

(VkB1. 12/2010 Nr. 70 S. 219)

Nr. 70 Bekanntmachung der Erläuterungen zum internationalen Code über Intakstabilität aller Schiffstypen von 2008

Die Entschließung MSC.267(85) - mit dem als Anlage beigefügten Code über Intakstabilität aller Schiffstypen von 2008 (Code von 2008) wurde vom Schiffssicherheitsausschuss MSC der Internationalen Seeschiffahrtsorganisation auf seiner 85. Sitzung am 4. Dezember 2008 angenommen. Der Code von 2008 wird sowohl über das Internationale Übereinkommen von 1974 zum Schutz des menschlichen Lebens auf See (SOLAS) in der zuletzt geänderten Fassung und das Protokoll von 1988 zu dem Internationalen Freibord-Übereinkommen von 1966 ab dem 1. Juli 2010 verbindlich gemacht. Er ersetzt den bisherigen Code über Intakstabilität aller Schiffstypen vom 4. November 1993, Entschließung A 749(18) in der durch MSC.75 (69) geänderten Fassung.

Mit der Annahme des Intakstabilitäts-Codes von 2008 erkannte der Schiffssicherheitsausschuss an, dass zur Sicherstellung einer einheitlichen Auslegung und Anwendung sachdienliche Erläuterungen notwendig sind. Der Wortlaut dieser Erläuterungen wird nachfolgend veröffentlicht.

Bonn, den 07.06.2010
62361.2/2-SchSV

Bundesministerium für Verkehr,
Bau und Stadtentwicklung
Im Auftrag
Anneliese Jost

Ref. T1/2.03

MSC.1/Circ.1281
9. Dezember 2008

ERLÄUTERUNGEN ZUM INTERNATIONALEN CODE VON 2008 ÜBER INTAKTSTABILITÄT

- 1 Auf seiner fünfundachtzigsten Tagung (26. November bis 5. Dezember 2008) nahm der Schiffssicherheitsausschuss mit Entschließung MSC.267(85) den Internationalen Code von 2008 über Intakstabilität (IS-Code 2008) an. Mit der Annahme des Intakstabilitäts-Code von 2008 erkannte der Ausschuss an, dass zur Sicherstellung einer einheitlichen Auslegung und Anwendung sachdienliche Erläuterungen notwendig seien.
- 2 Zu diesem Zweck billigte der Ausschuss die in der Anlage wiedergegebenen Erläuterungen zum Intakstabilitäts-Code 2008, die der Unterausschuss „Stabilität und Freibord; Sicherheit von Fischereifahrzeugen“ auf seiner fünfzigsten Tagung (30. April bis 4. Mai 2007) ausgearbeitet hatte.
- 3 Die Erläuterungen sind dazu gedacht, für Verwaltungen und die Seeverkehrswirtschaft konkrete Hinweise bereitzustellen, die bei der einheitlichen Auslegung und Anwendung der Intakstabilitäts-Vorschriften des Intakstabilitäts-Code von 2008 helfen sollen.
- 4 Alle Mitgliedsregierungen werden ersucht, die Erläuterungen bei der Anwendung der mit Entschließung MSC.267(85) angenommenen Intakstabilitäts-Vor-

schriften des Intakstabilitäts-Code von 2008 heranzuziehen und sie allen Beteiligten zur Kenntnis zu bringen.

ANLAGE

ERLÄUTERUNGEN ZUM INTERNATIONALEN CODE VON 2008 ÜBER INTAKTSTABILITÄT

INHALTSVERZEICHNIS

KAPITEL 1 – ALLGEMEINES	2
1.1 Einführung	2
1.2 Zweck	2
KAPITEL 2 – TERMINOLOGIE	2
KAPITEL 3 – ENTSTEHUNG DER GEGENWÄRTIGEN STABILITÄTSKRITERIEN	3
3.1 Allgemeines	3
3.2 Hintergrund der Entstehung der Kriterien hinsichtlich der Eigenschaften der Kurven der aufrichtenden Hebelarme (Teil A des IS-Code 2008)	5
3.3 Hintergrund der Entstehung der Formel zur näherungsweise Ermittlung des GM0-Mindestwerts für kleine Fischereifahrzeuge (Teil B, Ziffer 2.1.5.1, des IS-Code 2008)	26
3.4 Literatur im Zusammenhang mit den Ziffern 3.1 bis 3.3	29
3.5 Hintergrund der Entstehung des Kriteriums für das Verhalten des Schiffes bei Starkwind und beim Rollen (Wetterkriterium)	30
3.6 Literatur im Zusammenhang mit Ziffer 3.5	43
KAPITEL 4 – HINWEISE ZUR ANWENDUNG DES INTAKTSTABILITÄTS-CODE VON 2008	44
4.1 Kriterien hinsichtlich der Eigenschaften der Kurven der aufrichtenden Hebelarme	44

ERLÄUTERUNGEN ZUM INTERNATIONALEN CODE VON 2008 ÜBER INTAKTSTABILITÄT

KAPITEL 1 – ALLGEMEINES

1.1 Einführung

Die in Teil A (obligatorisch) und Teil B (empfehlend) des Intakstabilitäts-Code von 2008 enthaltenen Kriterien sind als Vorschriften zu wertende Regeln auf der Grundlage von Schiffsbetriebsstatistiken und Wetterkriterien, die zur Mitte des 20. Jahrhunderts gesammelt worden waren. Um

ein sachgerechtes Verständnis und eine ebensolche Anwendung dieser Kriterien zu ermöglichen, werden in Kapitel 3 ihre Entstehung und Weiterentwicklung dargestellt.

1.2 Zweck

Zweck der vorliegenden Erläuterungen ist es, die Benutzer des Code über die Geschichte, den Hintergrund und das Verfahren der Ausarbeitung der in Teil A des Intakstabilitäts-Code von 2008 dargestellten zur Zeit gültigen Stabilitätskriterien zu unterrichten.

KAPITEL 2 – TERMINOLOGIE

Es ist zu beachten, dass die unten aufgeführten Begriffe zwar allgemein gebräuchlich sind; es handelt sich dabei jedoch nicht um diejenigen, die in Abschnitt 2.2 des MSC-Rundschreibens MSC/Circ.920 mit dem englischen Titel MODEL LOADING AND STABILITY MANUAL in Tabelle 1 erläutert sind; letztere beruhen auf ISO-Normen (ISO 7462 und ISO 7463).

Besondere Sorgfalt ist bei asymmetrischer Verteilung von Gewicht und Auftrieb angezeigt.

Ausdruck laut IS-Code 2008	Ausdruck laut MSC/Circ.920	Erklärung
LCG	XG	Schwerpunkt in Längsrichtung [englisch: Longitudinal Centre of Gravity] (Angabe in m vom achteren Lot) Abstand in Längsrichtung vom Bezugspunkt zum Schwerpunkt; Bezugspunkt ist üblicherweise das achtere Lot (vorlich + / achteraus –)
TCG	YG	Schwerpunkt in Dwarsrichtung [englisch: Transversal Centre of Gravity] (Angabe in m von der Mittellinie) Abstand in Dwarsrichtung vom Bezugspunkt zum Schwerpunkt; Bezugspunkt liegt auf der Mittellinie (backbords + / steuerbords –)
VCG	KG	Schwerpunkt in der Senkrechten [englisch: Vertical Centre of Gravity] (Angabe in m über der Wasserlinienfläche) senkrechter Abstand vom Bezugspunkt zum Schwerpunkt; Bezugspunkt liegt auf der Wasserlinienfläche (aufwärts + / abwärts –)
LCB	XB	Auftriebsmittelpunkt in Längsrichtung [englisch: Longitudinal Centre of Buoyancy] (Angabe in m vom achteren Lot) Abstand in Längsrichtung vom Bezugspunkt zum Auftriebsmittelpunkt; Bezugspunkt ist üblicherweise das achtere Lot (vorlich + / achteraus –)
TCB	—	Auftriebsmittelpunkt in Dwarsrichtung [englisch: Transversal Centre of Buoyancy] (Angabe in m von der Mittellinie) Abstand in Dwarsrichtung vom Bezugspunkt zum Auftriebsmittelpunkt; Bezugspunkt liegt auf der Mittellinie (backbords + / steuerbords –)

Ausdruck laut IS-Code 2008	Ausdruck laut MSC/Circ.920	Erklärung
VCB	—	Auftriebsmittelpunkt in der Senkrechten [englisch: Vertical Centre of Buoyancy] (Angabe in m über der Wasserlinienfläche) senkrechter Abstand vom Bezugspunkt zum Auftriebsmittelpunkt; Bezugspunkt liegt auf der Wasserlinienfläche (aufwärts + / abwärts –)
LCF	XF	Mittelpunkt der Wasserlinienfläche in Längsrichtung [englisch: Longitudinal Centre of Flotation] (Angabe in m vom achteren Lot) Abstand in Längsrichtung vom Bezugspunkt zum Mittelpunkt der Wasserlinienfläche; Bezugspunkt ist üblicherweise das achtere Lot (vorlich + / achteraus –)
TCF	—	Mittelpunkt der Wasserlinienfläche in Dwarsrichtung [englisch: Transversal Centre of Flotation] (Angabe in m von der Mittellinie) Abstand in Dwarsrichtung vom Bezugspunkt zum Mittelpunkt der Wasserlinienfläche; Bezugspunkt liegt auf der Mittellinie (backbords + / steuerbords –)

Auf alle Fälle ist es äußerst wichtig, die Bezugspunkte/-flächen unzweideutig festzulegen und die Plus- beziehungsweise Minus-Zeichen zur Bezeichnung der Richtung entsprechend dem Koordinatensystem des Schiffes korrekt anzugeben.

KAPITEL 3 – ENTSTEHUNG DER GEGENWÄRTIGEN STABILITÄTSKRITERIEN

3.1 Allgemeines

3.1.1 Der Schiffssicherheitsausschuss hatte den Unterausschuss „Stabilität und Freibord; Sicherheit von Fischereifahrzeugen“ (SLF) darum ersucht, einen Katalog von Intakstabilitäts-Vorschriften auszuarbeiten, der für alle Schiffstypen gelten und letztendlich in das SOLAS-Übereinkommen von 1974 eingearbeitet werden sollte. Die Arbeitsgruppe „Intakstabilität“ (IS) sah bei der Erörterung dieses Themas auf der dreiunddreißigsten Tagung des Unterausschusses (SLF 33) die verfahrensmäßigen Probleme voraus, die sich daraus ergeben würden, dass ein umfangreicher Katalog von Stabilitätskriterien, der für unterschiedliche Schiffstypen gelten sollte, in das Übereinkommen eingearbeitet werden sollte, und erkannte auch an, dass diese Kriterien nicht in kurzer Zeit ausgearbeitet werden könnten. Die Arbeitsgruppe empfahl, dass stattdessen daran gedacht werden sollte, einen umfassenden Code auszuarbeiten, in dem die damals geltenden Stabilitätskriterien zusammengefasst werden sollten, die in sämtlichen IMO-Empfehlungen und -Codes für verschiedene Schiffstypen enthalten waren. Kriterien für weitere Schiffstypen könnten später nachgetragen werden, wenn über jeden einzelnen Schiffstyp beraten und ein Kriterium ausgearbeitet worden sei. Die Arbeitsgruppe regte weiterhin an, entweder in das SOLAS-Übereinkommen von 1974 eine grundsätzliche Stabilitätsnorm

aufzunehmen und für einzelne Schiffstypen auf den Code zu verweisen oder aber, dass nur eine schlichte Bezugnahme auf den Code erfolgen sollte. Der Entwurf des Code könne in zwei Teile gegliedert werden: einen Teil A, der verbindliche Vorschriften enthalte, und einen Teil B, der Vorschriften empfehlenden Charakters enthalte. Der Ausarbeitung des Entwurfs des Code wurde Priorität eingeräumt [IMO 1988].

3.1.2 Bei der Erörterung des Vorschlags der obengenannten Arbeitsgruppe war sich der Unterausschuss auf seiner dreiunddreißigsten Tagung (SLF 33) darin einig, dass die Erstellung eines Stabilitätscode für alle von IMO-Rechtsinstrumenten erfassten Schiffe (IS-Code) von großem Wert wäre, weil auf diese Weise die allgemein anerkannten und die besonderen Stabilitätsvorschriften für alle Arten von Schiffen in einer einzigen Veröffentlichung vereint würden und unkompliziert auf sie zugegriffen werden könnte. Diesem Umstand wurde große Bedeutung zugemessen, da Stabilitätsvorschriften in zahlreichen verschiedenen Dokumenten verstreut waren, was ihre Verwendung durch Schiffbauer und Behörden schwierig machte [IMO 1988a]. Der Unterausschuss legte darauf Wert, dass der Code Anweisungen zu betrieblichen Verfahrensweisen ebenso enthalten solle wie technische Kennwerte für den Schiffsentwurf. Diese Vorgehensweise wurde vom Schiffssicherheitsausschuss auf seiner siebenundfünfzigsten Tagung gutgeheißen.

3.1.3 Die Zusammenstellung der in verschiedenen IMO-Rechtsinstrumenten enthaltenen Stabilitätsvorschriften und die Erstellung eines ersten Entwurfs des Code wurde von Polen übernommen und der IMO vorgelegt [IMO 1990]. Dieser Entwurf bildete die Grundlage für die Ausarbeitung des Code, der entsprechend dem polnischen Vorschlag die nachstehend genannten Vorschriften enthalten sollte [Kobyliński 1989]:

- .1 Schiffbau;
- .2 physikalische Kennwerte von Schiffen;
- .3 an Bord verfügbare Angaben und Schiffsfahrtszeichen;
- .4 Betrieb.

