

Risiko- und Sicherheitsanalyse
in der Fährschiffahrt im Ostseeraum
unter Berücksichtigung von Bedrohungen

Vom Fachbereich D der Abteilung Sicherheitstechnik der

Bergischen Universität Wuppertal

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

genehmigte Dissertation

von

Diplom-Ingenieur Sven Dreeßen

aus Pasewalk / Mecklenburg-Vorpommern.

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. habil J. Hahne

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. B.J. Vorath

Tag der mündlichen Prüfung:

24.06.2006

D468

Diese Dissertation kann wie folgt zitiert werden:

urn:nbn:de:hbz:468-20060553

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn%3Anbn%3Ade%3A468-20060553>]

Kurzreferat

Das Ziel der vorgelegten Arbeit ist die Durchführung einer Risiko- und Sicherheitsanalyse in der Fährschifffahrt im Ostseeraum unter Berücksichtigung aktueller Bedrohungen und Ableitungen von Vorschlägen zur Risikoreduzierung. Es werden auf der Grundlage von Unfallstatistiken bekannte Gefahren nach Unfallklassen analysiert und diskutiert. Spezielle Bedrohungspotentiale, die im Fährverkehr der Ostsee denkbar sind, werden erläutert. In diesem Zusammenhang wird der Charakter des Terrorismus mit möglichen Auswirkungen in der zivilen Schifffahrt beschrieben. Ausgehend von der Gesamtheit der abgeleiteten Bedrohungspotentiale werden Seeminen als Unterwasserdetonationen mit möglichen Folgen auf die Schiffssicherheit dargestellt. Dazu werden vertiefende Untersuchungen und Berechnungen an einem Beispielschiff durchgeführt und entsprechende Lösungsvorschläge erarbeitet. Der Wassereintrich als die bedeutsamste Auswirkung beim Einsatz einer Seemine wird mit allen Parametern erläutert. Die Auswirkungen auf die Stabilität von Schiffen werden analysiert und Aussagen zur Kentersicherheit abgeleitet.

Systematisch wird ein Beispielschiff im Rahmen von Stabilitätsberechnungen im Leckfall (Wassereintrich), schiffbaulichen Besonderheiten und organisatorischen Maßnahmen mit den momentanen Bewertungsmaßstäben im Vergleich zu den aus der Arbeit resultierenden Erkenntnissen verglichen. Abschließend wird eine qualitative und quantitative Aussage zum Risiko bezüglich bedrohlicher Handlungen (Seeminenanschläge) ermöglicht. Dabei werden Simulationen, Szenarioanalysen, Risikomatrix, Entscheidungstabellen und Ereignisbäume in Anlehnung an bekannte Verfahren zur Darstellung von Risiken verwendet.

Die Arbeit versteht sich auch als ein Beitrag gemäß einem EU-Ratsbeschluss, wonach CBRN - Bedrohungen wissenschaftlich analysiert und sicherheitstechnische Erkenntnisse abzuleiten sind //.

Schlüsselwörter

Bedrohungen, Terrorismus, Sprengstoffanschlag, Unterwasserdetonation, Wassereintrich, Risikoanalyse, Stabilität, freie Flüssigkeitsoberflächen, Leckstabilität, Leckrechnung, Sinksicherheit, Kentersicherheit

Abstract

The objective of the submitted paper is the realisation of a risk and safety analysis of the ferry shipping in the Baltic Sea region under consideration of current threats and derivations of proposals pertaining to risk reduction. Known risks will be analysed and discussed according to accident categories on the basis of accident statistics. Special threat potentials, which are conceivable in the Baltic Sea ferry traffic, will be explained. The character of terrorism with possible repercussions on civil shipping will be described in this context. Starting from the totality of the derived threat potentials, sea mines as underwater detonations with possible consequences on shipping safety will be depicted. More detailed examinations and calculations will be performed using an exemplary ship and appropriate suggested solutions will be prepared for this purpose. The water penetration as the most significant effect with regard to deployment of a sea mine will be explained with all parameters. The effects on the stability of ships will be analysed and statements pertaining to capsizing safety will be derived.

An exemplary ship will be systematically compared within the framework of stability calculations in case of leakage (water penetration), special shipbuilding features and organisational measures with the present evaluation standards in comparison to the findings resulting from the paper. In conclusion, a qualitative and quantitative statement on risk pertaining to threatening actions (sea mine attacks) will be made possible. While doing so, simulations, scenarios analyses, risk matrix, decision-making tables and event trees will be utilised in accordance with known methods for presentation of risks.

The paper is also understood to be a contribution commensurate with a EU council decision, according to which CBRN threats are scientifically analysed and technical safety findings are to be derived //.

Key words

Threats, terrorism, bomb attack, underwater detonation, water penetration, risk analysis, stability, free ullage surfaces, leakage stability, leakage calculation, sinking safety, capsizing safety

Bref exposé

L'objectif du présent travail est de réaliser une analyse des risques et de la sécurité dans le domaine de la navigation des transbordeurs en mer Baltique tout en tenant compte des menaces actuelles et des déductions faites dans les propositions relatives à la réduction des risques. Des dangers connus, répartis selon un classement des accidents seront analysés et débattus sur la base de statistiques des accidents. Les menaces potentielles spécifiques à la navigation des transbordeurs en mer Baltique seront expliquées. Dans ce contexte, le caractère du terrorisme sera décrit avec ses éventuelles conséquences dans la navigation civile. Considérant les menaces potentielles déduites dans leur globalité, les mines marines seront présentées comme des explosions sous-marines ayant des conséquences possibles sur la sécurité de la navigation. Pour étayer ce sujet, des examens approfondis et des calculs seront réalisés à l'aide d'un exemple et des solutions adéquates seront proposées. L'infiltration d'eau sera expliquée en incluant tous les paramètres comme étant la conséquence la plus significative de l'utilisation d'une mine marine. Les conséquences sur la stabilité des navires seront analysées et des déductions faites quant à la sécurité contre le chavirement.

Considérant un navire-type pour exemple, on procédera à la comparaison systématique des résultats obtenus dans le cadre de ce travail qui incluent les calculs de sa stabilité en cas d'avarie (infiltration), les particularités propres à la construction du navire et les mesures organisationnelles avec les critères actuellement en vigueur. En conclusion, il sera alors possible de fournir une évaluation qualitative et quantitative des risques liés à des actes menaçants (attaques de mines marines). Pour ce faire, on aura recours à des simulations, des analyses de scénarios, une matrice de risques, des tables de décision et des arbres d'événements tout en s'appuyant sur des procédés connus pour représenter les risques.

Ce travail vise aussi à apporter une contribution d'après une décision du Conseil européen qui sert de base à l'analyse scientifique des menaces CBRN et à la déduction des résultats techniques relatifs à la sécurité /1/.

Mots-clés

Menaces, terrorisme, plasticage, explosion sous-marine, infiltration d'eau, analyse des risques, stabilité, surfaces libres, stabilité après avarie, calcul de la fuite, sécurité contre le naufrage, sécurité contre le chavirement

Inhalt

| | Seite |
|---|-----------|
| Inhaltsverzeichnis | 5 |
| Verzeichnis der Abbildungen | 8 |
| Verzeichnis der Tabellen | 11 |
| Liste der Abkürzungen..... | 12 |
| | |
| 1 Einleitung..... | 14 |
| | |
| 2 Risikoanalyse und Risikomanagement zur Gewährleistung der Schiffssicherheit | 15 |
| | |
| 3 Analyse der Sicherheit baltischer Fährschiffe und Ableitung von Bedrohungspotentialen..... | 18 |
| 3.1 Gesetzliche Regelungen zur Gewährleistung der Sicherheit der Schifffahrt | 18 |
| 3.2 Allgemeine Gefahrenträger und Risikofaktoren der Seeschifffahrt..... | 25 |
| 3.3 Die Ostsee als besonders schutzbedürftige Region..... | 30 |
| 3.4 Statistische Angaben zur Sicherheit baltischer Fährschiffe | 32 |
| 3.5 Bedrohungspotentiale mit hoher Priorität für den Fährverkehr | 35 |
| 3.6 Terrorismus als neue Form der Bedrohung auch für baltische Fähren | 36 |
| 3.6.1 Wesen und Entwicklung des Terrorismus | 36 |
| 3.6.2 Internationale Terrorismusbekämpfung..... | 37 |
| 3.6.3 Terroristische Bedrohungspotentiale | 38 |
| 3.6.4 Auswirkungen terroristischer Handlungen | 40 |
| | |
| 4 Grundlagen zu Wirkungen und Auswirkungen von Minen | 41 |
| 4.1 Minenanschläge und deren Wirkungen..... | 41 |
| 4.1.1 Bedeutung von Minen..... | 41 |
| 4.1.2 Minenarten | 42 |
| 4.1.3 Physikalische Schiffsfelder | 43 |
| 4.1.4 Unterwasserdetonationen | 45 |
| 4.2 Grundlagen zur Problematik von Wassereinbrüchen..... | 52 |
| 4.2.1 Wassereinbruch und deren Prozessparameter..... | 52 |
| 4.2.2 Physikalisch-Technische Grundlagen zum Wassereinbruch | 54 |
| 4.2.2.1 Leckfläche und einströmende Wassermenge | 54 |
| 4.2.2.2 Unterteilung des Schiffes, Abteilungsstatus, Flutbarkeit von Räumen | 56 |
| 4.2.2.3 Grundlagen zur Stabilität und Schwimmfähigkeit von Schiffen | 57 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 5 | Definierte Seeminenanschläge mit Wassereinbruch | 66 |
| 5.1 | Ableitung der Wirkung von auslösenden Ereignissen | 66 |
| 5.2 | Relevante Daten des Beispielschiffes (Fähre) und Grundlagen zur Leckrechnung | 67 |
| 5.2.1 | Realisierung und Inhalte der Datenbank | 68 |
| 5.2.2 | Annahmen und Bedingungen für die Berechnung | 69 |
| 5.3 | Theoretische Grundlagen zur Kentersicherheit des Beispielschiffes..... | 73 |
| 5.4 | Definition von Basisszenarien für die Leckrechnung | 76 |
| 6 | Vertiefende Untersuchungen für das Beispielschiff | 78 |
| 6.1 | Die detaillierte Leckstabilitätsrechnung am Beispiel..... | 78 |
| 6.2 | Weitere Leckstabilitätsberechnungen | 81 |
| 6.2.1 | "Schiff in Ballast" | 82 |
| 6.2.2 | "Schiff teilbeladen" | 83 |
| 6.2.3 | "Schiff voll abgeladen" | 84 |
| 6.3 | Zusammenfassung der Ergebnisse der Leckstabilitätsrechnungen | 86 |
| 6.4 | Aussagen zum Sterberisiko für die Ro-Pax-Schifffahrt..... | 88 |
| 7 | Lösungsvorschläge - Neue Konzepte und Schutzmaßnahmen | 94 |
| 7.1 | Erkennung von Seeminenanschlägen..... | 94 |
| 7.1.1 | Grenzen der Identifikation von Anschlägen | 94 |
| 7.1.2 | Die technischen Möglichkeiten an Bord..... | 95 |
| 7.1.3 | Operationelle Einschränkungen der Schiffsbesatzung..... | 96 |
| 7.2 | Vorschläge zur Konzeption eines Sicherheitsmanagements..... | 97 |
| 7.2.1 | Definition der Schutzziele..... | 97 |
| 7.2.2 | Bestimmung von Schutzmaßnahmen..... | 98 |
| 8 | Zusammenfassung | 106 |
| | Literaturverzeichnis | 107 |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| Anhang A | Der arbeitshandelnde Mensch in der Schifffahrt | 111 |
| Anhang B | Grundlagen des Risikomanagement | 112 |
| Anhang C | Statistische Angaben | 114 |
| Anhang D | Internationale Organe und Regelungen | 119 |
| Anhang E | Piraterie und Terrorismus | 125 |
| Anhang F | Beispiel für einen terroristischen Sprengstoffanschlag (Seemine) „The Worst Case“ | 126 |
| Anhang G | Angaben zu durchgeführten Leckstabilitätsrechnungen des Beispielschiffes | 128 |
| Anhang H | Risikobetrachtungen bedrohlicher Handlungen | 131 |
| Lebenslauf | | 132 |

Verzeichnis der Abbildungen

| | | |
|------------------|---|----|
| Abb. 2.1 | Die Schiffssicherheit als Subsystem der Seeverkehrssicherheit | 15 |
| Abb. 2.2 | Maßnahmen zur Gewährleistung der Schiffssicherheit | 16 |
| Abb. 2.3 | Risikopolitik als unternehmerisches Instrument / <i>Ergebnis aus 15-19/</i> | 17 |
| Abb. 3.1 | Die zwei Säulen von SOLAS | 20 |
| Abb. 3.2 | Die fünf Säulen von ISM | 22 |
| Abb. 3.3 | Die 4 Säulen von ISPS | 23 |
| Abb. 3.4 | ISPS im Bordgebrauch | 23 |
| Abb. 3.5 | Der kognitive Lernprozess und die Regelungen der IMO | 24 |
| Abb. 3.6 | Maritime Risikofaktoren /48/ | 29 |
| Abb. 3.7 | Anzahl getöteter Personen (weltweit) je "Unfall" | 32 |
| Abb. 3.8 | Anzahl der Unfälle je Unfallklasse | 33 |
| Abb. 3.9 | Unterteilung schwerer Unfälle | 33 |
| Abb. 3.10 | Brisanz getöteter Personen bei Wassereinbruch | 34 |
| Abb. 3.11 | Quellen eines Schadens unter Berücksichtigung bedrohlicher Handlungen | 35 |
| Abb. 3.12 | Mögliche terroristische Handlungen | 39 |
| Abb. 3.13 | Mögliche terroristische Anschlagformen | 40 |
| Abb. 4.1 | Die Fontänenhöhe je Ladungsmasse und Detonationstiefe | 46 |
| Abb. 4.2 | Der Fontänendurchmesser bei unterschiedlichen Ladungsmassen | 47 |
| Abb. 4.3 | Die optische Wirkung der Gasblase einer UWD /69/ | 48 |
| Abb. 4.4 | Wassereinbruch als Folge eines Minenanschlages | 52 |
| Abb. 4.5 | Die Kenngrößen des Volumenstromes / <i>in Anlehnung an 8/</i> | 54 |
| Abb. 4.6 | Der Volumenstrom unterschiedlicher Leckflächen je Lecktiefe | 55 |
| Abb. 4.7 | Der Volumenstrom einer Leckfläche von 6m ² je Lecktiefe | 55 |
| Abb. 4.8 | Die Elemente der Stabilität von Schiffen | 58 |
| Abb. 4.9 | Koordinatensystem eines Schiffes | 58 |
| Abb. 4.10 | Schiff im stabilen Zustand /71/ | 59 |
| Abb. 4.11 | Stabilität bei kleinen Neigungswinkeln /72/ | 60 |
| Abb. 4.12 | Stabilität bei größeren Neigungswinkeln /71/ | 61 |
| Abb. 4.13 | Hebelarmkurve der statischen Stabilität /73/ | 61 |
| Abb. 4.14 | Freie Flüssigkeitsoberflächen eines Tanks und Auswanderung des Massenschwerpunktes /73/ | 62 |
| Abb. 4.15 | Ermittlung von I_B für rechteckige Oberflächen | 63 |
| Abb. 5.1 | Definierte Leckflächen für weitere Betrachtungen | 66 |
| Abb. 5.2 | Ereignisbaum (generell) der Seeminendetonation | 67 |
| Abb. 5.3 | Prinzipskizze des Beispielschiffes | 67 |
| Abb. 5.4 | Unterteilung in 17 wasserdichte Abteilungen | 68 |
| Abb. 5.5 | Kurve der statischen (Intakt)Stabilität des voll abgeladenen Schiffes | 70 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| Abb. 5.6 | GZ- Kurven (Intaktstabilität) für beispielhafte Beladungszustände | 71 |
| Abb. 5.7 | Struktur des zugrunde liegenden Programms | 73 |
| Abb. 5.8 | Stabilitätsveränderung durch freie Oberflächen im Leckfall | 74 |
| Abb. 5.9 | Darstellung der iB-Werte in Abhängigkeit der wasserdichten Abteilungen..... | 75 |
| Abb. 5.10 | Darstellung der iB-Werte in Abhängigkeit der benachbarten wasserdichten Abteilungen | 75 |
| Abb. 5.11 | Darstellung der GM-Werte in Abhängigkeit des Leckfalls benachbarter Abteilungen | 76 |
| Abb. 6.1 | Beispiel zur zeitlichen Füllhöhenangabe für die Abteilungen 5a, 5b, 6a, 6b | 79 |
| Abb. 6.2 | Darstellung von GZ über den Krängungswinkel für $t = 25$ s | 79 |
| Abb. 6.3 | Darstellung von Werten zum Kenterzeitpunkt und möglichen Flutungszuständen..... | 79 |
| Abb. 6.4 | Veränderung von GM in Abhängigkeit der Zeit | 80 |
| Abb. 6.5 | Veränderung des Krängungswinkels in Abhängigkeit der Zeit | 80 |
| Abb. 6.6 | Veränderung des Trimmings in Abhängigkeit von der Zeit | 81 |
| Abb. 6.7 | Theoretisches Kenterrisiko bei einem 1-Abteilungsleck in Abhängigkeit vom Breitenträgeitsmoment | 91 |
| Abb. 6.8 | Theoretisches Kenterrisiko bei einem 2-Abteilungsleck in Abhängigkeit vom Breitenträgeitsmoment | 92 |
| Abb. 7.1 | Auswirkungen von Sprengstoffanschlägen..... | 98 |
| Abb. 7.2 | Ursache-Wirkungs-Kette bei Sprengstoffanschlägen | 99 |
| Abb. 7.3 | Managementprozess zur Bewältigung zukünftiger Sicherheitsanforderungen..... | 101 |
| Abb. 7.4 | Relevantes Risikomanagement bedrohlicher Handlungen..... | 102 |
| Abb. 7.5 | Notfallplan 1 zum Wassereintrich infolge UWD..... | 103 |
| Abb. 7.6 | Notfallplan 2 zum Wassereintrich infolge UWD..... | 104 |
| Abb. A.1 | Entscheidungsebenen und Automationsabhängigkeit <i>/in Anlehnung an 12/</i> | 111 |
| Abb. A.2 | Fehlermanagement, Schutzmaßnahmen und Gegenmaßnahmen <i>/in Anlehnung an 12/</i> | 111 |
| Abb. B.1 | Managementbereiche der Unternehmenspolitik | 112 |
| Abb. B.2 | Prozessstruktur des Risikomanagements <i>/16/</i> | 112 |
| Abb. B.3 | Risikomanagement – Die technische Systembetrachtung <i>/10/15/</i> | 113 |
| Abb. B.4 | Spezifische Risikobetrachtung - Terrorismus | 113 |
| Abb. D.1 | Struktur und Elemente der IMO im Rahmen der Vereinten Nationen..... | 120 |
| Abb. D.2 | SOLAS als Realisierung und Gewährleistung der "Safety of Life at Sea" | 121 |
| Abb. D.3 | Ziele und "Wege" nach ISPS | 123 |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Abb. D.4 | Die Regelungen nach STCW | 124 |
| Abb. G.1 | Leckstabilitätsrechnung für "Schiff in Ballast" | 128 |
| Abb. G.2 | Leckstabilitätsrechnung für "Schiff teilbeladen" | 128 |
| Abb. G.3 | Leckstabilitätsrechnung für "Schiff voll abgeladen" | 129 |
| Abb. G.4 | Spezielle Berechnungsergebnisse | 130 |
| Abb. H.1 | Sterberisiko bedrohlicher Handlungen..... | 131 |

Verzeichnis der Tabellen

| | | |
|---------------------|---|-----|
| Tabelle 4.1 | Verschiebung und Geschwindigkeit eines Schiffskörpers bei Unterwasser- TNT- Detonationen | 49 |
| Tabelle 5.1 | Daten beispielhafter Abteilungen | 69 |
| Tabelle 5.2 | Basisszenarien für die Berechnungen | 77 |
| Tabelle 5.3 | Kenngößen der Basisszenarien | 77 |
| Tabelle 6.1 | Berechnungen für "Schiff in Ballast" | 82 |
| Tabelle 6.2 | Wassereinbruch der Abt. 5+6 bei geringer Lecktiefe | 82 |
| Tabelle 6.3 | Berechnungen für das teilbeladene Schiff | 83 |
| Tabelle 6.4 | Beispielrechnungen für das voll abgeladene Schiff | 84 |
| Tabelle 6.5 | Analyse für das voll abgeladene Schiff unter ungünstigen Tankbedingungen | 85 |
| Tabelle 6.6 | Auswirkungen des speziellen Zweiabteilungslecks der Abt. 5+6 | 85 |
| Tabelle 6.7 | Ermittelte Werte zum Unfallsterberisiko für ein Fährschiff in der Ostsee | 89 |
| Tabelle 6.8 | Ermittelte Werte zum Unfallsterberisiko ausgewählter Gefahren | 89 |
| Tabelle 6.9 | Aussage zur Akzeptanz der zur Unfallsterblichkeit ausgewählter Gefahren | 89 |
| Tabelle 6.10 | Ermitteltes Sterberisiko in Bezug zu Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkschwere bei UWD | 90 |
| Tabelle 6.11 | Ermittelte Tabelle zur Risikomatrix bei Eintritt von UWD | 90 |
| Tabelle 6.12 | Ermittelte Risikomatrix für definierte Beladungszustände bei 2-Abteilungslecks | 93 |
| Tabelle C.1 | Fährpassagieraufkommen bis zum Jahr 2015 (Prognose) /55/ | 114 |
| Tabelle C.2 | Unglücke und Darstellung der getöteten Personen | 118 |
| Tabelle D.1 | Kategorien / Alter der Einhüllentanker – Verbotsvorgaben /49/ | 123 |
| Tabelle E.1 | Fälle weltweiter Piraterie /50/ | 125 |

Liste der Abkürzungen

| | |
|------------------|--|
| A | Auswirkschwere |
| Abt. | Abteilung |
| AIS | Automatic Identification System |
| A_L | Leckfläche |
| B | Formschwerpunkt |
| b | Breite |
| betr. | betroffene |
| bzw. | beziehungsweise |
| CBRN | Chemisch-Biologisch-Radiologisch-Nuklear (Bedrohungen) |
| Depl. | Displacement, Verdrängung |
| DOC | Document of Compliance |
| e | Stabilitätsweg |
| EU | Europäische Union |
| Φ | Krängungswinkel, Schlagseitenwinkel |
| Fh | Füllhöhe |
| FSA | Formal Safety Assessment |
| G | Gewichtsschwerkraft |
| G | Gewichtsschwerpunkt |
| G_{Fl} | Gewichtsschwerpunkt der Flüssigkeit Anfangsstabilität (Kriterium), Gewichtsschwerpunkt- |
| GM | Metazentrum |
| GZ | Gewichts-Formzusatzschwerpunkt |
| H | Hebelarm |
| h, h_1 , h_2 | Höhe des Leckmittelpunktes |
| HSC | High Speed Craft |
| Hz | Hertz |
| i_B , i_B | Breitenträgheitsmoment |
| IMB | International Maritime Bureau |
| IMO | Internationale Maritime Organisation |
| ISM | International Safety Management |
| ISPS | International Ship and Port facility Security |
| I_x | Flächenträgheitsmoment |
| kbl. | Kabel |
| KG | Kiel-Gewichtsschwerpunkt |
| KM | Kiel-Metazentrum |
| KN | Kiel-Scheinmetazentrum |
| Kn | Knoten |
| L | Länge |
| L_{cg} | Längenschwerpunkt |
| LNG | Liquefied Natural Gas |
| LPG | Liquefied Petrol Gas |
| μ | Einschnürkoeffizient |

| | |
|----------|--|
| M | Metazentrum |
| MARPOL | Maritime Pollution |
| MES | Marine Evacuation System |
| Mill. | Millionen |
| mind. | mindestens |
| M_K | Krängungsmoment |
| MMUS | Mensch-Maschine-Umwelt-System |
| MN | Metazentrum-Scheinmetazentrum |
| Mpa | Megapascal |
| Mrd. | Milliarden |
| M_S | Stabilisierendes Moment |
| N | Scheinmetazentrum |
| OSZE | Organisation für Sicherheit und Zusammenarbeit in Europa |
| PSSA | Particularly Sensitive Sea Area |
| R | Risiko |
| Sm | Seemeilen |
| SMS | Safety Management System |
| SOLAS | Safety of Life at Sea |
| SOP | Standard Operating Procedure |
| SRÜ | Seerechtsübereinkommen |
| SSP | Ship Security Plan |
| STCW | Seafarers Training, Certification and Watchkeeping |
| t | Zeit |
| Ta | Tiefgang-Achtern |
| Tm | Tiefgang-Mitte |
| Tv | Tiefgang-Vorn |
| UN | United Nation |
| UNCLOS | United Nation Convention of the Law of the Sea |
| USD | US Dollar |
| UVV | Unfallverhütungsvorschrift |
| UWD | Unterwasserdetonation |
| V | Volumenstrom |
| V_{cg} | Höhenschwerpunkt |
| V_F | Volumen der Flüssigkeit |
| vgl. | vergleiche |
| W | Eintrittswahrscheinlichkeit |
| WTC | World Trade Center |
| Wü | Überlebenswahrscheinlichkeit |
| x | Längsachse des Schiffes |
| y | Querachse des Schiffes |
| z | Höhenachse des Schiffes |
| Z | Formzusatzschwerpunkt |
| z.B. | zum Beispiel |

1 Einleitung

Nach den Anschlägen vom 11. September 2001 wurde auf politischer Ebene eine Reihe von Maßnahmen beschlossen, die auf mögliche Auswirkungen bedrohlicher Handlungen abzielen. Dabei wurde ein neues Gefahrenpotential für die Schifffahrt herausgestellt. Neben allgemeinen Bedrohungen wurde speziell auf den Terrorismus verwiesen.

Im Seeverkehr sind Bedrohungen vielgestaltig. Die Piraterie kann als älteste und bekannteste Form der Bedrohung angesehen werden. Der Einfluss von Bedrohungen auf die Schiffssicherheit sowie die Seeverkehrssicherheit sind wenig erforscht. In der Schifffahrt wurde bisher die Auseinandersetzung mit Gefahren und Risiken traditionsbedingt mit "Versuch und Irrtum" sowie "Schaden beurteilen und Handeln" geführt. Unfälle in der Schifffahrt mit hoher Anzahl von Toten sind geringwahrscheinliche Ereignisse. Sicherheitsbestrebungen gehen bislang von den bekannten Gefahren für die Schifffahrt aus. Diese Gefahren wie Feuer, Kollision, Grundberührungen usw. sind gut erforscht und in Sicherheitsbestimmungen festgehalten. Eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dieser Problematik ist dringend erforderlich, weil wegen der bisherigen geringen Eintrittswahrscheinlichkeit solcher Ereignisse in der zivilen Seeschifffahrt kein Anlass für die Durchführung vertiefender Analysen bzw. Prozessuntersuchungen gesehen wurde. Damit verbunden ist, dass keine Erfahrungsdaten hinsichtlich der Auswirkungswere infolge des Eintritts einer konkreten Bedrohung vorliegen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Risiko- und Sicherheitsanalyse in der Fährschifffahrt im Ostseeraum unter Berücksichtigung aktueller Bedrohungen und Ableitungen von Vorschlägen durchgeführt. Es werden auf der Grundlage von Unfallstatistiken bekannte Gefahren nach Unfallklassen analysiert und diskutiert. Spezielle Bedrohungspotentiale, die im Fährverkehr in der Ostsee denkbar sind, werden erläutert. In diesem Zusammenhang wird der Charakter des Terrorismus */vgl. 2-4/* mit möglichen Auswirkungen in der zivilen Schifffahrt beschrieben. Ausgehend von der Gesamtheit der abgeleiteten Bedrohungspotentiale werden Seeminen als Unterwasserdetonationen mit möglichen Folgen auf die Schiffssicherheit dargestellt. Dazu werden vertiefende Untersuchungen und Berechnungen an einem Beispielschiff durchgeführt und entsprechende Lösungsvorschläge abgeleitet. Der Wassereinbruch als die bedeutsamste Auswirkung beim Einsatz von Seeminen wird mit allen Parametern erläutert. Die Auswirkungen auf die Stabilität von Schiffen werden analysiert und Aussagen zur Ketersicherheit abgeleitet.

Abschließend wird eine qualitative und quantitative Aussage zum Risiko bezüglich bedrohlicher Handlungen (Seeminenanschläge) ermöglicht. Dabei werden Simulationen, Szenarioanalysen, Risikomatrix, Entscheidungstabellen und Ereignisbäume in Anlehnung an bekannte Verfahren zur Darstellung von Risiken verwendet.

2. Risikoanalyse und Risikomanagement zur Gewährleistung der Schiffssicherheit

Aus den Publikationen /5-8/ zur Einordnung des Seeverkehrs in die Sicherheitswissenschaft / Sicherheitstechnik ergibt sich die Struktur der Schiffssicherheit wie in Abbildung 2.1 aufgezeigt in Anlehnung an die erwähnten Autoren.

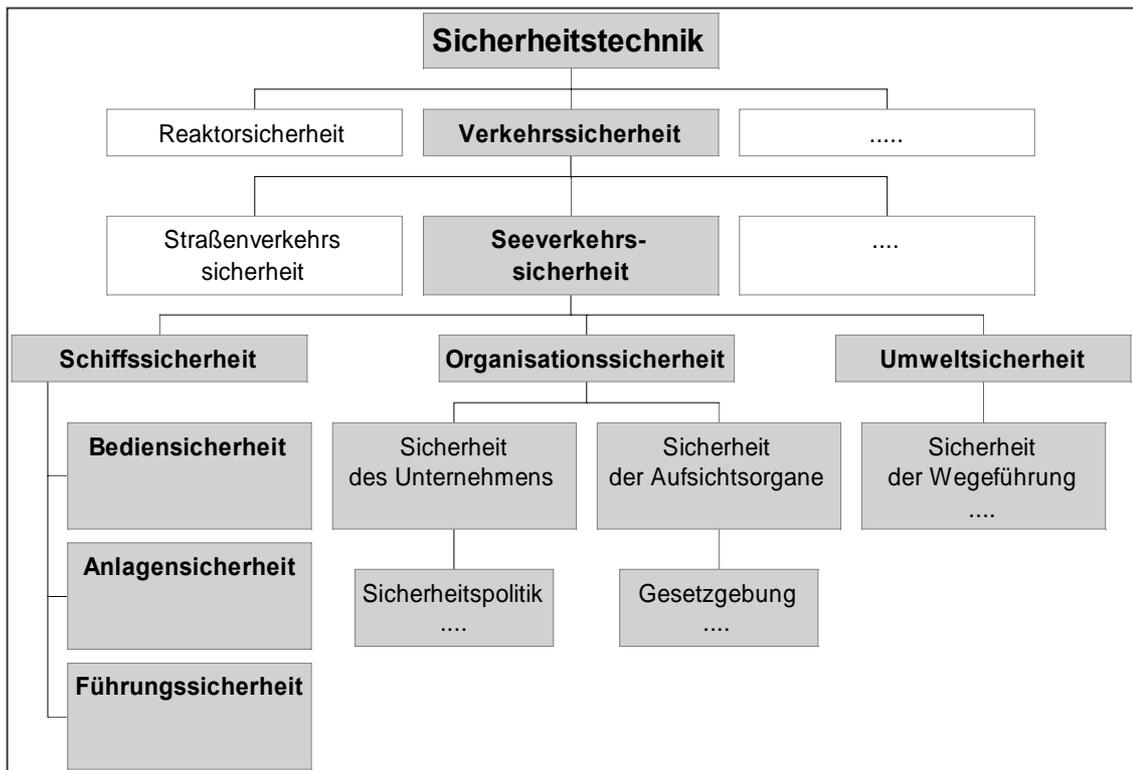


Abb. 2.1 Die Schiffssicherheit als Subsystem der Seeverkehrssicherheit

Eine anwenderorientierte Methode zur Durchführung von Risiko- bzw. Sicherheitsanalysen in der Seeschifffahrt ist das von der IMO (International Maritime Organisation) empfohlene "Formal Safety Assessment" (FSA) /9/. Das FSA stellt die Basis zu Risikobetrachtungen in der Schifffahrt mit folgenden Schwerpunkten dar:

- Identifikation von Gefahren,
- Risikobewertung,
- Risikokontrollmöglichkeiten,
- Kosten-Nutzen-Analyse,
- Empfehlungen.

Bekannte Risikobetrachtungen sowie das Verhalten des Menschen in komplexen technischen Systemen beinhalten verallgemeinerte Darstellungen /10-14/.

In der Schifffahrt erfolgt in der Regel nach einem Unfall mit besonderer Schwere eine retrospektive Analyse und somit aus Erfahrungswissen eine Änderung bzw. Neufassung von Konventionen oder Codes. Wenig ausgeprägt ist die vorausschauende Analyse von Risiken, um prozessbezogene Maßnahmen abzuleiten. Bei Risikobetrachtungen ist aber die progressive Untersuchung besonders wichtig. Die allgemeine Auswahl beinhaltet normative und spezifische Methoden, die teilweise kombiniert werden /15-21/.

Speziell in der Fährschifffahrt wurde seit 1987, nach dem Unfall der "Herold of Free Enterprise", vermerkt, dass auch auf der Managementebene Fehler möglich sind, die sich auf das Schiff beziehen. Nach dem Unfall der "Estonia" im Jahr 1994 wurden die Bemühungen zum Einfluss des menschlichen Verhaltens intensiviert.

Die adaptierte Struktur für Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit in der Schifffahrt wird nachfolgend in Abbildung 2.2 dargestellt.

