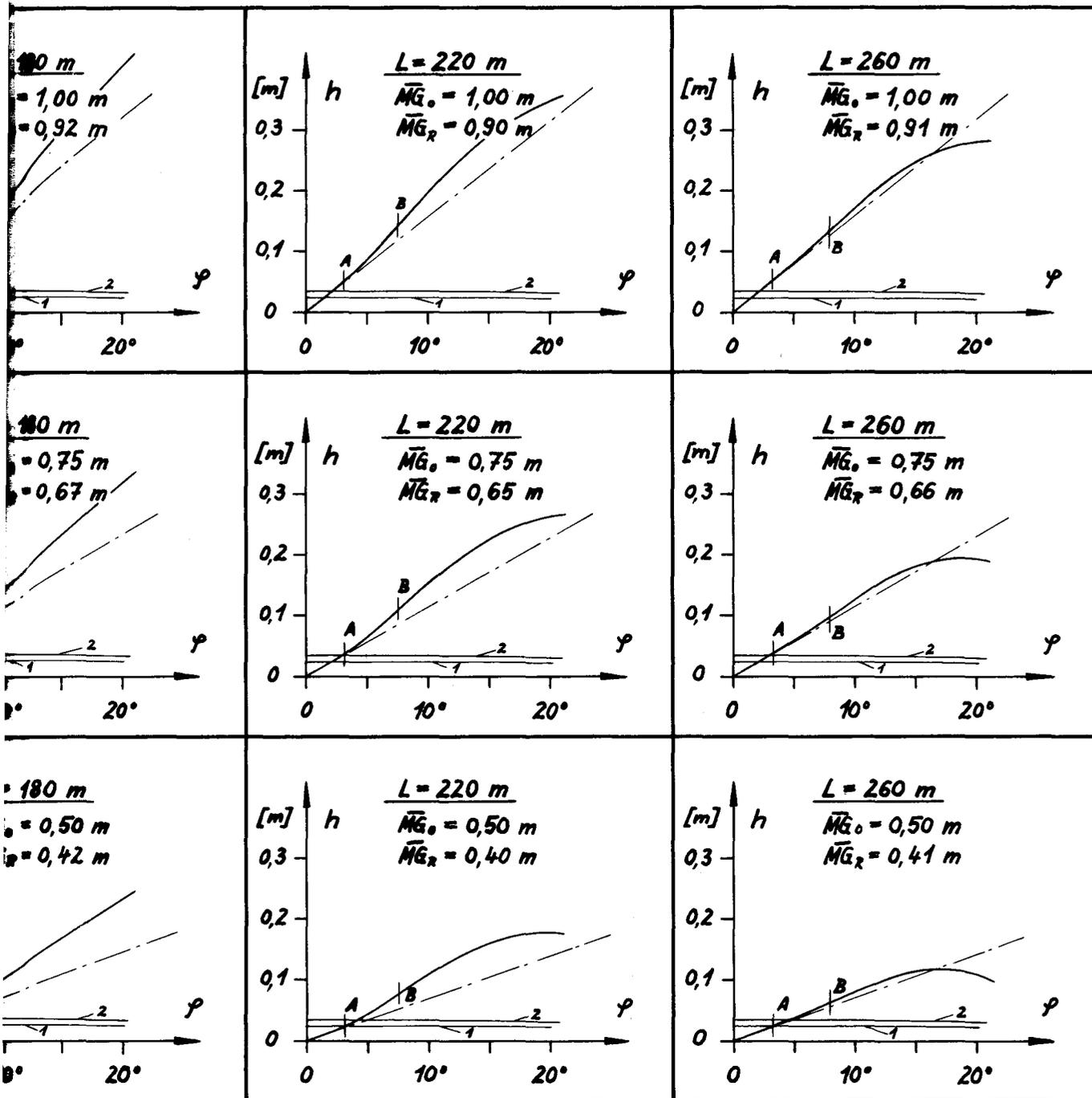
Punkt A : Seite Schottendeck taucht ein  
 Punkt B : Leckwasser dringt in Nachbarabteilungen ein  
 (Flügelsschottlänge = 0,3 B)

Untersuchte  
Standard-  
schiffe :

(vornehmlich

# ch ermittelten Momentenbilanzen einiger Fahrgastschiffe

(leeren Doppelbodenzellen)



suchte  
dard-  
ve:

$L$	$B$	$H_0$	$H_z$	$T_g$	$Fb_0$	$Fb_z$	$h_{z,z}$
100 m	15,5 m	8,8 m	6,3 m	4,6 m	1,7 m	0,33 m	1,03 m
140 m	19,5 m	10,8 m	8,3 m	6,6 m	1,7 m	0,47 m	1,27 m
180 m	23,4 m	12,8 m	10,3 m	8,5 m	1,8 m	0,60 m	1,50 m
220 m	27,2 m	14,8 m	12,3 m	9,8 m	2,5 m	0,73 m	1,74 m
260 m	31,0 m	16,8 m	14,3 m	10,6 m	3,7 m	0,87 m	1,97 m

(hauptsächlich der Beförderung von Fahrgästen dienende Schiffe mit tief liegendem Schottendeck)

Anlässlich der Londoner Konferenz im Mai 1962 eingereichte  
Vorschläge zur Bearbeitung der Empfehlung 6.

I. Zur Wahrscheinlichkeit des Geberstehens von Verletzungen:

- 1.) Finnland schlägt ein Formblatt zur statistischen Erfassung von Leckfällen vor. (Eine Sammlung solcher Blätter wäre sehr nützlich, falls für die Unterteilung die Wahrscheinlichkeitsmethode eingeführt werden sollte).
- 2.) Frankreich fordert die statistische Erfassung von Leckfällen mit dem Endziel, evtl. die Wahrscheinlichkeit in die Unterteilungsvorschriften einzuführen.
- 3.) Indien wünscht, dass der Unterausschuss die Wendelsche Wahrscheinlichkeitsmethode näher untersucht.
- 4.) Das United Kingdom befürwortet die Aufstellung einer Leckstatistik, (um zu einer neuen Lecklänge in Abhängigkeit von der Schiffslänge zu kommen). Ausserdem hält es eine Untersuchung, ob der Unterteilungsfaktor durch einen Restfrei-bord und W-Wert ersetzt werden kann, für zweckmässig.
- 5.) Von Japan wird empfohlen, die bisherigen Vorschläge und Vorschriften genau zu studieren, insbesondere die Wahrscheinlichkeit W; ferner sollten in aller Welt Leckfälle genau erfasst werden.
- 6.) Von Russland wird die Sammlung aller Leckgrössen und Treffstellen vorgeschlagen.