3.1.4 Der Unterausschuss nahm schließlich auf seiner fünfunddreißigsten Tagung (SLF 35) diesen Arbeitsrahmen an und beschloss gleichzeitig, dass der Code empfehlenden Charakter haben sollte. Die Endfassung des Entwurfs wurde vom Unterausschuss auf seiner siebenunddreißigsten Tagung (SLF 37) verabschiedet und anschließend von der IMO-Vollversammlung mit Entschließung A.749(18) angenommen [IMO 1993]. Im Jahr 1998 wurde er dann mit Entschließung MSC.75(69) geändert. Der Code wurde als ein „lebendiges“ Dokument angesehen, das ständig auf eventuellen Änderungsbedarf hin beobachtet werden sollte und in das alle von der IMO neu erlassenen Vorschriften eingearbeitet werden sollten.

3.2 Hintergrund der Entstehung der Kriterien hinsichtlich der Eigenschaften der Kurven der aufrichtenden Hebelarme (Teil A des IS-Code 2008)

3.2.1 Einführung

3.2.1.1 Die auf der Grundlage statistischer Untersuchungen entwickelten Stabilitätskriterien waren ursprünglich in den Entschlüssen A.167(ES.IV) und

A.168(ES.IV) enthalten. Sie waren das Ergebnis von Erörterungen auf mehreren Tagungen des Unterausschusses „Fragen von Unterteilung und Stabilität“ (STAB), eines Vorläufers des Unterausschusses „Stabilität und Freibord; Sicherheit von Fischereifahrzeugen“ (SLF) und der Arbeitsgruppe „Intaktstabilität“ (IS). Dabei herrschte allgemeine Übereinstimmung in dem Punkt, dass die Kriterien auf der Grundlage einer statistischen Untersuchung von Stabilitätsparametern von Schiffen, die Unfälle erlitten hatten, und von Schiffen, die sicher betrieben wurden, ausgearbeitet werden sollten.*

3.2.1.2 Die Arbeitsgruppe „Intaktstabilität“ einigte sich auf ein Arbeitsprogramm, das letztlich folgende Punkte umfasste:

- .1 Zusammenstellung, Untersuchung und Bewertung bereits bestehender innerstaatlicher Vorschriften und Empfehlungen über Stabilität;
- .2 Bewertung von Stabilitätsparametern, die als Stabilitätskriterien verwendet werden könnten;
- .3 Sammlung von Stabilitätskennwerten derjenigen Schiffe, die an Unfällen beteiligt waren oder die gefährliche Krängungssituationen unter Umständen durchgemacht haben, die eine unzureichende Stabilität nahelegen;
- .4 Sammlung von Stabilitätskennwerten derjenigen Schiffe, die mit sicherer Erfahrung betrieben werden;
- .5 vergleichende Untersuchung von Stabilitätsparametern von Schiffen, die an Unfällen beteiligt waren, und von Schiffen, die sicher betrieben werden;
- .6 schätzungsweise Ermittlung kritischer Werte ausgewählter Stabilitätsparameter;
- .7 Gegenüberstellung von Kriterien, die akademisch ausformuliert worden sind, und den Kriterien einer bestimmten Anzahl tatsächlich vorhandener Schiffe.

3.2.1.3 Bei der Untersuchung bereits bestehender innerstaatlicher Stabilitätsvorschriften (vorstehende Ziffer 3.2.1.2.1) [IMO 1964] ergab sich eine nennenswerte Gleichmäßigkeit bei der Verwendbarkeit bestimmter Parameter als Stabilitätskriterien. Es wurde auch festgestellt, dass in vielen Ländern die Neigung bestand, ein Wetterkriterium zu berücksichtigen. Allerdings wurde das Wetterkriterium damals von der Arbeitsgruppe „Intaktstabilität“ nicht in ihre Überlegungen einbezogen.

3.2.1.4 Bei der Umsetzung obiger Ziffer 3.2.1.2.2 befasste sich die Arbeitsgruppe „Intaktstabilität“ gezielt mit einigen Parametern, welche die Kurve der aufrichtenden Hebelarme für das ruhende Schiff ($V = 0$) in stillem Wasser beschreiben. Dies geschah ungeachtet der Tatsache,

* Eine ausführliche Darstellung der Tätigkeit dieser IMO-Gremien sowie der bei der Erstellung der Stabilitätsnormen angewandten Methode findet sich in den Arbeiten von Nadeinski und Jens [1968] sowie von Thompson und Tope [1970].

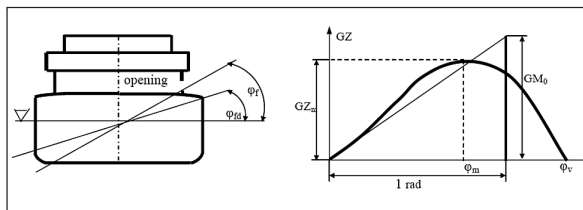
dass sich die Hebelarmkurve der statischen Stabilität verändert, wenn sich ein Schiff im Seegang bewegt. Es wurde jedoch auch beschlossen, dass die einzige praktische Lösung die Verwendung der „stipulierten“ Hebelarmkurve sei und dass diese Kurve unter Verwendung der folgenden Parameter beschrieben werden könne:

- .1 anfängliche Stabilität – GM_0 ,
- .2 aufrichtende Hebelarme bei gegebenen Krängungswinkeln –
 $GZ_{10}, GZ_{20}, GZ_{30}, GZ_{40}, GZ_{\varphi}, GZ_m$,
- .3 Krängungswinkel – $\varphi_m, \varphi_v, \varphi_f, \varphi_{fd}$,
- .4 Hebelarme dynamischer Stabilität –
 $e_{20}, e_{30}, e_{40}, e_{\varphi}$.

3.2.1.5 Die Anzahl an Stabilitätsparametern, die als Stabilitätskriterien verwendet werden können, sollte jedoch beschränkt werden. Daher beschloss die Arbeitsgruppe „Intaktstabilität“ bei ihrer Untersuchung der in verschiedenen innerstaatlichen Stabilitätsvorschriften verwendeten Parameter, dass die nachstehenden acht Parameter zwecks weiterer Prüfung ausgesondert werden müssten: $GM_0, GZ_{20}, GZ_{30}, GZ_m, \varphi_m, \varphi_v, \varphi_{fd}, e$.

3.2.1.6 Im Rahmen der Umsetzung obiger Ziffer 3.2.1.2.3 wurde ein besonderer Vordruck für Unfallberichte erstellt und an die IMO-Mitgliedstaaten versandt [IMO 1963]. Dabei wurde darum ersucht, den Vordruck unter Angabe von möglichst vielen Einzelheiten des jeweiligen Unfalls sorgfältig auszufüllen. Insgesamt kamen Unfallberichte für 68 Fahrgast- und Frachtschiffe sowie für 38 Fischereifahrzeuge zusammen [IMO 1966, 1966a]. In einer späteren Reaktionsperiode übermittelten einige Länder weitere Unfallberichte, so dass bei einer zweiten Auswertungsrunde, die 1985 stattfand, Daten für 93 Fahrgast- und Frachtschiffe sowie für 73 Fischereifahrzeuge zur Verfügung standen [IMO 1985]. Auf der Grundlage der vorgelegten Daten wurden dann Tabellen mit den Einzelheiten von Unfällen erstellt.

Abbildung 1 – Erklärung der Begriffe „Hebelarme“ und „Krängungswinkel“



opening = Öffnung

3.2.1.7 Im Rahmen der Umsetzung obiger Ziffer 3.2.1.2.4 wurden die Stabilitätskennwerte von 62 Fahrgast- und Frachtschiffen sowie von 48 Fischereifahrzeugen, die sicher betrieben worden waren, gesammelt; zu diesem Zweck wurde eine besondere Anweisung erstellt, die genaue Spezifikationen der Art und Weise enthielt, wie die Stabilitätsinformationen vorzulegen seien. Auch für diese Schiffe wurden Tabellen von Stabilitätsparametern erstellt.

3.2.1.8 Gemäß obiger Ziffer 3.2.1.2.5 wurde eine Analyse der gesammelten Daten vorgenommen, deren Ergebnis der IMO in verschiedenen Papieren zugeleitet wurde,

und zwar getrennt für Fahrgast- und Frachtschiffe einerseits und für Fischereifahrzeuge andererseits [IMO 1965; 1966; 1966a; 1966b].

3.2.1.9 Nach Annahme der IMO-Entschlüsseungen A.167(ES.IV) und A.168(ES.IV) sowie nach Erhebung weiterer Unfalldaten mit Relevanz für die Intaktstabilität wurde beschlossen, die Untersuchung zu wiederholen, um herauszufinden, ob aufgrund der zusätzlich erhobenen Daten bestimmte Schlussfolgerungen aus der ersten Untersuchung revidiert werden müssten. Die zweite Untersuchung bestätigte jedoch im wesentlichen die bei der ersten Untersuchung gewonnenen Ergebnisse [IMO 1985]. Im der weiteren Darstellung wird auf die Ergebnisse der zweiten Untersuchung Bezug genommen, die auf der umfangreicheren Datenlage beruhte.

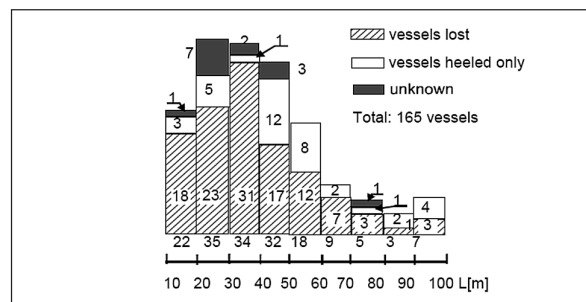
3.2.1.10 Die durchgeführte Untersuchung bestand aus zwei Teilen. Im ersten Teil wurden unfallerhebliche Einzelheiten ausgewertet, was es ermöglichte, wertende Schlussfolgerungen im Hinblick auf die Unfallumstände abzugeben und so allgemeine Sicherheits-Ratschläge zu erteilen. Im zweiten Teil wurden Stabilitätsparameter von Schiffen, von denen bekannt war, dass sie an Unfällen beteiligt waren, mit Stabilitätsparametern von Schiffen verglichen, die sicher betrieben worden waren. Bei dieser Untersuchung wurden zwei Verfahren angewandt: Das erste war identisch mit dem von Rahola verwandten Verfahren [Rahola 1939], das zweite Verfahren war die Diskriminanzanalyse. Die Ergebnisse der Untersuchung der Unfalldaten mit Relevanz für die Intaktstabilität und der erste Teil der Analyse von Stabilitätsparametern sind in Ziffer 3.2.2.2 wiedergegeben. Die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse werden in Ziffer 3.2.2.3 dargestellt.

3.2.2 Ergebnisse der Analyse von Unfallberichten mit Relevanz für die Intaktstabilität und von Stabilitätsparametern

3.2.2.1 Analyse unfallerheblicher Einzelheiten

3.2.2.1.1 Die Abbildungen 2 bis 7 enthalten eine Aufschlüsselung unfallerheblicher Einzelheiten.

Abbildung 2 – Aufteilung gekenterter Schiffe nach ihrer Länge laut einer Zusammenstellung der IMO [1985]



vessels lost = gesunkene Schiffe
vessels heeled only = Schiffe, die nur Schlagseite bekamen
unknown = unbekannt
Total: 165 vessels = Gesamtzahl: 165 Schiffe

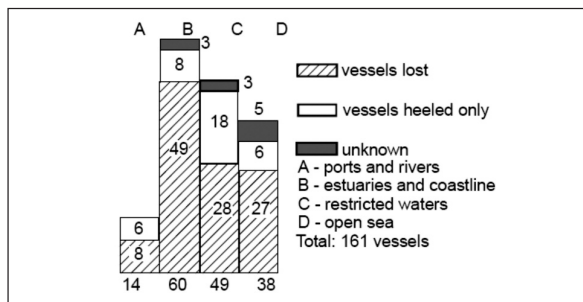
3.2.2.1.2 Von den 166 per Unfallbericht erfassten Unfällen entfielen 80 auf Frachtschiffe, einer auf ein kombiniertes Fracht- und Fahrgastschiff, einer auf ein Massengut-

schiff, vier auf Versorgungsschiffe für meeres-technische Einrichtungen, sieben auf Spezialschiffe und 73 auf Fischereifahrzeuge. Abbildung 2 zeigt, wie sich die Schiffslängen aufteilen. Dabei ergibt sich, dass in der Mehrzahl Schiffe von weniger als 60 m Länge an Unfällen beteiligt waren.

3.2.2.1.3 Es war eine große Vielfalt an Ladungen befördert worden, so dass sich diesbezüglich keine bestimmten Schlussfolgerungen ziehen lassen. Immerhin mag bemerkenswert sein, dass auf 35 der 80 per Unfallbericht erfassten Frachtschiffe Decksladung befördert worden war.

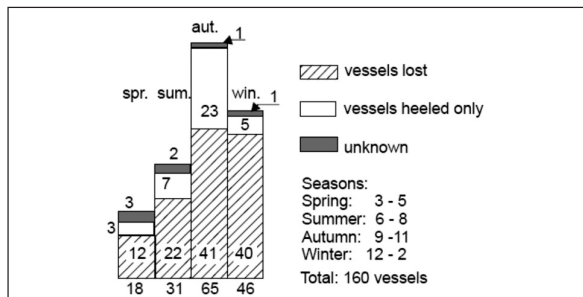
3.2.2.1.4 Abbildung 3 stellt das Ergebnis der Untersuchung zu den Unfallorten dar. Es fällt auf, dass die Mehrzahl an Unfällen (72 vom Hundert) in engen Fahrwassern, Flussmündungsgebieten und Gewässern entlang der Küste passierte. Dies leuchtet ein, denn die Mehrzahl der untergegangenen Schiffe waren kleine Fahrzeuge unter 60 m Länge. Aus der Untersuchung der Jahreszeiten, in denen sich die Unfälle ereigneten (Abbildung 4) ergibt sich, dass die gefährlichste Jahreszeit der Herbst ist (41 vom Hundert aller Unfälle geschahen im Herbst).