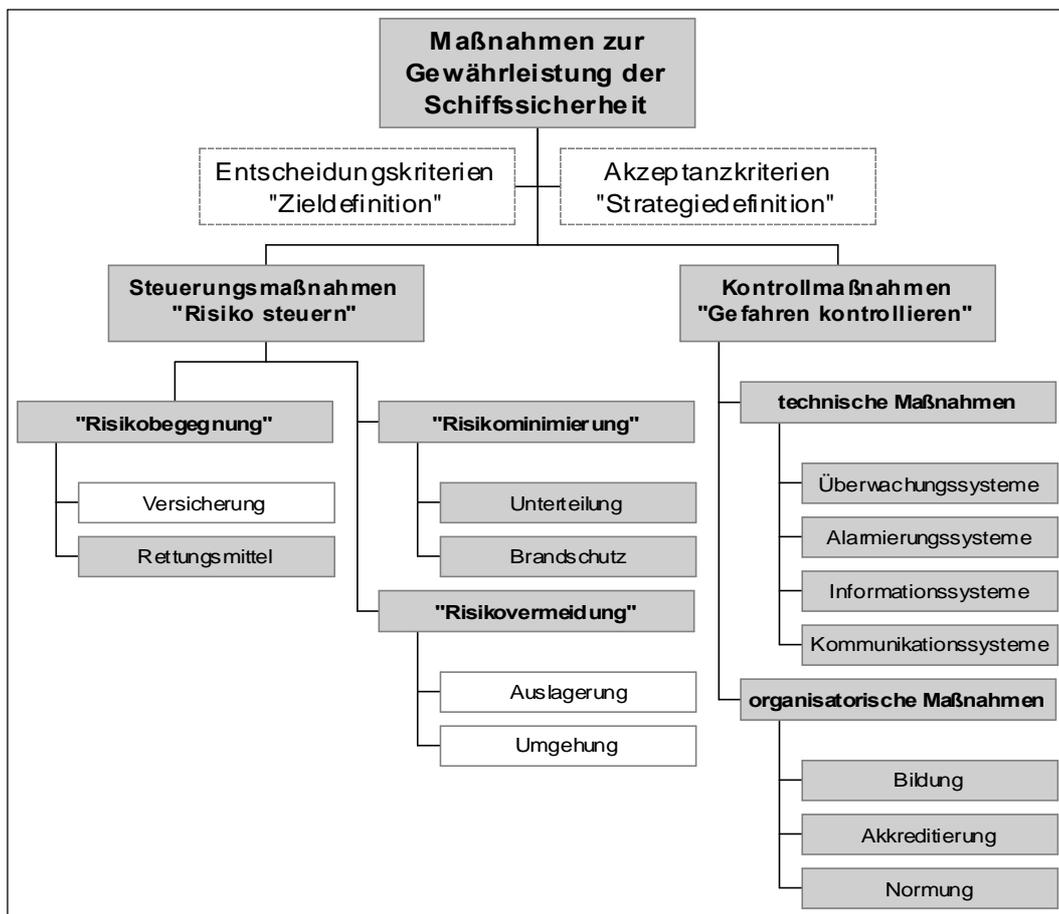


Abb. 2.2 Maßnahmen zur Gewährleistung der Schiffssicherheit

Durch die Aufnahme neuer Erkenntnisse in wichtige rechtliche Regelungen in der Schifffahrt /siehe 3.1/ erfolgte ein Risikomanagement mit besonderer Ausprägung der Risikokommunikation und hoher Beachtung von Sicherheitsbestimmungen.

Die Prozessstruktur des Risikomanagements einer wertorientierten Unternehmenssteuerung setzt strategische Regelungen voraus, die die Grundlage einer systematischen Identifikation von Risiken bilden. Die Identifikation von Risiken muss über die Wahrnehmung und das Bewusstsein (strategische Elemente) geprägt werden. Der Analyseprozess (operative Elemente) beschreibt die Systematik der Identifikation der auslösenden Ereignisse, der Methodik und Aggregation der Analyseverfahren sowie der abschließenden Risikobewertung. Die Steuerung und Kontrolle der Risiken obliegt dem strategischen Management /16-19/22/23/Abb. B.1/Abb.B.2/.

Die nachfolgende Abbildung 2.3 zeigt die Gliederung des Risikomanagements im Rahmen der Risikopolitik als systematische Struktur mit dynamischer Herausbildung. Im Rahmen von Kapitel 7 wird darauf näher eingegangen.

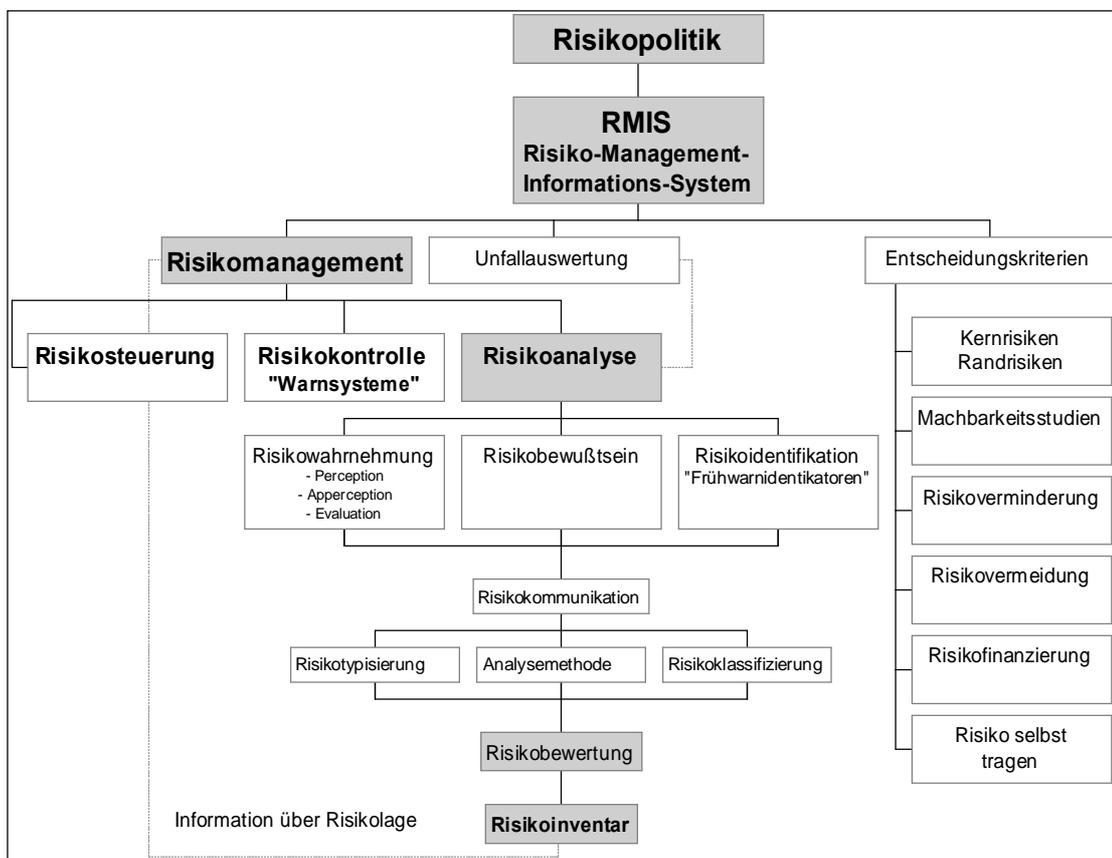


Abb. 2.3 Risikopolitik als unternehmerisches Instrument /Ergebnis aus 15-19/

Die Beeinflussung betrieblicher Prozesse kann nicht nur auf unbeabsichtigten Fehlhandlungen basieren, sondern auch auf möglichen bedrohlichen Handlungen. Eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den bisher unbekanntem Risiken ist zwingend erforderlich und soll hier vertiefend für bestimmte Formen dargestellt werden.

3 Analyse der Sicherheit baltischer Fährschiffe und Ableitung von Bedrohungspotentialen

Neben der Darstellung wichtiger gesetzlicher Regelungen für die Schifffahrt, sollen hier die Gefahrenträger und Risikofaktoren herausgestellt werden. Weiterhin wird die Ostsee als besonders schutzbedürftige Region aufgezeigt. Ableitend von einer Analyse des Unfallgeschehens für Schiffe im weltweiten Personenverkehr werden baltische Ro-Pax-Schiffe diesbezüglich untersucht. Terroristische Bedrohungspotentiale werden dargestellt. Daraus ableitend werden mögliche Auswirkungen terroristischer Handlungen erläutert.

3.1 Gesetzliche Regelungen zur Gewährleistung der Sicherheit der Schifffahrt

Die UNO bzw. IMO hat mit bedeutenden Übereinkommen die erforderlichen Voraussetzungen zum Schutz des menschlichen Lebens und der Umwelt vor Verschmutzungen geschaffen /*Anhang D*/.

Wichtige Konventionen:

- Seerechtsübereinkommen (SRÜ) /24/
- Internationales Übereinkommen zum Schutze des menschlichen Lebens auf See (SOLAS) /25/
- Internationales Übereinkommen zum Schutz der Umwelt vor Schiffen (MARPOL) /26/
- Internationales Übereinkommen zu Standards für Training, Zertifizierung und Wachdurchführung (STCW) /27/.

Wichtige Regelungen im Rahmen der SOLAS sind in Kapitel IX und XI-2 beinhaltet und durch den International Safety Management Code (ISM) /28/ sowie den International Ship and Port facility Security Code (ISPS) /29/ untersetzt.

Auf diese Regelungen soll hier kurz eingegangen werden.

Seerechtsübereinkommen

Das von der UNO 1982 verabschiedete Übereinkommen UNCLOS (United Nations Convention of the Law of the Sea) wurde als Seerechtsübereinkommen im deutschsprachigen Raum übertragen. Es regelt die grundsätzlichen Rechte für alle Handlungen der Völker auf See. Eine eindeutige Unterscheidung zu nationalen Gesetzgebungen wird bestimmt durch den Grundsatz der Souveränität aller Staaten. Somit obliegt die rechtliche Relevanz aller Regelungen im SRÜ dem "Gebiet" außerhalb nationaler Hoheitsbefugnisse. Dies hat z.B. zur Folge, dass die Definition von Piraterie nicht für den nationalen Hoheitsraum gilt. Daneben werden die Rechte innerhalb nationaler Hoheitsbefugnisse dargestellt, um Unstimmigkeiten zu vermeiden. Das Recht der friedlichen Durchfahrt für Schiffe innerhalb des Küstenmeeres unter nationaler Gesetzgebung wird ausdrücklich im SRÜ benannt, um die Schifffahrt auf allen Teilen des Meeres zu garantieren. Das SRÜ ist die judikative Komponente im internationalen Seeverkehr. Ein erkanntes Defizit im SRÜ ist, dass Piraterie unscharf und Terrorismus nicht definiert ist.

SOLAS

SOLAS wird als bedeutendste Konvention im Bereich der Schiffssicherheit benannt und entwickelt sich sukzessive weiter. Der Ursprung von SOLAS bestand in der Benennung von Standards zur Konstruktion und Ausrüstung von Schiffen. Die Sicherheit des Schiffes wurde als technische Sicherheit betrachtet. In den 90er Jahren wurde erkannt, dass die landseitige Organisation erheblichen Einfluss auf die Schiffssicherheit ausübt. Im Jahr 2001 wurde der Gegenstand bedrohlicher Handlungen auf die Schifffahrt abgeleitet. Dies führte zu Erweiterungen von Schutzmaßnahmen gegen terroristische und ähnliche Bedrohungen.

Erkennbar ist in SOLAS eine Risikostruktur der Schiffstypen. Es werden (Öl)Tanker und Reaktorschiffe als hoch risikobehaftet, Massengut- und Passagierschiffes als mittlere Risikogruppe und Handelsschiffe als gering risikobehaftet angesehen. SOLAS beinhaltet eine Reihe von Codes, die extern existieren und als Vorschrift verbindlich sind (z.B. ISM, ISPS, HSC). Durch einen SOLAS Beschluss wird die Verbindlichkeit beschleunigt und erleichtert.

Der Autor stellt zwei Säulen in SOLAS fest, die funktionellen bzw. operationellen Charakter aufweisen. Als integrative Klammer wird Kapitel IX und XI aus Abbildung 3.1 erkennbar.

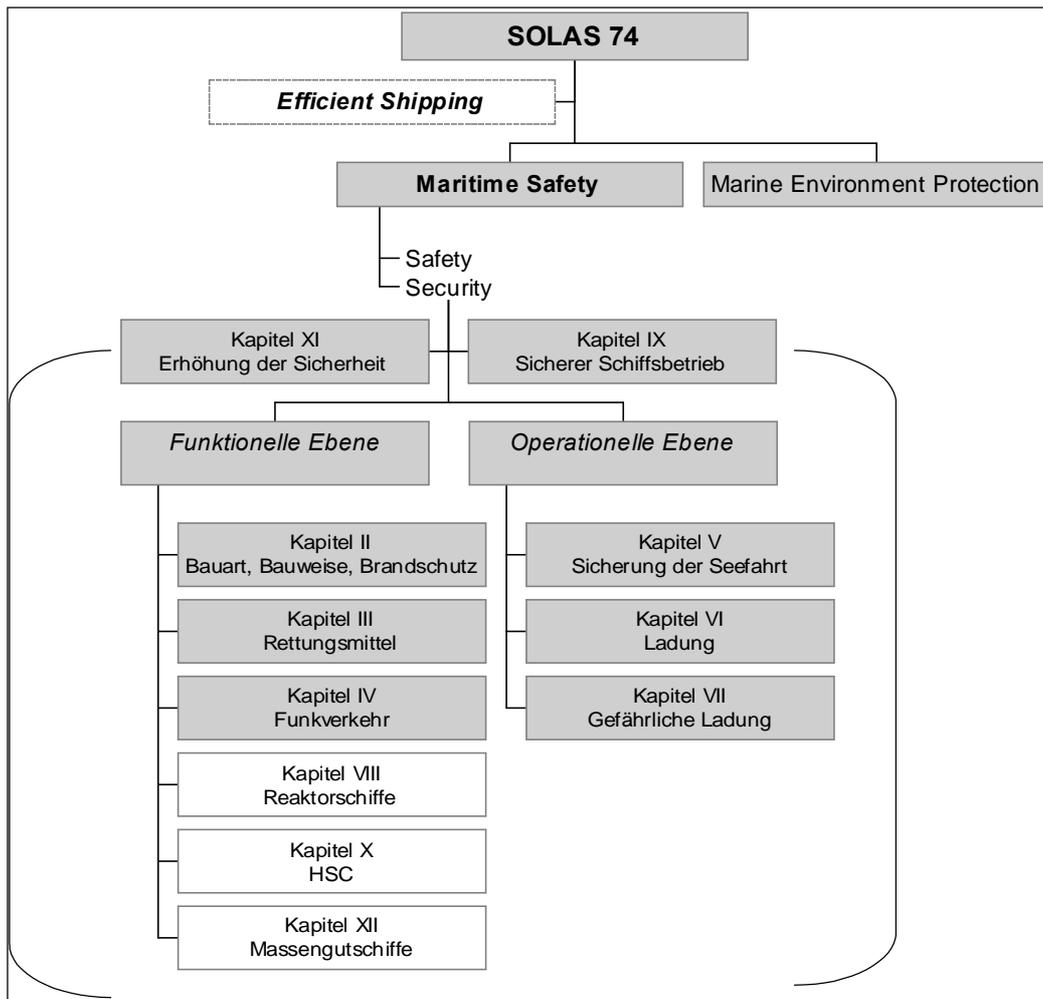


Abb. 3.1 Die zwei Säulen von SOLAS

SOLAS beinhaltet namentlich Bedingungen und Maßnahmen, die die Sicherheit des menschlichen Lebens auf See zum Anliegen haben. Umweltspezifische Grundelemente zeigen sich in den Anforderungen als integrativer Bestandteil. Der technische Fortschritt bedingte operative Elemente, die die Grenzen menschlicher Leistungsfähigkeit erkannten. Somit kann die funktionelle und operationelle Ebene von SOLAS als die Sicherheit des Systems-Schiff bezüglich einer Zustandsherbeiführung gemäß gesellschaftlichem Konsens charakterisiert werden. Damit ist ein latenter Grundzustand zur Prävention und Reaktion auf Gefahren und Risiken realisiert.

MARPOL

Im letzten Jahrhundert stieg der gesellschaftliche Konsens, die Umwelt als Grundlage menschlicher Lebenswelt zu schützen. Die Zunahme des Öltransportes über die Seewege sowie die Verunreinigungen der Meere durch Schiffe wurden als Gefahr erkannt. MARPOL zum Schutz der Meere vor Ölverschmutzungen beinhaltet in Unterteilungen alle Bereiche möglicher Verschmutzungen.

STCW

Im Rahmen der IMO ist STCW Bestandteil des Unterausschusses "Human Element". Diese Konvention und der Code gelten auch für nicht teilnehmende Staaten auf der Basis der Internationalität der Schifffahrt. Im Dezember 2002 hatten 135 Staaten STCW ratifiziert und repräsentierten damit über 97% der Weltschiffstonnage. Im Rahmen von Hafenstaatenkontrollen wird die Einhaltung von STCW auf staatlicher Ebene überprüft. Eine "White list" führt alle mit STCW übereinstimmenden Staaten auf. Es wird erwartet, dass nicht repräsentative Staaten einer verstärkten Kontrolle unterzogen werden. Die Kompetenz durch Qualifikation und Training ist wertvoller Bestandteil von STCW.

ISM-Code

Der ISM-Code resultierte aus dem Unfall der "Harald of Free Enterprise" und trat 1998 in Kraft. Er gilt ab Juli 2002 für fast alle internationalen Schifffahrtsunternehmen. Die Ziele des ISM-Code sind ein sicheres Management, eine sichere Bedienung des Schiffes sowie die Verhinderung von Umweltverschmutzungen. Es wurde erkannt, dass nicht nur die technische Sicherheit des Schiffes und die Besatzung an Bord mit den notwendigen Ausbildungen und Zertifikaten für eine sichere Schifffahrt verantwortlich sind, sondern die Ablaufprozeduren und das Management wesentliche Merkmale der sicheren Schiffsführung sind. Haftungsrechtliche Einschränkungen der Versicherer, die zuvor auf die Schiffsführung zurückführten, gelten auch für die Landorganisation. Neben der Zertifizierung nach der ISO 9000er Reihe als Sicherung der Qualität fügte sich das SMS (Safety Management System) in den Prozess ein. Vor- und Nachteile werden streng diskutiert. Die generelle Akzeptanz soll zu 54% mit einer knappen Mehrheit positiv bezeichnet worden sein. Der ISM-Code ist bewusst auf generelle Prinzipien ausgelegt, um der Vielfalt in der Schifffahrt optimal zu begegnen /30-33/.

Vom Autor wurden 5 Säulen von ISM als tragende Elemente unter der Prämisse einer notwendigen Sicherheits- und Umweltpolitik im Unternehmen herausgestellt /Abb. 3.2/. Das nationale US-Programm "Prevention Through People" (PTP) erarbeitete 4 Säulen zur Handhabung des ISM-Codes, die in die "Human Element" Gruppe der IMO einbezogen wurden. Dort werden "Management", "Work – Environment", "Behaviour" und "Technology" als Säulen angeführt.

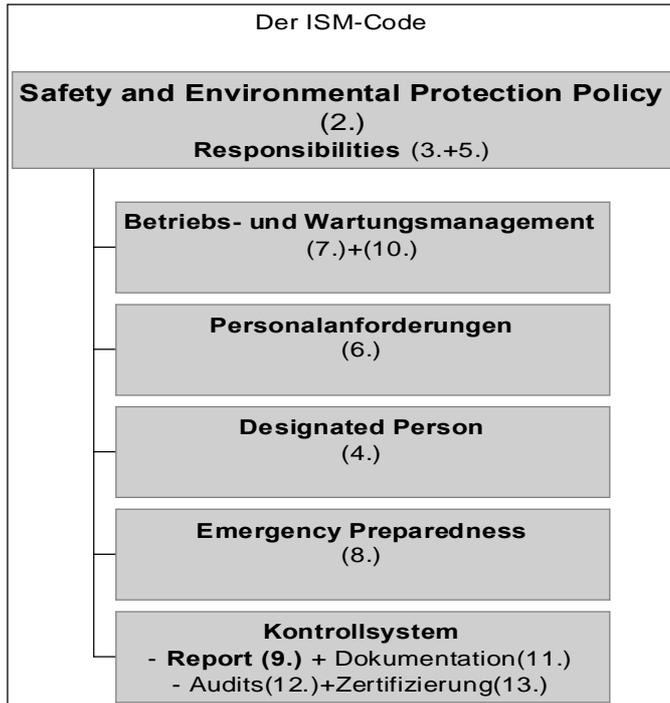


Abb. 3.2 Die fünf Säulen von ISM

Neben der Bestimmtheit vieler Unterpunkte ist das System der Reports nach Element 9 nicht befriedigend. Hier werden primär negative Ereignisse im Schiffsbetrieb vermerkt. Positives Lernen ist somit nicht Bestandteil von ISM.

ISPS-Code

Der ISPS-Code gilt für Schiffe und die Schnittstelle im Hafen. Aus den Anschlägen am 11. September 2001 (WTC) wurde die terroristische Bedrohung auch für die Schifffahrt abgeleitet. Nach einer sehr kurzen Erarbeitungsphase wurde der ISPS-Code sowie weitere Maßnahmen im Jahr 2002 von der IMO beschlossen. Seit dem 01. Juli 2004 ist ISPS in Kraft.

Das Ziel von ISPS besteht in der Abwendung bedrohender Handlungen für die Schifffahrt, um die Sicherheit zu gewährleisten. Maßnahmen gemäß ISPS stellen eine mögliche Herangehensweise zur Risikobetrachtung bezüglich Bedrohungen dar. Dies impliziert eine Steuerungsmaßnahme, um mit dem Risiko von Bedrohungen umzugehen. Basis der Betrachtung ist die allgemeine Lage von Bedrohungen in unterschiedlichen Stufen (Level 1,2,3). Auf Grundlage der Informationen werden die notwendigen Rückschlüsse gemäß erarbeiteter Pläne (Ship Security Plan) für Handlungsmaßnahmen auf organisatorischer Ebene im Unternehmen und an Bord gezogen. Die 4 Säulen von ISPS sind in Abbildung 3.3 dargestellt.

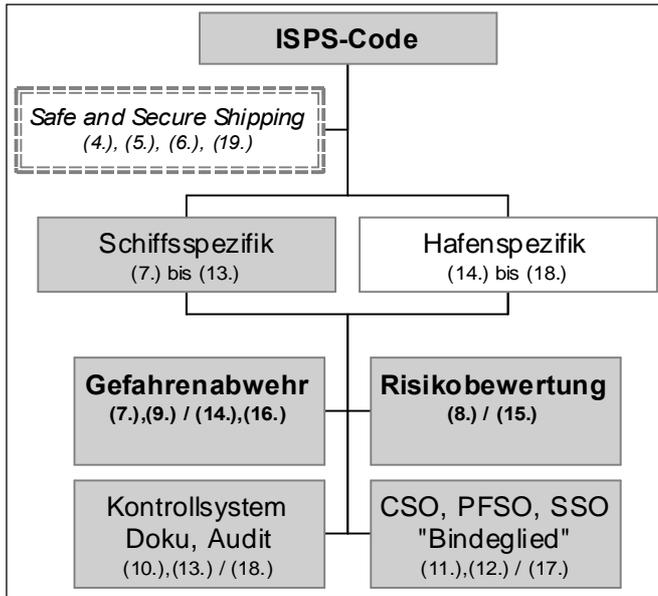


Abb. 3.3 Die 4 Säulen von ISPS

Es handelt sich dabei um festgelegte Handlungen und Maßnahmen, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit haben können. Dies soll in Abbildung 3.4 veranschaulicht werden.

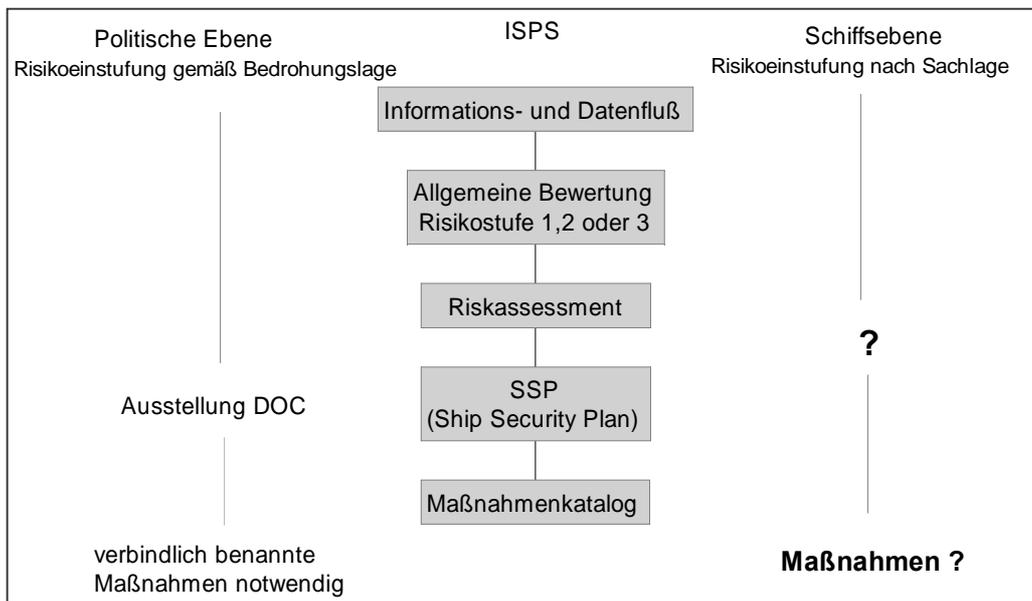


Abb. 3.4 ISPS im Bordgebrauch

Neben den festgelegten Maßnahmen nach ISPS wird ersichtlich, dass es sich hierbei ausschließlich um Ausführungsbestimmungen gegen Bedrohungen und daraus resultierender Notfälle handelt. Somit kann ISPS als Unterfunktion von ISM(8) nur einen geringen Teil von Notfällen und hier primär die Eintrittswahrscheinlichkeit abdecken. Weder im "Riskassessment" noch im SSP (ship security plan) eines Schiffes spiegeln sich reale Risikoanalysen von Bedrohungen im Sinne von Eintrittswahrscheinlichkeit

und Auswirschwere wider. Im Rahmen der Schulungsmaßnahmen zu ISPS wird ein gestärktes Bewusstsein zur möglichen Anfälligkeit gegen bedrohliche Handlungen und deren prognostizierten Auswirkungen qualitativ in die Arbeitswelt an Bord eingebracht /34-46/.

Der Kontext der Regeln

Das Schlüsselwort im Kontext der Regeln ist die Effizienz. Die Seeschifffahrt muss weiterhin für Unternehmer finanzierbar bleiben, mit unternehmerischen und staatlichen Risiken. Die Leichtigkeit im Seeverkehr beschreibt das Kosten-Nutzen-Verhältnis gemäß FSA (4.) der IMO unter gesellschaftlichen Akzeptanzkriterien.

Die Ergebnisse von Hafenstaatenkontrollen zeigen erhebliche Defizite in allen Elementen der "sicheren" Schifffahrt /47/.

Die hohe Unbestimmtheit der komplexen Prozesse an Bord kann durch exploratives Lernen und kommuniziertes Wissen kompensiert werden. Diese Komponente soll aus der folgenden Abbildung 3.5 deutlich werden.

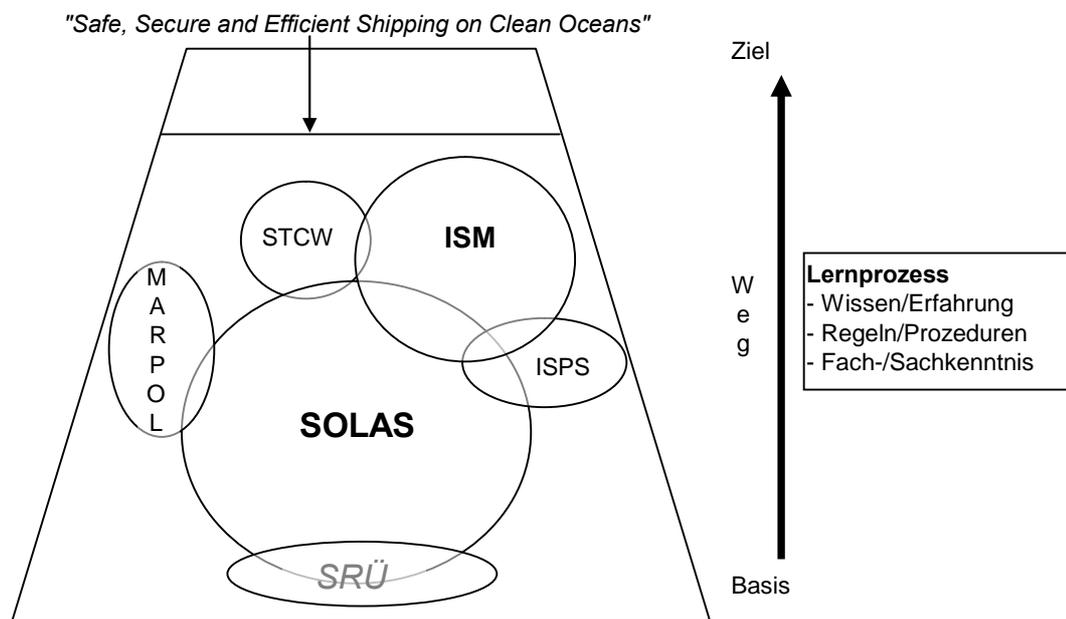


Abb. 3.5 Der kognitive Lernprozess und die Regelungen der IMO

Im Maßstab aller Regeln der IMO stellte ISM den dynamischen Prozess der Schifffahrt heraus. MARPOL und STCW bilden eine selbstständige Ebene, die Umwelt- und Bildungsaspekte beinhalten. Eine Teilmenge von SOLAS sowie STCW und ISM betrachten die Führungssicherheit, die Arbeitssicherheit und die Bediensicherheit der Schifffahrt. Die Annahme der unbeabsichtigten Handlung wird vorausgesetzt. ISPS stellt ei-

nen neuen Ansatz zur Verfügung. Die dort benannten Bedrohungen stehen für beabsichtigte Handlungen. Der physikalische Vorgang zu einem Notfall als energetische Zustandsänderung wird hier durch kriminelle Energie gestützt. Diese Aussage ist im Kontext der IMO-Regeln neu, weil eine Benennung der Quelle der Gefahr (Bedrohung) zuvor nicht möglich war.

3.2 Allgemeine Gefahrenträger und Risikofaktoren der Schifffahrt

Gefahrenträger der Seeschifffahrt

Eine gefährliche Situation an Bord eines Schiffes kann durch interne oder externe Faktoren verursacht werden. Die Kenntnis der ablaufenden Prozesse ist die Basis für wissenschaftliche Betrachtungen. Die Bewertung des Terrorismus unter wissenschaftlichen Aspekten ist eine spezielle Form der Gefahrenquelle. Als Bedrohung gilt die vorsätzliche und widerrechtliche Herbeiführung einer unmittelbaren Gefährdung. Die Risikobetrachtung kann nicht in der üblichen Weise verfolgt werden, da die Intention der Gefahrenquelle neue Bewertungsmaßstäbe beansprucht. Diese Risiken lassen sich durch die Komponenten der Schifffahrt beschreiben /48/.

Komponenten und Gefahrenträger der Schifffahrt:

- Ladung
- Schiff
- Finanzmittel
- Personen

Diese sollen nachfolgend für alle Bereiche des Seeverkehrs allgemein dargestellt werden und auf verschiedene bedrohliche Aspekte hingewiesen werden.

Die Ladung

Über den Seeweg werden pro Jahr weltweit 5,8 Mrd. Tonnen verschiedener Güter befördert. Dies entspricht etwa 80 % der Welthandelstonnage. Es gibt ca. 4000 Hafenanlagen, die die 46.000 Schiffe der Welthandelsflotte bedienen. Dabei ist die Seeschifffahrt ein sehr komplexes Netzwerk in einer modularen Transportkette mit international offenem Charakter. Im Jahr 2002 existierten ca. 2.700 modulare Containerschiffe die von 430 hoch automatisierten Hafenanlagen bedient wurden. Es wird gegenwärtig mit welt-

weit 15 Mill. im Umlauf befindlichen Containern gerechnet. Dabei wurden 232 Mill. Container im Jahr 2001 durch Container-Hafenanlagen bewegt.

Es wurde z.B. am 18.10.2001 kurz nach den Anschlägen auf das WTC (World Trade Center) in einem italienischen Hafen (Gioia Tauro) ein Container mit spezieller Ausrüstung gefunden. Neben Toilette, Heizung, Bad usw. verfügt er auch über ein Satellitentelefon, einen Laptop, Securityausweise für den New Yorker JFK Flughafen. Die dazugehörige Person konnte nicht aufgefunden werden. Dieses Containerschiff mit deutschem Eigner unter Antigua&Barbuda Flagge, vom Mersk gechartertem Container, der in Port Said geladen wurde, sollte über Rotterdam nach Kanada gelangen.

Illegale Suchtmittel werden über den Seeweg in die Welt gebracht. So waren es allein in den USA zwischen 1996-1998 in 950 Fällen 223.502 kg Drogen, die per Schiff transportiert werden sollten und nicht ihr Ziel erreichten. Das entspricht durchschnittlich 235 kg pro Fundsache. Hochmoderne und teure Ladung wird weltweit gestohlen. Insgesamt beträgt der Schaden 30-50 Mrd. USD.