Gearbeitet haben auf diesem Gebiet:

- a) Frankreich
- b) Japan
- c) (Russland)

- Zu a) Die Grundidee der Wahrscheinlichkeitsmethode sollte nicht aufgegeben werden; die Grundlagen sind jedoch noch nicht sicher genug. Auch wenn die aufzustellenden Leckstatistiken keine brauchbaren Ergebnisse liefern, sollte doch der W-Wert - basierend auf einer plausiblen, aber willkürlichen Verteilung von Lecklänge und Treffstelle - als ein Mass für die Sicherheit eingeführt werden und nicht als physikalisch exakte Wahrscheinlichkeit.
- Zu b) Dr. F. Hiramoto berechnet die Wahrscheinlichkeit von Schottverletzungen bei verschiedenen Lecklängenverteilungen. Unter der Voraussetzung, dass alle Verteilungskurven mit grösser werdenden Lecklängen abfallen, ergibt sich, dass die Wahrscheinlichkeit der Ueberflutung eines Raumes (kein Schott wird verletzt) im wesentlichen vom Mittelwert der Verteilungsfunktion abhängt. Die Wahrscheinlichkeit, dass 1 oder 2 Schotte verletzt werden, hängt mehr von der Form der Verteilungskurve ab.
- Zu c) (Zur Erlangung eines höheren (nicht näher definierten) Sicherheitsgrades sollte man den Mindestschottabstand erhöhen).

## II. Zum Leckfreibord

- 1.) Australien schlägt vor, bei der Bemessung des Leckfreibords (in Verbindung mit der Stabilität) die Krängungen infolge Wind, Seegang usw. zu berücksichtigen.
- 2.) Das United Kingdom fordert die Untersuchungen der Beziehungen zwischen Abt.-Faktor und Restfreibord in Verbindung mit dem W-Wert.
- 3.) Russland hält eine Untersuchung des Einflusses des Abt.-Faktors auf den Restfreibord und die Rest-Reserveverdrängung bei Schiffen verschiedener Länge für erforderlich.

Nähere Untersuchungen über den Leckfreibord sind angestellt worden von:

- a) Japan
- b) Russland

Zu a) H. Tanaka untersucht die Beziehung zwischen Freibord, Restfreibord und Wahrscheinlichkeit. Die Abhängigkeit wird in zwei Schritten ermittelt:

- 1.) Beziehung zwischen Restfreibord und flutbarer Länge.
- 2.) Beziehung zwischen flutbarer Länge und Unterteilung.

Das Ergebnis ist: Mit grösser werdendem Intakt-Freibord nimmt die flutbare Länge zu, ebenso der W-Wert. Mit grösser werdendem Restfreibord für ein Schiff mit gegebenen Hauptabmessungen wird die flutbare Länge kleiner, der W-Wert nimmt ebenfalls ab.

Zu b) Auf Grund angestellter Untersuchungen wird vorgeschlagen, den Restfreibord direkt vorzuschreiben in Abhängigkeit von der Schiffslänge, der Zahl der an Bord befindlichen Personen und dem Verhältnis H/L.

### III. Zur Leckstabilität

- a) Australien schlägt vor, die Wirkung von Flügelschotten und Wasserpforten bei grösseren Neigungen infolge unsymmetrischer Ueberflutung zu untersuchen.
- b) Japan wünscht, dass die Leckstabilität näher untersucht wird.
- c) Russland fordert die Berechnung von Hebelarmkurven lecker Schiffe und eine Analyse der Berechnungsmethoden bezüglich der Rechengenauigkeit und des Aufwands. Weiterhin sollten äussere Kräfte, die auf das Schiff wirken und grössere Neigungen hervorrufen, untersucht werden.

Nähere Untersuchungen über die Leckstabilität sind angestellt worden von:

- a) Japan
- b) Russland

- Zu a) Für Schiffe ab 150 m sollte eine Mindestleckstabilität gefordert werden. (Für kleinere Schiffe sollte die Intakstabilität vergrössert werden).
- Zu b) Russland hält einen linear mit der Breite zunehmenden Rest- $\overline{MG}$ -Wert und einen maximalen Leckhebelarm von mindestens 0,1 m für erforderlich. Der Stabilitätsumfang sollte  $30^\circ + 35^\circ$  betragen.

#### IV. Zum Kennzeichen des Verwendungszwecks.

Von mehreren Ländern wird gewünscht, das Kennzeichen des Verwendungszwecks neu zu definieren.

Vorschläge hierzu sind gemacht worden von:

- a) dem United Kingdom
- b) Russland

- Zu a) 1960 wurde bereits N/L als neues Kriterium zur Diskussion gestellt.
- Zu b) Die Grösse des Leckfreibords wird von der Zahl der an Bord befindlichen Personen N abhängig gemacht.

#### V. Zur Flutbarkeit.

1. Das United Kingdom wünscht eine Untersuchung, ob es besser ist, für jede einzelne Abteilung mit einer bestimmten Flutbarkeit zu rechnen, anstatt wie bisher, mit drei Flutbarkeiten für Vorschiff, Hinterschiff und Maschinenraum.
2. Russland schlägt vor, den Berechnungen der Leckhebelarmkurven die gefährlichsten Beladezustände zugrunde zu legen.

VI. Weitere Vorschläge zur Bearbeitung von Empfehlung 6.

1. Italien beschäftigt sich mit den Methoden zur Bestimmung der flutbaren Längen (möchte den Einfluss berücksichtigen, den eine vertrimmte Schwimmlage im noch intakten Zustand bewirkt. Eine Vertrimmung kann nämlich bewirken, dass ein gemäss ISSV 2-Abt.-Schiff im Leckfall das Ueberfluten zweier benachbarter Abteilungen nicht mehr aushält. Vertrimmung entweder 1. durch ein Verfahren zur Schot-tenkurvenberechnung, das eine Vertrimmung berücksichtigt, oder 2. durch eine neue, geeignetere Tauchgrenze berücksichtigen! (Formel hierfür wird angegeben).
2. Das United Kingdom schlägt vor zu untersuchen, ob die bisher getrennte Berechnung der zulässigen Längen und der Leckstabilität zusammengefasst werden kann.
3. Japan: Radikale Aenderungen sollten vermieden werden und die Sicherheitsanforderungen sollten nicht gesteigert werden.

INTER-GOVERNMENTAL MARITIME CONSULTATIVE ORGANIZATION

Distr.  
RESTRICTED  
Stab I/4  
30 May 1962  
Original: ENGLISH

SUB-COMMITTEE ON SUBDIVISION AND  
STABILITY PROBLEMS - 1st session

ESTABLISHMENT OF WORKING GROUPS

RESOLUTION

The Sub-Committee on Subdivision and Stability Problems having considered the proposals submitted by Governments relating to Recommendations 6, 7 and 8 of the International Conference on Safety of Life at Sea, 1960,

RESOLVES to establish two Expert Working Groups, as follows:

- (1) Working Group on Watertight Subdivision and Damage Stability of Passenger and Cargo Ships; and
- (2) Working Group on Intact Stability of Ships.

The Sub-Committee FURTHER RESOLVES to adopt the following Terms of Reference for these two Working Groups:

- (1) Working Group on Watertight Subdivision and Damage Stability of Passenger and Cargo Ships
  - (a) To collect and analyse records of <sup>a</sup>casualties to ships involving penetration of the hull and statistical data on damage extent and location.
  - (b) To include in the analyses referred to under (a) above a study of the relationship of subdivision of ships to the probability of survival.