Abbildung 3 – Unfallort [IMO 1985]



vessels lost = gesunkene Schiffe
 vessels heeled only = Schiffe, die nur Schlagseite bekamen
 unknown = unbekannt
 A – ports and rivers = Häfen und Flussläufe
 B – estuaries and coastline = Flussmündungen und küstennaher Bereich
 C – restricted waters = enge Fahrwasser
 D – open sea = offene See
 Total: 161 vessels = Gesamtzahl: 161 Schiffe

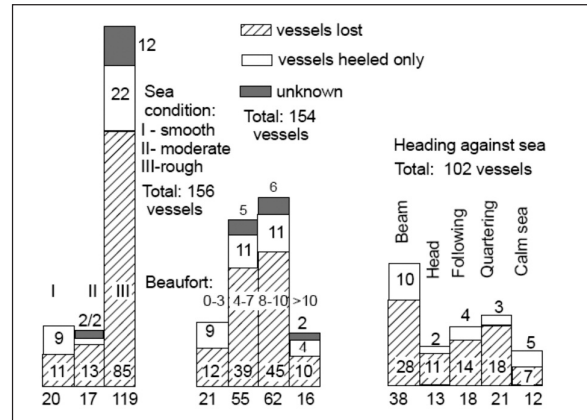
Abbildung 4 – Jahreszeitliche Aufteilung der Unfälle [IMO 1985]



spr. = Frühling
 sum. = Sommer
 aut. = Herbst
 win. = Winter

vessels lost = gesunkene Schiffe
 vessels heeled only = Schiffe, die nur Schlagseite bekamen
 unknown = unbekannt
 Seasons: = Jahreszeiten
 Spring: 3-5 = Frühling (März bis Mai)
 Summer: 6-8 = Sommer (Juni bis August)
 Autumn: 9-11 = Herbst (September bis November)
 Winter: 12-2 = Winter (Dezember bis Februar)
 Total: 160 vessels = Gesamtzahl: 160 Schiffe

Abbildung 5 – Seegangs- und Windverhältnisse beim Unfall [IMO 1985]



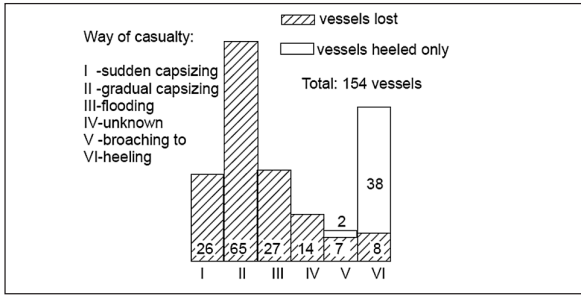
Sea condition: = Seegang
 I – smooth = I – glatte See
 II – moderate = II – mäßig bewegte See
 III – rough = III – rauhe See
 Total: 156 vessels = Gesamtzahl: 156 Schiffe
 Beaufort = Windstärke nach Beaufort
 vessels lost = gesunkene Schiffe
 vessels heeled only = Schiffe, die nur Schlagseite bekamen
 unknown = unbekannt
 Total: 154 vessels = Gesamtzahl: 154 Schiffe
 Heading against sea = Kurs relativ zur Dünung
 Total: 102 vessels = Gesamtzahl: 102 Schiffe
 Beam = Quersee
 Head = vorliche See
 Following = achterliche See
 Quartering = seitliche Hecksee
 Calm sea = ruhige See

3.2.2.1.5 Abbildung 5 stellt das Ergebnis der Untersuchung zu den Wetterbedingungen dar. Ungefähr drei Viertel aller Unfälle ereigneten sich in rauher See bei Windstärken zwischen 4 und 10 auf der Beaufort-Skala. Die betroffenen Schiffe fuhren meistens in einer Quersee, weniger oft in seitlicher Hecksee und achterlicher See.

3.2.2.1.6 Auch die genaue Unfallart wurde untersucht (Abbildung 6). Hier zeigte sich, dass die häufigsten Unfallarten allmähliches oder plötzliches Kentern waren. Bei ungefähr 30 vom Hundert der Unfälle gingen die Schiffe nicht unter, sondern bekamen nur Schlagseite.

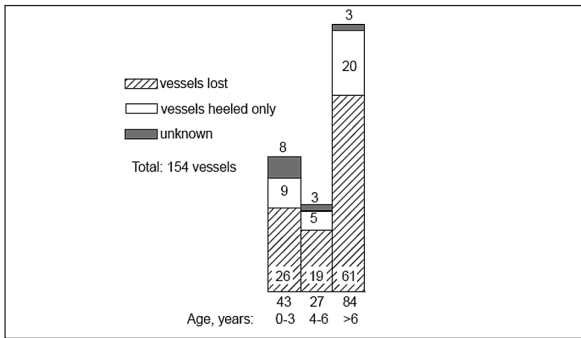
3.2.2.1.7 In Abbildung 7 wird die Analyse des Schiffsalters dargestellt. Aus dieser Analyse konnten keine bestimmten Schlussfolgerungen gezogen werden.

Abbildung 6 – Unfallart [IMO 1985]



Way of casualty = Unfallart
 I – sudden capsizing = plötzliches Kentern
 II – gradual capsizing = allmähliches Kentern
 III – flooding = Wassereinbruch
 IV – unknown = unbekannt
 V – broaching to = Aus-dem-Ruder-Laufen
 VI – heeling = Schlagseite
 vessels lost = gesunkene Schiffe
 vessels heeled only = Schiffe, die nur Schlagseite bekamen
 unknown = unbekannt
 Total: 154 vessels = Gesamtzahl: 154 Schiffe

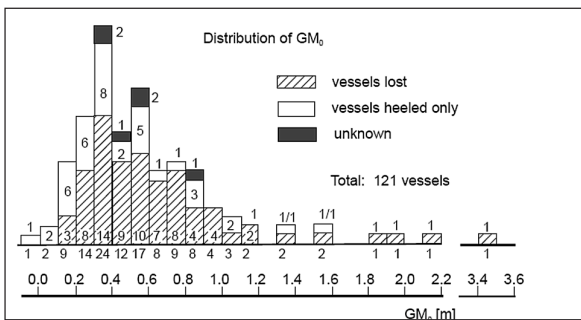
Abbildung 7 – Alter der Schiffe zum Unfallzeitpunkt [IMO 1985]



vessels lost = gesunkene Schiffe
 vessels heeled only = Schiffe, die nur Schlagseite bekamen
 unknown = unbekannt
 Total: 154 vessels = Gesamtzahl: 154 Schiffe
 Age years = Alter in Jahren

3.2.2.1.8 In den Abbildungen 8 bis 14 wird die Verteilung von Stabilitätsparametern für den Zustand der betroffenen Schiffe zum Unfallzeitpunkt dargestellt.

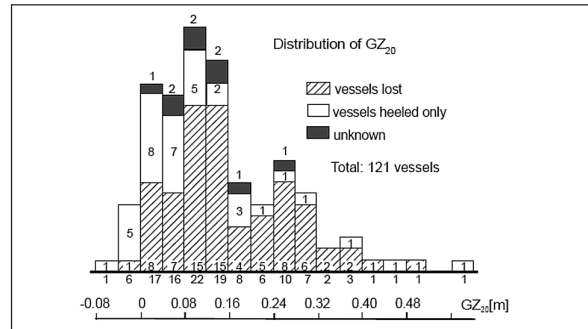
Abbildung 8 – Zustand der Schiffe zum Unfallzeitpunkt: Verteilung der GM_0 -Werte [IMO 1985]



Distribution of GM_0 = Verteilung der GM_0 -Werte
 vessels lost = gesunkene Schiffe

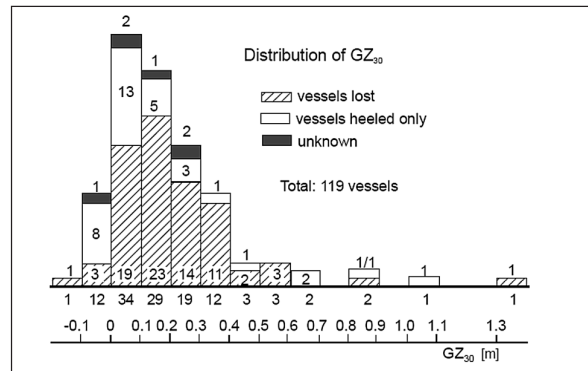
vessels heeled only = Schiffe, die nur Schlagseite bekamen
 unknown = unbekannt
 Total: 121 vessels = Gesamtzahl: 121 Schiffe

Abbildung 9 – Zustand der Schiffe zum Unfallzeitpunkt: Verteilung der GZ_{20} -Werte [IMO 1985]



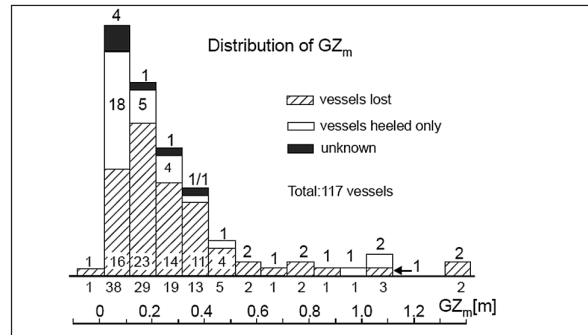
Distribution of GZ_{20} = Verteilung der GZ_{20} -Werte
 vessels lost = gesunkene Schiffe
 vessels heeled only = Schiffe, die nur Schlagseite bekamen
 unknown = unbekannt
 Total: 121 vessels = Gesamtzahl: 121 Schiffe

Abbildung 10 – Zustand der Schiffe zum Unfallzeitpunkt: Verteilung der GZ_{30} -Werte [IMO 1985]



Distribution of GZ_{30} = Verteilung der GZ_{30} -Werte
 vessels lost = gesunkene Schiffe
 vessels heeled only = Schiffe, die nur Schlagseite bekamen
 unknown = unbekannt
 Total: 119 vessels = Gesamtzahl: 119 Schiffe

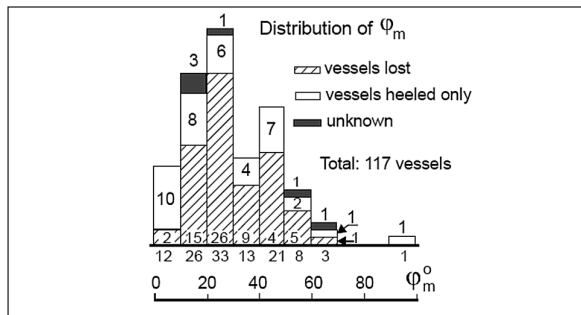
Abbildung 11 – Zustand der Schiffe zum Unfallzeitpunkt: Verteilung der GZ_m -Werte [IMO 1985]



Distribution of GZ_m = Verteilung der GZ_m -Werte
 vessels lost = gesunkene Schiffe
 vessels heeled only = Schiffe, die nur Schlagseite bekamen

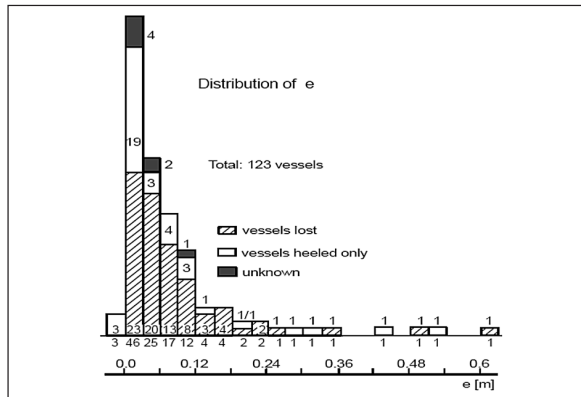
unknown = unbekannt
 Total: 117 vessels = Gesamtzahl: 117 Schiffe

Abbildung 12 – Zustand der Schiffe zum Unfallzeitpunkt: Verteilung der φ_m -Werte [IMO 1985]



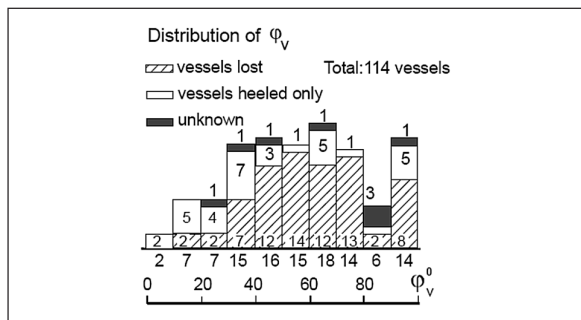
Distribution of φ_m = Verteilung der φ_m -Werte
 vessels lost = gesunkene Schiffe
 vessels heeled only = Schiffe, die nur Schlagseite bekamen
 unknown = unbekannt
 Total: 117 vessels = Gesamtzahl: 117 Schiffe

Abbildung 13 – Zustand der Schiffe zum Unfallzeitpunkt: Verteilung der e-Werte [IMO 1985]



Distribution of e = Verteilung der e-Werte
 vessels lost = gesunkene Schiffe
 vessels heeled only = Schiffe, die nur Schlagseite bekamen
 unknown = unbekannt
 Total: 123 vessels = Gesamtzahl: 123 Schiffe

Abbildung 14 – Zustand der Schiffe zum Unfallzeitpunkt: Verteilung der φ_v -Werte [IMO 1985]



Distribution of φ_v = Verteilung der φ_v -Werte
 vessels lost = gesunkene Schiffe
 vessels heeled only = Schiffe, die nur Schlagseite bekamen
 unknown = unbekannt
 Total: 114 vessels = Gesamtzahl: 114 Schiffe

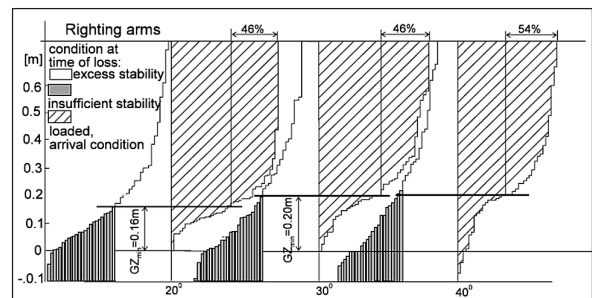
3.2.2.2 Analyse von Stabilitätsparametern unter Anwendung des Rahola-Verfahrens

3.2.2.2.1 Die Analyse der Stabilitätsparameter für den Zustand der Schiffe zum Unfallzeitpunkt erfolgte ähnlich wie beim Rahola-Verfahren in der Weise, dass ein Plott gefertigt wurde; in das Plott eingezeichnet wurden aber auch Vergleichsparameter von Schiffen, die sicher betrieben worden waren.