Auch legale Ladung kann für terroristische Zwecke missbraucht werden. Wiederkehrend wird Gefahrgut der Klasse 1.1 falsch deklariert als Klasse 1.3 oder 1.4 transportiert. Der Aufwand und die Kosten sind dabei reduziert. Auf dem Containerschiff "Hanjin Pennsylvania" explodierte im November 2002 unter Teilhabe vom Feuerwerksmitteln und Kalziumhypochlorid eine explosive Mischung. Die "Sealand Express" strandete im August 2003 in der "Dolphin Beach" nahe Cape Town bei schwerer See. Die Ladung bestand u.a. aus 59 Fässern mit Uraniumoxid. Massengüter scheinen gefährlicher als angenommen. Am 12. September 2001 wurde einem LNG-Frachter das Einlaufen in Baltimore untersagt, als Resultat des Anschlages auf das WTC einen Tag zuvor. Es gibt weltweit 23.281 "Bulk- and general cargo" Schiffe. Davon sind 1.153 LPG/LNG Tanker. Diese Schiffe transportieren unter anderem Ammoniumnitrate. Es wurden z.B. über den 235 m langen Mississippi im Jahr 1997 über 400.000 Tonnen dieser Ladung transportiert. Der Stoff, der als Düngemittel bekannt ist, ist korrekt behandelt keine Gefahr. Bei Manipulation mit Kraftstoffen und einem Katalysator entsteht ein hochexplosives Gemisch.

Die Seetransportkette ist komplex und der eigentliche Seetransport der Ladung nur ein Abschnitt im modernen Haus zu Haus Verkehr. Beim Transport von Containern agieren 25 verschiedene Akteure. Es müssen 30-40 Dokumente generiert werden. Die physischen Zwischenstationen werden mit 12-15 beziffert. Eine Sicherheitslücke in diesem System zu finden ist nicht schwer. In den USA mit ihren als streng bekannten Vorschriften werden nur 2 % (Stand 2001) aller im Umlauf befindlichen Container kontrolliert.

Eine der organisierten Kriminalität ähnliche Art wird als "Proliferation" bezeichnet. Dabei handelt es sich z.B. um Teilladungen, die zu einer fertigen Waffe erst zusammengefügt werden. Auf diesem Gebiet werden Schiffe als Transportmittel eingesetzt. Dabei geben die Teilladungen nicht immer Aufschluss auf die Nutzbarkeit als mögliches Endprodukt.

Die Fährschiffahrt transportiert neben KFZ und Personen auch Güterwaggon über den Seeweg. Die Ladung der Waggon und Kraftwagen bleibt teilweise verborgen. Ein mit Sprengstoff beladener PKW oder sogar LKW könnte großen Schaden herbeiführen.

Das Schiff

Gleich dem Anschlag auf das WTC am 11. September 2001, ist es möglich ein Schiff als Waffe einzusetzen. Dabei kann das Schiff als politisches Ziel vernichtet werden und gleichzeitig in einen Hafen einlaufend weiteren Schaden verursachen. Denkbar sind ebenfalls Szenarien mit beträchtlichen Umweltschäden durch Öl o.ä. umweltgefährdende Stoffe. Die Androhung massiver terroristischer Aktivitäten hätte die Schließung ganzer Küstenregionen zufolge. So wurde nach dem 11. September 2001 der gesamte amerikanische Luftraum gesperrt. Studien ergaben, dass z.B. die Schließung der Westküste der USA, wie im Oktober 2002 aufgrund von Problemen zwischen Gewerkschaft und Management, für 10 Tage direkte Kosten in Höhe von 19,4 Mrd. USD zur Folge hätten. Die Arbeiter in diesen Bereichen würden 500 Mill. USD einbüßen.

Ein "Security-War-Game" im Hafen von Los Angeles mit der Explosion einer herkömmlichen und einer radiologischen Bombe zeigte in einer Studie, dass 19 Tage bis zur Wiederaufnahme der Betriebsfähigkeit und insgesamt 92 Tage bis zur vollständigen Stabilisierung des Güterverkehrs vergehen würden. Die direkten Kosten würden 58 Mrd. USD betragen.

Die Finanzmittel

Es ist möglich, über Schiffsanleihen ein Schiff zu finanzieren ohne als eigentlicher Reeder zu gelten. Ein weiterer Punkt zur Finanzierung terroristischer Aktivitäten im Bereich der Schifffahrt ist die Eroberung fremder Schiffe. Es werden bereits moderne Tanker und andere Schiffe gekapert und die Ladung bzw. das ganze Schiff verkauft. Allgemeine Geldtransaktionen geben keinen Aufschluss auf den Urheber, insbesondere in "freizügigen" Regionen.

Personen

Zu unterscheiden ist hier in externe und interne Personale. Zu den internen Personalen gehören die über 1,2 Mill. Seeleute weltweit. Es wird vermutet, dass auch Unfälle auf Seeschiffen nicht immer nur fahrlässig verschuldet werden. Vorsätzlich verursachte Brände können nur selten ermittelt werden.

Beispiele:

- Autofrachter "Hual Europe" vor Tokio Nov. 2002 ungeklärter Brand
- Flüssiggastanker vor Küste Hongkong Ende 2002 ungeklärter Brand
(nahe eines Atomkraftwerkes)
- Tanker "Tasman Sea" in Nordchina Ende 2002 ungeklärte Kollision
- MV "Sierksdorf" in norrdänischem Hafen 12-2002 ungeklärte Explosion

Die 35.000 km lange EU-Küstenlinie mit über 600 Häfen beheimatet ca. 13.000 Schiffsoffiziere und insgesamt ca. 180.000 Seeleute. Dabei soll die Anzahl der Schiffsoffiziere bis 2006 auf fast das Dreifache (36.000) ansteigen. Neue Dokumente für Seeleute mit biometrischen Daten könnten den Schutz vor Missbrauch verringern. In diesem Rahmen wäre es möglich, bei der Einstellung eines Seemanns dessen Führungszeugnis zu verlangen. In anderen Bereichen ist dies bereits notwendig. Auch die Hafenarbeiter müssen nur selten ihre Identität nachweisen. So wurden z.B. im Hamburger Hafen im Januar 2003 Kontrollen durchgeführt. Dabei wurden polnische Kranführer ohne Arbeitserlaubnis aufgespürt. "Einschleicher" und "Überschmuggler" nutzen ein Schiff für deren illegalen Transport zu einem anderen Hafen. Oftmals sind es Hilfe und Arbeit suchende Menschen, die in armen Ländern leben. Aber wie Beispiele zeigen, kann auch auf Terroristen geschlussfolgert werden. (Beispiel des voll ausgerüsteten Containers) Es wurden im ersten Quartal 2004 weltweit 2.238 Einschleicher registriert. Das sind im Jahresdurchschnitt ca. 10.000 Fälle. In Calais wurden in 2001 698 Einschleicher registriert. Im belgischen Zeebrügge waren es 424 blinde Passagiere /49/50/. In der Fährschiffahrt im Baltikum werden vor allem Schmuggler registriert.

Zusammenfassend muss die Bedrohung auch für Seeschiffe erkannt werden. Umfangreiche Risikobetrachtungen müssen die Sicherheitslage an Bord bewerten. Daraus sind Schlussfolgerungen für notwendige und realisierbare Änderungen abzuleiten. Weiterhin sind Schutzkonzepte zu entwickeln, die neben allgemeinen Notwendigkeiten auch schiffsspezifische und linienspezifische Ansätze liefern.

Risikofaktoren im maritimen Bereich

Als Risikofaktoren im Rahmen bedrohlicher Handlungen lassen sich Ableitungen aus den Gefahrenträgern der Seeschifffahrt ziehen, die in der Abbildung 3.6 dargestellt sind.



Abb. 3.6 Maritime Risikofaktoren /48/

Eine gefährliche oder bedrohliche Situation sowie deren Auswirkung an Bord eines Schiffes kann durch interne oder externe Faktoren verursacht werden. Die Ursachen eines Vorfalls sind definierte Unfallklassen, die in Notfallplänen gemäß ISM theoretisch abgehandelt werden.

Ursachen von Unfällen sind z.B.:

- Brand / Feuer
- Explosion / Detonation
- Gefahrgutaustritt
- Grundberührung
- Kentern / Schlagseite
- Kollision
- Piraterie
- Strandung
- technische Störung
- Terrorismus

Diese Unfallklassen sind gleichzeitig mögliche Folgeereignisse. Es kann ein terroristischer Vorfall zu einem Brand, einer Explosion, o.ä. führen.

Die Wirkungen/Auswirkungen von Vorfällen sind z.B.:

- Brand / Feuer
- Einsatzverlust / Schaden am Schiff
- finanzielle Verluste
- politischer Schaden
- Umweltverschmutzung
- Verletzte oder Verlust von Menschenleben
- Wassereinbruch

3.3 Die Ostsee als besonders schutzbedürftige Region

Ein Schiff muss gemäß internationalen Vorschriften und nationalen Regelungen mit definierten Sicherheitsausrüstungen ausgestattet sein. Diese technischen Ausstattungen ändern sich in der Regel nur vom Modernisierungsgrad. Forschungsergebnisse zeigen, dass die Anzahl der Schadensfälle in den letzten Jahren gesunken ist. Dabei ist die durchschnittliche Schadenssumme beträchtlich gestiegen.

"Jedes zweite Schiff wäre im Durchschnitt einem Unfall einmal pro Jahr nur knapp entkommen." /8/

In der Passagier- und Fährschiffahrt nimmt die Unfallursache Brand, wie publiziert, mit ca. 40 % den größten Anteil ein. Bei diesen Schiffen liegt das Verhältnis Besatzung zu Passagier bei durchschnittlich 1:3. Die Fährschiffahrt betreibt in der Regel nur einen Kurzstreckenverkehr, aber hier stehen einem Besatzungsmitglied bei einem Notfall mehr als 10 Passagiere gegenüber. In der praktischen Abwicklung eines solchen Notfalls wird ein Besatzungsmitglied 25 und mehr Passagiere betreuen müssen.

Das Unfallrisiko ist zwischen 21:00 und 04:00 Uhr am größten /8/. Dies lässt auf Müdigkeit und Unaufmerksamkeit in den Nachtstunden schließen. Weiterhin zeigen Untersuchungen, dass mit 86,2 % der seemännisch-nautische Unfall den größten Anteil am Unfallgeschehen hat. Hier kann auf direktes menschliches Fehlverhalten geschlossen werden. Das durchschnittliche Alter der Flotte wird mit 18 Jahren angegeben. Die Anzahl verhandelter Schiffsunfälle in Deutschland zwischen 1990-1999 zeigt in einer Untersuchung, dass im Alter der Schiffe von 16-20 Jahren die meisten Unfälle registriert wurden. Diese Untersuchung weist Kollision und Grundberührung als häufigste Unfallursache aus. Werden die Unfälle (Anzahl) nach menschlichen Schädigungen betrachtet, sind 18,1% der Unfälle auf Fährschiffen zu verzeichnen /51/. Wird diese Zahl mit dem stetig steigenden Verkehrsaufkommen in der Ostsee in Verbindung gebracht, zeigt sich ein entsprechendes Risikopotential.

Deutschland ist ein bedeutender Schifffahrtsstandort. Rund 2200 Seeschiffe befinden sich im Eigentum der über 300 deutschen Reedereien. Bei der Weltcontainerschiff flotte, dem Bereich mit dem stärksten Wachstum, liegt der Anteil deutscher Eigner bei fast 30%. Die deutsche Handelsflotte (deutsche Flagge) umfasst derzeit ca. 300 Schiffe und soll mittelfristig auf 400-500 steigen /52/.

Deutschland will ein 8 Punkte Programm zur Ostsee-Problematik umsetzen /53/. Dazu gehören Notliegeplätze, Transitwege für Tankschiffe, Beförderung von Schweröl in Doppelhüllentankern, Verstärkung der Hafenstaatkontrolle, Flaggenstaatsverantwortung, ergänzender Ölhaftungsfonds, Gespräch mit Mineralölindustrie und die zügige Einführung von Automatic Identification Systems (AIS).

Die Ostsee wird als „Particularly Sensitive Sea Area“ (PSSA) ausgewiesen /54/. Der damalige Bundesminister vermerkte in 2004, dass mit der Ausweisung der Ostsee als PSSA der Schiffsführer zu gesteigerter Vorsicht angehalten werde. Es wurde verdeutlicht, dass die Ostsee ein "weltweit einzigartiges Ökosystem" ist. Die Ostsee ist mit ihrem geringen Salzgehalt und der niedrigen Wasseraustauschkapazität sehr anfällig gegen jedes Ungleichgewicht, wie z.B. Ölkatastrophen.

Projekte zeigen, dass durch die neue Technik AIS die Verkehrsströme in der Ostsee abbildbar sind. Die Ostseeanrainerstaaten hatten im Jahr 2000 ein Handelsvolumen von 1,8 Mrd. Tonnen. Deutsche Ostseehäfen schlugen in 2001 48 Mill. Tonnen netto um. Der Fähr- und RoRo-Verkehr hat dabei einen Anteil von 80% am Gesamtumschlag. Im Durchschnitt wird eine leicht steigende Tendenz vermerkt, wobei Schweden, Finnland und das Baltikum mit einem Plus von 3,8-4,7% gutes Wachstum versprechen. Die deutschen Ostseehäfen hatten 1998 ein Anteil von 26% am Gesamtumschlag deutscher Häfen. Im Jahre 2015 wird für die deutschen Ostseehäfen ein Gesamtumschlag von 101 Mill. Tonnen erwartet. Dies entspricht einer jährlichen Steigerung von 3,6%. Im Fähr- und RoRo-Verkehr wird bis 2015 mit einem Plus von 80% gerechnet. Dies entspricht jährlich 4,7%. Besonders der Fährpassagierverkehr wird stark zunehmen. Während im Jahr 2000 ca. 11 Mill. Passagen erreicht wurden, werden es 2015 über 13 Mill. Passagen sein. Der Verkehr von und zu dänischen und schwedischen Häfen wird nur leicht steigen. Hier scheint sich ein festes Aufkommen zu etablieren. Fährreisende ins Baltikum werden jährlich um ca. 18,5% zunehmen /55-57/.

Ebenfalls bis zum Jahr 2015 gilt die Ausnahmeregelung für Einhüllentanker. Da hier bis 2005 und 2010 je nach Baujahr eine Abstufung erfolgt, werden ab 2015 in der Ostsee nur wenige veraltete Tanker verkehren. Bis 2010 wird ein stärkerer Verkehr von Tankern auch mit nur einer Hülle stattfinden. Im Jahr 2002 waren an 10 Tankerunfällen in der Ostsee 5 Einhüllentanker beteiligt, was der derzeitigen Quote der Einhüllen- zu den Doppelhüllentankern entspricht /58/.

3.4 Statistische Angaben zur Sicherheit der Fährschifffahrt

Weltweit ereignen sich jährlich bei einer Flotte von 45.000 Schiffen statistisch 2.250 Unfälle (5%). Das entspricht 6 Unfällen pro Tag. Neben den materiellen Schäden werden viele Menschen verletzt oder getötet. Dabei sollen 80% aller Unfälle direkt vom Menschen verursacht sein.

Angaben zur Analyse von weltweiten Unfällen auf Ro-Pax-Schiffen

Die Unfallrate und die Anzahl von getöteten Personen soll aufgezeigt werden. Dabei wurde eine Statistik des ADAC mit Erweiterungen zugrunde gelegt und ausgewertet /59/Anhang C/.

Zwischen dem 5. März 1987 ("Herald of Free Enterprise") und Anfang 2004 ereigneten sich weltweit mind. 39 schwere Unfälle mit Passagier-/Fährschiffen. Etwa alle 2 bis 3 Jahre ereignet sich ein Unfall mit mehreren hundert Toten. Das entspricht statistisch 2 schweren Unfällen pro Jahr. Dabei kamen insgesamt 8.648 Menschen ums Leben. Die Ursache von insgesamt 6 Unfällen konnte nicht geklärt werden. Auch Brandstiftung kommt dabei in Betracht (z.B. am 07.04.1990 "Scandinavian Star"). Andere bedrohliche Handlungen werden nicht ausgeschlossen. Jeder zweite Unfall ist dabei mit dem Verlust von Menschenleben verbunden. Die Abbildung 3.7 weist die weltweiten Unfälle mit der Anzahl getöteter Personen aus.

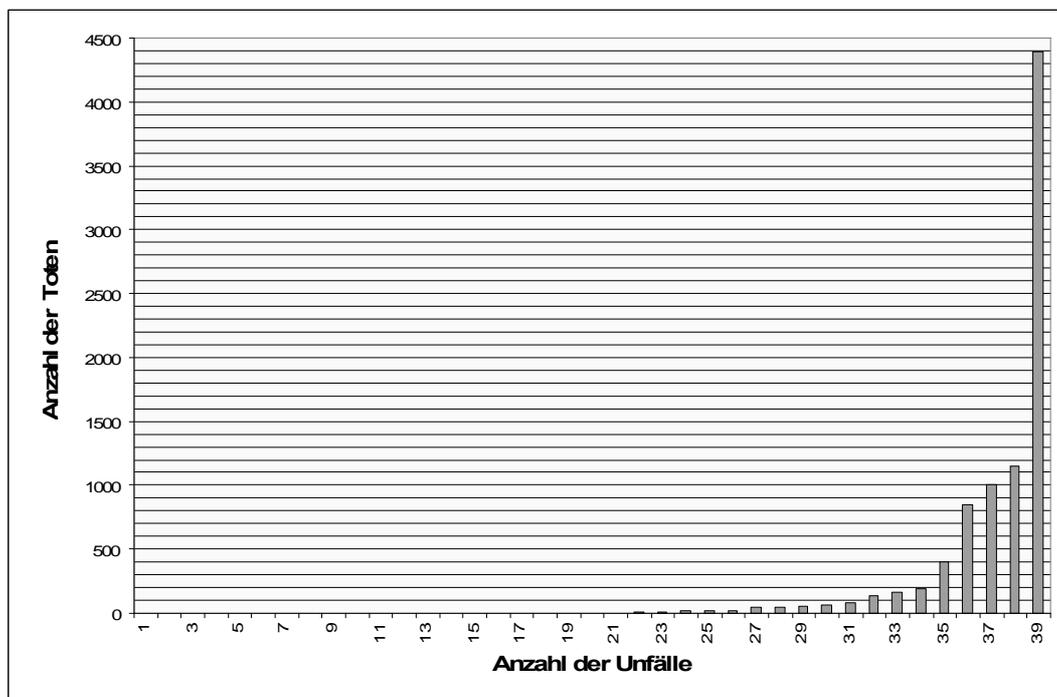


Abb. 3.7 Anzahl getöteter Personen (weltweit) je "Unfall"

Eine Einteilung der Unfälle nach Unfallklassen erfolgt nachfolgend in Abbildung 3.8. Die Einteilung der Unfallklassen wird aus den statistischen Angaben entnommen.

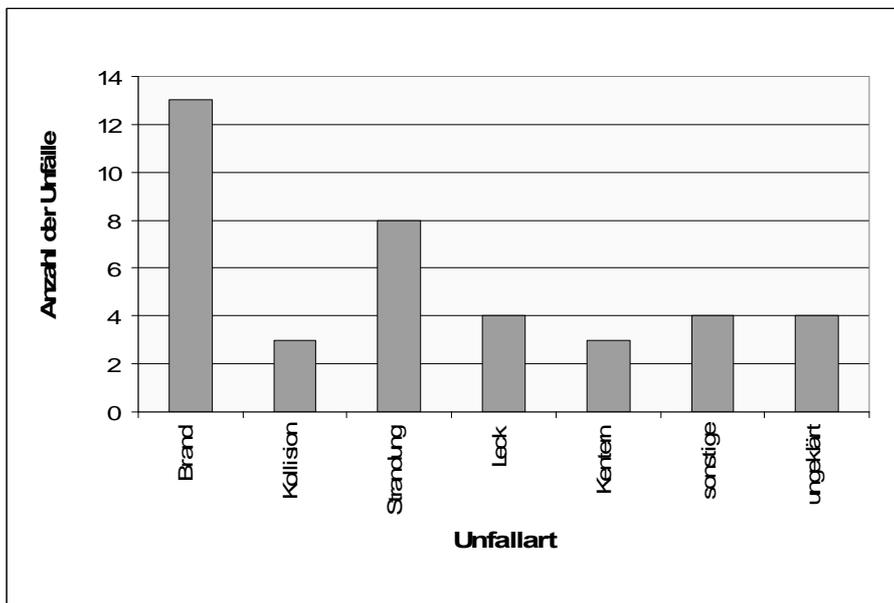


Abb. 3.8 Anzahl der Unfälle je Unfallklasse

Eine Unterteilung besonders schwerer Unfälle (50 und mehr Tote) wird in Abbildung 3.9 dargestellt. Dabei wurde der Unfall der "Dona Paz" als "sonstige" geführt, da eine Einteilung nur schwer möglich ist.

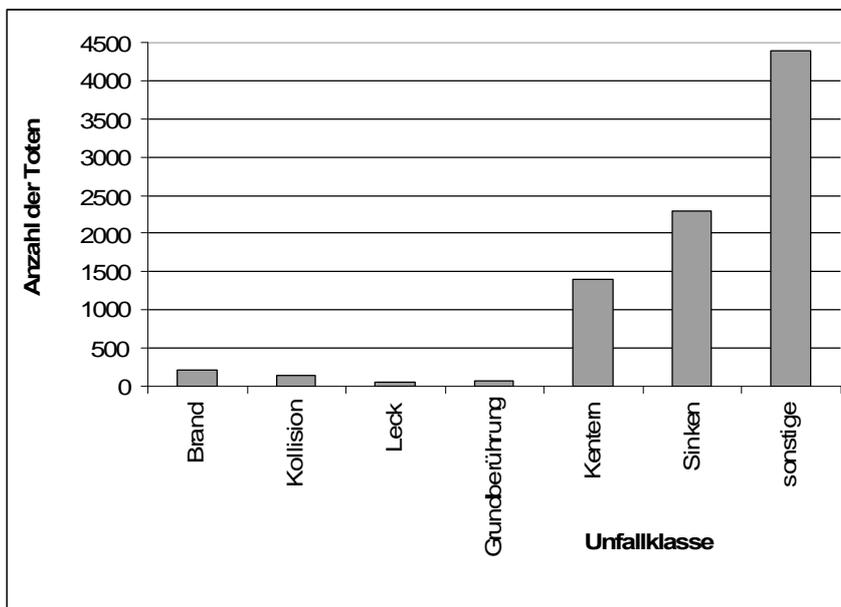


Abb. 3.9 Unterteilung schwerer Unfälle

Ersichtlich wird die besondere Stellung von Unfällen, die Wassereinbruch nach sich ziehen oder bedingen. Eine weitere Abbildung 3.10 soll die Auswirkung von Wassereinbruch an der Anzahl aller getöteten Personen dieser Unfallklasse aufzeigen.

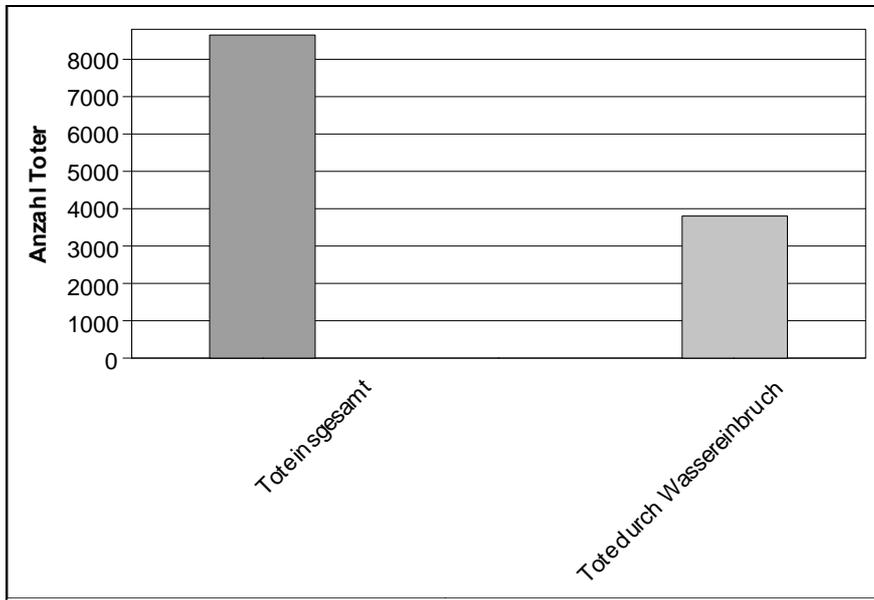


Abb. 3.10 Brisanz getöteter Personen bei Wassereinbruch

Wassereinbruch auf einem Schiff, hervorgerufen durch verschiedene Ereignisse, kann zum schnellen Verlust von Schiff, Ladung und Personen führen. Bei 13 aller verzeichneten Unfälle wurden mehr als 50 Tote vermerkt. Dies entspricht etwa 1/3 aller Unfälle. Davon waren wiederum mind. 10 Unfälle durch Wassereinbruch direkt verursacht oder indirekt hervorgerufen. Dabei starben 3.826 Menschen, das entspricht 25,64% aller Unglücke, bezogen auf die Anzahl der Toten liegt die Quote bei 44,24%. Das bedeutet, dass mehr als 2/3 aller sehr schweren Unfälle (Katastrophen) durch Wassereinbruch beeinflusst werden, wobei eine hohe Anzahl von Toten wahrscheinlich ist.

Statistische Ableitungen für den baltischen Seeraum

Etwa 1/3 der Unfälle wurde im baltischen Seeraum registriert. 1.081 Menschen kamen dabei ums Leben. Der Unfall am 28. September 1994 vor der finnischen Küste, an Bord der "Estonia" waren fast 1.000 Personen, zählt zu den schwersten Schiffsunfällen der Nachkriegsgeschichte mit 852 Toten.

Von den 13 Fährunfällen, die im Baltikum registriert wurden, sind 8 Unfälle vermerkt, bei denen alle Personen an Bord unverletzt blieben. In den letzten 17 Jahren gab es im Baltikum statistisch 63 Tote pro Jahr auf Ro-Pax-Schiffen nach einem größeren Unfall. Dabei verunglücken 0,76 Fährten pro Jahr. Je Fährunglück werden durchschnittlich 83 Personen getötet.

3.5 Bedrohungspotentiale mit hoher Priorität für den Fährverkehr

Als Bedrohungspotential gilt der intentional und widerrechtlich handelnde Mensch als besondere Quelle der Gefahr. Das Bewusstsein der widerrechtlichen Handlung ist Voraussetzung einer Bedrohung. Im Seeverkehr sind Bedrohungen vielgestaltig. Der Einfluss von Bedrohungen auf die Schiffssicherheit sowie die Seeverkehrssicherheit sind wenig erforscht. Sicherheitsbestrebungen gehen bislang von den bekannten Gefahren für die Schifffahrt aus. Diese Gefahren wie Feuer, Kollision, Grundberührungen usw. sind gut erforscht und in Sicherheitsbestimmungen festgehalten. So wird die Quelle der Gefahr nur minimal betrachtet. Da 15% aller Passagier- und Fährschiffsunglücke ursächlich ungeklärt sind, ist eine Bedrohung nicht unwahrscheinlich. Demgegenüber ist die intentionale Verletzung oder Tötung von Personen ein Verbrechen. Die Abbildung 3.11 zeigt die Quellen eines Schadens unter Berücksichtigung bedrohlicher Handlungen.

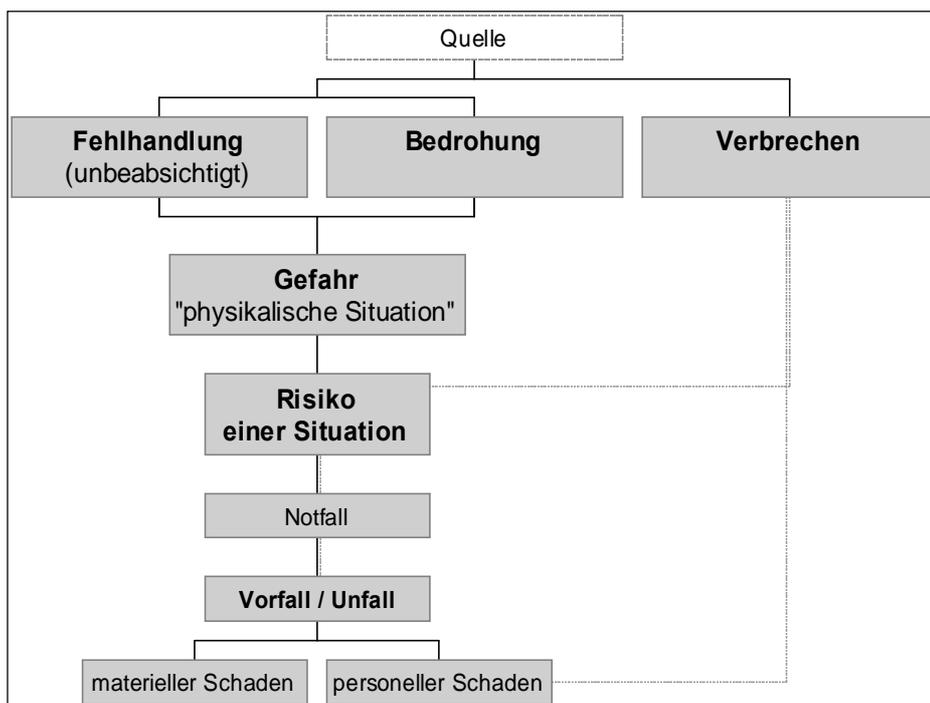


Abb. 3.11 Quellen eines Schadens unter Berücksichtigung bedrohlicher Handlungen

Die Besonderheit der Ostsee sowie die Transportkapazität von Ro-Pax-Fähren lässt nur eine qualitative Abschätzung des Gefahrenpotentials zu. Statistische Angaben zu bedrohlichen Handlungen liegen nicht vor. Bedingt durch die Intention bestimmter Tätergruppen muss auch für die baltische Fährschifffahrt auf Schutzmaßnahmen abgezielt werden, die anhand wissenschaftlicher Analysen (Risikoanalysen) zu bedrohlichen Handlungen möglich werden.

3.6 Terrorismus als neue Form der Bedrohung auch für ballistische Fähren

3.6.1 Wesen und Entwicklung des Terrorismus

Seine theoretischen Wurzeln hat der Terrorismus im Anarchismus des 19. Jahrhunderts. Die Hinwendung von Personen zum Terrorismus ist nur im Einzelfall zu erklären. Der Fortschritt einer Gesellschaft äußert sich im Überschuss. So zeigt sich die Mittellosigkeit in Gebieten mit unfruchtbarer Natur stets durch Gewalt und Anarchie. Konfliktherde finden sich in großer Zahl in Gebieten mit Hunger und Armut.

Die Piraterie gilt als älteste Form bedrohlicher und verbrecherischer Handlungen, die zum Terrorismus paritätisch erscheint. Die Definition von Piraterie beschreibt in der Genfer Konvention über die Hohe See von 1958 einen sehr engen Raum. Als Piraterie werden demnach nur illegale, private, gewalttätige Handlungen bezeichnet. Es wird weiter angeführt, dass Seeräuberei nur auf Hoher See stattfindet. Die Grenzen zwischen Piraterie und Terrorismus sind ausgedrückt im Unterschied zwischen wirtschaftlichen und politischen Zielen. Trotzdem gibt es Verflechtungen zwischen beiden Formen von Bedrohungen. Der jährliche Report des International Maritime Bureau (IMB) berichtet in 2003 von 21 getöteten Seeleuten, wobei 71 Personen als vermisst gelten. Dabei stieg die Rate der Nutzung von Waffen von 68 in 2002 auf 100 Fälle in 2003. Indonesische Gewässer sind weiterhin die gefährdetsten Bereiche mit 121 Überfällen in 2003. Attacken auf Tanker stiegen um 22% und zeigen, dass sowohl das Hab und Gut der Seeleute als auch die gesamte Ladung oder das gesamte Schiff immer mehr Ziel wirtschaftlicher Interessen werden /50/Anhang E Tabelle E.1/.

Die hoch entwickelte Waffentechnik führte dazu, dass sich radikale Gruppierungen vermehrt des Terrorismus bedienen. Die Macht der Religion wird dabei für Selbstmordattentäter genutzt. Diese Form des Attentates ist heimtückisch, da eine Strafverfolgung unmöglich ist. Sie ist aber auch begrenzt im Umfang. Die Verbindung religiöser Verblendung mit "intelligenter" Vorbereitung und Durchführung großer terroristischer Aktivitäten, wie am Beispiel des WTC gezeigt, kann nachhaltige Auswirkungen hervorrufen.

"Es gibt Informationen, dass sich allein im Mittelmeer ständig rund 100 Schiffe mit kriminellen, illegalen oder terroristischen Tätigkeiten bewegen. ‚Al Quaida‘ soll über 30 Schiffe verfügen." /58/

3.6.2 Internationale Terrorismusbekämpfung

Für begangene Straftaten gibt es nach internationalem Recht z.B. die Charta der Vereinten Nationen, das Seerechtsübereinkommen (Genfer Convention) und die Rom Convention von 1988. Alle diese Regelungen beschreiben einen Straftatbestand und dessen Ahndung. Nach einem Beschluss des Rates der Europäischen Union vom 13. Juni 2002 zur Terrorismusbekämpfung sind alle vorsätzlichen Handlungen, die einem Land oder einer internationalen Organisation ernsthaft schaden können, als terroristische Straftaten einzustufen, wenn sie mit folgenden Zielen begangen werden:

- die Bevölkerung auf schwer wiegende Weise einzuschüchtern,
- öffentliche Stellen zu rechtswidrigem Tun oder Unterlassen zu zwingen,
- die Grundstrukturen eines Landes oder einer int. Organisation ernsthaft zu destabilisieren oder zu zerstören.