STAB I/4

- (c) To collect and analyse records of casualties to ships in which the lack of stability in the damaged condition has been a significant factor.
- (d) To compile damage stability data (with curves) for a representative selection of existing passenger ships in different loaded conditions.
- (e) To undertake studies to determine whether the method of calculation of the factor of subdivision is capable of simplification. The philosophy behind the criterion of service numeral should be critically examined generally, taking into account, among other things, changes in the relationship between volume of machinery space and other ship's spaces, and the non-existence of a uniform interpretation of the volume of machinery space.
- (f) To study the relationship between residual freeboard and reserve buoyancy for ships of various sizes with respect to:
  - (i) the number of passengers and other parameters which now influence the factor of subdivision;
  - (ii) the range of stability and likelihood of survival in the damaged condition; and
  - (iii) to assess in the light of these calculations the possibility of substituting for the concept of 'factor of subdivision' either the concept of 'residual freeboard' or such other concept as the studies undertaken by the Working Group might indicate as desirable.

- (g) To examine and assess the desirability of determining the assumed mean permeabilities for each compartment instead of for the three main portions of the ship as at present required.
- (h) To examine and assess the possibility of a greater degree of integration of the two concepts of 'permissible length' and 'damaged stability'.
- (i) To analyse the various methods of calculating damage stability curves and to assess their comparative merits from the point of view of accuracy and the time taken to compile them.
- (j) To investigate the possibility and practicability of compliance by cargo ships with a one-compartment standard of subdivision.

(2) Working Group on Intact Stability of Ships

- (a) To compile, on a uniform basis, calculations (with curves) of the intact stability of a representative selection of:
  - (i) different types and sizes of passenger ships;
  - (ii) different types and sizes of cargo ships; and
  - (iii) different types and sizes of fishing vessels.
- (b) To examine and compare national requirements for intact stability already established and to collect information on the current practice in countries where no such requirements have yet been established.
- (c) To undertake studies to re-examine the stability requirements of Chapter VI 'Carriage of Grain' of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1960.

STAB I/4

- (d) To undertake studies to ascertain the magnitude of the external forces affecting ships at sea which can produce dangerous heeling.
- (e) To collect and analyse records of casualties to ships known to have been caused by unsatisfactory stability in the intact condition.
- (f) To examine and compare the methods employed in different countries for calculating the amplitude of rolling of ships.
- (g) To compare the form of stability information supplied in various countries to masters of ships for their guidance.

The two Working Groups shall maintain such liaison with each other as is necessary to ensure the efficiency of their studies and to avoid overlapping and duplication of effort. They may establish sub-groups or panels as may be necessary and, in connexion with any studies which they may undertake affecting fishing vessels, shall ensure appropriate representation of the Food and Agriculture Organization.

The Working Groups shall report the results of their studies to the Sub-Committee as necessary and in any case shall submit interim progress reports to the Sub-Committee at least once a year.

Allgemeine Grundsätze für eine Unterteilungsvorschrift

1. Die wasserdichte Unterteilung eines Schiffes soll so wirksam wie irgend möglich sein; dabei ist jedoch sowohl die Größe des Schiffes als auch die Verwendung zu berücksichtigen (z.B. die Forderung nach möglichst großen Laderäumen bei frachtfahrenden Schiffen). Als das für die Wirksamkeit einer Unterteilung am besten geeignete Maß hat sich der W-Wert herausgestellt. Es liegt daher nahe, diesen Wert als Basis für eine Unterteilungsvorschrift zu verwenden.
2. Eine Unterteilung ist um so wirksamer, je größer der Anteil der ertragbaren Lecks an den insgesamt möglichen Lecks ist. Ein Leck wird als ertragbar angesehen, wenn bestimmte Mindestforderungen hinsichtlich des Restfreibords und der Leckstabilität erfüllt sind. Es empfiehlt sich, bei der Festlegung der Mindestforderungen von einem allgemeingültigen Kriterium auszugehen, das eine einwandfreie Beurteilung der Sicherheit des lecken Schiffes ermöglicht. Ein solches Kriterium ist die Stabilitätsbilanz, d.h. die Gegenüberstellung der aufrichtenden und krängenden Hebelarme. Da es sich bei den hier zu betrachtenden Schiffen in erster Linie um Fahrgastschiffe handelt, genügt es, sich auf die für diese Schiffe wesentlichen Krängungsmomente zu beschränken, nämlich auf das Personen- und Winddruckmoment. Dementsprechend müßten bei den Mindestforderungen bestimmte Normwerte für derartige Stabilitätsbeanspruchungen berücksichtigt werden. Um nun möglichst schnell feststellen zu können, ob ein Leckfall noch als ertragbar anzusehen ist oder nicht, ist es schließlich noch wichtig, die Bedingungen, die diese Frage entscheiden sollen, möglichst einfach zu formulieren.
3. Der Grad der Unterteilung soll sowohl mit der Größe des Schiffes als auch mit der Art der vorgesehenen Verwendung zunehmen. Während als Kennzeichen für die Schiffsgröße die Länge des Schiffes beibehalten werden sollte, empfiehlt es sich, das Kennzeichen für den Verwendungszweck neu zu definieren. Dabei sollte man davon ausgehen, daß man allein aus der Größe dieses Kennzeichens den Verwendungszweck des Schiffes, d.h. also den Schiffstyp erkennen kann. Da zur Festlegung des Schiffstyps im wesentlichen zwei Merkmale genügen, nämlich

die Zahl der Fahrgäste im Verhältnis zur Schiffsgröße und der Anteil der Laderäume am gesamten Schiffsvolumen, sollten diese Größen die wesentlichen Bestandteile des neu zu definierenden Kennzeichens für den Verwendungszweck sein.

Konzept für eine Neufassung der Unterteilungsvorschrift

Kapitel II: Bauart der Schiffe  
=====

Teil A: Allgemeines

Regel 1: Geltungsbereich

(Kann z.T. übernommen werden, z.T. werden aber auch Änderungen und Ergänzungen nötig sein).

Teil B: Unterteilung, Restfreibord und Leckstabilität

Regel 2: Begriffsbestimmungen

(Definition aller Begriffe, Bezeichnungen und Symbole, die im Teil B verwendet werden).

Regel 3: Allgemeine Bestimmungen

Die Schiffe sollen unter Berücksichtigung ihrer Größe und ihrer Verwendung derart wasserdicht unterteilt sein, daß sie von der großen Anzahl der denkbaren Beschädigungen des Schiffskörpers möglichst viele ertragen können. Eine Beschädigung gilt als ertragbar, wenn im leckem Zustand bestimmte Mindestforderungen hinsichtlich des Restfreibords und der Leckstabilität erfüllt werden (s.Regel 6).

Regel 4: Die Verwendung der Schiffe

Die Verwendung eines Schiffes wird durch das Kennzeichen des Verwendungszwecks ausgedrückt. Das Kennzeichen ist durch folgende Tabelle gegeben:

$N/L$ \ $V_L/V$	$> 0,7$	$0,5 \div 0,7$	$0,3 \div 0,5$	$0,1 \div 0,3$	$< 0,1$
$< 1$	$K_{V,II} = 70 \cdot \left( \sqrt{\frac{V_L}{L}} - \frac{V_L}{10} + \frac{1}{10} \right)$	III	IV	V	VI
1 bis 2	II	III	IV	V	VI
2 bis 4	II	IV	V	VI	VII
4 bis 6	IV	V	VI	VII	VIII
6 bis 10	V	VI	VII	VIII	IX
$> 10$	VI	VII	VIII	IX	X

(Das Kennzeichen I bleibt den reinen Frachtschiffen vorbehalten, falls diese zu einem späteren Zeitpunkt in die Unterteilungsvorschriften aufgenommen werden sollten).