3.2.2.2.2 Die zur Analyse herangezogenen Parameter waren GM_0 , GZ_{20} , GZ_{30} , GZ_{40} , GZ_m , e_{40} und φ_m . Anhand der verfügbaren Daten wurden Histogramme erstellt, in welche die Werte der Stabilitätsparameter für den Zustand der Schiffe zum Unfallzeitpunkt eingetragen wurden. Dabei wurde damit begonnen, dass der höchste Wert links auf der Ordinate eingetragen wurde; dann ging es immer weiter nach unten bis zum niedrigsten Wert. Die Werte derselben Parameter für die sicher betriebenen Schiffe wurden auf der rechten Seite eingetragen, wobei mit dem niedrigsten begonnen und mit dem höchsten aufgehört wurde. Deshalb liegt der höchste Wert eines Parameters für Unfallschiffe neben dem niedrigsten Wert desselben Parameters für sicher betriebene Schiffe. Abbildung 15 ist ein Beispieldiagramm für Hebelarme unter Berücksichtigung aller untersuchten Schiffe. Bei der ursprünglichen Analyse [IMO 1966, 1966a, 1985] wurden Diagramme getrennt nach Frachtschiffen und Fischereifahrzeugen gezeichnet; letztere sind hier jedoch weggelassen worden.

3.2.2.2.3 Im Diagramm (nachstehende Abbildung 15) sind die Werte für den Zustand zum Unfallzeitpunkt schraffiert dargestellt; nur die Werte, die wegen außergewöhnlicher Umstände besonders zu betrachten sind, wurden nicht schraffiert. Rechts von der Ordinate wurden die Bereiche oberhalb der Stufen schraffiert, um die sicheren Fälle leichter von den unsicheren unterscheiden zu können. Die Begrenzungslinien, oder die imaginären Hebelarmkurven der statischen Stabilität, wurden genau so gezeichnet wie im Rahola-Diagramm. Die Stabilitätsparameter unterhalb der Begrenzungslinien werden als Prozentzahlen der Schiffe im Ankunfts Zustand in Tabelle 1 dargestellt. Niedrige Prozentsätze bedeuten im allgemeinen, dass leichter zwischen sicheren und unsicheren Bedingungen unterschieden werden kann.

Abbildung 15 – Plott der aufrichtenden Hebelarme von Schiffen zum Unfallzeitpunkt (nur Frachtschiffe) [IMO 1966, 1985]



Righting arms = aufrichtende Hebelarme
 condition at time of loss = Zustand zum Unfallzeitpunkt
 excess stability = überschüssige Stabilität
 insufficient stability = unzureichende Stabilität
 loaded, arrival condition = Beladungszustand bei der Ankunft

Tabelle 1 – Prozentsätze von Schiffen unterhalb der Begrenzungslinie

Stabilitätsparameter	Prozentsätze		
	alle Schiffe	Frachtschiffe	Fischereifahrzeuge
GZ ₂₀	39	54	26
GZ ₃₀	48	54	42
GZ ₄₀	48	46	48
e	55	56	53

3.2.2.2.4 Die oben beschriebene Art der Analyse ist nicht vollständig akademisch rigoros; sie beruht zum Teil auf Intuition und erlaubt eine willkürliche Bewertung. Unter dem Aspekt der praktischen Anwendbarkeit lieferte sie dennoch akzeptable Ergebnisse und wurde letzten Endes als Grundlage für die IMO-Stabilitätskriterien beschlossen.

3.2.2.3 Diskriminanzanalyse

3.2.2.3.1 Stehen zwei Datenmengen zur Verfügung, so wie im vorliegenden Fall Daten für gekenterte Schiffe und für als sicher angesehene Schiffe, und sind aus diesen beiden Datenmengen die kritischen Werte für bestimmte Parameter zu ermitteln, so kann das Verfahren der Diskriminanzanalyse angewandt werden.

3.2.2.3.2 Die Anwendung der Diskriminanzanalyse zum Schätzen der kritischen Werte von Stabilitätsparametern war in einem gemeinsamen Bericht [IMO 1966, 1966a] enthalten und stellte neben dem oben beschriebenen Rahola-Verfahren die Grundlage für die Ausarbeitung der IMO-Stabilitätskriterien dar.

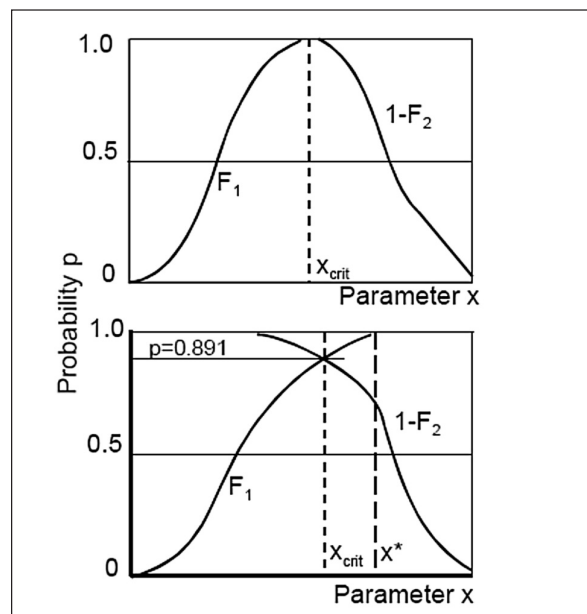
3.2.2.3.3 In dieser Untersuchung wurde die Diskriminanzanalyse jeweils unabhängig voneinander auf neun Stabilitätsparameter angewandt. Unter Verwendung von Daten aus Unfallberichten von Unfällen, bei denen die Intaktabilität eine Rolle gespielt hatte (Gruppe 1) und von Daten aus Intaktabilitätsberechnungen für als betriebssicher angesehene Schiffe (Gruppe 2) wurden die Verteilungsfunktionen geplottet, wobei für Gruppe 1 die Funktion F_1 und für Gruppe 2 die Funktion $(1 - F_2)$ benutzt wurden. Auf der Abszisse des Diagramms wurden die Werte für den jeweiligen Stabilitätsparameter geplottet, während auf den Ordinaten – ausgedrückt als Prozentsatz der Gesamtzahl an Schiffen – die Anzahl an Schiffen dargestellt wurde, bei denen der jeweilige Parameter kleiner war als der tatsächliche Wert für Schiffe der an Unfällen beteiligten Gruppe 1 und größer als der tatsächliche Wert für Schiffe der als sicher angesehenen Gruppe 2.

3.2.2.3.4 Der Schnittpunkt beider Kurven im Diagramm stellt den kritischen Wert des fraglichen Parameters dar. Dieser Wert teilt die Parameter von Gruppe 1 und Gruppe 2. Im Idealfall schneiden sich die Verteilungsfunktionskurven NICHT, und der kritische Wert des betreffenden Parameters liegt auf einem Punkt zwischen den beiden Kurven (siehe Abbildung 16).

3.2.2.3.5 In Wirklichkeit schneiden sich die beiden Kurven immer, und der kritische Wert des jeweiligen

Parameters wird am Schnittpunkt verortet. An diesem Punkt ist der Prozentsatz an gekenterten Schiffen mit einem Wert des betreffenden Parameters, der über dem kritischen Wert liegt, genau so groß wie der Prozentsatz an sicher betriebenen Schiffen mit einem Wert dieses Parameters, der unter dem kritischen Wert liegt.

3.2.2.3.6 So wurden anhand von IMO-Statistiken für Fracht- und Fahrgastschiffe sowie für Fischereifahrzeuge eine Reihe von Diagrammen für verschiedene Stabilitätsparameter erstellt. Eines der Diagramme ist in Abbildung 17 wiedergegeben. Es bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit des Kenterns eines Schiffes mit einem Parameter, der über dem kritischen Wert liegt, genau so groß ist wie die Wahrscheinlichkeit des sicheren Betriebs eines Schiffes mit einem Parameter, der unter dem kritischen Wert liegt.

Abbildung 16 – Schätzung des kritischen Parameters

Probability p = Wahrscheinlichkeit p
Parameter x = Parameter x

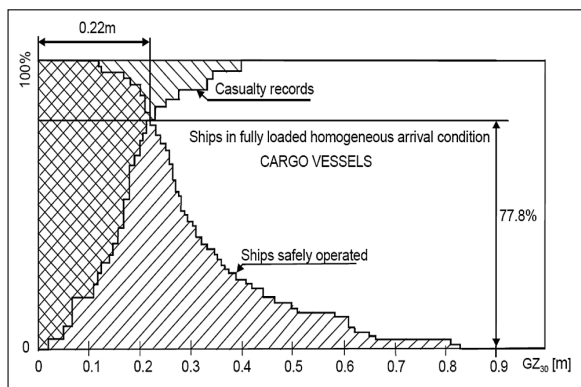
3.2.2.3.7 Um die Wahrscheinlichkeit eines sicheren Schiffsbetriebs zu erhöhen, sollte der Wert jedes Parameters bis zu einem bestimmten Überschusswert erhöht werden, etwa bis zum Wert x^* (Abbildung 16), bei dessen Erreichen die Wahrscheinlichkeit eines sicheren Schiffsbetriebs (auf der Grundlage der für die Untersuchung verfügbaren Datenmenge) 100 Prozent betrage. Dies würde jedoch zu einer unmäßigen Strenge des jeweiligen Kriteriums führen, das allerdings wegen unrealistischer Parameter-Werte üblicherweise in der Praxis gar nicht zum Tragen kommen kann. Dass Kurven, die auf diese Weise errechnet worden sind, sich schneiden, kann auf zweierlei Weise erklärt werden. Es ist möglich, dass Schiffe der Gruppe 2 mit einem Wert des fraglichen Parameters von $x < x_{crit}$ zwar unsicher sind, aber das Glück hatten, nicht in unmäßige Umweltverhältnisse zu geraten, die ein Kentern verursachen könnten. Andererseits könnte auch die Schlussfolgerung gezogen werden, die Betrachtung ei-

nes einzigen Stabilitätsparameters reiche zur Beurteilung der Stabilität eines Schiffes nicht aus.

3.2.2.3.8 Die zuletzt erwähnte Überlegung führte zu dem Versuch, die IMO-Datenbank für eine Diskriminanzanalyse zu benutzen, bei der gleich eine ganze Reihe von Stabilitätsparametern untersucht wurde [Krappinger und Sharma 1974]. Die Ergebnisse dieser Analyse standen jedoch erst zur Verfügung, nachdem der Unterausschuss „Stabilität und Freibord; Sicherheit von Fischereifahrzeugen“ (SLF) die in den Entschliefungen A.167(ES.IV) und A.168(ES.IV) enthaltenen Kriterien angenommen hatte, und fanden deshalb keine Berücksichtigung.

3.2.2.3.9 Wie aus Abbildung 17 hervorgeht, ist die genaue Schätzung der kritischen Werte der jeweiligen Parameter schwierig, weil diese Werte stark auf den Verlauf der Kurven in der Nähe des Schnittpunktes reagieren, besonders bei einer geringen Anzahl untersuchter Schiffe.

Abbildung 17 – Diskriminanzanalyse für den Parameter GZ_{30} [IMO 1965]



Casualty records = Unfallberichte
 Ships in fully loaded homogenous arrival condition = Schiffe in gleichmäßig und voll beladenem Zustand bei der Ankunft
 CARGO VESSELS = FRACHTSCHIFFE
 Ships safely operated = sicher betriebene Schiffe

3.2.2.4 Annahme der endgültigen Kriterien und Überprüfung der Kriterien anhand der Daten einer bestimmten Anzahl an Schiffen

3.2.2.4.1 Nach Auswertung der Diagramme wurden dann die endgültigen Kriterien in der Form erstellt, wie sie in den Abbildungen 15 und 17 dargestellt sind. In der Hauptgruppe der Diagramme waren auch die Kurven der aufrichtenden Hebelarme dargestellt (Abbildung 15); es gab jedoch auch Diagramme, in denen die Verteilung der dynamischen Stabilitätsarme dargestellt wurde. Die Diagramme wurden gemeinsam für Fracht- und Fahrgastschiffe sowie für Fischereifahrzeuge erstellt; ausgenommen waren jedoch Fahrzeuge, die Holz als Decksladung befördern. Darüber hinaus wurden Diagrammsätze gesondert für Frachtschiffe und für Fischereifahrzeuge erstellt. Es wurden auch Diagramme in der Form wie in Abbildung 17 dargestellt gesondert für jeden einzelnen Stabilitätsparameter sowie gesondert für Fracht- und Fahrgastschiffe einerseits sowie für Fischereifahrzeuge andererseits erstellt.

3.2.2.4.2 Nach nochmaliger Erörterung durch die Arbeitsgruppe „Intaktstabilität“ und den Unterausschuss „Stabilität und Freibord; Sicherheit von Fischereifahrzeugen“ (SLF) wurden die Stabilitätskriterien abgerundet und letztendlich in der Form angenommen, wie sie in den Entschliefungen A.167(ES.IV) und A.168(ES.IV) nachzulesen sind.