Auch die Androhung dieser Straftaten ist als internationaler Terrorismus zu bezeichnen. Hier findet sich eine fundierte Grundlage, um Straftatbestände zuzuordnen. Die Rechtsgrundlagen für die europäische Terrorismusbekämpfung finden sich vor allem in der sogenannten "dritten Säule" der EU, nämlich bei den Bestimmungen über die polizeiliche und justizielle Zusammenarbeit in Strafsachen. Die Resolutionen 1368 und 1373 des Sicherheitsrats der Vereinten Nationen sind die Basis der Verfolgung terroristischer Aktivitäten. Die Resolution 1368 stellt erstmals die Bedrohung von Frieden und Sicherheit durch Akte des internationalen Terrorismus fest und erkennt in diesem Zusammenhang das Recht zur Selbstverteidigung gemäß Art. 51 der Charta der Vereinten Nationen an. Die Resolution 1373, auf der Grundlage von Kapitel VII der Charta der Vereinten Nationen, beschreibt eine Reihe konkreter Verpflichtungen der Mitgliedstaaten zur Bekämpfung des Terrorismus. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Verhinderung der Finanzierung des Terrorismus und der Beherbergung der Täter.

Es gibt gegenwärtig 12 internationale Anti-Terrorismus-Konventionen */Anhang E/*. Die Vereinten Nationen tragen die Führungsrolle in der Bekämpfung des Terrorismus. In verschiedenen Resolutionen (1368, 1373, 1456 u.a.) wird für gemeinschaftliches Handeln gegen Bedrohungen, die den Weltfrieden gefährden, aufgerufen. In Sicherheitsresolutionen (1267, 1333, 1390, 1455 u.a.) werden Einreiseverbote und Waffenembargos deklariert. Die Grundsätze der Verhütung und Bekämpfung terroristischer Akte sind in den Resolutionen 49/60 vom 9. Dezember 1994 und 51/210 vom 17. November 1996 der Generalversammlung der Vereinten Nationen niedergelegt */60/*.

Für den europäischen Raum wurden entsprechende UN-Resolutionen umgesetzt. Der europäische Raum der Freiheit, der Sicherheit und des Rechts findet sich in der dritten

Säule der EU. Europol und Eurojust bilden die polizeiliche und justizielle Ebene. Ein EU-Aktionsplan ("road-map") wurde gebildet, der über 70 Einzelmaßnahmen umfasst.

Einzelne Maßnahmen sind z.B.:

- Rahmenbeschluss zur Terrorismusbekämpfung vom 13. Juni 2002
- Europäischer Haftbefehl
- verstärkte Zusammenarbeit beim Informationsaustausch
- Maßnahmen zur Bekämpfung der Finanzierung terroristischer Aktivitäten
- Verstärkung der Luftsicherheit
- Umsetzung von UN-Resolutionen, hier 1373 und 1390

Weitere Umsetzungen finden sich im Rahmen der OSZE, G8 und NATO. Der Europarat hat eine multidisziplinäre Arbeitsgruppe Terrorismus gebildet. Alle Resolutionen und Umsetzungen bekräftigen für die jeweilige Gruppierung die Bekämpfung des Terrorismus auf internationaler Ebene auf Basis der Zusammenarbeit. Keine der nationalen und internationalen Regelungen zum Terrorismus spiegeln Risikobetrachtungen zu bedrohlichen Handlungen wider. Es fehlen dem internationalen Recht besondere Regelungen zur Vorsorge und Überwachung möglicher terroristischer Handlungen /61/62/.

3.6.3 Terroristische Bedrohungspotentiale

Die Risikofaktoren für die Seeschifffahrt veranschaulichen die Eventualität von terroristischen Aktivitäten. Die psychologische Herausforderung ist die gedankliche Vorwegnahme einer Straftat. Zu unterscheiden ist dabei die direkte Wirkung auf die Personen an Bord eines Schiffes sowie der externe Einfluss. Attentäter haben in der Vergangenheit immer eine große Menschenmenge gesucht. Die Umwelt schädigende Attentate sind unwahrscheinlich. Für die Ostsee hätte dies zwar verheerende Folgen und sehr nachhaltige Wirkungen, aber durch Wind, Seegang u.a. Umwelteinflüsse wäre eine Schädigung sehr schwer auf ein spezielles Land zu orientieren. Mögliche terroristische Handlungen werden in Abbildung 3.12 dargestellt.

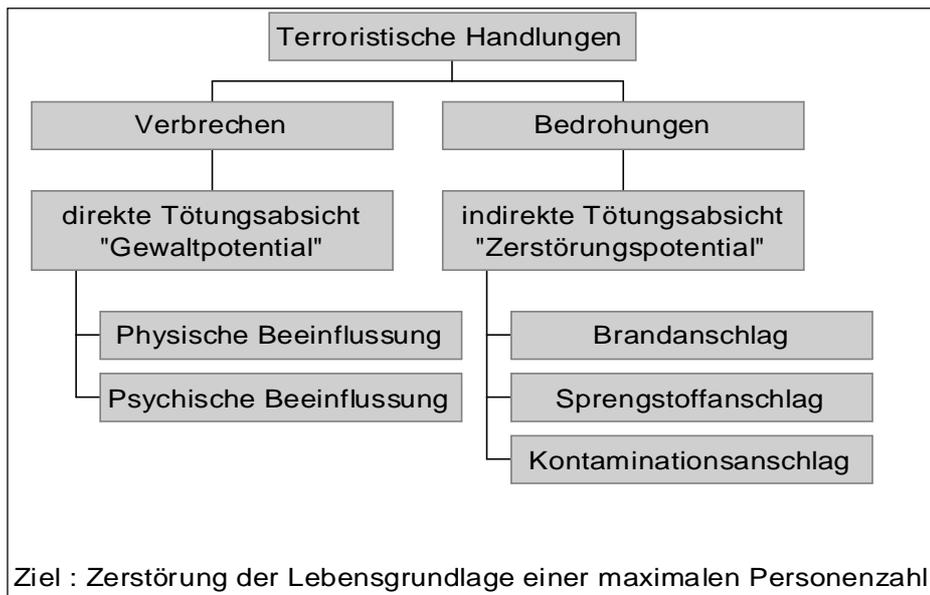


Abb. 3.12 Mögliche terroristische Handlungen

In Abhängigkeit der Täterkreise sind Bedrohungen gegen Fährschiffe und Passagierschiffe am wahrscheinlichsten. Dabei kommen zwei Angriffstaktiken zur Geltung.

Angriffstaktiken:

- der direkte Anschlag (auch Selbstmordattentat)
- der indirekte Anschlag

Ein direkter Anschlag wird sich im Passagierbereich, bzw. dort wo die meisten Personen zu finden sind, ereignen. Er zielt direkt auf die Tötung von Personen. Dabei ist die Nutzung von Sprengstoff am wahrscheinlichsten. Der indirekte Anschlag zielt auf die Vernichtung der Überlebensgrundlage für Personen, d.h. auf die Beeinträchtigung der Schiffssicherheit. Dabei sollen durch indirekte Wirkungen die Personen geschädigt werden. Die Abbildung 3.13 veranschaulicht die zuvor genannten Anschläge.

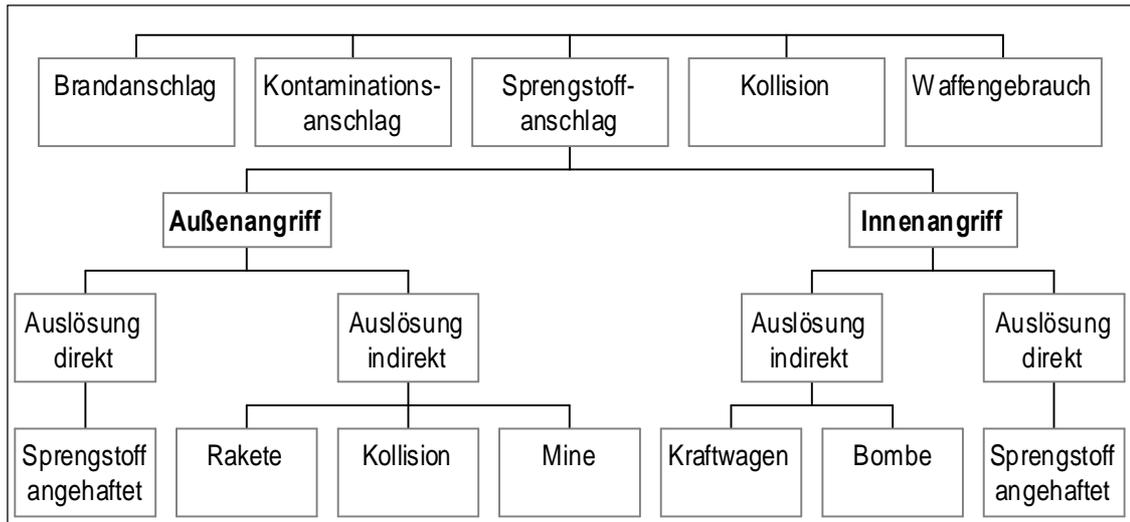


Abb. 3.13 Mögliche terroristische Anschlagformen

3.6.4 Auswirkungen terroristischer Handlungen

Die Auswirkungen terroristischer Handlungen auf ein Schiff sind im Beispiel des Sprengstoffanschlages verbunden mit einer definierten Anzahl von Toten, einem hohen Zerstörungsgrad des Schiffes und einer möglichen nachhaltigen Verschmutzung der Umwelt.

Für die Fährschiffahrt in der Ostsee ist der Einsatz von Sprengstoffen am wahrscheinlichsten. Nachfolgend wird für ein Fährschiff mit 1000 Personen an Bord die mögliche Auswirkung unterschiedlicher Anschläge beschrieben. Dabei gilt die Annahme einer maximalen Wirkung.

| | | Ladungs- | Zerstörungs- | Tote/Verletzte | Tote |
|---------------------|-------------------|----------|--------------|----------------|-----------|
| | | masse | radius | direkt(sofort) | insgesamt |
| Direkter Anschlag | Sprengstoff | 2-5 kg | 10 m | 20 / 100 | 20-50 |
| | Rakete | 1-10 kg | 10-50 m | 20-50/100-200 | 50-100 |
| Indirekter Anschlag | Sprengstoff allg. | 100 kg | 20-40 m | 20-50 / 100 | 50-100 |
| | Mine | 800 kg | 30-80 m | 100 / 300 | 500-800 |
| | Brandbombe | 5-20 kg | 5-20 m | 10-20 / 100 | 200 |

Die Nutzung von Sprengstoffen in Form von Seeminen lässt eine hohe Anzahl getöteter Personen sowie weitere Schädigungen vermuten. Weitere Betrachtungen behandeln vertiefend einen Außenanschlag und die Nutzung von Seeminen.

4 Grundlagen zu Wirkungen und Auswirkungen von Minen

4.1 Minenanschläge und deren Wirkungen

Um gegen Minen und andere Explosivstoffe ausreichende Schutzmaßnahmen abzuleiten, muss eine Vertiefung der Kenntnisse über die Bedeutung, den Aufbau, die Wirkungsweise und Anwendungsmöglichkeiten erfolgen.

4.1.1 Bedeutung von Minen

Die ersten einsetzbaren Seeminen wurden um 1800 entwickelt. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts gab es nur vereinzelte Anwendungen. Nach dem 1. Weltkrieg erfolgte der Masseneinsatz. Einer Verdopplung der Minenquote stand z.B. eine Verfünfachung der Vernichtungsquote von Schiffen gegenüber. Als die Nordkoreaner 1951 den Hafen von "Wonsan" mit ca. 4000 Minen aus sowjetischen Beständen verminten und dabei die Landungseinheiten der Vereinigten Staaten von Amerika und der Vereinten Nationen für 8 Tage blockierten, war "Admiral Smith", der Kommandeur der vereinigten Landungsflotte, zumindest verärgert.

"Wir haben die Seeherrschaft an eine Nation verloren, die keine Marine hat, veraltete Waffen einsetzt und diese mit Schiffen verbringt, die schon zur Zeit von Jesus Christus im Einsatz waren." /63/

Minen sind auch heute von großer Bedeutung.

„In den vergangenen Jahren gingen etwa 75 Prozent aller Beschädigungen an Schiffen der US-amerikanischen Marine auf das Konto von Seeminen.“ /64/

Eine Seemine kann mit geringem Aufwand hergestellt werden. Derzeit sollen 50 Marinen Seeminen besitzen. In 30 Ländern werden Minen produziert. Etwa 20 Länder vermarkten Minen als Produkte /63-66/.

Eine Mine ist jede Munition:

„ ... die unter, auf oder nahe dem Erdboden oder einer anderen Fläche angebracht wird und so konstruiert ist, dass sie durch die Anwesenheit, Nähe oder den Kontakt einer Person oder eines Fahrzeuges detoniert oder explodiert.“ /65/

4.1.2 Minenarten

Aus der Literatur /63-68/ ist hinreichend bekannt, dass Minen nach der Art des Zündmechanismus eingeteilt werden in:

- Minen mit Berührungszündung (Kontaktminen),
- Minen mit Fernzündung.

Minen mit Berührungszündung werden als Ankertauminen, Treibminen und Minen mit Fernzündung als Grundminen ausgeführt. Die Berührungszündung basiert auf Kontakt des Schiffskörpers mit dem Minenkörper, dem Ankertau und / oder speziellen Antennen. Bei der Fernzündung werden physikalische Felder bzw. deren Zustandsänderung als Zündmechanismus genutzt. Dieser Zündmechanismus kann in modernen Minen aus einer Summe von Zustandsänderungen im Unterwasserraum realisiert werden. Die Zündeffekte beruhen auf der Wirkung des Schiffskörpers im umgebenden Medium.

Einteilung der Zündeffekte:

- magnetische
- hydrodynamische
- akustische
- seismische
- optische

Die charakteristischen Wassertiefen für Minen liegen bei bis zu einigen hundert Metern. Typische Ladungsmassen für Berührungsminen liegen bei 40-500 kg. Fernzündungsminen liegen oft bei 50 m Wassertiefe mit einer Ladungsmasse von 500-1000 kg. Die Seemine G2 (DM 61) ist eine Grundmine mit 2m Länge und 60cm im Durchmesser. Diese zylindrische Mine wiegt 730 kg. Sie besteht aus einem nichtmagnetischen Material, verfügt über Mikroprozessoren und hoch entwickelte Sensoren. Die Ankertaumine DM 11 ist als U-Boot-Abwehrmine konzipiert. Sie verfügt über eine Tiefeneinstellung von 1-150 Metern, ist 530 kg schwer und 83 cm im Durchmesser. Diese Mine kann mit Fernzündeinrichtungen ausgerüstet werden /64-66/.

Taktische Eigenschaften von Minen:

- große Vernichtungswirkung
- Einsatz unabhängig von hydrometeorologischen Bedingungen
- verdeckte Wirkung
- mögliche passive Wirkung (ohne Zielzuweisung)

- lang anhaltende Einwirkung
- hohe Stabilität gegen technischen und moralischen Verschleiß
- hohe Standkraft gegen Minenabwehr
- hohe physische und psychische Einwirkung auf Personen
- robuste und ökonomische Konstruktion
- Anonymität der Anwendung möglich

Seeminen sind im Verhältnis zu anderen taktischen Waffen sehr preiswert. So sollen 100 Seeminen dem Preis von nur einer Antischiffsrakete entsprechen. Eine Seemine kostet derzeit 1.500 USD /64/. Seeminen können durch Minenleger ausgelegt (Schiffe) oder fern verlegt (Flugzeuge) werden. Auch Ro-Ro-Schiffe oder Fährschiffe lassen sich rasch zu einem Minenleger umfunktionieren. Der innere Aufbau (durchgängiges und leicht zugängliches Ladendeck) ist eine gute Voraussetzung. Hier zeigt sich, dass auch die Handelsschifffahrt für Militärs in Kriegszeiten ein hohes Nutzungspotential hat.

„Eine Bedrohung durch Seeminen ist immer latent vorhanden. Ich bin mir ziemlich sicher, dass diese, auf die Zukunft projiziert, eher noch zu- als abnehmen wird. Zunehmen wird auch das Kriterium der Asymmetrie in der Anwendung/Verbringung von Seeminen.“ /67/

Minen gefährden die Schifffahrt auch nach Beendigung von Konflikten oder Kriegen. Der massenhafte Einsatz von Minen bedroht Seeschiffe nicht nur lokal.

Aus den Betrachtungen ist ersichtlich, dass der Ostseeraum mit seinen relativ geringen Wassertiefen für Seeminen grundsätzlich in seiner Gesamtheit gefährdet ist. Neben der Bedeutung von Minen soll die physikalische Grundlage der Zündmechanismen aufgezeigt werden, um charakteristische Merkmale für die Schifffahrt herauszustellen.

4.1.3 Physikalische Schiffsfelder

Das **magnetische Schiffsfeld** ist die Summe der Verteilungen der magnetischen Feldstärke in allen Raumpunkten der Umgebung. Es entsteht durch Lang- und Kurzeiteinwirkungen des Erdmagnetfeldes auf die ferromagnetischen Konstruktionselemente eines Schiffes. Die magnetische Feldstärke (H) und die magnetische Flussdichte (B) sind die wichtigsten Parameter. Die magnetische Feldstärke wird durch das Drehmoment definiert, das ein magnetischer Dipol mit einem magnetischen Dipolmoment in einem homogenen magnetischen Feld erfährt und das den Dipol in die Richtung von H einzustellen versucht. Die magnetische Flussdichte (B) ist gleich dem Betrag der magnetischen Induktion. Ein an einer Induktionsmine vorbeilaufendes Schiff erzeugt in der Induktionsspule der Mine eine zeitliche Änderung der magnetischen Feldstärke. Der erzeugte Strom wird direkt auf einen Zündmechanismus geführt. Über ein Zählwerk kann relais-

gesteuert eine bestimmte Anzahl von Schiffsüberläufen verzögert werden. So können Simulationsfelder ausgeschaltet oder eine beliebige Explosion erzeugt werden.

Das **akustische Schiffsfeld** ist die Summe der Verteilungen der Schallintensität. Diese wird vom fahrenden Schiff im umgebenden Medium erzeugt. Ursache sind der Körperschall, die Geräusche des/der Propeller und die hydrodynamische Akustik bei Fahrt durchs Wasser. Der erzeugte Schall ist im Frequenzbereich von 2-10.000 Hz nachweisbar. Die Parameter des Schalls sind die Schallschnelle oder Schalldruck. Der Gesamtschalldruck besteht aus dem Schiffskörperschalldruck, Schiffspropellerschalldruck und dem Schalldruck des umströmten Schiffskörpers. Der Gesamtschalldruck ist orts-, konstruktions- und betriebsregimeabhängig. Die Schallintensität als abgeleiteter Parameter des Schalldrucks ist frequenzabhängig. Sie wächst mit zunehmender Schiffsgeschwindigkeit. Aus Untersuchungen ist bekannt, dass in Voraus- und Kielwasserrichtung der Schall mit verminderter Intensität abgestrahlt wird. Bis 10^3 Hz ist die Schallintensität diskret. Ab dieser Frequenz liegt die Schallintensität kontinuierlich vor und besitzt fallende Tendenz. Die zeitliche Änderung des Schalldruckes entspricht dem akustischen Zündmechanismus einer akustischen Mine. Ein Schalldruckwandler wertet die Wegänderung schwingender Teilchen aus, Elongations- oder Schallausschlag genannt. Die Schallintensität (I) ist die Energie, die je Zeiteinheit durch eine senkrecht zur Schallausbreitungsrichtung liegende Fläche. Sie ist dem Quadrat des Schalldruckes direkt proportional. Der Schalldruck ist ein wichtiger Parameter.

Das **hydrodynamische Schiffsfeld** ist die Summe aller Druckverteilungen im umgebenden Medium. Durch die Fahrt durchs Wasser wird der Schiffskörper unterschiedlich umströmt. In der Nähe von Bug und Heck eines fahrenden Schiffes entstehen Überdruckbedingungen. In der Nähe des Gewichtsschwerpunktes, bei etwa $2/3$ der Schiffslänge, dagegen Unterdruck. Das hydrodynamische Druckfeld ist von der Schiffsgeschwindigkeit abhängig. Die effektive Reichweite wird bei geringen Schiffsgeschwindigkeiten klein. Es gibt die theoretische "ungefährliche" Schiffsgeschwindigkeit. Diese liegt im Bereich < 3 kn und resultiert aus den durch den Seegang erzeugten Druckwerten.

Die dargestellten drei physikalischen Schiffsfelder sind ungleich ausgeprägt. Analysen zeigen, dass das akustische Schiffsfeld den größten Informationsgehalt aufweist. Das hydrodynamische Schiffsfeld hat den kleinsten Nutzungsgehalt. Moderne Seeminen stellen heute eine Kombination von physikalischen Schiffsfeldern durch hoch entwickelte Sensorik mit Mikroprozessoren dar. Auch seismische und optische Auswertungen sind realisiert. Für die weiter angeführten Untersuchungen werden näher bestimmt Anschläge durch Seeminen dargestellt. Diese im Umgebungsmedium des Schiffes befindliche Minenart weist spezifische Merkmale auf, die eine nähere Darstellung von Unterwasserdetonationen notwendig macht /68/.

4.1.4 Unterwasserdetonationen

Charakteristik von Unterwasserdetonationen (UWD)

Die Kenntnis der physikalischen Vorgänge bei der Detonation von Minen und anderen Explosivstoffen ermöglicht es, geeignete Maßnahmen als Reaktion auf ein derartiges Ereignis zu realisieren. So ist es wahrscheinlich, durch konstruktive und / oder organisatorische Maßnahmen die Auswirkungen auf ein Schiff so klein wie möglich zu halten.

Die Detonation wird definiert als schlagartige Reaktion eines Sprengstoffes mit hoher Energiedichte in extrem kurzem Zeitintervall. Als Folge treten hohe Drücke und Temperaturen auf. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Sprengstoffumwandlung beträgt in festen Stoffen 7.000 – 10.000 m/s. Die Deflagration, Explosion und Detonation unterscheiden sich in der Reaktionsgeschwindigkeit. Bei der Deflagration liegt diese unterhalb der Schallgeschwindigkeit des Materials. Es kann sich keine Stoßwelle ausbreiten. Die Vernichtungswirkung einer UWD beruht aus dem Resultat von Stoßwelle und Gasblase.

Stoßwelle

Bei der Detonation einer Seemine treten in Millisekunden Spitzendrücke von 25.000 MPa auf. Die Energieübertragung im Medium Wasser bezeichnet einen steilen Druckanstieg an der Grenzschicht Gas/Wasser und verursacht im Wasser eine Stoßwelle. Die Stoßwelle breitet sich kugelförmig mit Überschallgeschwindigkeit aus. Die Länge der Überdruckzone ist wesentlich kürzer als die nachfolgende Unterdruckzone. Die Energieübertragungsvorgänge zeigen neben der "Hauptdruckwelle" auch viele nachfolgende "Sekundärwellen", die aber wesentlich schwächer sind. Der augenblickliche Spitzendruck in der Stoßwelle hängt wesentlich vom Sprengstoff sowie vom Abstand des Detonationszentrums ab. Die Berechnung des Spitzendrucks zeigt, dass je größer der Detonationsabstand desto größere Ladungsmassen erforderlich sind. Für praktische Belange ist die Vergrößerung der Detonationstiefe von 20 m auf 50 m eine dreifach höhere Sprengladungsmasse erforderlich. Die Einsatztiefe für Minen ist daher begrenzt. Die Zerstörungswirkung von Minen ist von der Energieflussdichte der Detonation und vom zeitlichen Verlauf der Belastungen abhängig. Der Druckstoß (J) ist die Summe dJ im Zeitintervall. Der maximale Druckstoß (Anfangsdruckimpuls) ist von Bedeutung für die Wirkung einer UWD. Er bezeichnet das Zeitintegral des Druckes vom Zeitpunkt der Detonation ($t = 0$) bis zum Erreichen des Maximaldruckes. Aus einer vereinfachten Gleichung hierzu lässt sich ermitteln, dass Grundminen von 300-1.000 kg in Wassertiefen von 20-50 m annähernd gleich große Druckstöße wie Kontaktminen von 50-500 kg aufweisen.

Gasblase

Nach dem Detonationsvorgang bilden sich hoch komprimierte gasförmige Detonationsprodukte, die im Wasser die Gasblase darstellen. Etwa die Hälfte der Detonationsenergie (47%) entfällt auf die Gasblase. Die hohe Energie der Detonationsgase bewirkt eine Ausdehnung der Gasblase gegen den hydrostatischen Druck des Wassers. Dies verursacht eine nach allen Seiten des Raumes schiebende Strömung. Die pulsierende Bewegung der Gasblase entsteht durch die Trägheit des Wassers und dem kurzzeitigen Absinken des Drucks der Gasblase unter den hydrostatischen Druck, da gleich darauf erneut eine Kompression erfolgt. Bei jeder Pulsation nimmt die kinetische Energie der Gasblase ab. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis die kinetische Energie aufgebraucht ist oder die Gasblase aufgrund der Wirkung des Auftriebes die Wasseroberfläche durchbricht. So beträgt z.B. bei 100 kg Sprengstoff in einer Detonationstiefe von 10 m der Radius der Gasblase 5 m. Sie pulsiert dabei bis zu 8mal. Der Höchstdruck der Gasblase beträgt 150 MPa. Der Durchbruch der Gasblase durch die Wasseroberfläche wird durch eine Gischtkugel und eine Detonationsfontäne wahrgenommen. Die hochgerissene Wassermasse beträgt dabei das 50-150fache der Sprengladung. Im Beispiel von oben, stände der 100 kg Sprengladung eine hochgerissene Wassermasse von etwa 10 t gegenüber. Der Durchmesser der Detonationsfontäne aller Ladungsmassen steigt bis etwa 15-20 m Detonationstiefe an und fällt mit zunehmender Detonationstiefe ab.

Die Abbildung 4.1 zeigt beispielhaft die Fontänenhöhe der Detonation (UWD) definierter Ladungsmassen in Abhängigkeit von der Detonationstiefe.

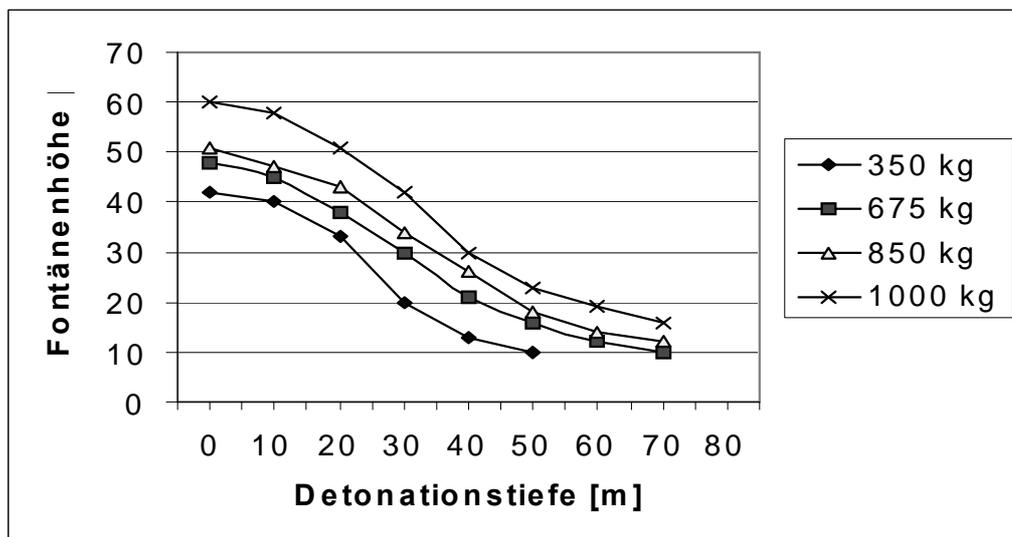


Abb. 4.1 Die Fontänenhöhe je Ladungsmasse und Detonationstiefe

Aus der weiteren Abbildung 4.2 soll der Fontänendurchmesser bei der Detonation (UWD) verschiedener Ladungsmassen veranschaulicht werden.

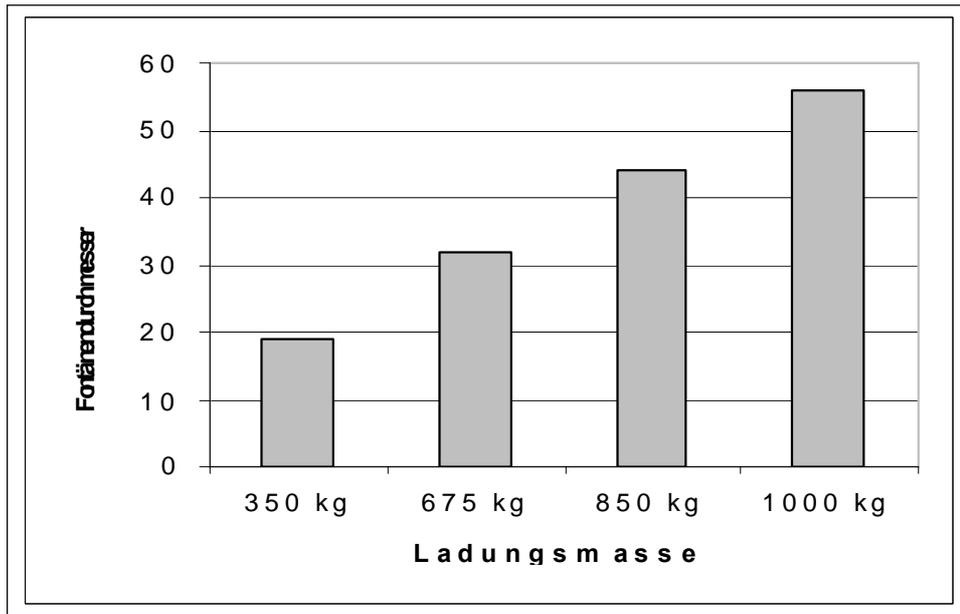


Abb. 4.2 Der Fontänerdurchmesser bei unterschiedlichen Ladungsmassen

Die Wirkung von Stoßwelle und Gasblase der Unterwasserdetonation ruft verschiedene Auswirkungen hervor, wenn ein Schiff getroffen wird.

Die Auswirkungen von UWD auf ein Schiff hängen ab von:

- der Masse der Sprengladung,
- der Detonationstiefe, hier dem Abstand der Detonation zum Schiffskörper,
- der Lage der Sprengladung in Bezug zu Meeresgrund und Wasseroberfläche,
- der Beschaffenheit des Meeresgrundes,
- der Wassertiefe in der Umgebung,
- der konstruktiven Beschaffenheit des Schiffskörpers.

An einem Beispiel wird die Wirkung der Gasblase beim Durchbrechen der Wasseroberfläche (Fontäne) in der folgenden Abbildung 4.3 dargestellt.



Abb. 4.3 Die optische Wirkung der Gasblase einer UWD /69/

Der Abstand der Detonation vom Schiff ist die charakteristische Größe für die Ausprägung der Parameter einer UWD. Je nach Abstand zum Objekt unterscheiden sich die Kontakt- und Abstandsdetonationen.

Kontaktdetonation

Eine Kontaktdetonation bezeichnet den Schiffskörper ganz oder teilweise im Bereich der Gasblase. Die Sprengladung muss direkt am Schiffskörper oder in unmittelbarer Nähe detonieren durch:

- direkten Kontakt des Schiffskörpers (Berührungsmine oder Torpedotreffer) oder
- Haftladungen am Schiff.

Der Effekt tritt noch bei Detonationsentfernungen von 6-12 m vom Schiffskörper auf. Der Hauptteil der Detonationsenergie ist zum Schiff gerichtet. Das Wasser als Umgebungsmedium wirkt dabei als Verdämmung. Die resultierende Stoßwelle der Detonationsgase ist für den Hauptteil der Vernichtungswirkung verantwortlich. Dabei werden die Außenhaut und die Festigkeitsverbände beeinflusst. Häufig wird bei Kontaktdetonationen der gesamte Querschnitt eines Schiffes beschädigt, so dass die Längsfestigkeit verloren geht. Totalverluste sind vor allem bei kleineren Schiffen typisch.

Abstandsdetonation

Die Abstandsdetonation kennzeichnet den Schiffskörper außerhalb der Gasblase. Im Gegensatz zur Kontaktdetonation kommen alle Anteile einer UWD zur Wirkung. Die Stoßwelle, die Gasblase mit der schiebenden Strömung sowie sekundäre Stoßwellen wirken auf den Schiffskörper ein. Die Stoßwelle im Wasser ist der primäre Vernichtungsfaktor. Findet die UWD in der Nähe des Meeresgrundes statt, kann die Stoßwelle am Grund reflektiert und damit verstärkt werden. Die Beschaffenheit des Meeresgrundes ist je nach Reflektionseigenschaft der Sedimente und Gesteine von Bedeutung. Sand und Schlick besitzen schlechte Reflektionseigenschaften. Granit und andere Gesteine besitzen gute Reflexionseigenschaften. Bei Abstandsdetonationen bis zu 100 m Entfernung treten für ein Schiff gefährliche Wirkungen ein. Dies bedingt eine Unterscheidung in nahe und ferne Abstandsdetonationen. Eine Entfernung von 30 m zum Objekt ist die Grenze zwischen beiden Abstandsdetonationsarten. Eine nahe Abstandsdetonation ist mit dem Durchschlagen des Schiffes verbunden. Die nahezu gleichzeitige Wirkung von Stoßwelle und Gasblase ist die Ursache. Bei gleichen Ladungsmassen ist die Vernichtungswirkung einer nahen Abstandsdetonation größer als bei einer Kontaktdetonation. Die Zerstörungswirkung von fernen Abstandsdetonationen beruht auf der vorrangigen Wirkung der Stoßwelle. Es treten primär Zerstörungen im Schiffsinernen auf, da ein Durchschlagen nicht erfolgt.