Regel 5: Der Grad der Unterteilung

- (a) Der Grad der Unterteilung wird durch den W-Wert bestimmt (vgl. hierzu den Anhang zu Teil B!). Die Unterteilung muss so beschaffen sein, daß je nach Verwendungszweck und Größe des Schiffes die folgenden W-Werte mindestens erreicht werden:

(L in Meter)

1	Schiffe mit dem Kennzeichen <b>II</b> :	$L \leq 131 \text{ m}$	$W = 0,00133 L + 0,263$
		$131 \text{ m} \leq L \leq 242 \text{ m}$	$W = 0,00389 L - 0,072$
		$L \geq 242 \text{ m}$	$W = 0,00148 L + 0,512$
2	Schiffe mit dem Kennzeichen <b>III</b> :	$L \leq 121 \text{ m}$	$W = 0,00133 L + 0,263$
		$121 \text{ m} \leq L \leq 221 \text{ m}$	$W = \dots$
		$L \geq 221 \text{ m}$	$W = 0,00173 L + 0,457$
3	Schiffe mit dem Kennzeichen <b>IV</b> :	.	.
4	Schiffe mit dem Kennzeichen <b>V</b> :	.	.
5	Schiffe mit dem Kennzeichen <b>VI</b> :	.	.

6 Schiffe mit dem Kennzeichen VII:	$L \leq 79 \text{ m}$	$W = \dots$
	$79 \text{ m} \leq L \leq 137 \text{ m}$	$W = \dots$
	$L \geq 137 \text{ m}$	$W = \dots$

In den Fällen, in denen sich nach den vorstehenden Formeln für W-Werte ergeben, die größer als 1 sind, ist stets  $W = 1$  zu setzen.

- (b) Die Unterteilung von Schiffen, die nach Regel 22 des Kapitels III eine größere Anzahl von Fahrgästen befördern dürfen als Rettungsbootraum vorhanden ist, und die gemäß Absatz (d) der Regel 1 dieses Kapitels besondere Bedingungen erfüllen müssen, hat sich nach den folgenden Mindest-W-Werten zu richten:

I. Schiffe, die vornehmlich der Beförderung von Fahrgästen dienen:

(L in Meter)		
1 Schiffe mit dem Kennzeichen AI:	$L \leq 137 \text{ m}$	$W = 0,00250 L + 0,375$
	$L \geq 137 \text{ m}$	$W = 0,00148 L + 0,512$
2 Schiffe mit dem Kennzeichen AII:	$L \leq 137 \text{ m}$	$W = 0,00250 L + 0,375$
	$137 \text{ m} \leq L \leq 221 \text{ m}$	$W = 0,00148 L + 0,512$
	$L \geq 221 \text{ m}$	$W = 0,00173 L + 0,457$
3 Schiffe mit dem Kennzeichen AIV:	.	.
4 Schiffe mit dem Kennzeichen AV:	.	.
5 Schiffe mit dem Kennzeichen AVI:	.	.
6 Schiffe mit dem Kennzeichen AVII:	alle Längen	$W = 0,00250 L + 0,375$

II.

II. Schiffe, die im Hinblick auf die Notwendigkeit, erhebliche Ladungsmengen zu befördern, die vorstehenden Forderungen nicht erfüllen können, müssen mindestens folgende Bedingungen einhalten:

(L in Meter)

1	Schiffe mit dem Kennzeichen <b>II</b> :	$L \leq 131 \text{ m}$	$W = 0,00133 L + 0,263$
		$131 \text{ m} \leq L \leq 242 \text{ m}$	$W = 0,00389 L - 0,072$
		$L \geq 242 \text{ m}$	$W = 0,00148 L + 0,512$
2	Schiffe mit dem Kennzeichen <b>III</b> :	$L \leq 116 \text{ m}$	$W = 0,00133 L + 0,263$
		$116 \text{ m} \leq L \leq 210 \text{ m}$	$W = \dots$
		$L \geq 210 \text{ m}$	$W = 0,00173 L + 0,457$
3	Schiffe mit dem Kennzeichen <b>IV</b> :	$L \leq 101 \text{ m}$	$W = \dots$
		$101 \text{ m} \leq L \leq 178 \text{ m}$	$W = \dots$
		$L \geq 178 \text{ m}$	$W = \dots$
4	Schiffe mit dem Kennzeichen <b>V</b> :	.	.
5	Schiffe mit dem Kennzeichen <b>VI</b> :	.	.
6	Schiffe mit dem Kennzeichen <b>VII</b> :	$L \leq 55 \text{ m}$	$W = \dots$
		$55 \text{ m} \leq L \leq 91,5 \text{ m}$	$W = \dots$
		$L \geq 91,5 \text{ m}$	$W = 0,00250 L + 0,375$

In beiden Fällen ist überall dort, wo sich nach den vorstehenden Formeln für W-Werte ergeben, die größer als 1 sind, stets  $W = 1$  zu setzen.

- (c) Wird die Verwaltung davon überzeugt, daß es praktisch undurchführbar ist, für irgendein Schiff diese Vorschriften einzuhalten, kann die Verwaltung solche Erleichterungen zugestehen, die ihr unter Beachtung aller Umstände als gerechtfertigt erscheinen.

Regel 6: Restfreibord und Leckstabilität

- (a) Eine Beschädigung des Schiffes gilt als ertragbar, wenn der Restfreibord und die metazentrische Resthöhe positiv sind und außerdem die beiden folgenden Bedingungen erfüllt werden:

I. Symmetrische Überflutungen:

$$\frac{Fb_R \cdot \overline{MG}_R}{B/2 - l} \geq h_{Pers.} + h_{Wind} \quad \text{und}$$

$$\frac{h_{Pers.} + h_{Wind}}{\overline{MG}_R} \leq 0,21$$

II. Unsymmetrische Überflutungen:

$$\frac{Fb_R \cdot \overline{MG}_R}{B/2 - l} \geq h_{Pers.} + h_{Wind} + h_{Unsymmetrie}$$

$$\frac{h_{Pers.} + h_{Wind} + h_{Unsymmetrie}}{\overline{MG}_R} \leq 0,21 \quad \text{und}$$

Dabei ist die Berechnung der metazentrischen Resthöhe nach der Methode des fortfallenden Auftriebs durchzuführen. Die Hebelarme der krängenden Momente  $h_{Pers.}$ ,  $h_{Wind}$  und gegebenenfalls  $h_{Unsymmetrie}$  sind je nach Schiffslänge wie folgt zu berechnen:

I. Durch den einseitigen Personenaufenthalt hervorgerufenen Krängungsmoment:

Es ist anzunehmen, daß sich die nachstehende Anzahl von Personen an Seite Deck aufhält:

$$L \leq 80 \text{ m} : N = 3 L \quad (L \text{ in Meter})$$

$$L > 80 \text{ m} : N = 0,1L^2 - 5L$$

In den Fällen, in denen sich nach den Formeln eine größere Personenanzahl ergibt als das Schiff befördern darf, ist mit der höchstzulässigen Personenzahl zu rechnen.