3.2.2.4.3 In der ursprünglichen Analyse wurde der Winkel der verschwindenden Stabilität zusätzlich mit angegeben. Im endgültigen Entwurf war er jedoch wegen der weiten Streuung der Werte dieses Parameters nicht mehr enthalten.

3.2.2.4.4 Da jedes einzelne Kriterium beziehungsweise jeder Satz an Kriterien gegen eine aussagekräftige Menge an Daten vorhandener Schiffe zu prüfen ist, war es erforderlich, eine gemeinsame Grundlage für einen Vergleich von Ergebnissen zu finden, die unter Anwendung unterschiedlicher Kriterien gewonnen worden waren. Die zweckmäßigste Grundlage für einen Vergleich war der Wert KG_{crit} ; das ist der höchste zulässige Wert von KG , der ein bestimmtes Kriterium beziehungsweise einen bestimmten Satz an Kriterien erfüllt, und je höher der Wert von KG_{crit} liegt, desto weniger fällt dieses Kriterium ins Gewicht.

3.2.2.4.5 Um ein Beispiel zu geben, könnten Kriterien mit Bezug zu den Hebelarmkurven folgendermaßen geschrieben werden:

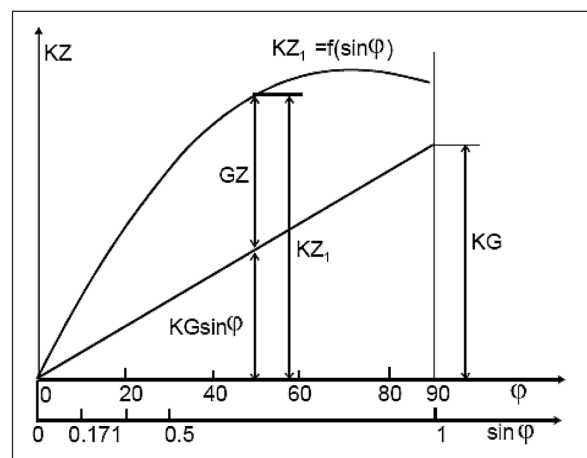
$$GZ = KZ - KG \sin \varphi \quad (1)$$

und

$$KG = \frac{KZ(\Delta, \varphi) - GZ}{\sin \varphi} \quad (2)$$

3.2.2.4.6 Werden nun in den obigen Gleichungen für GZ und φ die Werte des betreffenden Kriteriums eingesetzt, so ergeben sich aus den Gleichungen die Werte von KG_{crit} für die jeweilige Verdrängung. Daraus könnte die Kurve $KG_{crit} = f(\Delta)$ gezeichnet werden. KG_{crit} könnte auch entsprechend der Darstellung in Abbildung 18 rein zeichnerisch ermittelt werden. Es ist möglich, die Werte von KG_{crit} auch für dynamische Kriterien zu berechnen, jedoch ist dieses Verfahren komplizierter.

Abbildung 18 – Graphische Ermittlung von KG_{crit}



3.2.2.4.7 Abbildung 19 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen von KG_{crit} für ein Fischereifahrzeug ([IMO 1966]). In diese Abbildung sind die Kurven $KG_{crit} = f(\Delta)$ für 11 verschiedene Kriterien eingezeichnet. Hat man für jedes einzelne Kriterium solche Kurven, so ist es recht einfach, die Kurve kritischer KG -Werte für eine ganze Gruppe zusammengehöriger Kriterien zu bestimmen, indem man einen Umschlag zeichnet.

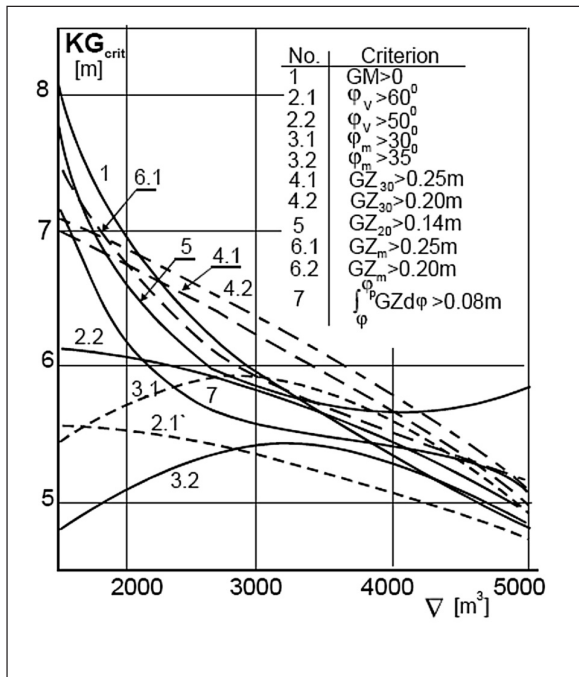
3.2.2.4.8 Die Kurven für KG_{crit} , wie sie in Abbildung 19 dargestellt sind, erlauben es auch, hinsichtlich der vergleichswisen Bedeutung verschiedener einzelner oder zusammengehöriger Kriterien Schlussfolgerungen zu ziehen und das vorherrschende Kriterium zu bestimmen. Sind zusätzlich tatsächliche KG -Werte für das betreffende Schiff bekannt, so ist es möglich, abzuschätzen, ob das Schiff die Kriterien erfüllt und welches Kriterium zu dem Zustand führt, der dem tatsächlichen Zustand am nächsten kommt. Wird unterstellt, ein in Fahrt befindliches Schiff sei unter dem Aspekt der Stabilität sicher, so könnte man daraus schlussfolgern, welches einzelne Kriterium oder welche zusammengehörigen Kriterien am besten passen, ohne eine übermäßige Stabilitätsreserve zu erzeugen.

3.2.2.4.9 In Abbildung 20 wird unter Zugrundelegung der Formel

$$k = \frac{KG_{actual}}{KG_{critical}} \quad \left[\text{lies: } k = \frac{\text{tatsächlicher } KG\text{-Wert}}{\text{kritischer } KG\text{-Wert}} \right]$$

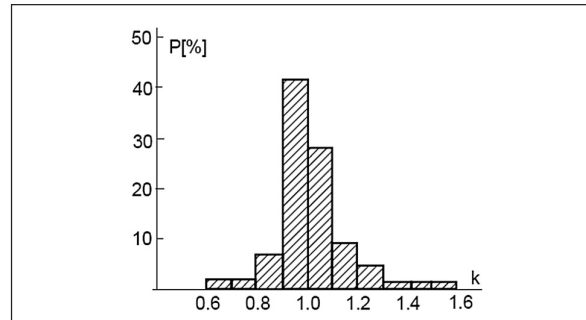
ein Histogramm der Verteilung der k -Werte für die analysierten Schiffe dargestellt.

Abbildung 19 – Plott der KG_{crit} -Kurven für verschiedene Kriterien



Criterion = Kriterium

Abbildung 20 – Verteilung der Werte des Koeffizienten k für eine Reihe analysierter Schiffe [Sevastianov 1968]



3.3 Hintergrund der Entstehung der Formel zur näherungsweise Ermittlung des GM_0 -Mindestwertes für kleine Fischereifahrzeuge (IS-Code 2008 Teil B Ziffer 2.1.5.1)

3.3.1 Die Formel zur näherungsweise Ermittlung des Mindestwertes der metazentrischen Höhe für kleine Fischereifahrzeuge wurde unter Benutzung des Verfahrens der Regressionsanalyse entwickelt. Im Jahr 1967 empfahl der IMO-Ausschuss von Fachleuten in Fragen der Stabilität von Fischereifahrzeugen (PFV) die Ausarbeitung von Stabilitätsnormen für kleine Fischereifahrzeuge mit einer Länge von weniger als 30 m. Der Grund dafür lag darin, dass für kleine Fischereifahrzeuge recht oft keine Bauzeichnungen und Stabilitätsdaten zur Verfügung stehen; deswegen ist die Anwendung der Kriterien im Sinne von Entschliebung A.168(ES IV) unmöglich. Es wurde der Vorschlag gemacht, dass für diese Fahrzeuge eine Stabilitätsnorm in Gestalt einer Formel für GM_{crit} aufgestellt werden könnte, die mit dem auf der Grundlage des Rolltests geschätzten Wert für GM_0 verglichen werden könnte. Der Wert für GM_{crit} sollte im Einklang mit den Kriterien im Sinne von Entschliebung A.168(ES IV) stehen.

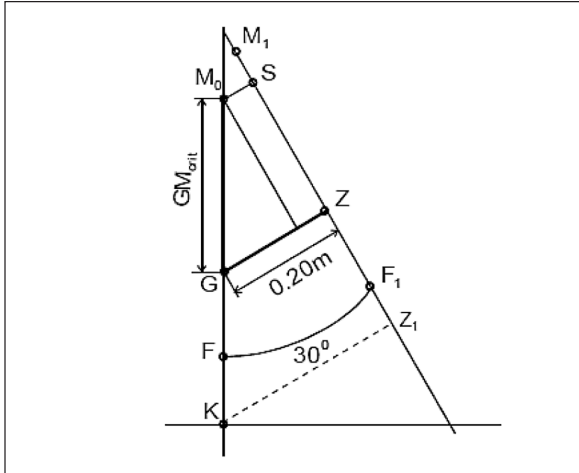
3.3.2 Die Mitglieder des PFV-Ausschusses wurden gebeten, zwecks Ausarbeitung der passenden Formel Stabilitätsdaten für möglichst viele kleine Fischereifahrzeuge und zusätzlich Angaben hinsichtlich der gegebenenfalls in ihren Ländern benutzten Formeln zur näherungsweise Ermittlung des Wertes von GM_{crit} einzureichen. Diese Formeln wurden später mit den mittels Regressionsanalyse erstellten Formeln verglichen. Die Überprüfung aller Formeln zur näherungsweise Ermittlung ergab eine recht breite Streuung der Werte für GM_{crit} . Dies war zu erwarten, denn es liegt auf der Hand, dass diese Formeln nicht alle Parameter des Schiffskörpers berücksichtigen, die unter dem Gesichtspunkt der Stabilität von Bedeutung sind. Deshalb wurde keine der Formeln von der IMO übernommen, sondern es wurde beschlossen, auf Grundlage der Regressionsanalyse einer größeren Anzahl von Daten für kleine Fischereifahrzeuge eine ganz neue Formel auszuarbeiten.

3.3.3 Die Formel sollte Ergebnisse möglichst nahe den Ergebnissen liefern, die man erhält, wenn die IMO-Kriterien benutzt werden, die in Entschliebung A.168(ES IV) enthalten sind. Da es unmöglich sein würde, alle Kriterien

zu berücksichtigen, wurde beschlossen, dass das typische Kriterium, welches erfüllt werden sollte, $GZ_{30} = 0,20$ m sei.

3.3.4 Es wurden Stabilitätsdaten von 119 Schiffen mit einer Länge zwischen 15 und 29 m gesammelt und analysiert [IMO 1968a].

Abbildung 21 – Zusammenhang zwischen GM_{crit} und $GZ = 0,20$ m



3.3.5 Da die Bedingung für GM_{crit} lautet: $GZ_{30} = 0,2$ m, gilt folgendes (Abbildung 21):

$$GZ_{30} = GM_0 \sin 30^\circ + MS_{30} \quad (3)$$

Dann gilt:

$$GM_{crit} = 0,40 - 2B \left(\frac{MS_{30}}{B} \right) \quad (4)$$

3.3.6 Da MS_{30} / B nur von geometrischen Parametern des Schiffskörpers abhängt, könnte dieser Parameter nicht nur dazu benutzt werden, den Parameter GM_{crit} zu bewerten, sondern auch dazu, verschiedene Schiffskörperformen unter dem Aspekt der Stabilität zu vergleichen.

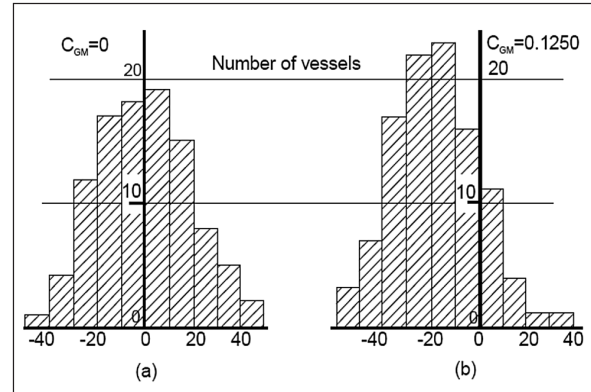
3.3.7 Da unterstellt wird, dass im allgemeinen die Formel gilt:

$$\frac{MS_{30}}{B} = f \left\{ \frac{f}{B}, \frac{B}{D}, \frac{l_{sup}}{L} \right\},$$

sind polynomiale Ausdrücke unterschiedlicher Art mit den mittels Regressionsanalyse ermittelten Koeffizienten geprüft worden. Die Untersuchung der Fehler, die beim Schätzen der GM_{crit} -Werte dieser Ausdrücke gegenüber den tatsächlichen GM_{crit} -Werten der analysierten Schiffe aufgetreten waren, ergab, wie erwartet, dass bei etwa 50 vom Hundert der Schiffe der berechnete GM_{crit} -Wert unter dem tatsächlichen Wert lag. Für weitere 50 vom Hundert lag er über dem tatsächlichen Wert (Abbildung 22a), wobei die Fehlerstreuung als annehmbar betrachtet wurde. Zur Erhöhung der Sicherheit wurde sodann beschlossen, dass die berechneten GM_{crit} -Werte um eine bestimmte Marge, die als „ C_{GM} “ benannt

wurde, erhöht werden sollte, um die Situation herbeizuführen, dass ungefähr 85 vom Hundert aller Schiffe als „sicher“ eingestuft werden konnten (Abbildung 22b). Dieser C_{GM} -Wert wurde durch Interpolation ermittelt, und so kam heraus, dass der „richtige“ Wert lauten muss: $C_{GM} = 0,1250$.