Wirkungen von Abstandsdetonationen sind:

- Verschiebung des gesamten Schiffskörpers,
- Biegeschwingungen,
- Beschleunigungskräfte.

Beschleunigungen und das Lastvielfache sind die Parameter für die Wirkung auf Schiff und Mensch. Das Lastvielfache als dimensionslose Größe ist das Verhältnis zwischen Beschleunigung zur Erdbeschleunigung /Tabelle 4.1/.

Tabelle 4.1 Verschiebung und Geschwindigkeit eines Schiffskörpers bei Unterwasser-TNT-Detonationen

| Ladungs- masse [kg] | Abstand der UWD zum Schiff (mittschiffs unter Kiel) [m] | | | | | |
|------------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| | 50 | | 100 | | 150 | |
| | Versetzung [cm] | Geschw. [m/s] | Versetzung [cm] | Geschw. [m/s] | Versetzung [cm] | Geschw. [m/s] |
| 100 | 0,40 | 4,70 | 0,19 | 1,90 | 0,14 | 1,30 |
| 500 | 1,10 | 8,70 | 0,60 | 3,90 | 0,40 | 2,50 |
| 1 | 1,70 | 11,2 | 0,90 | 5,10 | 0,65 | 3,30 |

Die Vernichtungswirkung nimmt mit zunehmender Detonationstiefe ab. So zeigen die Werte des Lastvielfachen, dass bei 150 m Detonationsentfernung nur 1/10 der Wirkung gegenüber 20 m Entfernung zu verzeichnen ist. Der Schiffskörper dient als Dämpfungsmedium für die Schwingungen. Erschütterungen sind Ursache der durchlaufenden Schwingungen im Schiff. Auch Resonanzerscheinungen sind möglich. Die Übertragung der Detonationsenergie erfolgt in sehr kurzen Intervallen. In größeren Entfernungen zum Aufschlagpunkt der Detonationswirkungen sind weniger Schäden zu verzeichnen. Die Schäden einer UWD auf Personen (an Bord) sollen beispielhaft aufgezeigt werden.

Schäden durch Unterwasserdetonationen an Personen

Die auftretenden, schockartigen Druckstöße einer UWD bewirken gleichartige Überbelastungen. Auf Bauteile und Anlagen sowie auf Personen an Bord treten verschiedene Überbelastungen auf, die zerstörerisch bzw. tödlich und verletzend sind.

Typische Verletzungen an Personen sind:

- Frakturen, Prellungen am Stützapparat,
- Verletzungen durch abgelöste Teile,
- Verbrennungen durch Feuer- und Explosionsfolgen an technischen Anlagen,
- Störungen von Organfunktionen,
- Nervenzusammenbruch,
- Knalltrauma.

Aus Untersuchungen ist bekannt, dass die Aufprallgeschwindigkeit und das Lastvielfache zur Wirkungsdauer wichtige Parameter sind, die je nach Detonationsabstand und Ladungsmasse gute Vorhersagen zu Auswirkungen auf Personen an Bord zulassen. Bei einer Detonationsentfernung von 20 m unter dem Kiel, ein Wert charakteristisch für die Ostsee, ist das Lastvielfache dreimal so hoch wie bei 50 m Entfernung. Hier sind mit hoher Wahrscheinlichkeit tödliche Verletzungen zu verzeichnen.

Wahrscheinliche Auswirkungen von UWD auf Menschen sind:

- 100 kg Ladungsmasse
 - 50 m Detonationsentfernung
Gehirnblutungen, Bewusstlosigkeit, tödliche Verletzungen
 - 100 m Detonationsentfernung
Blutandrang im Gehirn, Verletzungen

- 500 kg Ladungsmasse
 - 50 m Detonationsentfernung
Bruchlast für Gewebe und Knochen überschritten;
Frakturen, innere Verletzungen, tödliche Verletzungen
 - 100 m Detonationsentfernung
Frakturen oder Prellungen, allg. Verletzungen, Gehirnblutungen,
Bewusstlosigkeit
- 1000 kg Ladungsmasse
 - 50 m Detonationsentfernung
Tod durch diverse Verletzungen

Neben den Personenschäden sind materielle Schäden unterschiedlichen Ausmaßes in Abhängigkeit der Parameter der UWD wahrscheinlich.

Materielle Schäden durch UWD

Bei Unterwasserdetonationen treten hohe Druckwerte auf. Bei 300 kg Ladungsmasse in einer Detonationsentfernung von 10m treten an der Schiffsaußenhaut Spitzendrücke von bis zu 35 MPa auf. Die Rissfestigkeit einer Schiffsaußenhaut wird mit 1-2 MPa angegeben. Eine Kontaktdetonation von 100-200 kg Ladungsmasse unterhalb der Wasserlinie verursacht ein Leck von 2-6 m im Durchmesser, was 3-30 m² in der Fläche entspricht. Die gleiche Kontaktdetonation oberhalb der Wasserlinie bewirkt etwa die Hälfte der Werte. Die Detonationsfontäne kann mehrere Tonnen Wasser herabstürzen lassen.

Die Folgen einer UWD am Schiff sind:

- Materialrisse und -brüche an Anlagen und Bauteilen,
- Risse und Deformation der Außenhaut,
- Risse an Plattengängen, häufig an Schweißnähten,
- starke Beschädigungen von starren Bauteilen, wie Fundamenten,
- diverse Folgeschäden.

Die komplexen Beanspruchungen führen zu einem Übersteigen der Festigkeit von Bauteilen. Dabei sind die Energieübertragungsvorgänge für Zerstörungen nahe der Außenhaut kennzeichnend. Neben Rissen und Verformungen können die entstehenden Leckflächen mehrere Quadratmeter betragen. Die folgende Abbildung 4.4 zeigt die Ursache-Wirkungskette eines Minenanschlages, um die Problematik von Wassereinbrüchen nach Minenanschlägen zu verdeutlichen.

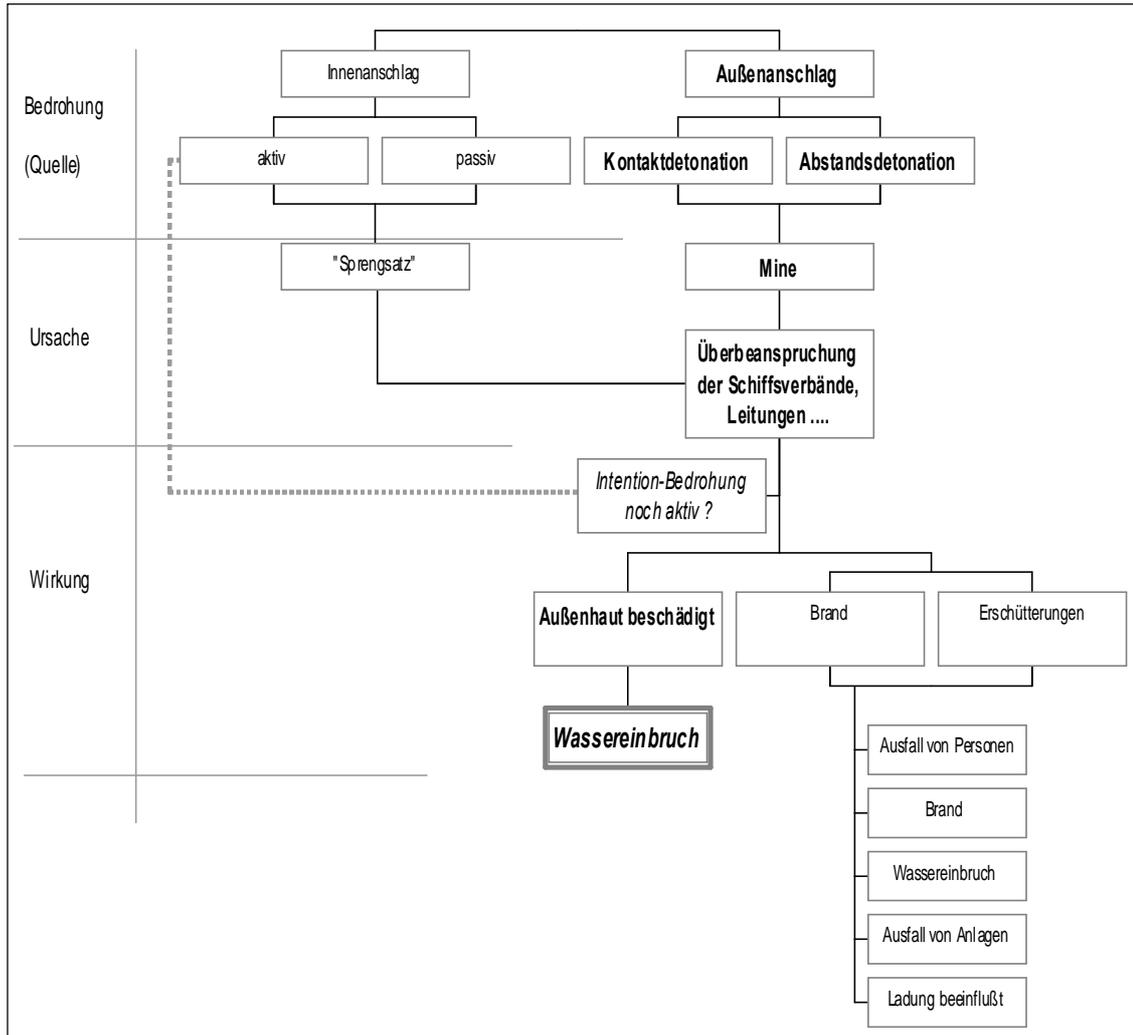


Abb. 4.4 Wassereinbruch als Folge eines Minenanschlages

In den weiteren Untersuchungen wird der Wassereinbruch durch einen Seeminenanschlag vertiefend behandelt.

4.2 Grundlagen zur Problematik von Wassereinbrüchen

4.2.1 Wassereinbruch und deren Prozessparameter

Wassereinbruch auf einem Schiff, verursacht durch verschiedene Ereignisse, kann zum schnellen Verlust von Schiff, Ladung und Menschen führen /3.4/. Der Prozessablauf eines Wassereinbruchs ist gekennzeichnet durch Fehlhandlungen oder bedrohliche Handlungen, die die Quelle der Gefahr darstellen. Nachfolgend soll dieser Prozess unter Berücksichtigung von Bedrohungen (z.B. Seeminenanschlag) aufgezeigt werden.

Die Dimension von Wassereinbrüchen kann bei Seeminenanschlägen erhebliche Ausmaße annehmen. Die Bedrohung als Gefahrenquelle (UWD einer Seemine) hat dabei drei wesentliche Merkmale:

- hohe Komplexität ablaufender Prozesse,
- die Intention der Täter (beabsichtigter, maximaler Schaden),
- der mögliche (negative) Eingriff der Täter in den Prozessablauf.

Diese Faktoren unterscheiden Bedrohungen wesentlich von Fehlhandlungen. Das Wissen um einen Sprengstoffanschlag wirkt dabei auf psychologische und operationelle Einflüsse der Schiffsbesatzung stark ein. Die Art und Weise eines Anschlages ist für den Operateur an Bord von Bedeutung. Dabei werden folgende Aspekte in die Analyse einbezogen:

- die beabsichtigte (maximale) Wirkung,
- eine mögliche Evakuierung im gesamten Prozessverlauf,
- komplexe (oft unbeherrschbare) Auswirkungen.

Im Gegensatz zu Fehlhandlungen sind die Wirkungen durch bedrohliche Handlungen am/im gesamten Schiffskörper möglich. Auch mehrfache oder zeitlich versetzte Anschläge sind wahrscheinlich. Die Auswirkungen von Wassereinbrüchen durch Seeminen lassen sich aus schiffbaulichen, fahrtspezifischen und beladungsbezogenen Faktoren beschreiben, die hier in den prozessualen Ebenen dargestellt werden.

Ursache-Parameter:

- Leckfläche
- Wassereinbruchsstelle am Schiff (x,y,z)

Abgeleitete Parameter:

- einströmende Wassermenge
- Massenschwerpunkt des Leckwassers

Auswirkungsparameter:

- Abteilungsstatus; Anzahl betroffener Abteilungen
- Flutbarkeit von Räumen
- Beladungszustand
- Stabilität und Schwimmlage

Im Abschnitt 4.2.2 wird auf die einzelnen Parameter detailliert eingegangen.

4.2.2 Physikalisch-technische Grundlagen zum Wassereintritt

4.2.2.1 Leckfläche und einströmende Wassermenge

Die Dimension der Leckfläche kann vom Schiffspersonal derzeit nur vermutet werden. Somit kann auch die einströmende Wassermenge in der Praxis nur geschätzt werden. Der Wassereintritt durch Beschädigung der Außenhaut des Schiffes ist abhängig von der Leckfläche. Der sich ergebende Volumenstrom (V) der eindringenden Flüssigkeit im Zeitintervall verursacht krängende Momente und wird wie folgt ermittelt:

$$V(t) = f (h(t); A_L; \mu) \quad \text{mit}$$

A_L - Leckfläche (Durchflussfläche)

μ - Einschnürkoeffizient

h, h_1 - Höhe des Leckmittelpunktes zur Wasserlinie

h_2 - Höhe des Leckmittelpunktes zur Leckwasserlinie.

Befindet sich der Leckmittelpunkt oberhalb der Leckwasserlinie ergibt sich:

$$V = A_L * \mu * \sqrt{2 * g * h} .$$

Unterhalb der Leckwasserlinie wird der Volumenstrom wie folgt ermittelt:

$$V = A_L * \mu * \sqrt{2 * g * (h_1 - h_2)} .$$

Die Abbildung 4.5 veranschaulicht die Kenngrößen des Volumenstromes.

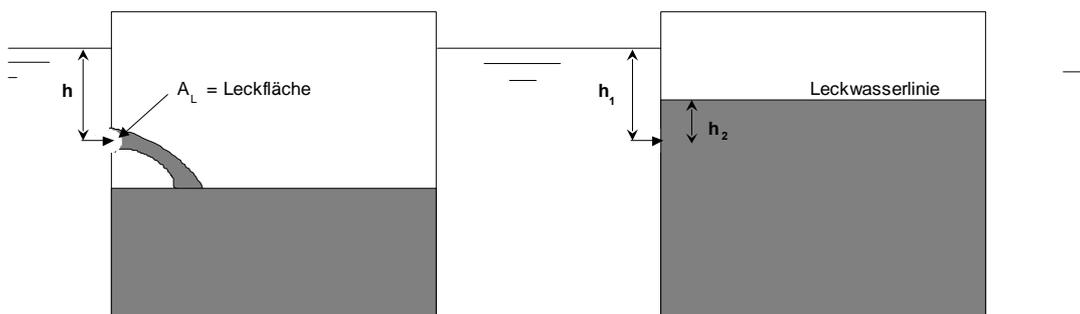


Abb. 4.5 Die Kenngrößen des Volumenstromes /in Anlehnung an 8/

Der Volumenstrom wird geprägt durch die Fläche und Form der Wassereintrittsstelle sowie die Höhe zur Wasseroberfläche (innen und außen). In der Praxis unterliegt die Form der Leckfläche diffusen Erscheinungen. Die Abbildung 4.6 zeigt den Volumenstrom unterschiedlicher Leckflächen in Abhängigkeit von der Tiefe einbrechender Was-

sermengen (Lecktiefe) mit $\mu = 0,66$. Der Einschnürkoeffizient μ ist indirekt bezeichnend für die Form eines Lecks und wurde in Versuchen experimentell ermittelt. Er stellt mit $\mu = 0,66$ einen Durchschnittswert dar. Dabei wurden primär kleine, kreisrunde Leckflächen zugrunde gelegt [70]. Für hier betrachtete Untersuchungen wird dieser Wert übernommen.

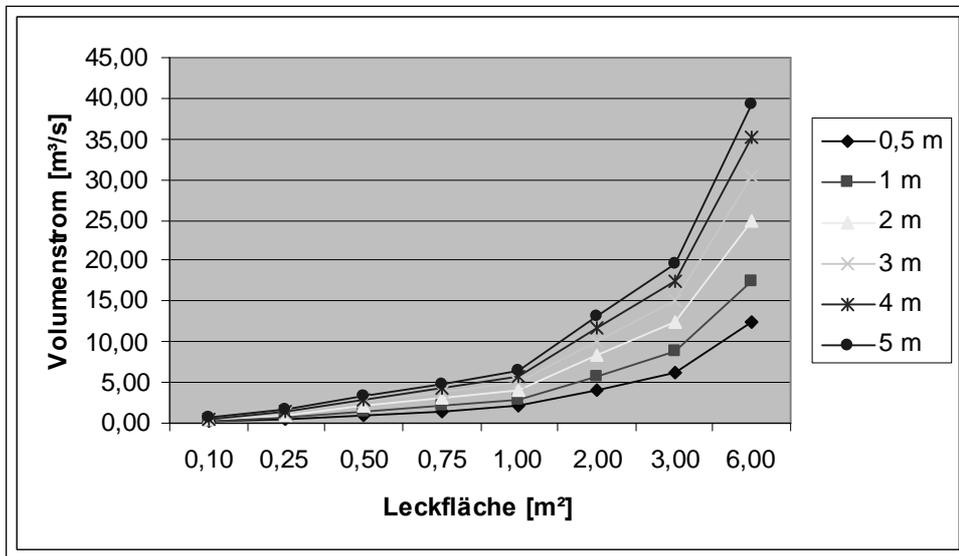


Abb. 4.6 Der Volumenstrom unterschiedlicher Leckflächen je Lecktiefe

Ausgehend von der Spannweite von μ liegt die Fehlerwahrscheinlichkeit des Volumenstromes zwischen 1,52-5,71% bei exakter Leckfläche. Die Leckfläche wird an der Außenhaut nach einer Seeminendetonation keine definierte Struktur aufweisen. Für Leckstabilitätsrechnungen wird von der IMO ein 6 m² Leck (rechteckig) als statistischer Wert angenommen. Für die angeführten Untersuchungen wird ein rechteckiges Leck adäquat angenommen. Der sich dabei ergebende Volumenstrom wird in Abbildung 4.7 gezeigt.

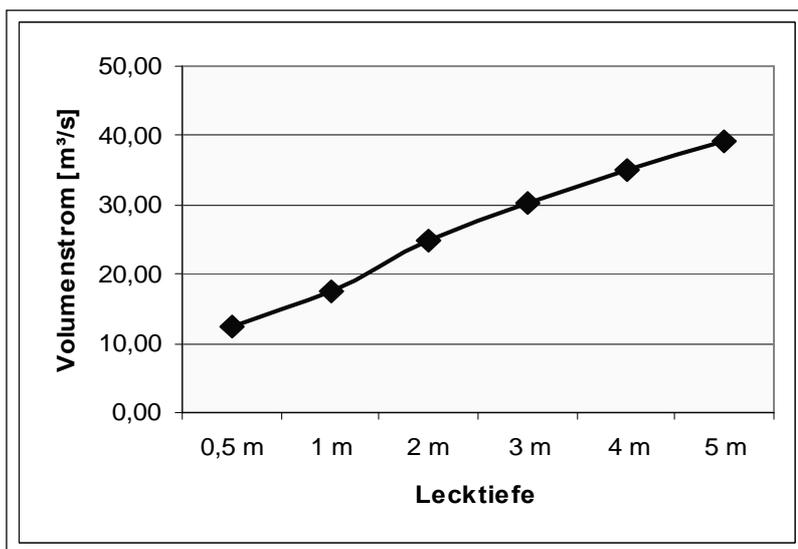


Abb. 4.7 Der Volumenstrom einer Leckfläche von 6 m² je Lecktiefe

Wird die einbrechende Wassermenge bei 6 m² Leckfläche in 3 m Wassertiefe betrachtet, lässt sich das Ausmaß mit über 1.800 Kubikmeter pro Minute gut veranschaulichen. Die technische Lenzleistung auf Fährschiffen kann mit durchschnittlich 500-800 m³/h eine Leckfläche von etwa 0,05 m² in 1 m Wassertiefe beherrschen. Eine Leckfläche oberhalb von 0,4 m² gilt als nicht zu bewältigen.

4.2.2.2 Unterteilung des Schiffes, Abteilungsstatus, Flutbarkeit von Räumen

Schiffbaulich wird durch die Unterteilung des Schiffes die Überlebenswahrscheinlichkeit nach einem Wassereinbruch (Leck) erhöht. Neben der konstruktiven Bruchfestigkeit der Elemente wurde zur Schiffsebene eine Unterteilung des Unterwasserraumes im Schiffsinnen vorgenommen. Ein Doppelboden soll bei Grundberührungen einen Wassereinbruch reduzieren. Gemäß internationaler Vorschriften erfolgt bereits im Konstruktionsstadium eines Schiffes die Einteilung der Längs- und Querschotte. In Abhängigkeit der Länge und Art des Schiffes erfolgt eine Einteilung in Abteilungen. Diese Abteilungen sind grundsätzlich durchgehende Schotten. Erst die Notwendigkeit der jeweiligen Schiffstypen machte eine Öffnung, eine wasserdichte Tür notwendig. Eine Unterteilung hat aber auch Grenzen bedingt durch die eingebauten Elemente im Schiff. So machen die Dimensionen eines Hauptmotors und anderer Aggregate die Grenzen der Unterteilungen aus. Alle Schotten sind bis zum Schottendeck hochgezogen. Das Schottendeck ist das oberste Deck, das bei maximalem Tiefgang nach der Überflutung noch oberhalb (mind. 76 mm) der Tauchgrenze liegt. Die Tauchgrenze ist die maximal zulässige Eintauchtiefe nach der Überflutung /25/. Heute sind Handelsschiffe meist als Einabteilungsschiffe ausgeführt. Fähren weisen häufig einen Zweiabteilungsstatus auf. Der Abteilungsstatus, wie auch die Anzahl der Abteilungen haben nur einen indirekten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit nach einem Wassereinbruch. So besagt der Zweiabteilungsstatus bei Ro-Pax-Fähren z.B., dass bei maximaler Abladung die Flutung von zwei benachbarten Abteilungen vom Schiff ertragen werden kann. Dies ist aber eine rein schiffbauliche Betrachtung bei unvertrimmtem Schiff, ohne Schlagseite und ohne Einwirkung externer Faktoren. Die internationalen Gesetzgebungen hierzu beruhen auf Leckstatistiken. Die abgeleiteten Berechnungsformeln beruhen auf Verteilungsdichten, die rein fiktive Größen darstellen. Daraus resultierte z.B. das Kollisionsschott, da die häufigsten Lecks (statistisch) im Vorschiffsbereich anzutreffen sind.

Für den Wassereinbruch durch Minen verursacht, sind diese Parameter unbedeutend. Ein Schiff ist sicher gegen Lecks (Lecksicherheit), wenn alle Abteilungen eines Schiffes geflutet werden und das Schiff weiterhin stabil schwimmt. Da dies praktisch unmöglich ist, muss durch Technik, Verfahren und Organisation die Überlebenswahrscheinlichkeit $W = 1$ angestrebt werden.

Die Überlebenswahrscheinlichkeit eines Schiffes ist abhängig von:

- der Flutbarkeit der Abteilung(en),
- dem Beladungszustand,
- der Anzahl wasserdichter Schotten (Unterteilung).

Die Effekte können hier sehr unterschiedlich sein. Sie hängen primär von der zeitlichen (quantitativen) Wasseraufnahme ab. Ein Schiff kann durch Wassereintrich bereits nach kurzer Einwirkung kentern und/oder sinken.

Beispiele:

- Kentern der "Harold of Free Enterprise"
- Kentern der "Jan Heweliusz" , Fähre sinkt nach einer Woche auf See treibend
- Kentern und Sinken der "Estonia"

4.2.2.3 Grundlagen zur Stabilität und Schwimmfähigkeit von Schiffen

Allgemeines

Stabilität ist aus physikalischer Sicht eine Funktion mit differierenden Variablen.

Stabilität (Schwimmfähigkeit; Schwimmelage; Bruchfestigkeit) = $f(t)$

Die physikalischen Grundbedingungen für die Stabilität eines Schiffes im Zeitintervall, entsprechen einer Gleichgewichtslage, die das Schiff einnimmt. Äußere Momente wirken auf das Schiff und es tritt eine neue Gleichgewichtslage ein. Dabei ist physikalisch das Kentern und Sinken für das Schiff die nunmehr neue Gleichgewichtslage. Von besonderer Bedeutung ist die Wirkung auf Güter und Personen an Bord. Stabilität ist demnach die abgeleitete Überlebenswahrscheinlichkeit des Menschen beim Einwirken von Kräften und Momenten auf der Grundlage des Zusammenhalts der konstruktiven Elemente.

Die Komponenten der Stabilität werden durch physikalisch unterschiedliche Ereignisse beeinflusst. Die Elemente der Stabilität von Fährschiffen sind in Abbildung 4.8 beispielhaft unterteilt.

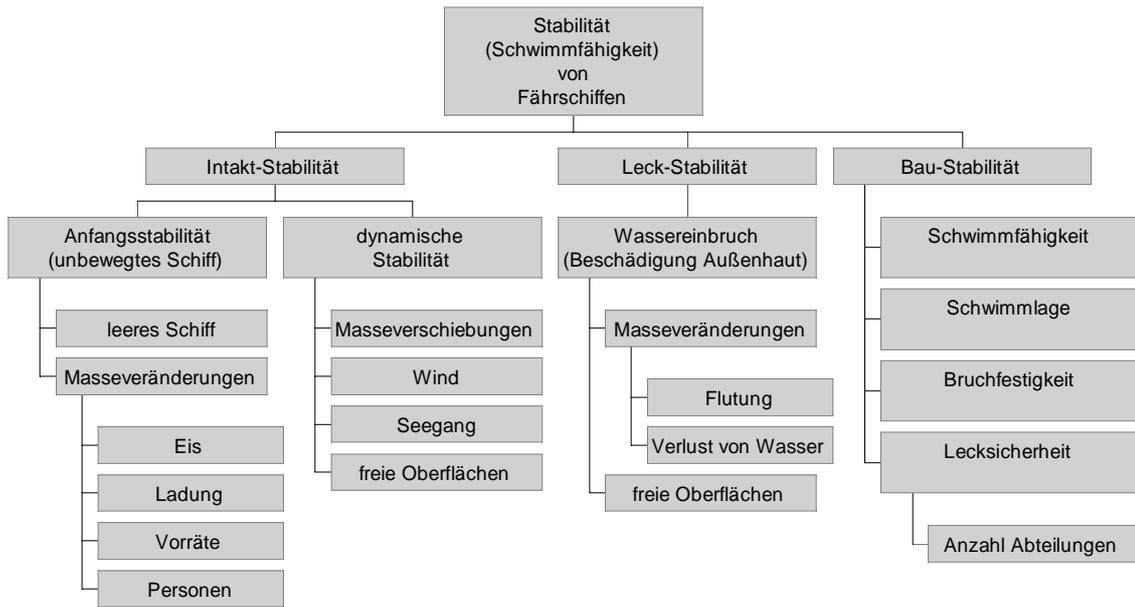


Abb. 4.8 Die Elemente der Stabilität von Schiffen

Ein Schiff unterliegt statischen und dynamischen Belastungen. Als statische Stabilität wird die Wirkung aller im Schiffe befindlichen Volumina und Massen sowie deren Auswirkung auf die Komponenten der Stabilität ohne äußere Einflüsse bezeichnet. Die dynamische Stabilität untersucht die Wechselwirkung äußerer Kräfte und Momente. Als Leckstabilität wird die Stabilitätsmittlung für ein leckes Schiff (mit Wassereintrich) bezeichnet, dass sowohl statischen als auch dynamischen Wechselwirkungen unterliegt.

Die Zugrundelegung des Koordinatensystems wird in Abbildung 4.9 aufgezeigt.

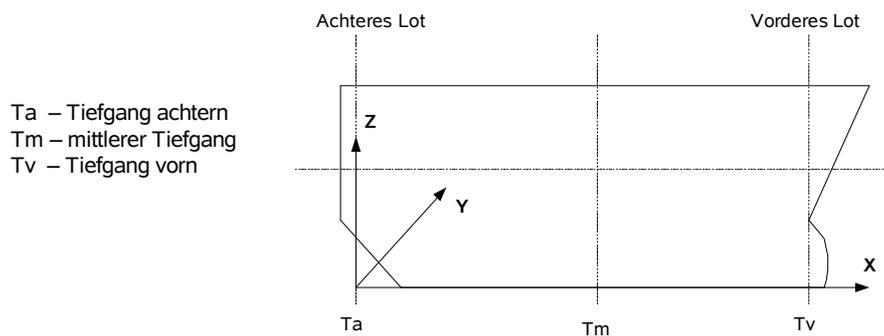


Abb. 4.9 Koordinatensystem eines Schiffes

Die Verdrängung eines Schiffes entspricht dem Volumen des eingetauchten Teiles. Der Tiefgang ergibt sich aus der z-Komponente vom Kiel bis zur Wasserlinienfläche. Im Schiffbau wird die Verdrängung entweder als Integration der Spantlinienflächen über dz

oder der Wasserlinienflächen über dx bis zum jeweiligen Tiefgang ausgeführt. Das Schiff als starrer Körper ergibt die in einem Punkt konzentriert gedachte Summe aller Gewichtskräfte. Dieser wird als Massenmittelpunkt G bezeichnet. Für das leere Schiff ist gemäß der Momentenrechnung die Verteilung zusätzlicher Massen im Schiff entsprechend der Wirkebenen zu berücksichtigen. Die Grunddaten des Schiffes werden von der Bauwerft zur Verfügung gestellt und als Stabilitätsunterlagen geführt. Im Sinne der Sicherheit des Schiffes, bezüglich der Anforderungen an die Stabilität, sind Grenzwerte einzuhalten und zu dokumentieren.

Statische Stabilität (Anfangsstabilität)

Die statische Stabilität berücksichtigt die Verteilung der zusätzlichen Massen im leeren Schiff (innere Momentenwirkung). Diese ergeben sich aus betriebsbedingten Notwendigkeiten, wie Ausrüstung und Proviant sowie aus beladungsspezifischen Bedingungen. Aus der Momentenrechnung ergibt sich die Längs- und Höhenlage des Massenmittelpunktes. Die Längslage (x) beeinflusst die Trimmlage (Längsstabilität) des Schiffes. Die Querlage wird entweder durch Beladung oder Flüssigkeiten in Tanks ausgeglichen, so dass von einem Zustand ohne Schlagseite ausgegangen wird. Die Höhelage (z) des Massenmittelpunktes (KG) ist von Bedeutung für die Querstabilität des Schiffes und wird als Kiel-Gewichtsschwerpunkt benannt. Wie in Abb. 10 ersichtlich, bilden Auftriebskraft F_A und Gewichtskraft F_G resultierende Angriffspunkte. Wirken auf ein Schiff krängende Momente, wird es zu einer Drehung um die Längsachse veranlasst, mit dem Krängungswinkel Φ . Die im Schiff gespeicherte Rückführarbeit im Sinne kinetischer Prozesse bildet ein stabilisierendes Moment M_S entgegen dem krängenden Moment M_K . Nach Wegfall des krängenden Momentes nimmt das Schiff die Ausgangslage wieder ein. Dieser stabile Zustand /Abb. 4.10/ wird erreicht, solange das Momentengleichgewicht besteht. Ein instabiler Zustand aus einem Momentenungleichgewicht führt zu einer Schlagseite Φ , die sich als neue Gleichgewichtslage ergibt.

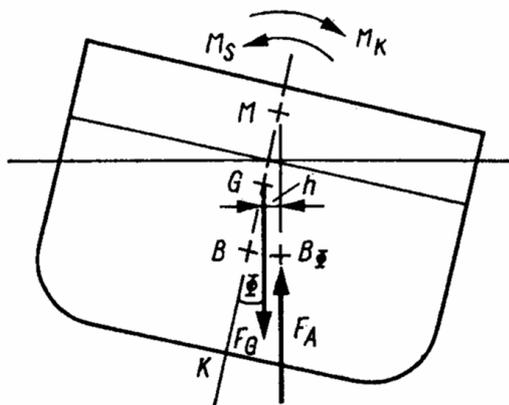


Abb. 4.10 Schiff im stabilen Zustand /71/

Das Kentern des Schiffes wird bestimmt durch die Momentenkurve und bezeichnet eine hochgradige Instabilität, dessen neue Gleichgewichtslage ein nicht mehr aufrecht schwimmendes Schiff ist (Kiel oben).

Ermittlung der statischen Stabilität bei kleinen Neigungswinkeln

Die Abbildung 4.11 zeigt die Kenngrößen zur Ermittlung der statischen Stabilität bei kleinen Neigungswinkeln.

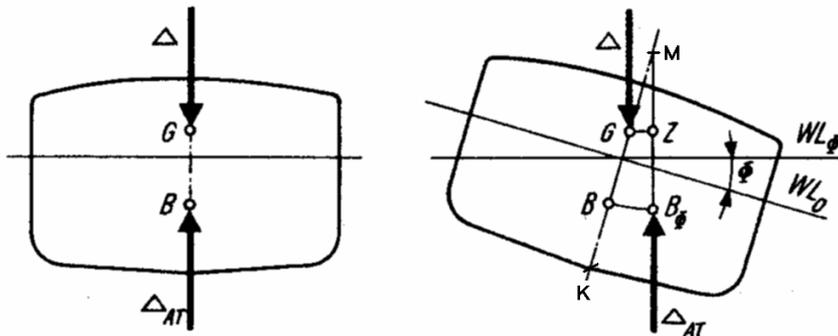


Abb. 4.11 Stabilität bei kleinen Neigungswinkeln /72/

Das aufrecht schwimmende und im Gleichgewicht befindliche Schiff, resultiert aus der gleicher Wirkebene von G und B. Wirkt ein krägendes Moment mit dem Winkel Φ , verschiebt sich B nach B_Φ , bei gleich bleibendem G, vorausgesetzt, Massen im Schiff verändern nicht ihre Lage. Die Verschiebung der Wirklinie der resultierenden Kräfte um den Betrag $GZ = h$ entspricht einem aufrichtendem Drehmoment. Bleibt Φ klein, schneidet die Auftriebsrichtung die Mittschiffsebene im Punkt M, dem (Anfangs-) Metazentrum. Die Höhe von M über G (GM) als Maß der Anfangsstabilität ist ein wichtiges Stabilitätskriterium. Ein positives GM ist für eine aufrechte, stabile Schwimmlage notwendig.