Unter Berücksichtigung der auf diese Weise ermittelten Personenzahl ist der krängende Hebelarm wie folgt zu berechnen:

$$h_{\text{Pers.}} = \frac{N \cdot P}{D} \cdot e$$

Das Gewicht einer Person ist mit 75 kg anzusetzen; die Verteilungsdichte der Personen an Seite Deck ist mit  $4 \frac{\text{Pers.}}{\text{m}^2}$  anzunehmen.

II. Durch seitlich einkommenden Wind hervorgerufenes Krängungsmoment:

Es ist anzunehmen, daß das beschädigte Schiff einem seitlichen Winddruck ausgesetzt ist, dem je nach Schiffslänge die folgende Windstärke zugrunde zu legen ist:

$L \leq 100 \text{ m}$	:	Windstärke nach Beaufort	=	2
$100 \text{ m} \leq L \leq 150 \text{ m}$	:	"	"	= $0,1L - 8$
$L \geq 150 \text{ m}$	:	"	"	= 7

(L in Meter)

Die zu diesen Windstärken zugehörigen krängenden Hebelarme sind wie folgt zu berechnen:

$$h_{\text{Wind}} = 0,65 \vartheta \frac{v_L^2 \cdot F \cdot a}{D}$$

Für die Windgeschwindigkeit  $v_L$  sind Werte anzunehmen, die den zu berücksichtigenden Windstärken wie folgt entsprechen:

Windstärke 2:	$v_L = 2,0 \text{ m/s}$
" 3:	$v_L = 4,0 \text{ m/s}$
" 4:	$v_L = 6,4 \text{ m/s}$
" 5:	$v_L = 9,0 \text{ m/s}$
" 6:	$v_L = 12,0 \text{ m/s}$
" 7:	$v_L = 15,0 \text{ m/s}$

III. Durch unsymmetrische Flutung hervorgerufenenes Krängungs-  
moment:

Unsymmetrische Flutungen sind durch geeignete Maßnahmen auf ein Mindestmaß zu beschränken. Sind zur Vermeidung unsymmetrischer Flutungen Querflutungseinrichtungen vorgesehen, so darf mit einer symmetrischen Flutung gerechnet werden, wenn dies von der Verwaltung genehmigt wird. In allen anderen Fällen ist für das aufrecht schwimmende Schiff der durch die Unsymmetrie hervorgerufene krängende Hebelarm  $k_{\text{Unsymmetrie}}$  durch eine Berechnungsart zu bestimmen, die die Lage, Abmessungen und innere bauliche Gestaltung des überfluteten Raumes berücksichtigt.

(b) Flügelschotte.

Werden die wasserdichten Querschotte in derselben Schottenebene oberhalb des Schottendecks als Flügelschotte weitergeführt, so kann dies berücksichtigt werden, indem in die vorstehenden Bedingungsgleichungen für  $l$  die Flügelschottlänge eingesetzt wird. Es ist jedoch stets nur die kürzeste Schottlänge der den lecken Raum oberhalb des Schottendecks begrenzenden Flügelschotte einzusetzen; bei durchgehenden Querschotten ist  $l = B/2$  zu setzen.

(c) Lockerungen der vorstehenden Forderungen dürfen nur in Ausnahmefällen und unter <sup>dem</sup> Vorbehalt zugelassen werden, daß sich die Verwaltung davon überzeugt hat, daß die Abmessungen, Einrichtungen und sonstigen besonderen Eigenschaften des Schiffes hinsichtlich der Sicherheit des lecken Schiffes die günstigsten sind, die unter den besonderen Umständen in praktischer Hinsicht vertretbar sind und erreicht werden können.

Regel 7: Flutbarkeit

Für Inhalt und Fläche der Räume sind folgende Flutbarkeitswerte anzunehmen:

Art der Räume:	Flutbarkeit:
Unterkunftsräume - - - - -	95%
Maschinenräume - - - - -	85%
Räume für Ladung oder Vorräte - - - - -	40 oder 60%*)
Räume für flüssige Ladungen - - - - -	0 oder 95%*)

\*) je nachdem, welcher Wert sich ungünstiger auswirkt.

Mit einer größeren Oberflächenflutbarkeit als angegeben ist zu rechnen, wenn Räume vorhanden sind, die innerhalb des Bereichs zwischen Schwimmwasserlinie und Schottendeck im wesentlichen frei von Einrichtungsgegenständen und sonstigen Einbauten sind und die im allgemeinen auch nicht durch irgendwelche Ladung oder Vorräte belegt sind.

**Regel 8: Besondere Vorschriften für die Unterteilung**

(In diesem Abschnitt müßte erläutert werden, wie Nischen, Stufen und Längsschotte zu behandeln sind. Es könnte hier auch-falls es für erforderlich gehalten wird - ein Mindestschottabstand vorgeschrieben werden; das gleiche gilt für den Mindest-Abteilungsstatus. Ferner wäre hier anzugeben, daß den Leckrechnungen die ungünstigsten Bedingungen, die im Betrieb auftreten können, zugrunde zu legen sind).

**Regel 9ff: Sonstige die Bauart der Schiffe betreffenden Vorschriften**

(Wahrscheinlich können die zur Zeit gültigen Regeln im wesentlichen beibehalten werden).

**Anhang: Die Berechnung des W-Wertes**

**(a) Ermittlung der flutbaren Abteilungen:**

Zur Berechnung des W-Wertes ist es erforderlich, vorher für eine gegebene Schottenstellung eine Leckrechnung durchzuführen. In dieser Leckrechnung ist zu ermitteln, welche

Abteilungen bzw. Gruppen benachbarter Abteilungen für sich allein geflutet werden können, ohne daß die in Regel 6, Absatz(a)' angegebenen Bedingungen verletzt werden.

(b) Ermittlung des W-Wertes:

Der W-Wert des Schiffes ist zu bilden, indem die den einzelnen flutbaren Abteilungen bzw. Abteilungsgruppen zugeordneten  $\Delta W$ -Werte addiert werden. Die Größe der jeweiligen  $\Delta W$ -Werte hängt von der Länge der flutbaren Abteilung bzw. Abteilungsgruppe sowie von der Schiffslänge ab. In den Fällen, in denen sich Abteilungsgruppen, die jeweils für sich allein geflutet werden können, überschneiden, sind nach Addition aller  $\Delta W$ -Werte die den doppelt erfaßten Abteilungen und Abteilungsgruppen zugeordneten  $\Delta W$ -Werte von der zuvor ermittelten Gesamtsumme wieder abzuziehen. Die  $\Delta W$ -Werte sind folgender Tabelle zu entnehmen:

$\frac{L}{l}$ \ L	50 m	60 m	70 m	...	100 m	120 m	140 m	...	200 m	250 m	300 m
0,01	0,000	0,000	0,001	...	0,001	...	...	...			0,001
0,02	0,000	...	.		.						.
0,03	0,001	...	.								.
.	.										.
.	.										.
0,10	0,015	...									0,063
0,12	0,021	...									.
0,14	0,029	...									.
.	.										.
.	.										.
.	.										.
.	.										.