Abbildung 22 – Fehlerverteilung beim Schätzen von GM_{crit} für kleine Fischereifahrzeuge



Number of vessels = Anzahl an Schiffen

3.3.8 Die obige Formel (4) wurde folgendermaßen geändert:

$$GM_{crit} = 0,40 + C_{GM} - 2B \left(\frac{MS_{30}}{B} \right) \quad (5)$$

3.3.9 Letztlich lautete die in Entschliebung A.207(VII) aufgenommenen Formel:

$$GM_{crit} = 0,40 + C_{GM} - 2B \left[a_0 + a_1 \left(\frac{f}{B} \right) + a_2 \left(\frac{f}{B} \right)^2 + a_3 \left(\frac{B}{D} \right) + a_4 \left(\frac{l_{sup}}{L} \right) \right] \quad (6)$$

wobei den nachstehenden Parametern folgende Werte zugewiesen wurden:

C_{GM}	=	0,1250	a_2	=	- 0,8340
a	=	- 0,0745	a_3	=	0,0137
a_1	=	0,3704	a_4	=	0,0321

3.4 Literatur im Zusammenhang mit den Ziffern 3.1 bis 3.3

IMO (1963). „Intact stability casualty record“, Dokument IS II/12.

IMO (1964). „Report on the national requirements for intact stability of ships“, Dokument IS III/3.

IMO (1965). „Analysis of intact stability casualty records“, Dokumente IS IV/11 und IS IV/14.

IMO (1966). „Analysis of intact stability casualty records of cargo and passenger vessels“, Dokument IS VI/3.

IMO (1966a). „Analysis of intact stability record of fishing vessels“, Dokument PFV IV/2.

IMO (1966b). „Analysis of intact stability casualty records of fishing vessels“, Dokument PFV IV/2/Add 1.

IMO (1967). „Analysis of the application of various stability criteria of fishing vessels. Part II“, *Dokument PFV VI/24*.

IMO (1968). „Analysis of simplified formulae for judgement of stability of fishing vessels“, *Dokument PFV VI/8*.

IMO (1968a). „Simplified stability criteria for decked fishing vessels under 30 m in length“, *Dokumente PFV VIII/12 und PFV IX/4/1*.

IMO (1968b). „Recommendation on intact stability for passenger and cargo ships under 100 metres in length“, *EntschlieÙung A.167(ES.IV)*.

IMO (1968c). „Recommendation on intact stability of fishing vessels“, *EntschlieÙung A.168(ES.IV)*.

IMO (1977a). „Intact stability criteria“, *Dokument STAB XX (nichtamtliche Veröffentlichung)*.

IMO (1985). „Analysis of intact stability casualty records“, *Dokumente SLF 30/4/4 und SLF/38*.

IMO (1988). „Intact stability. Report of the ad hoc Working Group“, *Dokument SLF 33/WP.8*.

IMO (1988a). „Report to the Maritime Safety Committee“, *Dokument SLF 33/12*.

IMO (1990). „Draft code on intact stability for all types of ships covered in IMO instruments“, *Dokument SLF 34/3/7*.

IMO (1993). Code on intact stability for all types of ships“, *EntschlieÙung A.749(18)*.

Jens, J., Kobylinski, L. (1982). „IMO activities in respect of international requirements for the stability of ships“. *Second International Conference on stability of ships and ocean vehicles, STAB '82, Tokio*.

Kobylinski, L. (1989). „Code of stability for all types of ships based on system approach“. *International Conference PRADS 89, Varna, Bulgarien*.

Kobylinski, L.K., Kastner, S. (2003). „Stability and Safety of Ships. Vol. I: Regulation and Operation“. *Elsevier Ocean Engineering Book Series, Band 9, Elsevier*.

Krappinger, O. und Sharma, S.D. (1974). „Sicherheit in der Schiffstechnik“. *Tagungsband STG, Band 68*.

Nadeinski, V.P. und Jens, J.E.L. (1968). „Stability of fishing vessels“. *Tagungsband RINA*.

Plaza, F., Petrov, A.A. (1986). „Further IMO activities in the development of international requirements for the stability of ships“. *Third International Conference on stability of ships and ocean vehicles, STAB '86, Danzig*.

Plaza, F., Semenov, V.Y. (1990). „Latest work of the International Maritime Organization related to stability of ships“. *Fourth International Conference on stability of ships and ocean vehicles, STAB '90, Neapel*.

Rahola, J. (1935). „The judging of the stability of ships“. *Tagungsband RINA*.

Rahola, J. (1939). „The judging of the stability of ships and the determination of the minimum amount of stability“. *Dissertation, Helsinki*.

Thompson, G. und Tope, J.E. (1970). „International considerations of intact stability standards“. *Tagungsband RINA, Band 112, Seiten 43-67*.

3.5 Hintergrund der Entstehung des Kriteriums für das Verhalten des Schiffes bei Starkwind und beim Rollen (Wetterkriterium)

3.5.1 Einführung

3.5.1.1 Eines der Elemente unter den allgemeinen Bestimmungen des Intaktstabilitäts-Code von 2008 ist das Kriterium für das Verhalten des Schiffes bei Starkwind und beim Rollen (kurz: das Wetterkriterium). Dieses Kriterium wurde ursprünglich als Sicherheitsgarant gegen das Kentern eines Schiffes ausgearbeitet, das unter dem Einfluss von starkem Wind und heftigem Seeegang seine Antriebskraft und Steuerfähigkeit vollständig verloren hat – man bezeichnet es dann als „totes Schiff“. Da das Schiff dabei keine Fahrt voraus macht, gerät es in untypischer Weise in einen Zustand, in dem Seitenwind und Querseewind auf das Schiff einwirken. Deshalb wird dieses Kriterium unter Abstrahierung betrieblicher Aspekte der Stabilität betrachtet; diese werden bei den Hinweisen für Kapitäne zur Vermeidung gefährlicher Situationen bei achterlicher See und bei seitlicher Hecksee behandelt (MSC/Circ.707), bei deren Vorherrschen ein Schiff leichter kentern kann als bei Vorherrschen von Querseewind.

3.5.1.2 Das erste IMO-Rechtsinstrument, in dem das „Wetterkriterium“ erwähnt wird, ist Beilage 3 zur Schlussakte des Internationalen Übereinkommens [Anmerkung des Übersetzers: Gemeint sein muss „... der Internationalen Konferenz“ ...] von Torremolinos über die Sicherheit von Fischereifahrzeugen von 1977. Bei den Diskussionen im Rahmen der Ausarbeitung des Torremolinos-Übereinkommens erregte die Beschränktheit des Kriteriums der Kurve der aufrichtenden Hebelarme auf der Grundlage von EntschlieÙung A.168(ES.IV) die Aufmerksamkeit der Delegierten, da dieses Kriterium lediglich auf Erfahrungen mit Fischereifahrzeugen in begrenzten Gewässern beruht und keine Möglichkeit bietet, seine Anwendbarkeit auf andere Schiffstypen und andersartige Wetterbedingungen zu erweitern. Deshalb wurde für das Torremolinos-Übereinkommen anstatt des Kriteriums der Kurve der aufrichtenden Hebelarme die Aufnahme des Kriteriums für das Verhalten des Schiffes bei Starkwind und beim Rollen samt einer Richtlinie für dessen Berechnung beschlossen. Diese neue Bestimmung beruht auf den japanischen Stabilitätsnormen für Fahrgastschiffe (Tsuchiya, 1975; Watanabe et al., 1956).

3.5.1.3 Dann kam in der IMCO ähnliche Kritik am Kriterium der Kurve der aufrichtenden Hebelarme für Fahrgast- und Frachtschiffe (EntschlieÙung A.167(ES.IV)) auf. Es wurde verlangt, wegen des beschränkten Umfangs verfügbarer statistischer Daten müsse EntschlieÙung A.167(ES.IV) mindestens auf Schiffe mit einer Länge von bis zu 100 m Anwendung finden. Schließlich wurde 1985 auch für Fahrgast- und Frachtschiffe sowie für Fischereifahrzeuge mit einer Länge von 45 m oder mehr ein Wetterkriterium beschlossen (EntschlieÙung A.562(14)). Bei diesem neuen Kriterium wird die grundsätzliche Regelung im Sinne der japanischen Stabilitätsnorm für Fahrgastschiffe beibehalten; zusätzlich ist jedoch die in der UdSSR gebräuchliche Formel für die Berechnung des Rollwinkels einbezogen worden. Für

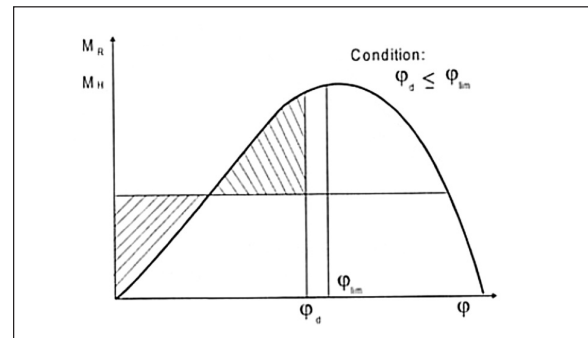
kleinere Fischereifahrzeuge wurde im Jahr 1991 EntschlieÙung A.685(17) angenommen. Dabei wird als weiteres Lehnelement aus der Norm der UdSSR die verringerte Windgeschwindigkeit in der Nähe der Meeresoberfläche eingeführt. Bei Verabschiedung des Intakstabilitäts-Code mit EntschlieÙung A.749(18) im Jahr 1993 wurden dann sämtliche obengenannten Bestimmungen ersetzt.

3.5.2 Energieausgleichsverfahren

3.5.2.1 Das Grundprinzip aller Wetterkriterien ist der Energieausgleich zwischen den durch Seitenwind generierten krängenden und aufrichtenden Momenten, wobei zusätzlich auch eine gewisse Rollbewegung des Schiffes mitberücksichtigt wird. Eines der grundlegenden Werke zu den Energieausgleichsverfahren ist die diesbezügliche Arbeit von Pierrotet aus dem Jahr 1935 (Abbildung 23). Dabei ist, wie in Abbildung 3.1 dargestellt wird, die für das Wiederaufrichten des Schiffes benötigte Energiemenge größer als diejenige, die für die durch den Wind hervorgerufene Krängung des Schiffes benötigt wird. Da keine Rollbewegung berücksichtigt wird, wird unterstellt, dass das Schiff in aufrechtem Zustand plötzlich einem durch den Wind erzeugten Krängungsmoment ausgesetzt ist. Diese Überlegungen fanden später Eingang in die zwischen durch geltenden Stabilitätsvorschriften der UdSSR und dann auch von Polen, Rumänien, der Deutschen Demokratischen Republik und von China (Kobyliniski und Kastner, 2003).

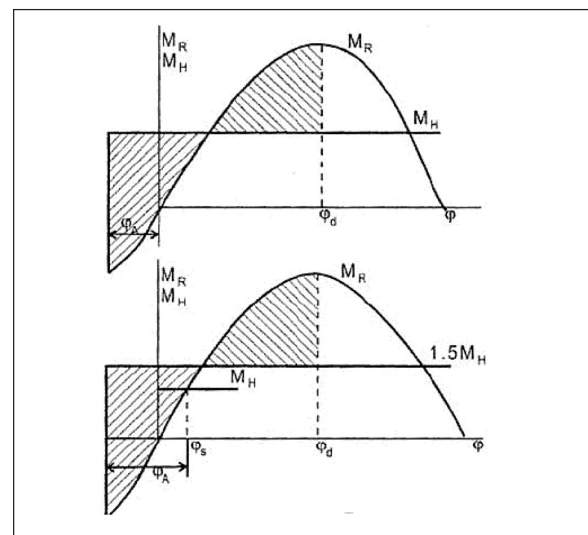
3.5.2.2 In Japan wird das Energieausgleichsverfahren in der Weise erweitert, dass die Rollbewegung des Schiffes mit einbezogen sowie zwischen gleichmäßig wehendem und böigem Wind unterschieden wird, wie dies in Abbildung 24 dargestellt ist. Dann wird das Verfahren als Grundelement der japanischen innerstaatlichen Norm verankert (Watanabe et al., 1956). In der Regelung des Staatlichen Schiffsregisters der UdSSR von 1961 wird ebenfalls von einem anfänglichen Rollwinkel in Windrichtung ausgegangen, wie dies in Abbildung 24 dargestellt ist. Das momentan geltende Wetterkriterium der IMO nach dem IS-Code, Teil A, Kapitel 2.3 benutzt das in Japan gebräuchliche Energieausgleichsverfahren ohne nennenswerte Änderung. Hier nehmen wir zunächst an, ein Schiff weise in einer Quersee und bei aufgrund beständigen Windes gleichbleibendem Krängungswinkel eine Resonanz-Rollbewegung auf. Sodann wird als ungünstigster Fall angenommen, dass das Schiff beim Rollen in Windrichtung von einer Windbö getroffen wird. Bei Vorliegen einer Resonanz-Rollbewegung neutralisieren sich das Rolldämpfungsmoment und das wellenerregende Moment gegenseitig. Deshalb kann infolge des Ausgleichs zwischen aufrichtender Energie und vom Wind generierter Krängungsenergie unterstellt werden, dass sich das Schiff in einer mehr oder weniger aufrechten Position befindet. Da außerdem im letzten Stadium des Kenterns, wenn das Schiff bereits dem Winkel der verschwindenden Stabilität nahegekommen ist, kein Resonanzmechanismus wirkt, könnte die Wirkung des wellenerregenden Moments als gering vernachlässigt werden (Belenky, 1993).