Der resultierende Hebelarm h ergibt sich aus:

$$h = GM \cdot \sin \Phi \quad \text{mit} \\ GM = KM - KG .$$

KM, der Abstand vom Kiel zum Metazentrum, wird mit den Werftunterlagen in Abhängigkeit von Verdrängung bzw. Tiefgang geliefert. Die Ermittlung gilt mit hoher Genauigkeit für Winkel < 3 Grad, da die Volumen der ein- und austauchenden Keilstücke des Unterwasserschiffes gleich sind.

Berechnung bei größeren Neigungswinkeln

Bei größeren Neigungswinkeln entsprechen die Volumina der ein- und austauchenden Anteile einer Änderung des Metazentrums zur austauchenden Seite. Die neue Symmetrieebene des Auftriebs wird N_Φ (Scheinmetazentrum) genannt. Diese ist abhängig von der Form des Schiffes und wird mit den Werftunterlagen als KN-Wert für verschiedene Winkel geliefert. GM vergrößert sich um MN_Φ . Diese Formzusatzstabilität ist bei größeren Neigungswinkeln zu berücksichtigen /Abb. 4.12/.

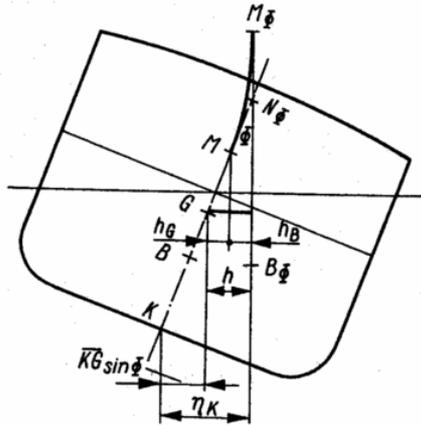


Abb. 4.12 Stabilität bei größeren Neigungswinkeln /71/

Die resultierende Hebelarm $h = GZ$ ergibt sich aus:

$$h(\Phi) = GZ(\Phi) = KN_\Phi \cdot \sin \Phi - KG \cdot \sin \Phi .$$

Im Diagramm der statischen Stabilität wird diese Beziehung als Hebelarmkurve ausgeführt /Abb. 4.13/.

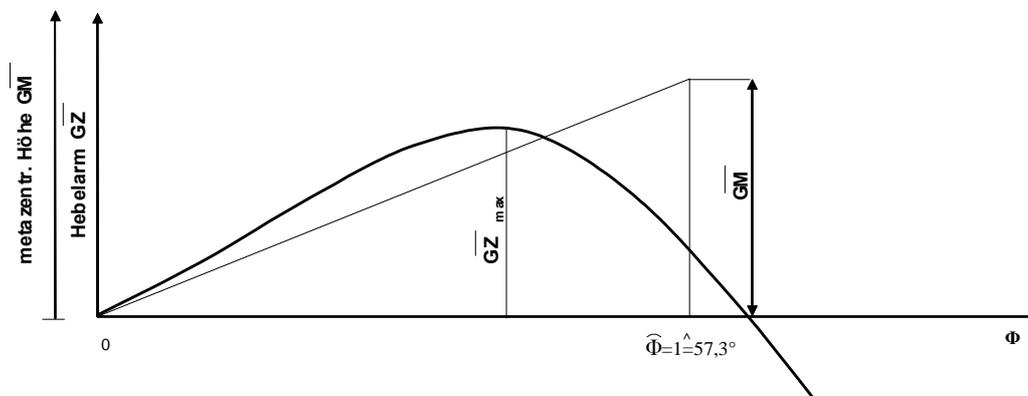


Abb. 4.13 Hebelarmkurve der statischen Stabilität /73/

GZ_{\max} entspricht dem maximal ertragbaren Hebel für das Schiff. Als Moment ausgeführt, ergibt sich das Kentermoment unter statischer Betrachtung. Der positive Umfang der Hebelarmkurve, der Schnittpunkt von $GZ = 0$ bei Φ_i , wird in der Fachliteratur als Stabilitätsumfang benannt. Dabei gilt Φ_i als Wert der ein definiertes Minimum (gemäß Stabilitätskriterien) nicht unterschreiten darf. Physikalisch hat diese Betrachtung keine Bedeutung. Sie bezeichnet nicht den "Umfang" der (Quer)Stabilität des Schiffes.

Dynamische Stabilität

Bei Krängung des Schiffes wird G um den Weg e gehoben. Physikalisch wird diese Arbeit z.B. durch Winddruck hervorgerufen. Der Wert $e(\Phi)$ wird als Stabilitätsweg oder Weglänge der dynamischen Stabilität bezeichnet. Die e -Kurve als Integration von h über $d\Phi$ wird als Wegkurve bezeichnet. Die Stabilitätskriterien für ein Schiff sehen für $e(\Phi)$ Grundwerte als Maß eines Minimums an. Im nachfolgenden wird auf dynamische Einflüsse nicht vertiefend eingegangen.

Wirkung freier Flüssigkeitsoberflächen (z.B. in Tanks)

Frei bewegliche Oberflächen von Flüssigkeiten treten auf, wenn Tanks nicht voll oder nur teilweise gefüllt sind. Ebenfalls ruft der Prozess der ungewollten Flutung von Räumen z.B. durch Wassereinbruch freie Flüssigkeitsoberflächen hervor.

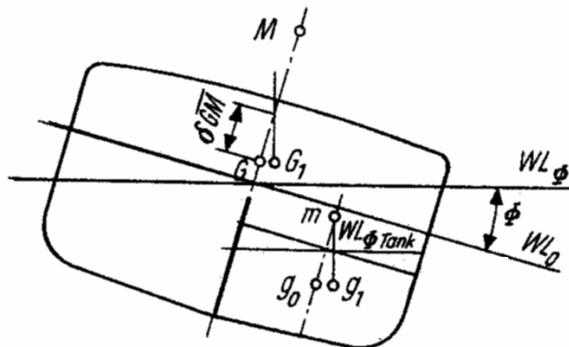


Abb. 4.14 Freie Flüssigkeitsoberflächen eines Tanks und Auswanderung des Massenschwerpunktes /73/

Die Auswanderung des Massenschwerpunktes des Tanks ($\overline{g_0g_1}$) ergibt sich aus der freien Oberfläche (i_B) und dem Volumen (V_F) über dem Winkel (Φ):

$$\overline{g_0g_1} = \frac{i_B}{V_F} * \Phi.$$

In Bezug zur Auswanderung des Massenschwerpunktes des Schiffes (GG_1) ergibt sich:

$$\overline{GG_1} = \frac{i_B * \Phi * \zeta_F}{\text{Depl.}}$$

Die resultierende Differenz von GM (δGM) ermittelt sich aus:

$$\delta GM = \frac{\sum (i_B * \zeta_F)}{\text{Depl.}} \quad /73/.$$

Für das Schiff bedeutet dies eine Reduktion von GM (virtuell) durch Anhebung des scheinbaren Gewichtsschwerpunktes. Diese entspricht für mehrere Tanks der Summe von i_B und der Dichte im Verhältnis zur Verdrängung (Displacement). Für die meisten Schiffe wird diese virtuelle Komponente nur für große Tanks ausgeführt. Das Breitenträgheitsmoment als Moment 2.Ordnung (i_B) wird für rechteckige Flächen bestimmt durch Integration des Quadrates der Achskomponente über die Fläche /Abb. 4.15/.

$$I_x = \int y^2 * dA$$

$$I_x = i_B = l * b^3 / 12$$

l = Länge

b = Breite

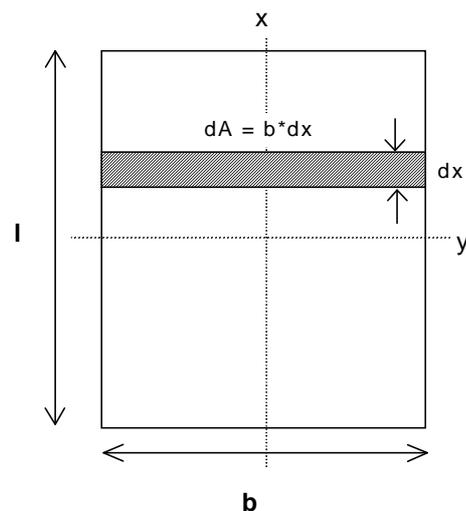


Abb. 4.15 Ermittlung von i_B für rechteckige Oberflächen

Aus der direkt proportionalen Abhängigkeit der Länge von i_B kann im Gegensatz dazu die dritte Potenz der Breite als wesentlicher Einfluss auf i_B bezeichnet werden. Daraus resultiert bei Halbierung der Breite eines Tanks, z.B. durch ein Längsschott, dass i_B um 75% reduziert werden kann. Dies wird im Allgemeinen nur bei Tankern ausgeführt.

Die Berücksichtigung freier Oberflächen erfolgt durch:

$$GM_{\text{Korr}} = GM - \delta GM .$$

Berechnungen zur virtuellen Wirkung von freien Oberflächen beschreiben einen Bereich von $> 5\% < 95\%$ in Bezug zum Tankvolumen.

Leckstabilität

Entsprechend den Stabilitätskriterien sind äquivalent im Leckfall Grenzwerte einzuhalten bzw. Forderungen zu erfüllen, die sich aus einem jahrzehntelangen Entwicklungsprozess ergaben. Sie beinhalten neben wissenschaftlichen Erkenntnissen auch statistische Aussagen und Analysen. Schiffbaulich ist die Unterteilung des Schiffes in wasserdicht ausgeführte Abteilungen im Unterwasserschiffsbereich am bedeutsamsten. Die "Schottenkurve" bezeichnet eine Darstellung, die über der Längsachse ausgeführt die zulässigen Längen der Abteilungen darstellt. Für den schiffbaulichen Aspekt darf die Länge einer Abteilung nicht über dem ermitteltem Wert liegen. Diese Wertigkeiten ergeben sich aus der theoretischen Flutung der Abteilung und der Ableitung für die Leckstabilität (Sinksicherheit). Die Wahrscheinlichkeit des Überstehens von Verletzungen von Abteilungen mit nachfolgendem Wassereintrich wird als stochastische Betrachtung erst seit einiger Zeit durchgeführt. Dabei wird ausschließlich die vollständige Flutung vorausgesetzt und Aspekte der Sinksicherheit betrachtet. Aussagen zur Kentersicherheit sind hierbei unzulässig. Allgemein wird gefordert, die wasserdichten Türen stets geschlossen zu halten und nur während des Betretens ein Öffnen zuzulassen. Ausnahme-genehmigungen werden erteilt und sind als sicherheitskritisch einzustufen.

Die Stabilität im Leckfall kann durch die Methode der Gewichtszunahme oder die Methode des Verdrängungsverlustes ermittelt werden. Letztere ist nur geeignet ohne Berücksichtigung von Zwischenstadien und wird hier nicht betrachtet. Bei der Gewichtszunahme durch Leckwasser verlagert sich der Gewichtsschwerpunkt. Infolge der Tiefer-tauchung verändern sich die Lage des Formschwerpunktes sowie die Tiefe des Lecks. Berücksichtigt werden muss die Differenz zwischen Leckwasserlinie und Außenwasserlinie.

Gesetzliche Stabilitätsanforderungen

Der Vollständigkeit halber sollen kurz die gesetzlichen Stabilitätsanforderungen dargestellt werden. Gesetzliche Anforderungen an die Stabilität bei intaktem und leckem Schiff sind in internationalen und nationalen Vorschriften festgehalten. In der Summe ergeben sich Kriterien, die einzuhalten und zu dokumentieren sind. SOLAS, Schiffssi-cherheitshandbuch-Code für Intakt- und Leckstabilität, besondere Vorschriften der Klassifizierungsbehörden, "Stockholm-Übereinkommen" u.a. rechtsverbindliche Vor-schriften regeln teilweise komplizierte Grenzen für Stabilitätswerte. Es ist festgelegt, wie die Wirkung freier Oberflächen zu erfolgen hat. Gleichzeitig wird festgelegt, wie dies für das Schiff zu ermitteln ist. Diese Berechnungen entsprechen nicht den vorhan-

denen freien Oberflächen. Diese Werte stehen von der Bauwerft zur Verfügung. Daraus ergibt sich eine theoretische Stabilitätsmittlung für das Schiff, die nicht mit betriebsbedingten realen Zuständen übereinstimmt.

Beispiele für Grenzwerte zur Intaktstabilität /4.10-4.13/gemäß 25/:

- $e(30^\circ) > 0,055 \text{ mrad}$
- $e(40^\circ) > 0,09 \text{ mrad}$
- $GZ(\text{bei } \geq 30^\circ) > 0,2 \text{ m}$
- GZ_{max} Wert bei $\Phi > 30^\circ$
- **$GM > 0,15 \text{ m}$**
- $\Phi(\text{Fahrgäste auf einer Seite}) < 10^\circ$
- $\Phi(\text{Drehkreisfahrt}) < 10^\circ$
- Wetterkriterium

Beispiele für Grenzwerte zur Leckstabilität /25/:

- Nachweis des Überstehens der Flutung je Abteilungsstatus des Schiffes
 - $GZ > 0$ bei $\Phi > 15^\circ$ (Kurve der aufrichtenden Resthebelarme muss mindestens 15° betragen)
 - $e(27^\circ) > 0,015 \text{ mrad}$
 - $GM > 0,1 \text{ m}$ ($> 0,05 \text{ m}$ für Zwischenstadien der Flutung)
 - Folgende krängende Momente sind zu berücksichtigen:
 - Fahrgäste+Crew auf einer Seite
 - Besetzung der Rettungsboote einer Seite
 - Wirkung von Winddruck 120 N/m^2
- $GZ(\text{Resthebelarm}) = M_K / \nabla + 0,04$

5 Definierte Seeminenanschläge mit Wassereinbruch

Die Grundlagen der Stabilität, wie im Abschnitt 4 aufgezeigt, sollen für Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit auf ein Beispielschiff angewendet werden. Zur Ermittlung möglicher Folgen von Seeminendetonation werden die Parameter nachfolgend dargestellt. Als Grundlage der Berechnungen wird dann das Beispielschiff näher erläutert. Im Anschluss werden theoretische Betrachtungen zur Kentersicherheit benutzt, um Basis-szenarien zu definieren.

5.1 Ableitung der Wirkung von auslösenden Ereignissen

Eine prozessuale Aussage zur Auswirkung von Wassereinbrüchen nach Seeminenanschlägen ist abhängig von Randbedingungen, die nur indirekt mit der Ursache verbunden sind. Zur Beschreibung dient die Wahl eines definierten Szenarios. Daraus resultiert für eine abgegrenzte Ursache (Detonation) eine n'te Anzahl von möglichen Auswirkungen. Aus den Vorbetrachtungen zu Unterwasserdetonationen werden abgeleitete Leckflächen angenommen, wie nachfolgend in Abbildung 5.1 dargestellt. Dabei werden zwei mögliche Ladungsmassen sowie drei Detonationsentfernungen angenommen, die repräsentativ erscheinen.

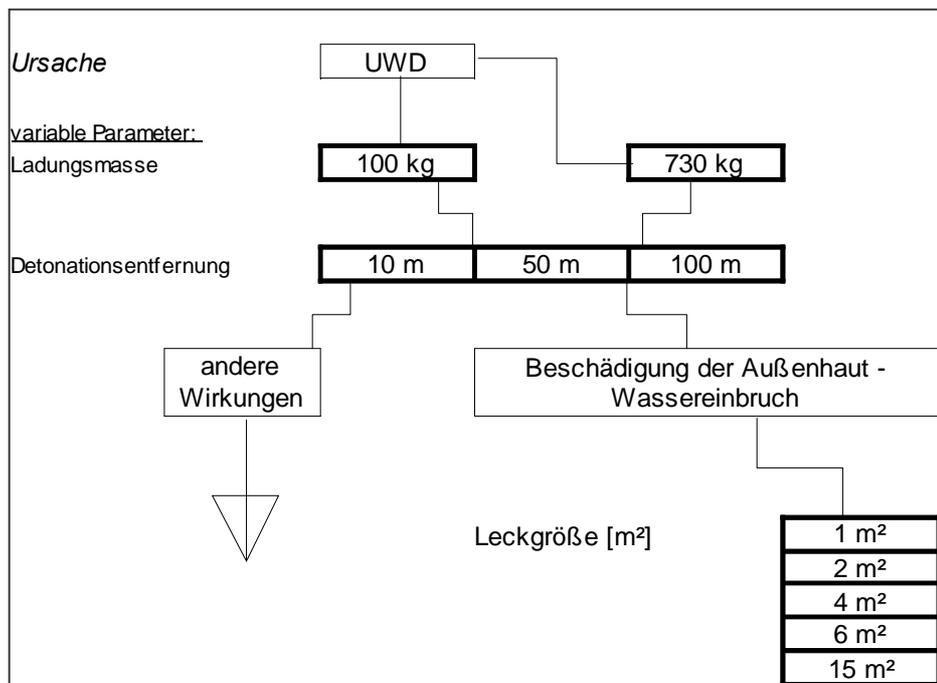


Abb. 5.1 Definierte Leckflächen für weitere Betrachtungen

Eine Unterscheidung der Prozessgrößen muss für die Ursache und die Wirkung aufgrund abweichender Randbedingungen vorgenommen werden. Es ergeben sich die in Abbildung 5.2 angeführten Parameter für Ursache und Wirkung als Grundannahme.

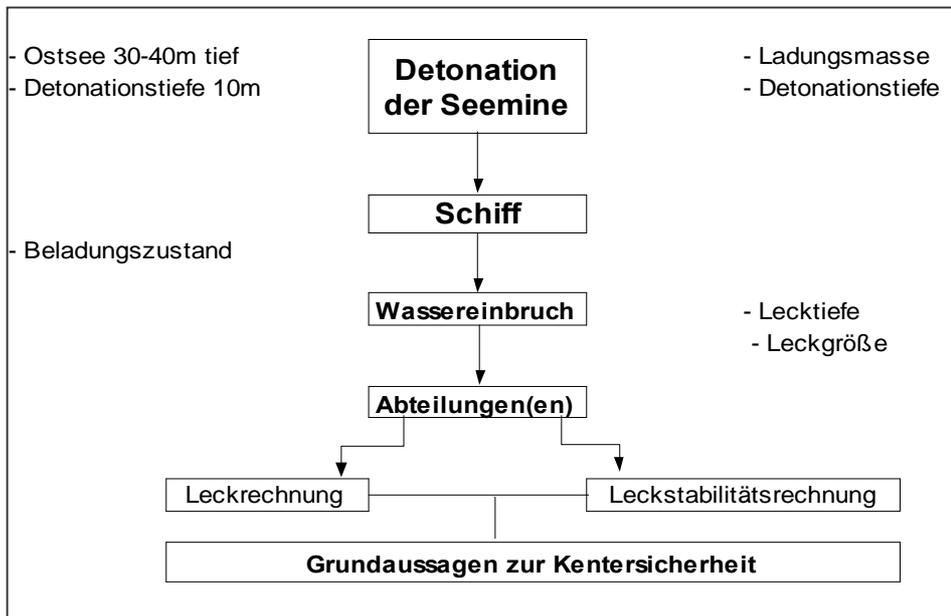


Abb. 5.2 Ereignisbaum (generell) der Seeminendetonation

5.2 Relevante Daten des Beispielschiffes (Fähre) und Grundlagen zur Leckrechnung

Eine Prinzipskizze des Beispielschiffes in Abbildung 5.3 zeigt den modularen Aufbau.

Länge 170m
 Breite 24m
 Tiefgang 5,90m
 (bei maximaler Abladung)
 Verdrängung 14.700t

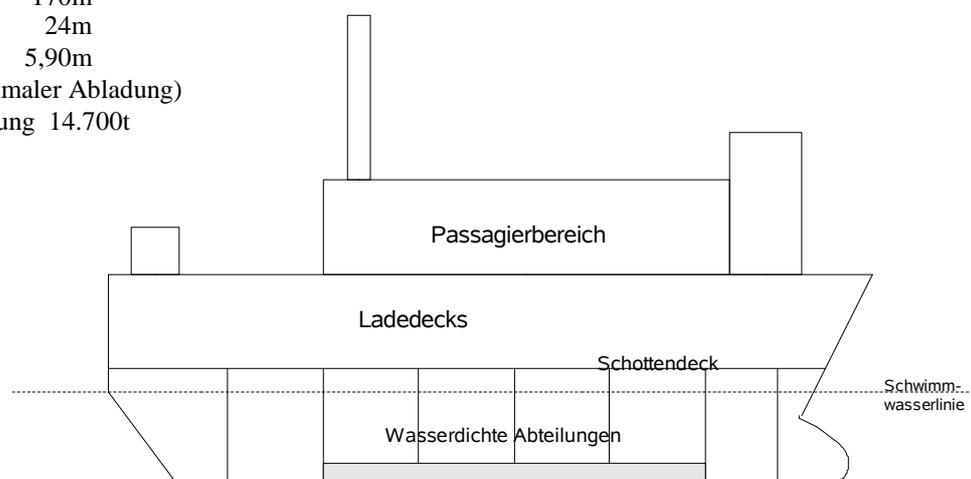


Abb. 5.3 Prinzipskizze des Beispielschiffes

Die Beladung hat wesentlichen Einfluss auf die Kenngrößen der Stabilität. Das Beispielschiff weist zwei Ladedecks mit einer Gesamtkapazität an Ladung von bis zu 3.100 t auf. Die Beladung erfolgt über Laderampen. Dabei ist der maximale Tiefgang von 5,82 m erreicht. Das Schiff ist für mehrere hundert Personen zugelassen. Die Kapazität der Rettungsmittel beträgt insgesamt etwa 1.180 Plätze. Die Begehung der Ladedecks durch Passagiere ist während der Überfahrt nicht zugelassen. Das untere Ladendeck ist bei Abladung des unvertrimmten Schiffes von der Schwimmwasserlinie etwa 2,2 m entfernt. Unterhalb des unteren Ladedecks (Schottendeck) ist das Schiff in Längsebene in 17 wasserdichte Abteilungen gegliedert. Dabei existieren 13 Öffnungen (wasserdichte Türen) zwischen den Abteilungen. Die nachfolgende Abbildung 5.4 kennzeichnet die Unterteilung unter dem Schottendeck.

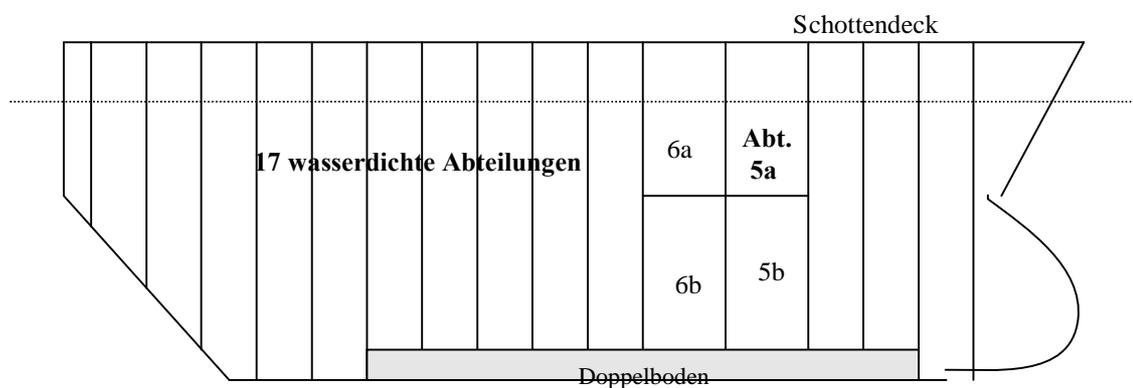


Abb. 5.4 Unterteilung in 17 wasserdichte Abteilungen

Alle notwendigen Angaben zu Stabilitätskennwerten, Kennwerten der Tanks und Leerkzellen sowie weiterer notwendiger Grunddaten des Beispielschiffes werden von der Bauwerft bei Übergabe eines Schiffes mitgeliefert. Für das Beispielschiff liegen diese in Papierform (DIN A4) vor. Zur Nutzung der relevanten Daten musste eine Digitalisierung vorgenommen werden, um eine Datenbank zu gestalten.

5.2.1 Realisierung und Inhalte der Datenbank

Die Datenbank beinhaltet alle von der Bauwerft vorliegenden Grunddaten. Die Digitalisierung wurde über spezielle Hard- und Software ermöglicht. Der Umfang ist mit über 22.000 Werten beschrieben.

Dateninhalte sind:

- KM, KN...
- Beladungszustand
- Proviant, Ausrüstung, Personen an Bord

- Werte für alle 77 Tanks und Leerzellen
Volumen, Lcg, Vcg, i_B , ...
- Werte für wasserdichte Abteilungen
Volumen, Länge, Breite, Höhe, Flutbarkeitsfaktor, i_B ...

Die Daten für die Abteilungen des Schiffes sind wesentlich geringfügiger in den Werftunterlagen ausgeführt. So ergeben sich notwendige Begrenzungen für die Abteilungen wie folgt:

- Länge, Breite, Höhe = konstant
- Permeabilität prozentual vorgegeben = konstant
- $i_B = i_B(z) = \text{konstant}$

Werte beispielhafter Abteilungen sind in Tabelle 5.1 dargestellt.

Tabelle 5.1 Daten beispielhafter Abteilungen

| | i_B [tm] | Volumen [m ³] | ca. Länge | z_0 [m] | z_{\max} [m] | Permeabilität |
|---------|------------|---------------------------|-----------|-----------|----------------|---------------|
| Deck 3 | 139.104 | 17.549 | | 8,00 | 13,50 | 0,90 |
| Abt. 5a | 9.118 | 745 | 11 | 5,00 | 8,00 | 0,95 |
| Abt. 5b | 8.249 | 458 | 5 | 0,77 | 5,00 | 0,95 |
| Abt. 6a | 9.099 | 682 | 10 | 5,00 | 8,00 | 0,95 |
| Abt. 6b | 8.927 | 670 | | 0,79 | 5,00 | 0,95 |
| Abt. 10 | 9.846 | 1.510 | 9 | 0,79 | 8,00 | 0,95 |
| Abt. 11 | 11.621 | 1.161 | 7 | 0,82 | 8,00 | 0,85 |
| Abt. 12 | 8.354 | 1.393 | 9 | 0,82 | 8,00 | 0,85 |
| Abt. 13 | 9.256 | 1.665 | 11 | 0,78 | 8,00 | 0,85 |

Die krängenden Momente für das Beispielschiff betragen z.B.:

- alle Personen auf einer Seite = 852 tm
- Besetzung der Rettungsboote einer Seite = 209 tm

5.2.2 Annahmen und Bedingungen für die Berechnung

Alle Zustandsdaten für das Schiff werden aus realen Bedingungen dargestellt. So entspricht die Beladung, Ausrüstung, Proviant, Verteilung von Personen usw. keiner Annahme sondern beispielhaften Verhältnissen.

Für weitere Berechnungen werden drei Beladungszustände zugrunde gelegt:

| | Beladung [t] | Masse Tankinhalte [t] | iB_{vorh} [tm] |
|-------------------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
| "Schiff in Ballast" | 50 | 2.468 | 3.910 |
| "Schiff teilbeladen" | 1.780 | 1.850 | 6.920 |
| "Schiff voll abgeladen" | 2.905 | 1.627 | 7.667 |

Für die Berechnung wurde ein spezielles Programm entwickelt /Abb. 5.7/. Es wird eine statische Stabilitätsrechnung des intakten Schiffes ausgeführt, die aus bekannten Grundlagen zur Ermittlung der Stabilitätswerte gewonnen wird /71-73/.

Die Berechnung soll anhand beispielhafter Werte dargestellt werden:

| | GM [m] |
|-------------------------|--------|
| "Schiff in Ballast" | 3,19 m |
| "Schiff teilbeladen" | 2,10 m |
| "Schiff voll abgeladen" | 1,67 m |

Für das voll abgeladene Schiff ergibt sich aus dem Programm die nachfolgende Kurve /Abb. 5.5/ der statischen Stabilität.

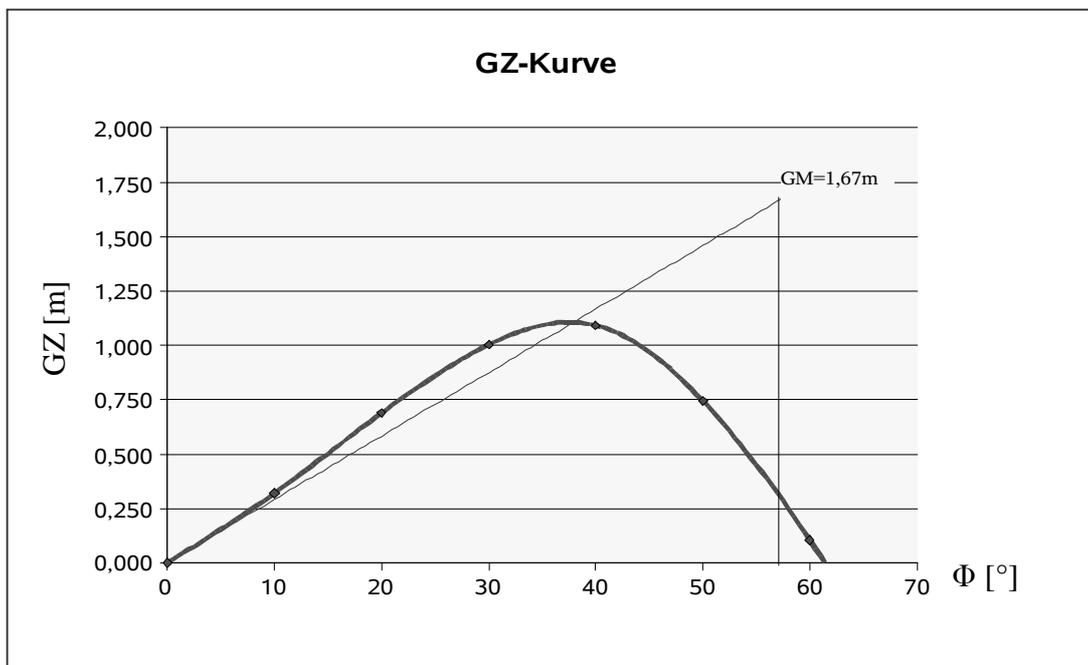


Abb. 5.5 Kurve der statischen (Intakt)Stabilität des voll abgeladenen Schiffes

Die GZ- Kurven zur Stabilität der drei Beladungszustände sind in Abbildung 5.6 veranschaulicht.

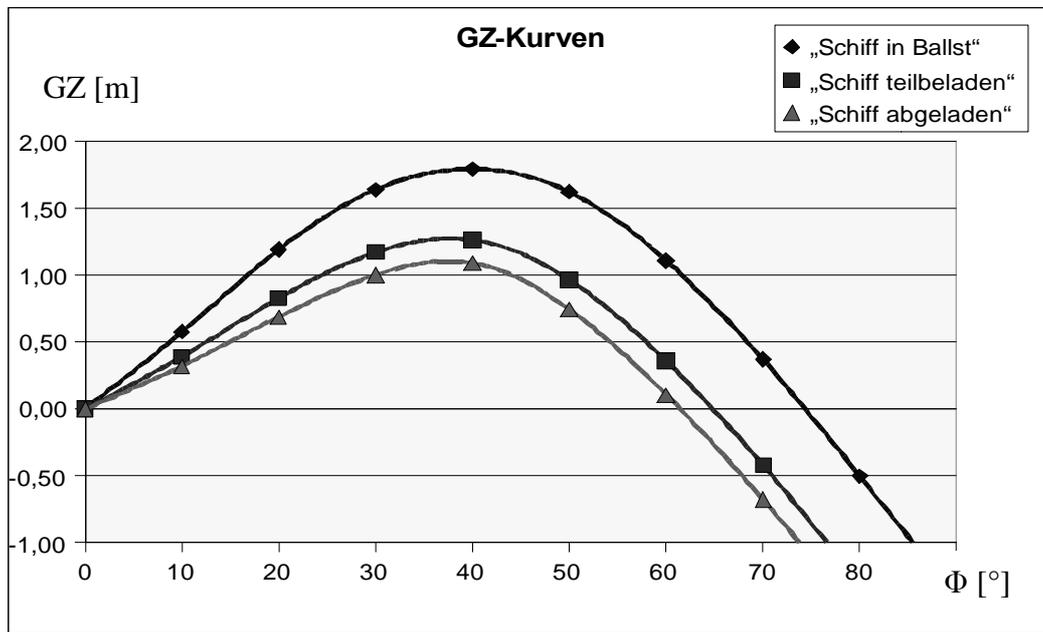


Abb. 5.6 GZ- Kurven (Intaktstabilität) für beispielhafte Beladungszustände

Im Gegensatz zur Stabilitätsberechnung liegen für Leckrechnungen nur wenige Grundlagen bereit. Im Folgenden wird die Ermittlung der einbrechenden Wassermenge, die Behandlung freier Oberflächen und weiterer Aspekte der Leckstabilitätsbetrachtungen ausgeführt. Diese werden im entwickelten Programm zugrunde gelegt.