Zwischenwerte sind zu interpolieren!

(Statt in Tabellenform können die  $\Delta W$ -Werte auch formelmäßig angegeben werden).

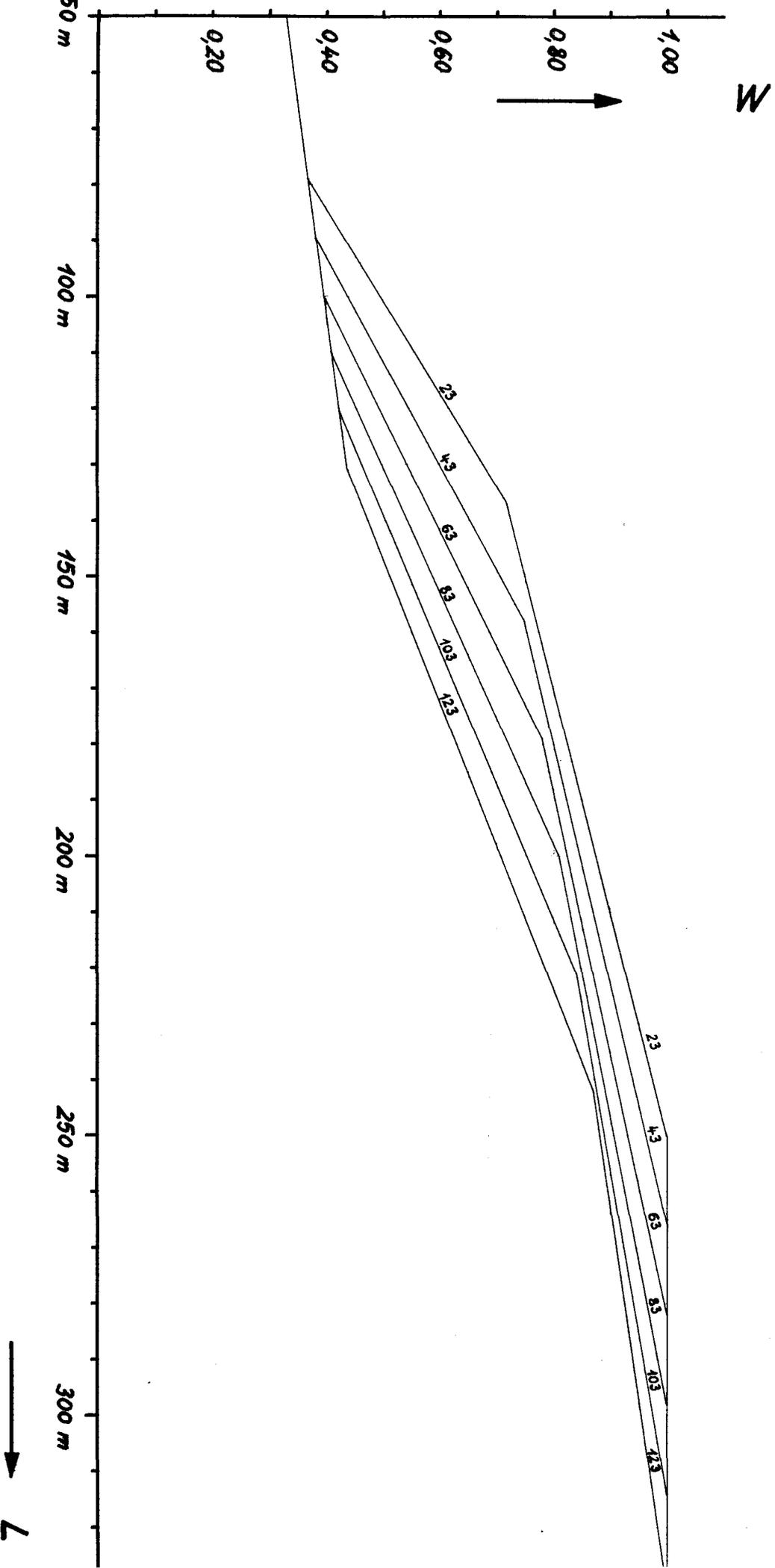
oder in Diagrammform

Graphische Darstellung der in der vorgeschlagenen Unterteilungsvorschrift enthaltenen Forderungen

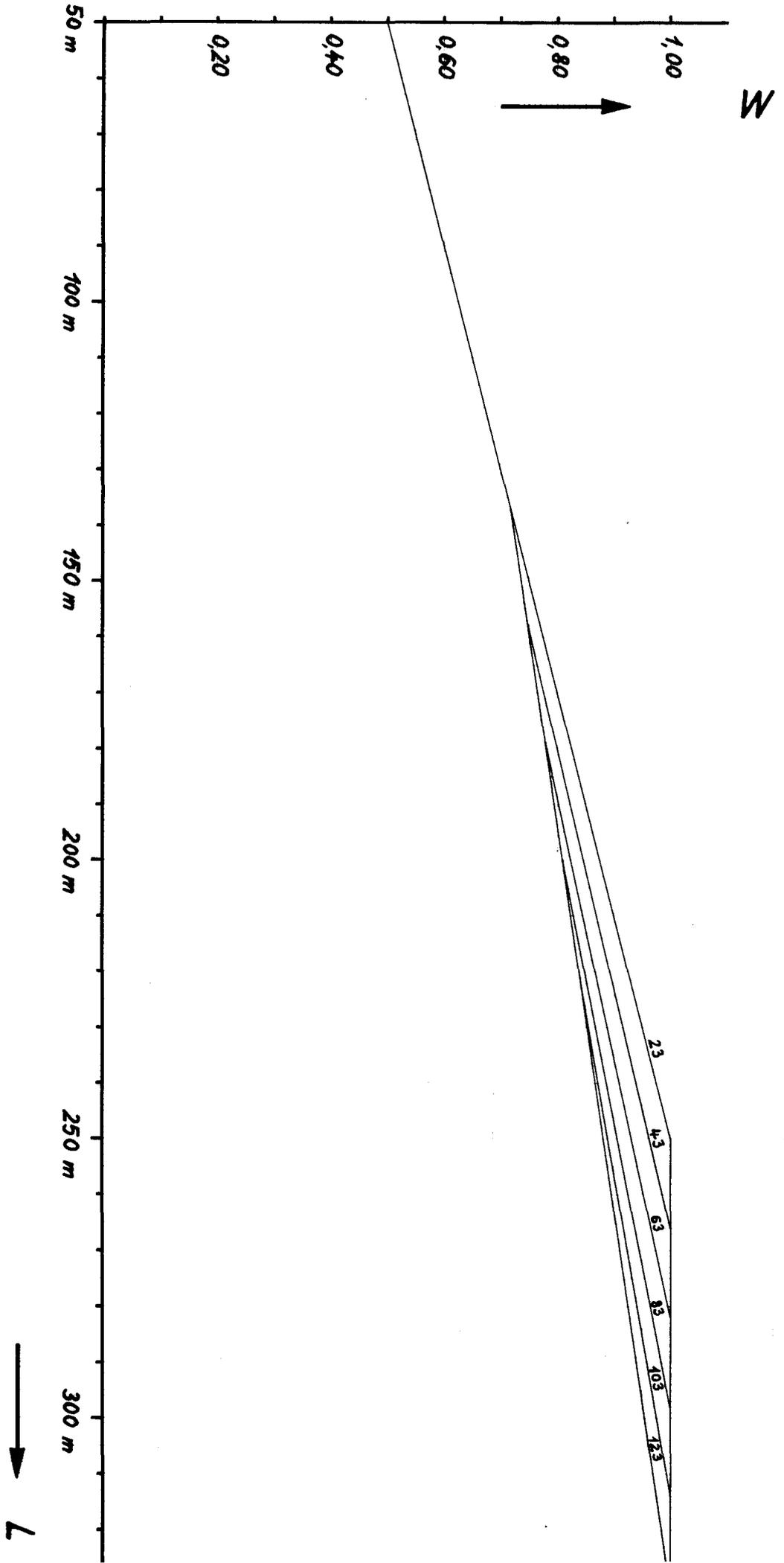
**Bild 1 bis 4 : Darstellung der geforderten Mindest-W-Werte in Abhängigkeit von der Schiffslänge und dem Kennzeichen des Verwendungszwecks**