Abbildung 23 – Energieausgleichsverfahren nach Pierrotet (1935)



Condition: = Bedingung:

Abbildung 24 – Energieausgleichsverfahren in den einschlägigen Normen der UdSSR (oben) und Japans (unten) (Kobyliniski und Kastner, 2003)



3.5.3 Windbedingtes Krängungsmoment

3.5.3.1 In der japanischen Norm wird das beständige Krängungsmoment, M_w , durch nachstehende Formel ausgedrückt:

$$M_w = \frac{1}{2} \rho C_D A H_0 (H / H_0) V_w^2 \quad (1)$$

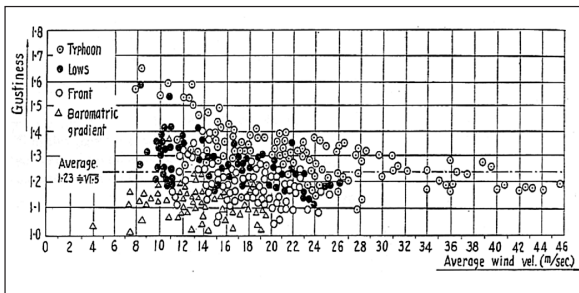
wobei

- ρ = Luftdichte
- C_D = Strömungswiderstandskoeffizient
- A = seitliche Windauftriebsfläche oberhalb der Wasserlinie
- H = krängender Hebelarm
- H_0 = senkrechter Abstand vom Mittelpunkt der seitlichen Windauftriebsfläche zu einem Punkt auf einer Linie entlang des mittleren Tiefgangs des Schiffes
- V = Windgeschwindigkeit

3.5.3.2 Die in Versuchen mit Fahrgastschiffen und Eisenbahnfährschiffen gewonnenen C_D -Werte liegen zwischen 0,95 und 1,28. Zusätzlich ergab eine Prüfung im Windtunnel für ein in der Inlandsfahrt eingesetztes Fahrgastschiff (Okada, 1952), dass der Quotient H/H_0 etwa 1,2 beträgt. Ausgehend von diesen Daten wurde unterstellt, dass $C_D(H/H_0)$ durchschnittlich 1,22 betrage. Diese Formel und diese Koэффициenten wurden auch bei der IMO angenommen.

3.5.3.3 Um der abwechselnden Windstärke Rechnung zu tragen, müsste das Auftreten von Böen bestimmt werden. In Abbildung 25 wird das Auftreten von Böen bei unterschiedlichen Starkwindverhältnissen dargestellt (Watanabe et al., 1956). Hier liegt der Höchstfaktor bei 1,7 und der Durchschnittsfaktor bei $\sqrt{1,5}$ (also $\approx 1,23$). Allerdings wurden diese Werte über eine Zeitspanne von 2 Stunden ermittelt, während ein Kentern innerhalb einer halben natürlichen Rollperiode ablaufen könnte, also in etwa 3 bis 8 Sekunden. Zusätzlich könnte wegen einer so kurzen Dauer eine Reaktionskraft auf die Mitte der Schiffsmasse wirken. Deshalb wird anstatt des Höchstwerts der Durchschnittswert laut Abbildung 25 herangezogen. Dies führt zu einem Wert von 1,5 als Krängungswinkelmultiplikator beim Auftreten von Böen, wie es auch im Intakstabilitäts-Code von 2008 dargestellt ist.

Abbildung 25 – Bögigkeit des auf See auftretenden Windes (Watanabe et al., 1956)



- Gustiness = Faktor für das Auftreten von Böen
- Typhoon = Taifun
- Lows = Tiefdruckgebiete
- Front = Wetterfront
- Barometric gradient = Luftdruck
- Average 1.23 $\sqrt{1,5}$ = Durchschnittswert 1,23 (entspricht $\sqrt{1,5}$)
- Average wind vel. (m/sec) = durchschnittliche Windgeschwindigkeit

3.5.4 Der Rollwinkel im Wellengang (Japanisches Verfahren)

Schiffsbewegungen lassen sich im allgemeinen einteilen in Wogen, Schwoien, Tauchen, Rollen, Stampfen und Gieren. Fährt ein Schiff in Querseen, kommt es jedoch nur zum Schwoien, Tauchen und Rollen. Die Auswirkungen des Tauchens auf das Rollen sind so gering, dass sie vernachlässigt werden können, während der Einfluss des Schwoiens auf das Rollen durch das Rolldiffractionsmoment neutralisiert wird (Tasai und Takagi, 1969). Deshalb lässt sich die Rollbewegung ohne Beeinflussung durch andere Arten der Bewegung im Modell nachbilden, wenn das wellenerregende Moment ohne Wellendiffraktion geschätzt wird.

Demzufolge kann, wenn der nicht-lineare Rolldämpfungseffekt berücksichtigt wird, die Amplitude resonanten Rollens in regelmäßigen Querseen, φ (Winkelgrade), folgendermaßen ermittelt werden:

$$\varphi = \sqrt{\frac{\pi \cdot \Theta}{2N(\varphi)}} \quad (2)$$

wobei

- Θ (= 180s) = maximale Wellenneigung (Winkelgrade)
- s = Wellensteilheit
- r = effektiver Wellenneigungskoeffizient
- N = Bertinscher Rolldämpfungskoeffizient in Abhängigkeit von der Rollamplitude

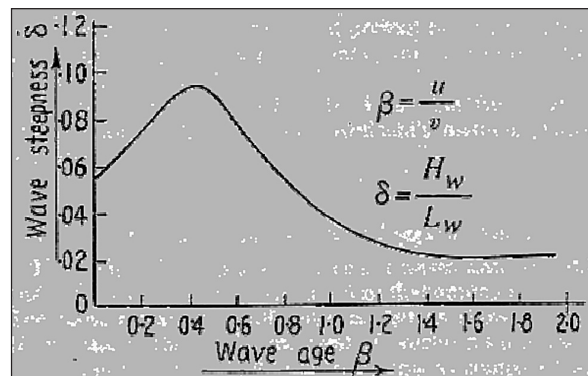
3.5.4.1 Wellensteilheit

Ausgehend von auf See gemachten Beobachtungen veröffentlichten Sverdrup und Munk 1947 eine Abhandlung über den Zusammenhang zwischen dem Wellenalter und der Wellensteilheit (siehe die Darstellung in Abbildung 26). Hierbei wird das Wellenalter errechnet aus dem Verhältnis der Wellenphasengeschwindigkeit u zur Windgeschwindigkeit v und zur Wellenhöhe H_w , womit die signifikante Wellenhöhe gemeint ist. Wenn wir nun die

Dispersionsformel für Wasserwellen, nämlich $u = \frac{gT}{2\pi}$,

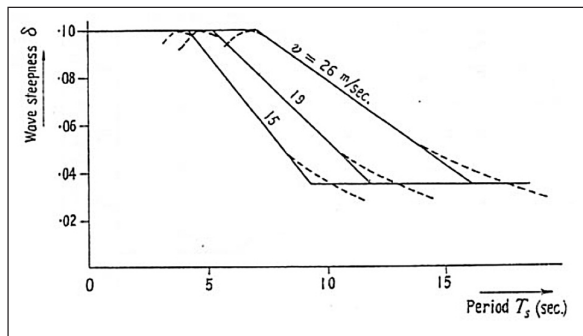
heranziehen, so kann dieses Diagramm in ein Diagramm mit der Wellenperiode T umgewandelt werden (siehe die Darstellung in Abbildung 27). Weiterhin könnte, da das Schiff unter einer resonanten Rollbewegung leidet, angenommen werden, die Wellenperiode sei gleich der natürlichen Rollperiode des Schiffes. Hierbei ist bemerkenswert, dass die ermittelte Wellensteilheit eine Funktion von Rollperiode und Windgeschwindigkeit darstellt. Zusätzlich werden anhand der Originaldaten die Bereiche für die maximalen und die minimalen Steilheitswerte herausgefiltert.

Abbildung 26 – Zusammenhang zwischen Wellenalter und Wellensteilheit (Sverdrup und Munk, 1947)



- Wave steepness = Wellensteilheit
- Wave age = Wellenalter

Abbildung 27 – Zusammenhang zwischen Rollperiode und Wellensteilheit nach dem in Japan gebräuchlichen Verfahren (Yamagata, 1959)

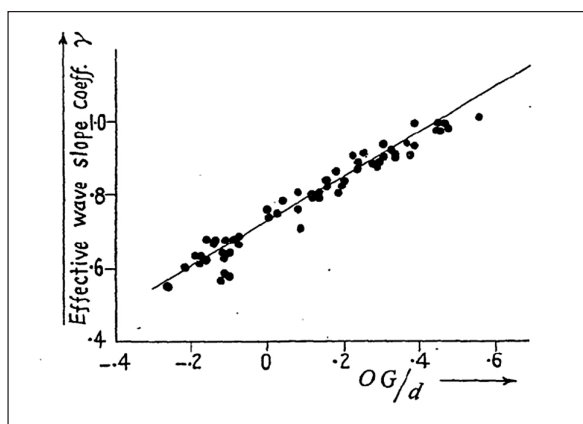


Wave steepness = Wellensteilheit
 Period = Rollperiode

3.5.4.2 Hydrodynamische Koэффициenten

Zur Verwendung von Gleichung (2) ist es erforderlich, die Werte r und N schätzungsweise zu ermitteln. Da das wellenerregende Moment unter Ausschaltung der vom Schiff verursachten Wellendiffraktion geschätzt werden soll, lässt es sich dadurch ermitteln, dass der ungestörte Wasserdruck auf den Schiffskörper unter der ruhigen Wasserfläche integriert wird. Watanabe (1938) hat dieses Verfahren auf verschiedene Schiffe angewandt und eine empirische Formel ausgearbeitet, die eine Funktion von Wellenlänge, Schwerpunkt in der Senkrechten (VCG), metazentrischer Höhe (GM), Breite, Tiefgang, Blockkoeffizient und Wasserflächenkoeffizient darstellt. Zur Vereinfachung wird die Formel für 60 tatsächlich vorhandene Schiffe als bloße Funktion von VCG und Tiefgang weiter vereinfacht (siehe die Darstellung in Abbildung 28). Mit diesem Verfahren wurde die im IMO-Wetterkriterium verwendete Formel für r ermittelt.

Abbildung 28 – Effektiver Wellenneigungskoeffizient: gemessene Werte (Punkte) und geschätzte Werte (durchgezogene Linie) (Yamagata, 1959)

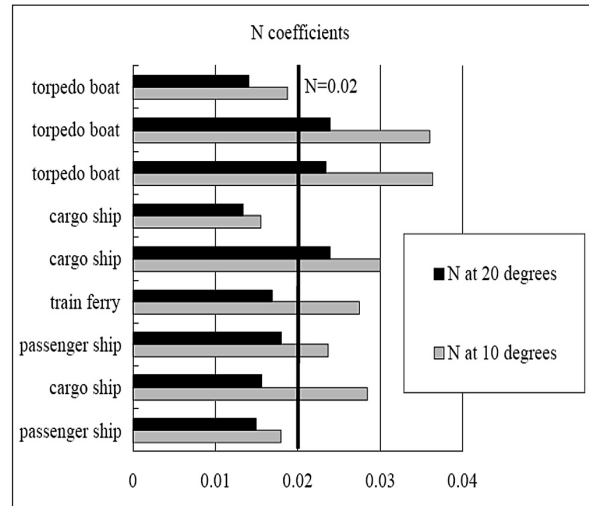


Effective wave slope coeff. = effektiver Wellenneigungskoeffizient

Zum Schätzen des N -Koэффициenten standen verschiedene empirische Formeln zur Verfügung. In der japani-

schen Stabilitätsnorm wird für Schiffe mit Bilgenkiel bei einem Rollwinkel von 20 Grad der Wert $N = 0,02$ empfohlen. Ein gewisses Maß an Beweiskraft für die Richtigkeit dieses Wertes lässt sich in Abbildung 29 (Motora, 1957) finden.

Abbildung 29 – Beispiele für in Modellversuchen gemessene N -Koэффициenten

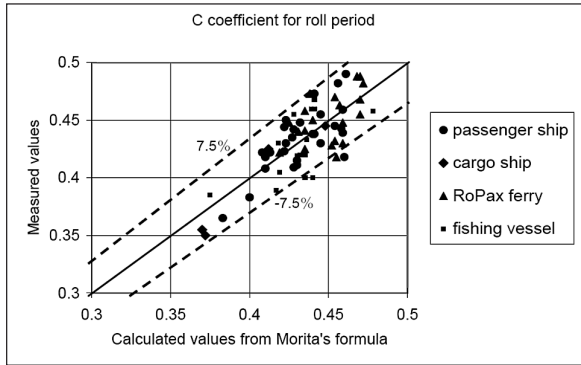


N coefficients = N -Koэффициenten
 torpedo boat = Torpedoboot
 cargo ship = Frachtschiff
 N at 20 degrees = N bei 20 Grad
 train ferry = Eisenbahnfährschiff
 passenger ship = Fahrgastschiff
 N at 10 degrees = N bei 10 Grad

3.5.4.3 Natürliche Rollperiode

Zum Berechnen der Wellensteilheit ist es notwendig, die natürliche Rollperiode des betrachteten Schiffes zu schätzen. In der japanischen Norm wird der am echten Schiff gemessene Wert durch Anwendung von Katos empirischer Formel (Kato, 1956) korrigiert. Allerdings empfand man dieses Verfahren beim Unterausschuss „Fragen von Unterteilung und Stabilität“ als recht mühselig, und so erging an Japan das Ersuchen, zur Berechnung der Rollperiode eine einfache und aktualisierte empirische Formel auszuarbeiten. So kam es, dass Morita anhand von Daten, die 1982 von 71 Vollschiffen erhoben worden waren, mit statistischen Methoden die jetzige Formel entwickelte. Wie in Abbildung 30 zu sehen ist, liegen alle erhobenen Daten innerhalb eines Fehlerkorridors von ± 7.5 vom Hundert neben den nach Moritas Formel zu erwartenden Ergebnissen. Genauer gesagt, beträgt die Normalabweichung von der Formel 1.9 vom Hundert. Darüber hinaus ergab die Sensitivitätsanalyse zur erforderlichen metazentrischen Höhe, dass selbst eine 20-prozentige Abweichung von den geschätzten C -Werten nur zu einer Abweichung von 0,04 m bei der Berechnen der erforderlichen metazentrischen Höhe führen würde. Daraus zog die IMO den Schluss, dass diese Formel für die Wetterkriterien verwendet werden könne.