Auf Basis der Stabilitätsermittlung des intakten Schiffes erfolgt in einem Modul des Programms (Leckstabilitätsprogramm) die Angabe über den Ort des Wassereintrages am/im Schiff. Dabei wird neben der theoretisch betroffenen Abteilung(en) die Leckfläche in Bezug zur Abteilung dargestellt. Die Höhe des Lecks zur Wasseroberfläche (Lecktiefe) erfolgt als Eingabe und wird auf den Ort des Lecks bezogen. Dabei wird eine Beschädigung oberhalb des Schottendecks rechnerisch ausgeschlossen.

Für die Leckrechnung wird die einbrechende Wassermasse für die jeweilige Leckfläche gebildet. Die Beeinflussung des Volumenstromes durch Tiefertauchung sowie dem Verhältnis von Wasserspiegel zur Leckhöhe wird berücksichtigt. Die Leckstabilitätsrechnung erfolgt in Zeitintervallen von $\Delta t = 1$ s und stellt die kontinuierliche Berechnung aller Parameter der Leckrechnung mit den Auswirkungen auf die Stabilität dar. Die Intervalllänge ist auf 1.000 Sekunden festgelegt. Für den Berechnungsvorgang werden insgesamt ca. 32.000 voneinander abhängige Zellen berechnet.

Bekannte Leckrechnungen /vgl. 4.2.2.3/ zur Berücksichtigung freier Oberflächen bedingen für das Schiff einen Bereich von 15-36 cm in der z-Ebene, bei voller Bezugsbreite und scheinen eher ungeeignet. Daher wird vom Autor die Einführung eines Winkelkriteriums vorgeschlagen. Die Berücksichtigung von freien Oberflächen erfolgt in zwei Ebenen. Die Schlagseite des Schiffes dient als Grundlage. So wird in Bezug zur maximalen Breite der Abteilung eine Berücksichtigung der freien Oberflächen (Leckwasser) vorgenommen, wenn:

- für $\Phi \cong 0$ bei $1^\circ_B > Fh(z)$,

d.h. die vorhandene Füllhöhe nimmt bei 1° Schlagseite die volle Breite der Wasserlinienfläche ein.

Bei vorhandener Schlagseite gilt:

- für $\Phi > 0$ bei $\Phi_B > Fh(z)$,

wenn die Füllhöhe bei gegebener Schlagseite die Breite des Schiffes einnehmen kann.

Diese Beziehung kann nur bei annähernd ebener Oberfläche zum Tragen kommen. Auf Berücksichtigung der Oberflächenstrukturen wird hier verzichtet. Die einbrechende Wassermasse verursacht eine definierte Schlagseite. Das vorhandene (bereits eingebrochene) Wasser wird durch eine theoretische Füllhöhe erfasst. Der Gewichtsschwerpunkt des Leckwassers wird auf $\frac{1}{2} Fh$ angenommen. Eine Schlagseite ergibt sich aus der Vorbedingung des Zeitintervalls. Bei $G_{FL} = \frac{1}{2} Fh$ unter Berücksichtigung von Φ_{alt} verändert sich die Lage des Schwerpunktes zur eintauchenden Seite. Grafische und rechnerische Ermittlungen ergaben, dass sich G_{FL} unter Annahme annähernd rechteckiger, höhenkonstanter Oberflächen von $G_{FL}(0^\circ)$ nach $G_{FL}(90^\circ)$ näherungsweise sinusförmig auswandert. Dadurch wird mit Φ_{alt} und der Momentenwirkung eine neue Schlagseite ermittelt.

Die Struktur des vom Autor entwickelten und verwendeten Programms wird in Abbildung 5.7 dargestellt.

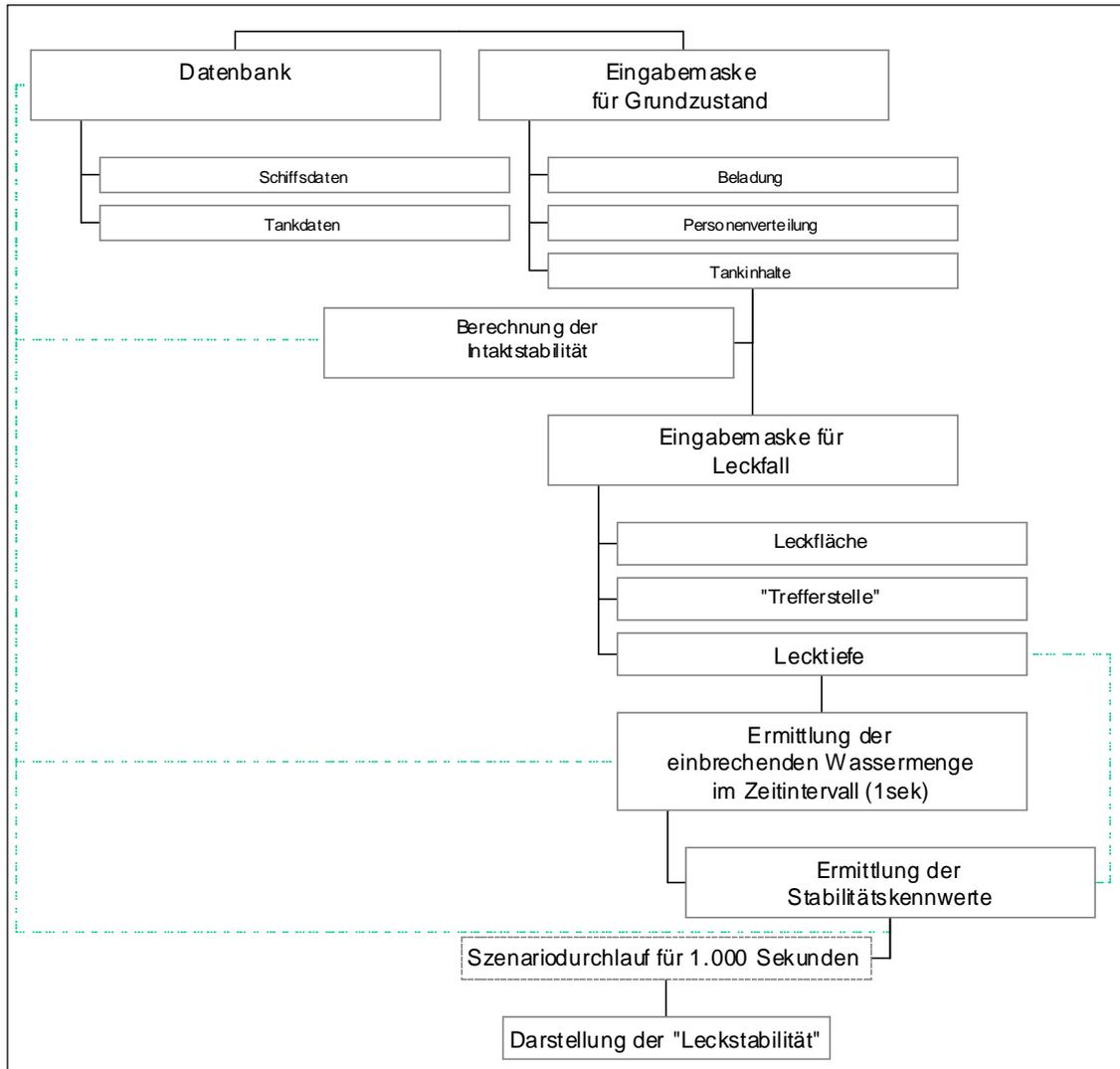


Abb. 5.7 Struktur des zugrunde liegenden Programms

5.3 Theoretische Grundlagen zur Kentersicherheit des Beispielschiffes

Das Beispielschiff mit den zuvor aufgezeigten Daten soll nun in Bezug zur Kentersicherheit in der Theorie auf Basis der freien Oberflächen der Abteilungen analysiert werden. Im Abschnitt 5.4 wird diese Grundlage zur Beschreibung repräsentativer Szenarien für die Leckrechnung benutzt.

Bei einem Zweiabteilungsschiff ist die Sinksicherheit bei Flutung zweier benachbarter Abteilungen gewährleistet. Die bekannte Leckstabilitätsrechnung für ein Zweiabteilungsschiff bei Flutung zweier benachbarter Abteilungen stellt eine zweite Ermittlung in Relation zur schiffbaulichen Schottenkurve (flutbare Länge) dar. Hier kann nicht be-

rücksichtigt werden, ob diese Abteilungen in Abhängigkeit der Betriebsbedingungen (Beladungszustand) geflutet werden können. Ist dies nicht gegeben, muss die Berücksichtigung freier Oberflächen erfolgen.

Entsprechend der Betrachtung zur Sinksicherheit wird der Abteilungsstatus des Beispielschiffes benutzt und für jeden Zustand die Summe der freien Oberflächen ermittelt. Für GM_{Korr} ($GM - \delta GM$) folgt $GM_{\text{Korr}} = 0$, wenn $GM = \delta GM$. Die Grenze der Wirkung der freien Flüssigkeitsoberflächen als Querstabilitätskriterium im Sinne der Kentersicherheit kann somit abgeschätzt werden. In der nachfolgenden Abbildung 5.8 wurden iB -Werte ermittelt, die bei den verschiedenen Beladungszuständen die Ausgangsstabilität aufbrauchen. So würde im Falle des Ballastzustandes bei einem zusätzlichen iB von 40.250 tm die Ausgangsstabilität von $GM = 3,23$ m kompensiert werden.

| | | | | | | |
|--|-------|----|-------|----|-------|----|
| GM | 3,23 | m | 2,24 | m | 1,57 | m |
| Tiefgang T_m | 5,24 | m | 5,5 | m | 5,86 | m |
| Displacement | 12657 | t | 13460 | t | 14623 | t |
| Beladung | 40 | t | 1335 | t | 2850 | t |
| iB -vorhanden | 4270 | tm | 8080 | tm | 9537 | tm |
| $dGM \geq GM$ bei iB -Leck von mind.: | 40250 | tm | 29600 | tm | 22350 | tm |

Abb. 5.8 Stabilitätsveränderung durch freie Oberflächen im Leckfall

Die im Schiff vorhandenen freien Oberflächen von Flüssigkeiten in Tanks stellen eine wichtige Kenngröße der Ausgangslage dar. Die Beziehung nur auf große Tanks zu beschränken sollte vermieden werden. Bei Schiffen mit hoher Anzahl von Tanks kann i_B erheblich von der Theorie abweichen. Das Beispielschiff ist mit 77 Tanks und Leerzellen geeignet diese Differenz aufzuzeigen.

Eine dokumentierte Stabilitätsrechnung für das Schiff weist eine durchschnittliche Beeinflussung von i_B als δGM mit 0,06 m aus, was einer Berücksichtigung von 800 tm entspricht. Diese Größe ist bereits in der Summe der Tanks für Maschinenanlagen vorhanden und entspricht insgesamt nur $< 10\%$ der tatsächlichen freien Oberflächen, wie sie in den Werftunterlagen für die realen Tankzustände ausgewiesen sind.

Die GM-Reduktion in den benannten Beladungsfällen entspricht real 0,36 – 0,65 m für die Summe i_B aller Tanks. Bei durchschnittlicher Beladung des Schiffes kann die Wirkung von freien Oberflächen in Tanks etwa $1/3$ von GM entsprechen und erheblich stabilitätsmindernd wirken. Die Spannweite für i_B der vorhandenen Tanks liegt zwischen 4.000 – 12.000 tm. Der Maximalwert stellt eine ungünstige Verteilung der Flüssigkeiten in den Tanks dar, die nicht unmöglich, aber sehr unwahrscheinlich ist.

Für das Beispielschiff mit 17 Abteilungen ergeben sich bei einem Einabteilungsleck die in Abbildung 5.9 dargestellten freien Oberflächen (je Abteilung).

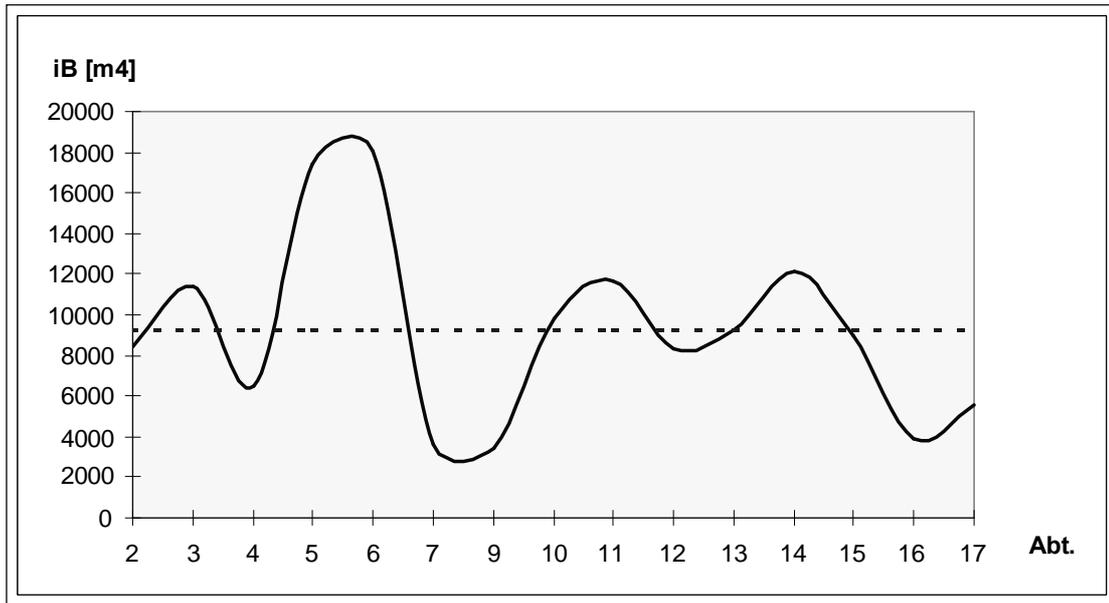


Abb. 5.9 Darstellung der iB-Werte in Abhängigkeit der wasserdichten Abteilungen

Als kritischer Wert gilt die maximale Beeinflussung des voll abgeladenen Schiffes und entspricht 22.350 tm. Das Beispielschiff mit einem Zweiabteilungsstatus bedingt folgende freie Oberflächen bei Beschädigung benachbarter Abteilungen /Abb. 5.10/.

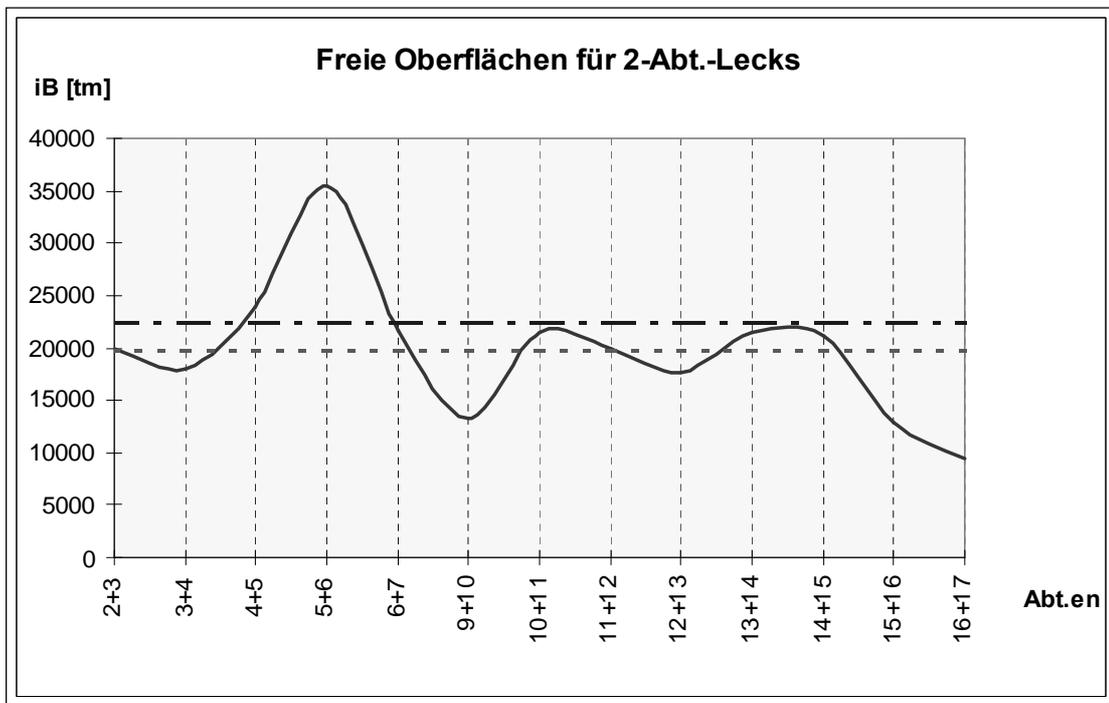


Abb. 5.10 Darstellung der iB-Werte in Abhängigkeit der benachbarten wasserdichten Abteilungen

Die Abbildung 5.10 weist mehrere Abteilungskombinationen aus, die nahe der kritischen Grenze liegen, wie z.B. die Abteilungen 4+5, 6+7, 10+11, 13+14 und 14+15. Eine Beschädigung der Abteilungen 5 und 6 stellt eine besonders kritische Situation für das Schiff dar.

Eine detaillierte Abgrenzung vom Beladungszustand (Verdrängung in t) zeigt die Verteilung dieser spezifischen Stabilitätsminderung in Abbildung 5.11.

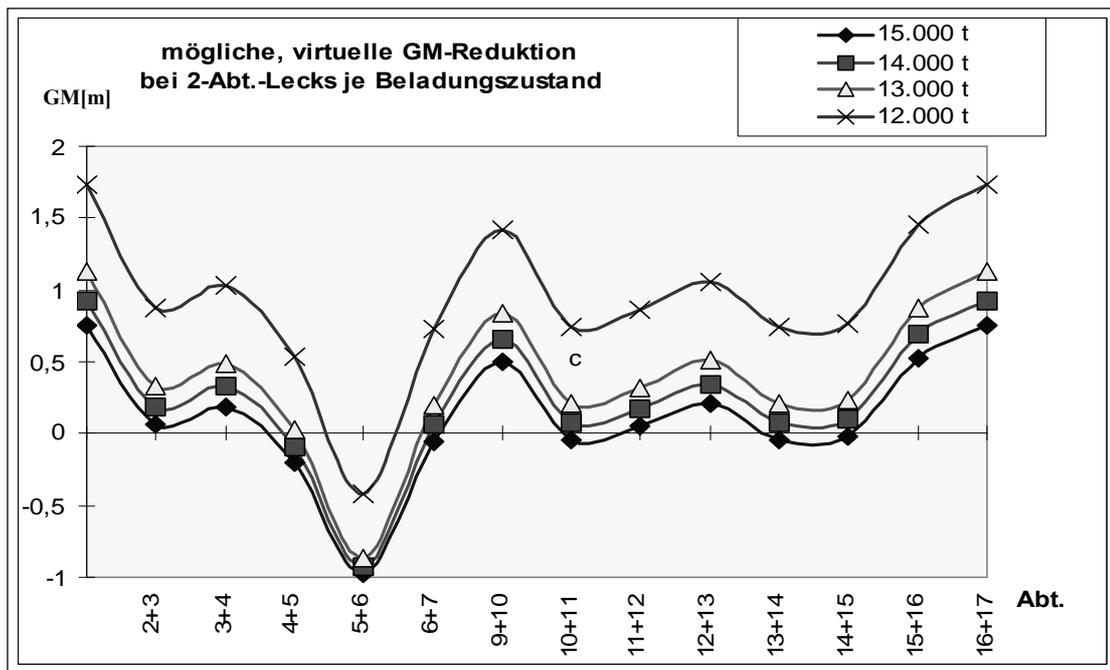


Abb. 5.11 Darstellung der GM-Werte in Abhängigkeit des Leckfalls benachbarter Abteilungen

Bei Beschädigung von Abteilung 5 und 6 weisen die obigen Abbildungen aus, dass das Kentern des Schiffes bei allen Beladungszuständen wahrscheinlich ist, wenn das Leck die Gesamtheit der Abteilung(en) einnimmt.

5.4 Definition von Basisszenarien für die Leckrechnung

Die Annahme der definierten Leckflächen /siehe 5.1/ bei gegebenen Beladungszuständen des Beispielschiffes /siehe 5.2.2/ und der möglichen Trefferstelle am Schiffskörper ergibt eine Vielzahl von Szenarien. Für die Grundzustände sind insgesamt 50 Basisszenarien ausgewählt /siehe Tabelle 5.2 und 5.3/.

Die Basisszenarien werden für Leckrechnungen am Beispielschiff in Kapitel 6 zugrunde gelegt.

Tabelle 5.2 Basisszenarien für die Berechnungen

| | Leckgröße | | |
|---|-----------------|-----------------|------------------|
| | 2m ² | 6m ² | 15m ² |
| Schiff in Ballast Lecktiefe 1m betr. Abt.(en) | 5 | 5 | 11 |
| | 5+6 | 11 | 13 |
| | | 5+6 | 11+12 |
| | | 11+12 | |
| | | | |
| Lecktiefe 3m | 5 | 5 | 11 |
| | 5+6 | 11 | 13 |
| | | 5+6 | 11+12 |
| | | 11+12 | |
| | | | |
| Schiff teilbeladen Lecktiefe 1m betr. Abt.(en) | 1m ² | 4m ² | 15m ² |
| | 5 | 5 | 11 |
| | 5+6 | 11 | 11+12 |
| | | 5+6 | |
| | | | |
| Schiff voll abgeladen Lecktiefe 1m betr. Abt.(en) | 1m ² | 6m ² | 15m ² |
| | 5 | 5 | 5 |
| | 5+6 | 11 | 13 |
| | | 5+6 | 5+6 |
| | | 11+12 | 11+12 |
| | | | 12+13 |
| Lecktiefe 3m | 5 | 5 | 5 |
| | 5+6 | 11 | 13 |
| | | 5+6 | 5+6 |
| | | 11+12 | 11+12 |
| | | | 12+13 |
| | | | |
| Summe der Szenarien : | 50 | | |

Tabelle 5.3 Kenngrößen der Basisszenarien

| | Szenario | Schiff in Ballast | Schiff teilbeladen | Schiff voll abgeladen |
|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| Beladung [t] | | | | |
| | - oberes Ladendeck | 50 t | 380 t | 605 t |
| - unteres Ladendeck | | leer | 1400 t | 2300 t |
| Tiefgang tm [m] | | 5,24 | 5,6 | 5,88 |
| GM [m] | | 3,19 | 2,1 | 1,67 |
| Trimm [m] | | 0,09 | 0,44 | 1,11 |
| iB vorh. [tm] | | 3910 | 6920 | 7667 |
| Leckgröße | A1 | 2m ² | 1m ² | 1m ² |
| | A2 | 6m ² | 4m ² | 6m ² |
| | A3 | 15m ² | 15m ² | 15m ² |
| Lecktiefe | | 1 m | 1 m | 1 m |
| | | 3 m | | 3 m |
| betr. Abteilung(en) | A1, A2 | 5 | 5 | 5 |
| | A2, A3 | 11 | 11 | 11 |
| | A3 | 13 | | 5; 13 |
| | A1, A2 | 5+6 | 5+6 | 5+6 |
| | A2, A3 | 11+12 | 11+12 | 11+12 |
| | A3 | 12+13 | | 5+6; 12+13 |
| Lecklänge (gem. IMO) | | 7,951m | 7,951m | 7,951m |
| Leckhöhe | A1 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| | A2 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| | A3 | 1,88 | 1,88 | 1,88 |

6 Vertiefende Untersuchungen für das Beispielschiff

Das zuvor dargestellte Beispielschiff soll als Grundlage zur Analyse von Seeminenanschlägen, mit begrenzender Betrachtung des resultierenden Wassereintruchs, dargestellt werden. Repräsentative Szenarien zur Leckstabilitätsrechnung aus Abschnitt 5.4 werden beispielhaft analysiert. Das im Abschnitt 5.2.2 angeführte Programm zur Analyse eines Wassereintruchs mit den Folgen (Auswirkungen) auf die Stabilität wird dabei angewendet und Ergebnisse dargestellt.

6.1 Die detaillierte Leckstabilitätsrechnung am Beispiel

Ausgangsbedingungen:

- Schiff voll abgeladen
- Leck: 6 m², 1 m tief, Abteilung 5+6 mit 3 (von 4) Einzelbereichen betroffen (Leckmittelpunkt im Spantbereich zwischen Abt. 5 und 6 auf 115 m)
- Lecklänge 7,971 m, Leckhöhe 0,753 m
- betroffene Abteilungen:
 - 5a – ‚Fahrgastbereich Deck 2 Abt. 5‘
 - 5b – ‚Frischwassertankraum‘
 - 6a – ‚Fahrgastbereich Deck 2 Abt. 6‘
- nicht betroffene Abteilung:
 - 6b – ‚Saba-Umkleide‘
- GM = 1,67 m
- Trimm = 1,32 m
- Tiefgang = 5,88 m
- Verdrängung = 14.675 t

Der Tiefgang im Bereich des Lecks beträgt vor der Flutung 6,20 m. Die wirksame Leckfläche beträgt 5,15 m². Zu Beginn der Flutung erfolgt eine Stabilitätsminderung nach ca. 10 Sekunden, da nach 7 Sekunden alle betroffenen Bereiche durch freie Oberflächen beeinflusst werden. Dabei sind nach 10 Sekunden insgesamt 152 t Wasser eingebrochen. Die Bereiche weisen eine theoretische Füllhöhe von 5a = 0,27 m, 5b = 0,24 m und 6a = 0,29 m auf. Die Schlagseite erhöht sich aufgrund der GM-Minderung (-0,1 m) auf 10,8°. Durch die Schlagseite wird die vorhandene Wassermasse nicht mehr über die gesamte Breite des Schiffes wirksam. Es erfolgt eine Stabilisierung der Flutung. Im weiteren Verlauf kommt es erneut zur Minderung der Stabilität und das Schiff kentert nach 25 Sekunden. Die Vergrößerung der Schlagseite kann vom Schiff nicht mehr ertragen werden, da die krängenden Momente überwiegen. Dabei sind nach 25 Sekunden 367 t Was-

ser eingebrochen. Die theoretische Füllhöhe beträgt bei 5a = 0,64 m, 5b = 0,63 m und 6a = 0,67 m. Im Programm wird die Füllhöhe zum ermittelten Kenterzeitpunkt dargestellt. Eine spezifische Füllhöhe kann weiterhin manuelle angefordert werden und wird aus der Datenbasis übertragen /Abb. 6.1/.

| | | | |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| Fh-krit. | 0,64 m | FH bei | 0,27 m |
| bei | 0,63 m | | 0,24 m |
| 25,00 | 0,67 m | 10,00 | 0,29 m |
| Sek. | 0,00 m | Sek. | 0,00 m |

Abb. 6.1 Beispiel zur zeitlichen Füllhöhenangabe für die Abteilungen 5a, 5b, 6a, 6b

Für einen gewählten Zeitpunkt (manuelle Eingabe) erfolgt die Darstellung der Hebelarmkurve (GZ) in grafischer Form /Abb. 6.2/.

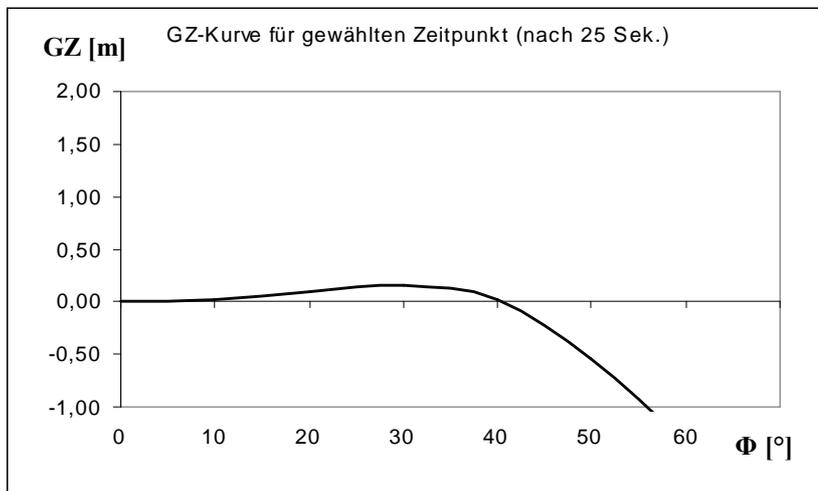


Abb. 6.2 Darstellung von GZ über den Krängungswinkel für $t = 25$ s

Der Zeitpunkt des Kenterns wird aus den Daten entnommen und dargestellt. Wird kein Kentern ermittelt, wird im Programm "Schiff kentert nicht" ausgewiesen. Wird der Prozess der Flutung theoretisch weiter verfolgt, ist im Beispiel Abt. 5b nach 147 Sekunden vollständig geflutet. Dieser Bereich liegt im unteren Deck. Nach 155 Sekunden wäre Abt. 6a mit 62% und Abt. 5a nach 156 Sekunden mit 67% nicht weiter zu fluten, da der Innen- und Außenwasserspiegel ausgeglichen ist. Diese Anzeige erfolgt ebenfalls in tabellarischer Form /Abb. 6.3/.

| | | | |
|------------------------------|--------------|-----------------------|-----------|
| Schiff kentert nach : | | 25,00 Sekunden | |
| Flutung von : | Fahrgäste-D5 | 156 | Sek. 67% |
| Flutung von : | FW -Tankr. | 147 | Sek. 100% |
| Flutung von : | Fahrgäste-D6 | 155 | Sek. 62% |
| Flutung von : | 0,00 | kein Wassereintrich | 0% |

Abb. 6.3 Darstellung von Werten zum Kenterzeitpunkt und möglichen Flutungszuständen

Als grafische Auswertung kann der Verlauf von GM, Schlagseite und Trimm für definierte Zeitabstände gewählt werden. In den weiteren Abbildungen 6.4, 6.5 und 6.6 wird dies für jede fünfte Sekunde des Wassereinbruchsprozesses dargestellt.

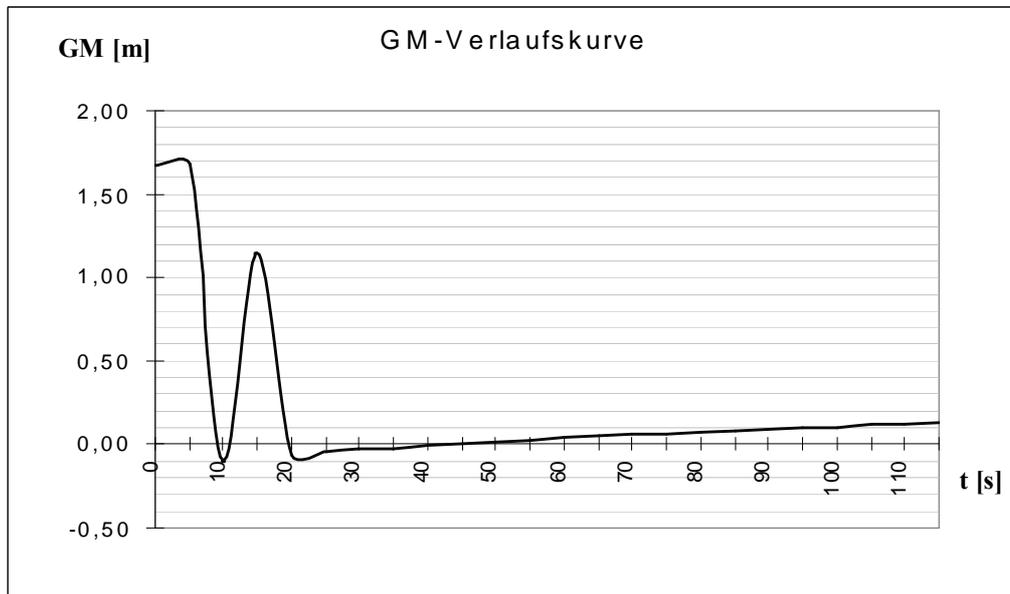


Abb. 6.4 Veränderung von GM in Abhängigkeit der Zeit

Die Abbildung 6.4 zeigt die anfängliche Stabilitätsbeeinflussung durch die abgeleitete Reduktion durch freie Oberflächen (nach 10s), die sich darauf stabilisiert und wiederum zum Tragen kommt.

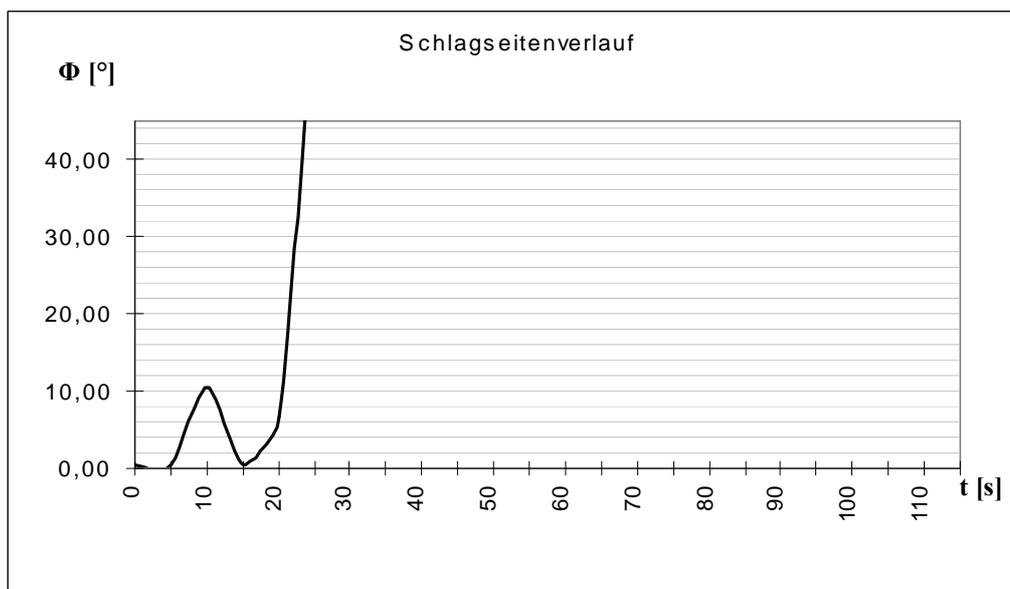


Abb. 6.5 Veränderung des Krängungswinkels in Abhängigkeit der Zeit

Die Leckstabilitätsrechnung ergibt die anfängliche Stabilitätsminderung mit dargestellter Zunahme der Schlagseite. Nach der weiteren Beeinflussung durch freie Oberflächen wird die kritische Schlagseite deutlich. Das wahrscheinliche Kentern wird nach 25 Sekunden auch grafisch ersichtlich /Abb. 6.5/.