**Bild 5 bis 6 : Darstellung der in den Leckstabilitätsforderungen zu berücksichtigenden Stabilitätsbeanspruchungen in Abhängigkeit von der Schiffslänge**

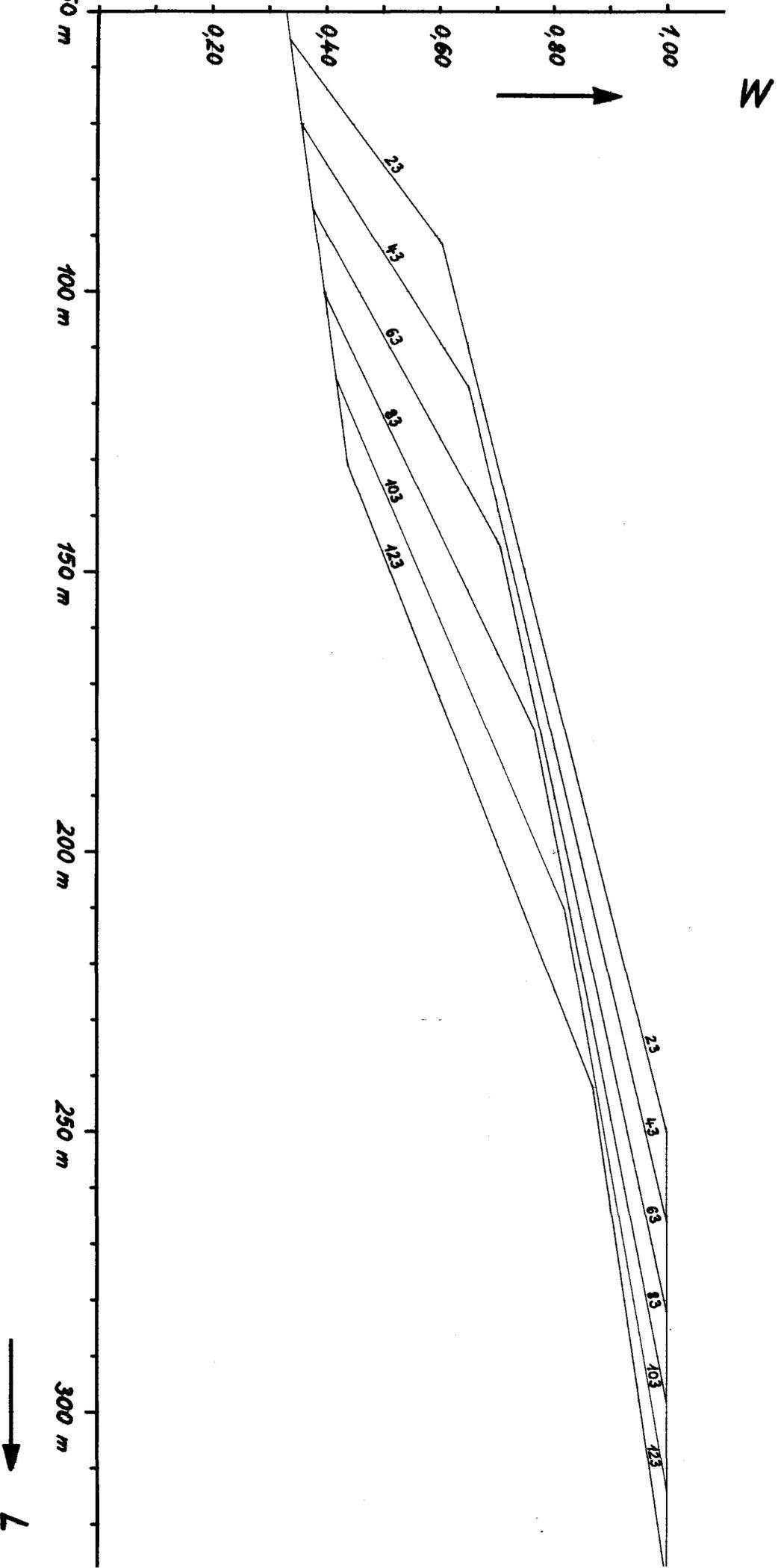
**Bild 1 : Fahrgastschiffe mit ausreichendem Bootsraum**