Abbildung 30 – Schätzgenauigkeit einer empirischen Formel für die Rollperiode

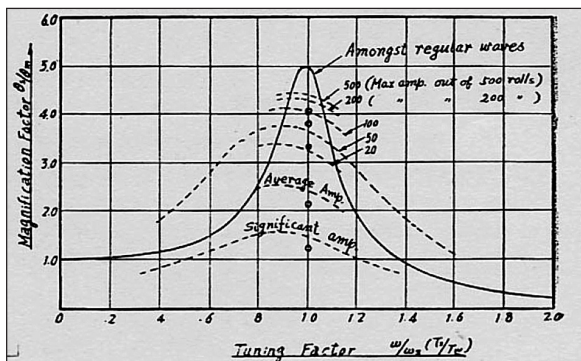


- C coefficient for roll period = Koeffizient „C“ für die Rollperiode
- Measured values = gemessene Werte
- passenger ship = Fahrgastschiff
- cargo ship = Frachtschiff
- RoPax ferry = kombiniertes Ro/Ro-Fahrgast-Fährschiff
- fishing vessel = Fischereifahrzeug
- Calculated values from Morita's formula = nach Morita's Formel berechnete Werte

3.5.4.4 Zufälligkeit der Wellen

Im Sverdrup-Munk-Diagramm wird die Wellensteilheit durch die signifikante Wellenhöhe in unregelmäßigen Wellen definiert; dagegen gilt der Wert für die resonante Rollamplitude aus Gleichung (2) für regelmäßige Wellen. Um die Lücke zwischen beiden Größen zu schließen, wurde zwischen der Rollamplitude in unregelmäßigen Wellen, bei denen signifikante Wellenhöhe und übliche Wellenperiode gleich der Höhe und Periode regelmäßiger Wellen sind, und der resonanten Rollamplitude in regelmäßigen Wellen verglichen. Bei der Untersuchung der maximalen Amplitude aus 200 bis 500 Rollzyklen ergibt sich ein Reduktionsfaktor von 0,7.

Abbildung 31 – Vergleich von Rollamplituden in regelmäßigen und unregelmäßigen Wellen (Watanabe et al., 1956)



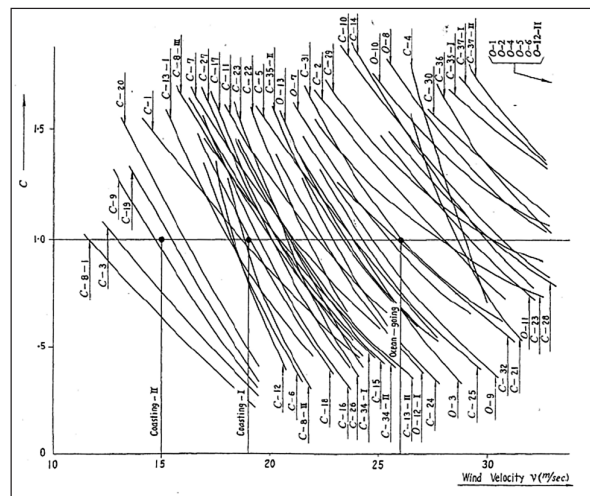
- Magnification factor = Vergrößerungsfaktor
- Amongst regular waves = inmitten regelmäßiger Wellen
- (Max amp. out of 500 rolls) = (max. Ampl. aus 500 Rollbewegungen)
- (" " 200) = (max. Ampl. aus 200 Rollbewegungen)

- Average Amp. = durchschnittliche Amplitude
- Significant amp. = kennzeichnende Amplitude
- Tuning factor = Korrekturfaktor

3.5.4.5 Geschwindigkeit gleichmäßig wehenden Windes

Wie oben erklärt, wurden beim japanischen Wetterkriterium probabilistische Annahmen zur Bestimmung des Verhaltens des Schiffes in Böen und beim Rollen in unregelmäßigen Wellen eingeführt. Diese Annahmen verundeutlichen endgültiges probabilistisches Sicherheitsniveau. Wegen möglicher Fehler beim Schätzen des Koeffizienten des Hebelarms der windbedingten Krängung, des Rolldämpfungskoeffizienten, des effektiven Wellenneigungskoeffizienten, der natürlichen Rollperiode und der Wellensteilheit wurde die Unsicherheit beim vorgeschriebenen Sicherheitsniveau immer größer. Deshalb führte Japan Probeberechnungen für 50 Schiffe durch, wozu 13 seegehende Schiffe gehören (siehe Abbildung 32). Auf der Grundlage dieser berechneten Ergebnisse wurde die Geschwindigkeit gleichmäßig wehenden Windes ermittelt, um so zwischen Schiffen mit ausreichender Stabilität und anderen Schiffen zu unterscheiden. Mit anderen Worten: Bei Schiffen mit ungenügender Stabilität sollte der Energieausgleich nicht mit diesem Verfahren erzielt werden. Im Ergebnis wird die Windgeschwindigkeit für hochseegängige Schiffe mit 26 m/s festgelegt. Auf dieser Grundlage werden ein gesunkenes Torpedoboot (0-12-I), ein gesunkener Zerstörer (0-13) und drei Fahrgastschiffe mit ungenügender Stabilität (0-3, 7 und 9) als „unsicher“ sowie zwei Frachtschiffe, drei kleinere und drei größere Fahrgastschiffe als „sicher“ eingestuft. Dabei ist bemerkenswert, dass die Windgeschwindigkeit von 26 m/s nur aus Unfallstatistiken für Schiffe stammt und nicht unmittelbar aus Windstatistiken gewonnen wird. Die IMO hat den Wert von 26 m/s auch als kritische Windgeschwindigkeit beschlossen. Setzt man $V_w = 26$ m/s in Gleichung (1) ein, hat man den Winddruck im derzeitigen IS-Code.

Abbildung 32 – Ergebnisse der Probeberechnungen zur Ermittlung der beständigen Windgeschwindigkeit. Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und b/a-Faktor für verschiedene Beispielschiffe (Watanabe et al., 1956)



- Wind velocity = Windgeschwindigkeit

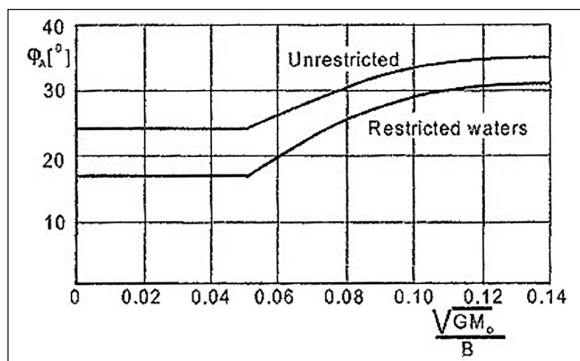
3.5.4.6 Rollverhalten im Wellengang (in der Sowjetunion übliches Verfahren)

In der Stabilitätsnorm der Sowjetunion (UdSSR, 1961) wird die maximale Rollamplitude von 50 Rollzyklen folgendermaßen geschätzt:

$$\varphi R = kX_1X_2\varphi_A \quad (3)$$

In dieser Formel ist k eine Funktion der Bilgenkielfläche, X_1 ist eine Funktion des Quotienten aus Breite und Tiefgang des betreffenden Schiffes $[B/d]$, X_2 ist eine Funktion des Blockkoeffizienten und φ_A ist die Rollamplitude des Normschiffes, die in Abbildung 33 dargestellt ist. Diese Formel wurde durch systematische Berechnungen für eine ganze Reihe von Schiffen ausgearbeitet, wobei Transferfunktion und Wellenspektrum benutzt wurden (Kobylnski und Kastner, 2003).

Abbildung 33 – Norm-Rollamplitude im sowjetischen Kriterium (UdSSR, 1961)



Unrestricted = Gewässer ohne Einschränkungen
Restricted waters = Gewässer mit Einschränkungen

Wie bereits erwähnt wurde, beschloss die IMO, teilweise diese Rollwinkelformel der UdSSR zusammen mit dem japanischen Kriterium zu benutzen. Der Grund war, dass die sowjetische Formel beim Schätzen der Rolldämpfung auf die Form des Schiffsrumpfes abstellt, während die japanische Formel dies nicht tut. Die vorgeschlagene Formel lautet demnach:

$$\varphi_A(\text{Winkelgrade}) = C_{JR}kX_1X_2\sqrt{rs} \quad (4)$$

Dabei stellt C_{JR} einen Korrektur-Faktor dar, mit dessen Hilfe das Sicherheitsniveau des neuen Kriteriums auf derselben Ebene wie die in Japan gebräuchliche Norm gehalten werden kann. Zum Bestimmen dieses Faktors führten einige Mitgliedstaaten des Unterausschusses „Fragen von Unterteilung und Stabilität“ Probeberechnungen der japanischen Formel und von neueren Formeln durch. Zum Beispiel führte Japan im Jahr 1980 (im Literaturverzeichnis aufgeführt als „Japan 1982“) Probeberechnungen für 58 von insgesamt 8.825 Schiffen mit einer Bruttoreaumzahl von mehr als 100 unter der japanischen Flagge durch. Die 58 in die Berechnungen einbezogenen Schiffe unterteilen sich in 11 Stückgutschiffe, 10 Öltankschiffe, 2 Chemikaliensschiffe, 5 Flüssiggastankschiffe, 4 Containerschiffe, 4 Autotransportschiffe, 5 Schlepper und 17 Fahrgast- oder kombinierte Ro/Ro-Fahrgastschiffe. Als Ergebnis des Berechnungsprojekts befand die IMO, dass der Faktor C_{JR} 109 betragen sollte.

3.6 Literatur im Zusammenhang mit Ziffer 3.5

Belenky, V.L. (1993). Capsizing Probability Computation Method, *Journal of Ship Research*, 37(3): 200-207.

Japan (1982). Weather Criteria, Results on Japanese Ships, IMO-Dokument SLF/7.

Kato, H. (1956). On a Method for Calculating an Approximate Value of the Rolling Period of Ships, *Journal of Society of Naval Architects of Japan*, Band 89.

Kobylnski, L.K. und S. Kastner (2003). *Stability and Safety of Ships*, Elsevier (Oxford, UK), Band 1.

Motora, S. (1957). *Ship Dynamics*, Kyoritsu Publications (Tokio).

Okada, S. (1952). On the Heeling Moment due to Wind Pressure on Small Vessels, *Journal of Society of Naval Architects of Japan*, Band 92, Seiten 75-81.

Pierrotet, E. (1935). A Standard of Stability for Ships, *Transaction of the Institution of Naval Architects*, Seite 208.

Sverdrup, H.U. und W.H. Munk (1947). *Wind, Sea and Swell, Theory of Relations for Forecasting*, Hydrographic Office Publication No. 601.

Tasai, F. und M. Takagi (1969). Theory and Calculation Method for Response in Regular Waves, *Seakeeping Symposium*, Society of Naval Architects of Japan, Seite 40.

Tsuchiya, T. (1975). An Approach for Treating the Stability of Fishing Boats, *Proceedings of International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles*, University of Strathclyde, 5.3:1-9.

USSR (1961). *Standards of Stability of Sea-Going Vessels and Coasters*, Register of Shipping of the USSR, Morskoy Transport, Moskau. Auch abgedruckt in IMCO-Dokument STAB/77, USSR (1979).

Watanabe, Y., (1938). Some Contributions to the Theory of Rolling, *Tagungsband der Institution of Naval Architects*, 80: 408-432.

Watanabe, Y. et al. (1955). Report of the Ocean Wind about Japan on the Naval-Architectural Point of View, *Journal of Society of Naval Architects of Japan*, Band 96: 37-42.

Watanabe, Y. et al. (1956). A Proposed Standard of Stability for Passenger Ships (Part III: Ocean-going and Coasting Ships), *Journal of Society of Naval Architects of Japan*, Band 99: 29-46.

Yamagata, M. (1959). Standard of Stability Adopted in Japan, *Tagungsband der Institution of Naval Architects*, 101:417-443.

KAPITEL 4 – HINWEISE ZUR ANWENDUNG DES INTAKTSTABILITÄTS-CODE VON 2008

4.1 Kriterien hinsichtlich der Eigenschaften der Kurven der aufrichtenden Hebelarme

Für manche Schiffe ist die Vorschrift in Teil A Ziffer 2.2.3 des Code unter Umständen nicht praktikabel. Diese Schiffe zeichnen sich dadurch aus, dass sie recht breit sind und einen recht geringen Tiefgang haben; grob gesagt, gilt für sie die Formel: $B/D \geq 2.5$. Für solche Schiffe können die Verwaltungen wahlweise nachstehende Kriterien anwenden:

- .1 Der größte aufrichtende Hebelarm sollte bei einem Krängungswinkel von nicht weniger als 15 Grad auftreten und
- .2 die Fläche unter der Kurve der aufrichtenden Hebelarme sollte bis zu einem Winkel von 15 Grad nicht weniger als 0,070 Radiantenmeter betragen, wenn der größte aufrichtende Hebelarm bei einem Krängungswinkel von 15 Grad auftritt, und bis zu einem Winkel von 30 Grad nicht weniger als 0,055 Radiantenmeter, wenn der größte aufrichtende Hebelarm bei einem Krängungswinkel von 30 Grad auftritt. Tritt der größte aufrichtende Hebelarm bei einem Krängungswinkel zwischen 15 und 30 Grad auf, so sollte sich die entsprechende Fläche unter der Kurve der aufrichtenden Hebelarme nach folgender Formel berechnen:
$$0,055 + 0,001 (30^\circ - \varphi_{max}) \text{ Radiantenmeter}^*$$

(VkBl. 2010, S. 219)