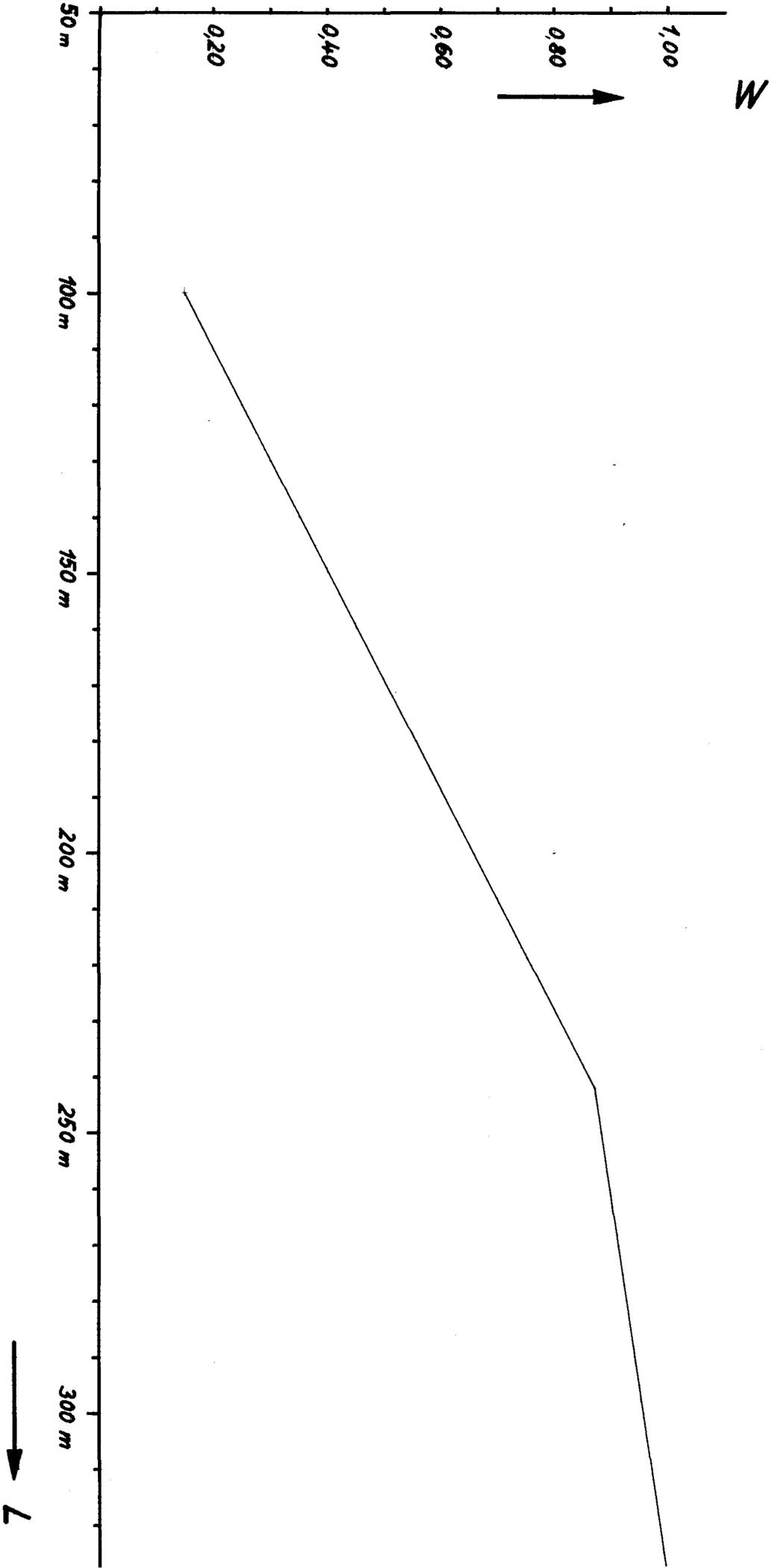
**Bild 2 : Fahrgastschiffe mit nicht ausreichendem Bootsraum, die vornehmlich Fahrgäste befördern**



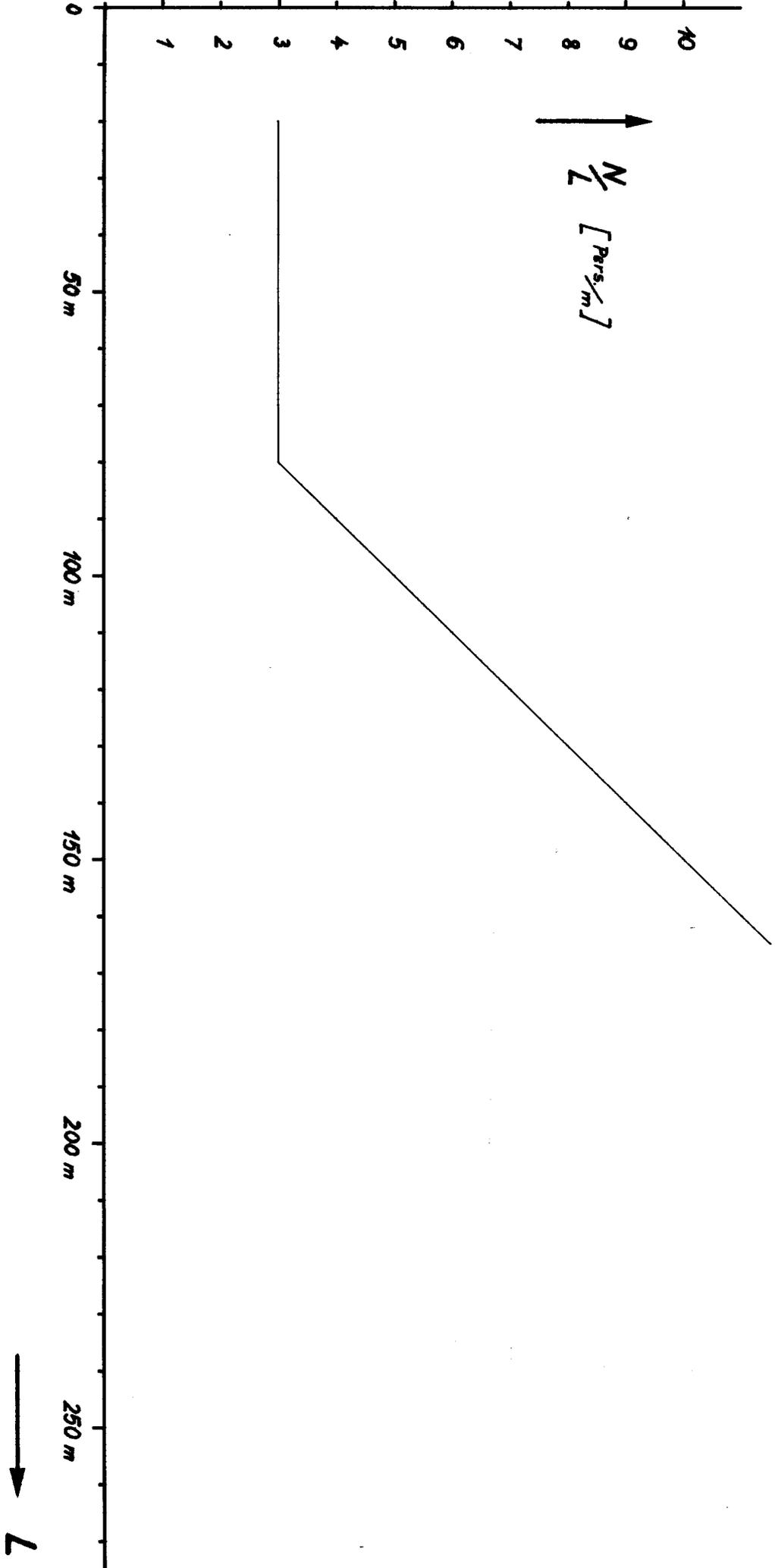
**Bild 3 : Fahrgastschiffe mit nicht ausreichendem Bootsraum, die erhebliche Ladungsmengen befördern**



**Bild 4 : Schiffe mit weniger als zwölf Fahrgästen (Frachtschiffe)**



**Bild 5 : Auf die Schiffslänge bezogene Personenzahl, die bei der Berechnung des Personen-Normmoments zugrunde zu legen ist**



**Bild 6 : Windstärke nach Beaufort, die bei der Berechnung des Winddruck-Normmoments zugrunde zu legen ist**