Die folgende Abbildung 6.6 zeigt den theoretischen Verlauf der Trimmentwicklung.

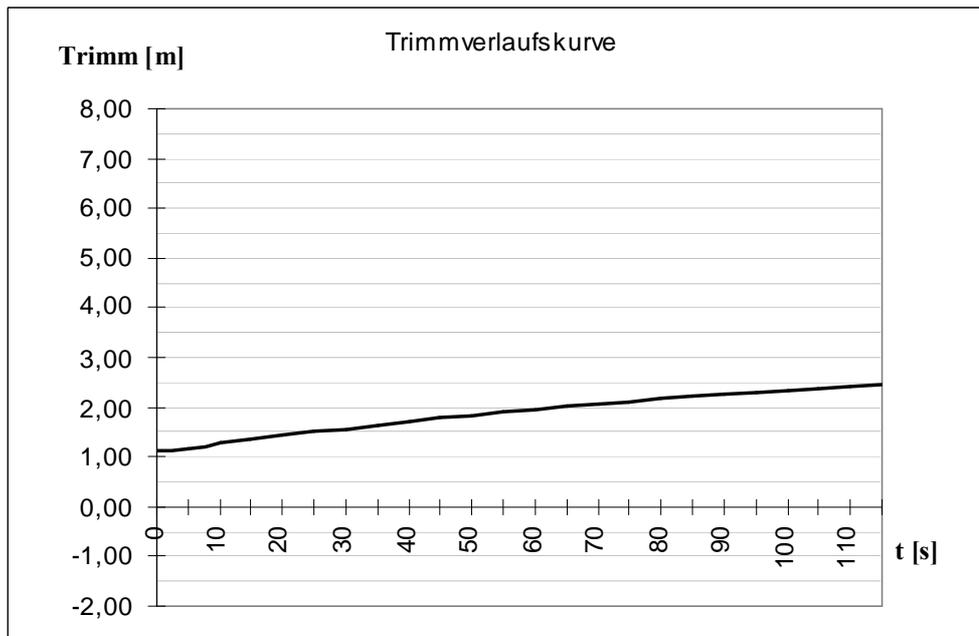


Abb. 6.6 Veränderung des Trimmes in Abhängigkeit von der Zeit

Die Verfolgung des theoretischen Flutungsprozesses wird an der Darstellung des Trimmverlaufes in Abbildung 6.6 deutlich. Es wurden Abteilungsgebiete im vorderen Drittel des Schiffes getroffen. Dies bedingt eine schnelle Vergrößerung der Trimmelage.

6.2 Weitere Leckstabilitätsberechnungen

Für die Darstellung der Ergebnisse der Ermittlungen werden aus dem Leckstabilitätsprogramm für weitere Szenarien der minimale GM-Wert, der maximale Schlagseitenwinkel und die zeitliche Angabe des wahrscheinlichen Kenterns vermerkt. Ebenfalls wird die theoretische Flutung als Abschluss des Prozesses registriert. Aus den Kenngrößen erfolgt die detaillierte Unterteilung der Szenarien entsprechend den Ausgangszuständen der Beladung.

6.2.1 "Schiff in Ballast"

Für das Schiff "in Ballast" ergeben sich Berechnungen wie in Tabelle 6.1 ausgewiesen.

Tabelle 6.1 Berechnungen für "Schiff in Ballast"

| GM max 3,19m | Leckgröße | betroffene Abteilung(en) | GM min[m] | Φ max [°] | W_{kentern} | Flutung nach |
|------------------|------------------|-----------------------------|-----------|-------------------|----------------------|-----------------|
| Lecktiefe 1m | 2m ² | 5 | 2,53 | 0,13 | | 74 sek |
| | | 5+6 | 1,82 | 0,19 | | 198 sek |
| | | 6m ² | 5 | 2,54 | 0,38 | |
| | 6m ² | 11 | 2,27 | 0,59 | | 44 sek |
| | | 5+6 | 1,85 | 0,56 | | 67 sek |
| | | 11+12 | 1,63 | 0,71 | | 109 sek |
| | 15m ² | 11 | 2,29 | 1,45 | | 18 sek |
| | | 13 | 2,47 | 1,47 | | 26 sek |
| | | 11+12 | 1,66 | 1,78 | | 44 sek |
| | Lecktiefe 3m | 2m ² | 5 | 2,53 | 0,21 | |
| 5+6 | | | 1,82 | 0,3 | | 150 sek |
| 6m ² | | 5 | 2,55 | 0,63 | | 19 sek |
| | | 11 | 2,29 | 0,71 | | |
| | | 5+6 | 1,85 | 0,9 | | 51 sek |
| 15m ² | | 11+12 | 1,63 | 1,06 | | 92 sek |
| | | 11 | 2,31 | 1,74 | | 13 sek |
| | | 13 | 2,49 | 1,51 | | 21 sek |
| | | 11+12 | 1,66 | 2,56 | | 35 sek |

Die Beschädigung der Abteilungen 5+6 ist bei den gewählten Lecktiefen nicht voll wirksam, weil durch den Tiefgang es nicht zum Wassereintritt in den oberen Zwischendecks. Die Analyse soll daher auf die Beschädigung aller Bereiche ausgedehnt werden und bedingt die Annahme einer Lecktiefe nahe der Wasserlinie /Tabelle 6.2/.

Tabelle 6.2 Wassereintritt der Abt. 5+6 bei geringer Lecktiefe

| GM max 3,19m | Leckgröße | betroffene Abteilung(en) | GM min[m] | Φ max [°] | W_{kentern} | Flutung nach |
|-------------------|-----------------|-----------------------------|-----------|-------------------|----------------------|-----------------|
| Lecktiefe 0,3m | 2m ² | 5+6 | 0,41 | 0,64 | | 622 sek |
| | 6m ² | 5+6 | 0,43 | 1,87 | | 202 sek |

Die theoretischen Betrachtungen in 5.3 zeigen sich bestätigt. Es ist für diesen Beladungsfall unwahrscheinlich, ein Kentern zu verursachen. Dies ist primär bedingt durch GM (3,19 m) sowie die Verteilung der Flüssigkeiten der Tanks. Im Ballastzustand werden die Ballast- und Trimm tanks meist geflutet. Dies bedingt einerseits eine stabilisierende Wirkung durch tief liegende Massen und andererseits eine Reduktion der freien Oberflächen in den Tanks ($\Sigma \text{ib} < 4.000 \text{ tm}$).

6.2.2 "Schiff teilbeladen"

Für das teilbeladene Schiff sollen nur einige Berechnungen angeführt werden /Tabelle 6.3/.

Tabelle 6.3 Berechnungen für das teilbeladene Schiff

| GM max 2,10m | Leckgröße | betroffene Abteilung(en) | GM min | Φ max | W_{kentern} | Flutung nach |
|-----------------|------------------|-----------------------------|--------|---------------|----------------------|-----------------|
| Lecktiefe 1m | 1m ² | 5 | 1,5 | 0,1 | | 144 sek |
| | | 5+6 | 0,86 | 0,17 | | |
| | 4m ² | 5 | 1,5 | 0,38 | | 37 sek |
| | | 11 | 1,26 | 0,57 | | 68 sek |
| | | 5+6 | 0,86 | 0,68 | | 99 sek |
| | 15m ² | 11+12 | 0,69 | 1,55 | | 168 sek |
| | | 11 | 1,29 | 2,1 | | 19 sek |
| | | 5+6 | -0,14 | > 45 | 23 sek | |
| | | 11+12 | 0,72 | 4,1 | | 45 sek |

Auch für das teilbeladene Schiff ist die Lecktiefe und Leckhöhe ein wesentlicher Aspekt der Kentersicherheit. Bei Beschädigung der Abt. 5+6 sind bei 1m Lecktiefe auf die obigen Beispiele bezogen, nur große Lecks (z.B. 15 m²) ursächlich für die (Teil)Flutung der Einzelbereiche dieser Abteilungen. Wird das 4 m²-Leck auf 0,3 m Tiefe angenommen ergibt sich wiederum, dass die unteren Zwischendecks nicht betroffen sind. In diesem Fall ergibt sich die Flutung der oberen Zwischendecks nach 99 s, wobei maximal 33% des Volumens durch Leckwasser ausgefüllt sind. Wird das 4 m²-Leck auf 0,5 m Wassertiefe angenommen, sind alle vier Teilbereiche der Abteilungen 5+6 betroffen und das Schiff kentert wahrscheinlich nach 75 s.

Hier soll bereits angeführt werden, dass somit der Beladungszustand, die Tankzustände und die "Trefferstelle" (Leckausdehnung) wesentlichen Einfluss auf das Kenterrisiko aufweisen. Die bisherigen Ermittlungen zeigen auch, dass ein Einabteilungsleck keine relevanten Kenterrisiken darstellt.

6.2.3 "Schiff voll abgeladen"

Für das voll abgeladene Schiff werden ausführlichere Analysen nachfolgend durchgeführt und aufgezeigt. Dabei werden auch ungünstige Tankzustände analysiert. Weiterhin erfolgt eine spezifische Betrachtung der möglichen Zustände des speziellen Zweiabteilungslecks bezogen auf die Abteilungen 5+6.

Tabelle 6.4 Beispielrechnungen für das voll abgeladene Schiff

| GM max 1,67m | Leckgröße | betroffene Abteilung(en) | GM min | Φ max | W_{Kentern} | Flutung nach | |
|------------------|------------------|-----------------------------|--------|---------------|----------------------|-----------------|--------|
| Lecktiefe 1m | 1m ² | 5 | 1,05 | 0,11 | | 207 sek | |
| | | 5+6 | 0,43 | 0,25 | | | |
| | 6m ² | 5 | 0,51 | 1,3 | | 77 sek | |
| | | 11 | 0,91 | 1,03 | | 48 sek | |
| | | 5+6 | -0,68 | > 45 | 23 sek | | |
| | 15m ² | 5 | 0,53 | 3,26 | | 28 sek | |
| | | 13 | 1,08 | 2,53 | | 28 sek | |
| | | 5+6 | -0,61 | > 45 | 12 sek | | |
| | | 11+12 | 0,38 | 7,37 | | 47 sek | |
| | | 12+13 | 0,55 | 5,16 | | 58 sek | |
| | Lecktiefe 3m | 1m ² | 5 | 1,12 | 0,21 | | 93 sek |
| | | | 5+6 | 0,51 | 0,39 | | |
| 6m ² | | 5 | 1,14 | 1,23 | | 16 sek | |
| | | 11 | 0,91 | 1,53 | | 36 sek | |
| | | 5+6 | 0,55 | 2,38 | | 44 sek | |
| 15m ² | | 5 | 1,17 | 2,98 | | 8 sek | |
| | | 13 | 1,1 | 2,94 | | 21 sek | |
| | | 5+6 | 0,57 | 6,14 | | 19 sek | |
| | | 11+12 | 0,38 | 10,47 | | 38 sek | |
| | | 12+13 | 0,58 | 7,41 | | 48 sek | |

Aus der Tabelle 6.4 wird die eher unkritische Flutung bei Beschädigung nur einer Abteilung deutlich. Für Zweiabteilungslecks können bereits gefährliche Schlagseiten $>10^\circ$ vermerkt werden. Die Beschädigung der Abteilungen 5+6 ist als besonders kritisch herausgestellt. Bei einer Lecktiefe von 3m weist in diesem Fall die Trefferstelle keine Auswirkung auf die oberen Zwischendecks auf. Eine vertiefende Darstellung wird nun bei angenommener ungünstiger Verteilung vorhandener Flüssigkeiten (Tankinhalte) vorgenommen /Tabelle 6.5/.

Tabelle 6.5 Analyse für das voll abgeladene Schiff unter ungünstigen Tankbedingungen

| GM max 1,47m | Leckgröße | betroffene Abteilung(en) | GM min | Φ max | W_{kentern} | Flutung nach | |
|------------------|------------------|-----------------------------|--------|---------------|----------------------|-----------------|--------|
| Lecktiefe 1m | 1m ² | 5 | 0,85 | 0,13 | | 207 sek | |
| | | 5+6 | 0,24 | 0,38 | | | |
| | 6m ² | 5 | 0,32 | 1,85 | | 77 sek | |
| | | 11 | 0,71 | 1,17 | | 48 sek | |
| | | 5+6 | -0,81 | > 45 | 21 sek | | |
| | 15m ² | 5 | 0,36 | 4,72 | | 28 sek | |
| | | 13 | 0,88 | 2,87 | | 28 sek | |
| | | 5+6 | -0,78 | > 45 | 12 sek | | |
| | | 11+12 | 0,2 | 16,22 | | 48 sek | |
| | | 12+13 | 0,36 | 8,7 | | 58 sek | |
| | Lecktiefe 3m | 1m ² | 5 | 0,92 | 0,25 | | 95 sek |
| | | | 5+6 | 0,33 | 0,55 | | |
| 6m ² | | 5 | 0,93 | 1,48 | | 16 sek | |
| | | 11 | 0,71 | 1,94 | | 38 sek | |
| | | 5+6 | 0,36 | 3,31 | | 44 sek | |
| 15m ² | | 5 | 0,97 | 3,53 | | 8 sek | |
| | | 13 | 0,91 | 3,52 | | 23 sek | |
| | | 5+6 | 0,38 | 9,01 | | 19 sek | |
| | | 11+12 | 0,2 | 20,91 | | 38 sek | |
| | | 12+13 | 0,39 | 11,92 | | 48 sek | |

Die Ermittlungen zeigen keine Differenz bei den vermerkten Fällen des wahrscheinlichen Kenterns des Schiffes. Die möglichen Schlagseiten erhöhen sich aber auf teilweise $>20^\circ$. Die Spezifik der Abteilungen 5+6 soll näher untersucht werden /Tabelle 6.6/.

Tabelle 6.6 Auswirkungen des speziellen Zweiabteilungslecks der Abt. 5+6

| GM max 1,67m | Leck- größe | theoretisch, betroffene Abteilung(en) | | | | GM min | Φ max | W_{kentern} nach [s] | Flutung nach [s] | nicht betroffen |
|-----------------|------------------|--|----|----|----|--------|---------------|----------------------------------|---------------------|--------------------|
| Lecktiefe 1m | 1m ² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,43 | 0,44 | | 451 | 5b+6b |
| | 2m ² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,59 | > 45 | 175 | | |
| | 4m ² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,68 | > 45 | 36 | | |
| | 6m ² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,68 | > 45 | 23 | | |
| | 15m ² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,61 | > 45 | 13 | | |
| Lecktiefe 2m | 1m ² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,51 | 0,32 | | 209 | 5a+6a |
| | 2m ² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,52 | 0,65 | | 150 | 5a+6a |
| | 4m ² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,52 | 1,31 | | 76 | 5a+6a |
| | 6m ² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,54 | 1,97 | | 51 | 5a+6a |
| | 15m ² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,32 | > 45 | 79 | | |

Die Tabelle 6.6 zeigt, dass die Leckausdehnung wesentlichen Einfluss auf die Kentersicherheit hat. Ein 1 m²-Leck in 1m Tiefe ist eher unkritisch. Die Verdopplung der Leckgröße weist ein wahrscheinliches Kentern nach 175 s aus. Werden größere Lecks angenommen reduziert sich der Zeitpunkt des wahrscheinlichen Kenterns deutlich. Werden ungünstige Tankzustände möglich, erfolgt eine weitere Absenkung des Kenterzeitpunktes.

6.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Leckstabilitätsrechnungen

Die Beispielrechnungen zur Leckstabilität zeigen, dass die theoretische Betrachtung in 5.3 grundlegende Aussagen zur Kintersicherheit erlaubt. Die Krängungswinkel bei einbrechenden Wassermassen sind nur durch eine detaillierte Leckrechnung zu ermitteln. Die Tiefe und Fläche des Lecks, als Basis zur Ermittlung der Ausdehnung der Trefferstelle, sind wesentliche Faktoren zur Beeinflussung der Leckstabilität. Der Ausgangszustand des Schiffes ist als Maßstab der Beeinflussungsmöglichkeiten anzusehen.

Weiterhin zeigen die Analysen der Beispielrechnungen, dass der Zweiabteilungsstatus unter bestimmten Bedingungen nicht erhalten werden kann. In Abhängigkeit des Beladungszustandes des Schiffes ergeben die "Trefferstelle" und die resultierende Wassermenge je Abteilung die Grundlage zu Aussagen zur Kintersicherheit. Dabei stellt die Abteilung mit Zwischendecks eine besondere Rolle dar. Am Beispielschiff ist Abteilung 5 und 6 mit jeweils einem Zwischendeck versehen. Werden beide Abteilungen mit Wasser geflutet, kann bedingt durch die Summe aller freien Oberflächen in keinem Beladungszustand die Kintersicherheit gewährleistet werden. Die zu erwartende Zunahme der Krängung mit anschließender Kenterung ist mit hoher Wahrscheinlichkeit in den ersten Minuten des "Leckwerdens" zu verzeichnen.

Am Beispielschiff ist aufgezeigt, dass die stabilitätsmindernden Wirkungen der einbrechenden Wassermassen bei positiven GM-Werten $< 0,2$ m gefährliche Krängungswinkel (bis 20°) verursachen können. Bei leicht negativen GM-Werten (z.B. $-0,1$ m) bewirkt die einbrechende Wassermasse eine zusätzliche Schlagseite, die das Schiff mit hoher Wahrscheinlichkeit kentern lässt. Gesonderte Leckrechnungen wurden aufgrund der Spezifik der Abteilungen 5 und 6 durchgeführt. Die Ermittlungen zeigen den Zusammenhang zwischen der "Leckstelle", dem Beladungszustand und der resultierenden Wirkung. Je tiefer das Schiff abgeladen ist, desto höher ist die Kenterwahrscheinlichkeit. Dabei müssen bezüglich der beiden Abteilungen 5 und 6 nicht ausschließlich alle Zwischendecks betroffen sein. Es zeigte sich, dass die Kintersicherheit bei Wassereintrich bei mindestens drei Einzelbereichen nicht gegeben ist. Dabei ist, bedingt durch den Tiefgang des Schiffes, die Leckausdehnung von Bedeutung. Fährt das Schiff in Ballast, kann nur eine Leckausdehnung bis zur Wasseroberfläche zum möglichen Kentern führen. Die Leckfläche, unter Annahme von Lecks > 1 m², spielt dabei eine subjektive Rolle. Die Wahrscheinlichkeit des Kenterns wurde nur in Ausnahmefällen oberhalb von 1-2 Minuten vermerkt.

Alle Leckrechnungen zeigten, dass eine vollständige Flutung auch im Zweiabteilungsleckfall bei stark vertrimmten Schiff nicht möglich ist, da der Ausgleich der Wasserpiegel innen und außen vorher vermerkt wurde.

An dieser Stelle soll auf den Evakuierungsprozess im Leckfall verwiesen werden. Wie in 5.2.1 ausgewiesen, leiten sich für das Beispielschiff bezüglich der Evakuierung spezifische Krängungsmomente ab. Diese betragen bei voll besetztem Schiff bis zu $M_K = 1.000 \text{ tm}$. Somit kann in stabilitätskritischen Leckfällen durch Annahme vieler Personen auf einer Seite des Schiffes und dem Besetzen von Rettungsbooten eine weitere Komponente zur Minderung der Stabilität ersichtlich werden. Bezogen auf die kritischen Leckstabilitätsfälle ist es möglich, durch die Evakuierung über die Rettungsboote ein Kentern des Schiffes zu verursachen oder zu beschleunigen. Als Schlussfolgerung sollte die Evakuierung über die Rettungsboote vermieden werden. Da auch eine Manipulation der Boote möglich ist, wird diese Abwägung gestützt. Somit fehlen im Evakuierungsprozess Abbrümmöglichkeiten für die Rettungsflösse, die nur durch Rescueboote ausgeglichen werden können, die geschützt gelagert werden sollten. Weiterhin wird die Kapazität der Rettungsflösseplätze vor allem bei zunehmender Schlagseite nicht ausreichen. Diese sollte auf mind. 100% Rettungsflösse je Seite erhöht werden. Empfohlen wird hier auch eine Funkfernauslösung von der Brücke, da im kritischen Schadensfall entsprechend den durchgeführten Berechnungen nur wenige Minuten verbleiben. Hier ist ersichtlich, dass die herkömmlichen Evakuierungssysteme mit Evakuierungszeiten $>30 \text{ min}$ nicht ausreichen.

Besondere (kritische) Zustände ergeben sich primär dort, wo benachbarte Abteilungen in der Vertikalen mehr als ein Deck aufweisen. Analytisch verfolgt bedingt der Abteilungsstatus (Längskomponente – flutbare Länge) die Betrachtung zur Sinksicherheit. Bezogen auf die Kentersicherheit kann dies nicht übernommen werden. Somit ist eine weitere Gliederung mit vertikaler Komponente notwendig. Diese kann aus der virtuellen Beeinflussung der Stabilität durch freie Oberflächen gewonnen werden. Nach Ermittlung der flutbaren Länge (Sinksicherheit) sollte die maximale GM-Reduktion (Kentersicherheit) analysiert werden. Für das Beispielschiff ist bei Beschädigung benachbarter Abteilungen die Kentersicherheit nicht in jedem Fall gegeben.

Aus den zeitlichen Angaben des wahrscheinlichen Kenterns bei kritischen Zuständen wird ersichtlich, dass der Zeitraum für die Durchführung einer erfolgreichen Evakuierung sehr kurz ist.

6.4 Aussagen zum Sterberisiko für die Ro-Pax-Schifffahrt

Das Sterberisiko bekannter Gefahren für die Schifffahrt

Um Risiken einzuschätzen braucht es ein Maß als Orientierung. Gemäß KUHLMANN wird ein Grundmaß zum Sterberisiko von 1×10^{-5} angestrebt. Diese Betrachtung wird hier übernommen. Das natürliche Sterberisiko in Deutschland liegt danach bei $2 \times 10^{-4} / 22/$. Bei weltweit 6.342 Passagierschiffen /52/ sterben bei insgesamt 8.648 Toten in 17 Jahren pro Schiff statistisch 0,08 Personen pro Jahr. Bei angenommenen 1.000 Abfahrten pro Jahr kann ein Sterberisiko für Ro/Pax-Schiffe in der Ostsee von 8×10^{-5} ermittelt werden.

Für den Eintritt einer terroristischen Handlung mit $W = 1$, ist die Auswirschwere zu ermitteln. Ein Sprengstoffanschlag als Unterwasserdetonation mit hoher Ladungsmasse auf einem Ro/Pax-Schiff kann eine augenblickliche Sterblichkeit von 10^{-1} bedeuten. Dann ergibt sich für das Ro/Pax-Schiff ein Sterberisiko von 1×10^{-4} pro Jahr. Für das Beispielschiff ($W = 1$) ist die Kenterwahrscheinlichkeit mit 0,08 vermerkt. Bei 1.000 Abfahrten pro Jahr resultiert ein jährliches Kenterrisiko von 8×10^{-5} .

Zur Eintrittswahrscheinlichkeit wird von Terrorismusexperten vermerkt, dass nicht die Frage nach der Möglichkeit des Übergreifens auf die Schifffahrt im Vordergrund steht, sondern die Frage, wann ein solches Ereignis stattfindet. Wird die Möglichkeit für ein einzelnes Ro-Pax-Schiff erwogen, ergibt sich für das Beispielschiff mit dem Kenterrisiko von 8×10^{-5} und einem Verlust von 75% aller Personen ein Sterberisiko von 6×10^{-5} . Werden die Abteilungen 5 und 6 gezielt oder ungewollt getroffen ($W = 1$ und $A = 0,75$), erhöht sich das Sterberisiko auf $7,5 \times 10^{-4}$. Bei Reduktion der Eintrittswahrscheinlichkeit auf $< 10^{-1}$, liegt das benannte Sterberisiko unter dem Unfallsterberisiko (8×10^{-5}). Erst eine Eintrittswahrscheinlichkeit von $< 10^{-2}$ bedeutet ein Sterberisiko unter dem Grenzsrisiko. Wird die Trefferstelle als zufällig und gleich verteilt betrachtet ($W = 0,08$), ergibt eine Eintrittswahrscheinlichkeit $< 10^{-1}$ ein Sterberisiko unter dem Grenzsrisiko.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen eine spezielle Analyse bekannter Gefahren für die Ro-Pax-Schifffahrt, die sich aus 3.4 ergeben. Die Tabelle 6.7 weist das Unfallsterberisiko abgeleitet für das Beispielschiff aus.

Tabelle 6.7 Ermittelte Werte zum Unfallsterberisiko für ein Fährschiff in der Ostsee

| | Tote durch Wassereintrich | Tote durch sonstige Unfälle |
|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| insgesamt | 3826 | 4822 |
| jährlich/Paxschiff | 0,035 | 0,045 |
| Sterberisiko für Ostseefähre | | |
| | 3,55E-05 | 4,47E-05 |

Die nachfolgende Tabelle 6.8 stellt die Analyse von Sterberisiken bezogen auf Unfallklassen mit der Risikobewertung dar. (ohne den Unfall der "Dona Paz")

Tabelle 6.8 Ermittelte Werte zum Unfallsterberisiko ausgewählter Gefahren

| | Anzahl Tote/Jahr | Tote/Schiff/Jahr | Sterberisiko | Risikobewertung |
|---------------------|------------------|------------------|--------------|-----------------|
| Brand | 13,00 | 0,002 | 2,05E-06 | Normalbereich |
| Kollision+Explosion | 8,29 | 0,001 | 1,31E-06 | Normalbereich |
| Grundberührung | 4,71 | 0,001 | 7,42E-07 | Normalbereich |
| Kentern+Sinken | 217,41 | 0,034 | 3,43E-05 | Grenzbereich |

Eine Einteilung der Risiken der Unfallklassen wird in Tabelle 6.9 aufgezeigt. Die Risikomatrix realisiert eine Aussage zur Akzeptanz der Unfallsterberisiken.

Tabelle 6.9 Aussage zur Akzeptanz der zur Unfallsterblichkeit ausgewählter Gefahren

| | Risiko < 10^{-5} Normalrisiko | Risiko > 10^{-5} < 2×10^{-4} Grenzrisiko | Risiko > 2×10^{-4} Verbotsbereich |
|---------------------|------------------------------------|--|---|
| Brand | "akzeptabel" | - | - |
| Kollision+Explosion | "akzeptabel" | - | - |
| Grundberührung | "akzeptabel" | - | - |
| Kentern+Sinken | - | Handlungsbedarf | |

Sterberisiken bedrohlicher Handlungen / Auswirkungen von UWD

Neben der bekannten Gefahren sollen nunmehr bedrohliche Handlungen und näher bestimmt die Unterwasserdetonationen bezüglich der Auswirkung auf das Sterberisiko analysiert werden. Die einführende Tabelle 6.10 zeigt das ermittelte Sterberisiko.

Tabelle 6.10 Ermitteltes Sterberisiko in Bezug zu Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirschwere bei UWD

| W/A | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0,01 | 5,7E-07 | 1,1E-07 | 1,7E-06 | 2,3E-06 | 2,8E-06 | 3,4E-06 | 4,0E-06 | 4,5E-06 | 5,1E-06 | 5,7E-06 |
| 0,05 | 2,8E-06 | 5,7E-06 | 8,5E-06 | 1,1E-05 | 1,4E-05 | 1,7E-05 | 2,0E-05 | 2,3E-05 | 2,5E-05 | 2,8E-05 |
| 0,1 | 5,7E-06 | 1,1E-05 | 1,7E-05 | 2,3E-05 | 2,8E-05 | 3,4E-05 | 4,0E-05 | 4,5E-05 | 5,1E-05 | 5,7E-05 |
| 0,25 | 1,4E-05 | 2,8E-05 | 4,2E-05 | 5,7E-05 | 7,1E-05 | 8,5E-05 | 9,9E-05 | 1,1E-04 | 1,3E-04 | 1,4E-04 |
| 0,33 | 1,9E-05 | 3,7E-05 | 5,6E-05 | 7,5E-05 | 9,3E-05 | 1,1E-04 | 1,3E-04 | 1,5E-04 | 1,7E-04 | 1,9E-04 |
| 0,5 | 2,8E-05 | 5,7E-05 | 8,5E-05 | 1,1E-04 | 1,4E-04 | 1,7E-04 | 2,0E-04 | 2,3E-04 | 2,5E-04 | 2,8E-04 |
| 1 | 5,7E-05 | 1,1E-04 | 1,7E-04 | 2,3E-04 | 2,8E-04 | 3,4E-04 | 4,0E-04 | 4,5E-04 | 5,1E-04 | 5,7E-04 |

Tritt die bedrohliche Situation ein ($W_E = 1$), ist nur eine Auswirschwere $<0,01$ im Normalrisikobereich. Dies würde bedeuten, dass dabei die Relation 1 Toter auf 100 Personen als "normal" angesehen wird. 33 Tote auf 100 Personen bedeutet für den Paxverkehr in der Ostsee, noch unter dem natürlichen Sterberisiko zu liegen. Der Bereich 1 bis 33 Tote auf 100 Personen liegt im Grenzzrisikobereich. In Bezug zu den Unfallsterberisiken liegt eine Situation mit 4 Toten auf 100 Personen über der Unfallsterblichkeit bekannter Gefahren.

Die Tabelle 6.11 weist die Risikomatrix zum ermittelten Sterberisiko aus.

Tabelle 6.11 Ermittelte Tabelle zur Risikomatrix bei Eintritt von UWD

| W/A | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0,01 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0,05 | - | - | - | Grenzzisiko |
| 0,1 | - | Grenzzisiko |
| 0,25 | Grenzzisiko |
| 0,33 | Grenzzisiko |
| 0,5 | Grenzzisiko | Grenzzisiko | Grenzzisiko | Grenzzisiko | Grenzzisiko | Grenzzisiko | verboten | verboten | verboten | verboten |
| 1 | Grenzzisiko | Grenzzisiko | Grenzzisiko | verboten |

Die Einordnung der drei Level gemäß ISPS soll in Bezug zum Sterberisiko analysiert werden. Alle Schiffe agieren im Level 1. Dies entspricht dem "Normalbereich". Aus den Tabellen resultiert, dass eine Situation mit weniger als 4 Toten auf 100 Personen als "akzeptabel" gilt. Gemäß Level 2 wird von "erhöhtem Risiko" ausgegangen. Level 3 besagt, dass eine Bedrohung wahrscheinlich ist oder unmittelbar bevorsteht, auch wenn das Ziel unter Umständen nicht genau bekannt ist. Ein "erhöhtes Risiko" (Level 2) kann als Grenzbereich angesehen werden. Da Handlungsbedarf besteht, soll nach ISPS ein besonderes Spektrum an Maßnahmen greifen. Hier kann von einem "unbestimmten Risiko" ausgegangen werden. Eine Zuordnung von Level 3 fällt hier schwerer. Da von einem "wahrscheinlichen" bzw. "unmittelbar bevorstehenden" Problem ausgegangen wird, muss für die Schifffahrt derzeit "Ahnungslosigkeit" abgeleitet werden. Bezogen auf die Entscheidungstabelle bedeutet dies ein Risiko im Grenz- oder Verbotsbereich. Für die Ro-Pax-Schifffahrt sind die besonderen Maßnahmen nach Level 2 und 3 vermutlich nicht realisierbar. Hier kann nur in der Zuführung von Ladung und Personen, also im Landbereich, eine Regulierung erfolgen. Das bestehende Restrisiko ist qualitativ nicht

einzuschätzen. Setzt man die Eintrittswahrscheinlichkeit $>0,5$ liegt bei der Bedrohung, als Intention der Gefahrenquelle, der Wert für die Auswirkschwere und somit das resultierende Sterberisiko quantitativ über dem Schwellwert der natürlichen Sterblichkeit, also im Verbotsbereich. Als Schlussfolgerung wäre die Ro-Pax-Schiffahrt bei Level 2 und 3 nicht durchführbar.

Aus den Tabellen 6.10 und 6.11 wird ersichtlich, dass bei Eintreten einer Bedrohung der "Normalbereich" faktisch nicht vorhanden ist. Bedrohungen bergen erhebliche Sterberisiken, die zu einem großen Teil im Verbotsbereich liegen können /Anhang H/.

Betrachtungen zur Risikoanalyse bezüglich der Kentersicherheit

In 5.3 sind allgemeine Aussagen zur Beeinflussung je betroffener Abteilungskombinationen für den Leckfall ausgeführt. Daraus ergeben sich Risikobetrachtungen bei:

$$R = f(W;A) \quad \text{mit} \quad W = 1,$$

$$A = f(\text{Flutungszustand; Ausgangsstabilität}) \quad \text{mit}$$

$$\text{Flutungszustand} = f(\text{Volumenstrom; Abteilungszustand}).$$

Aus der Häufigkeitsverteilung wird R funktional abgeleitet und in Abbildung 6.7 für ein Einabteilungsleck dargestellt.

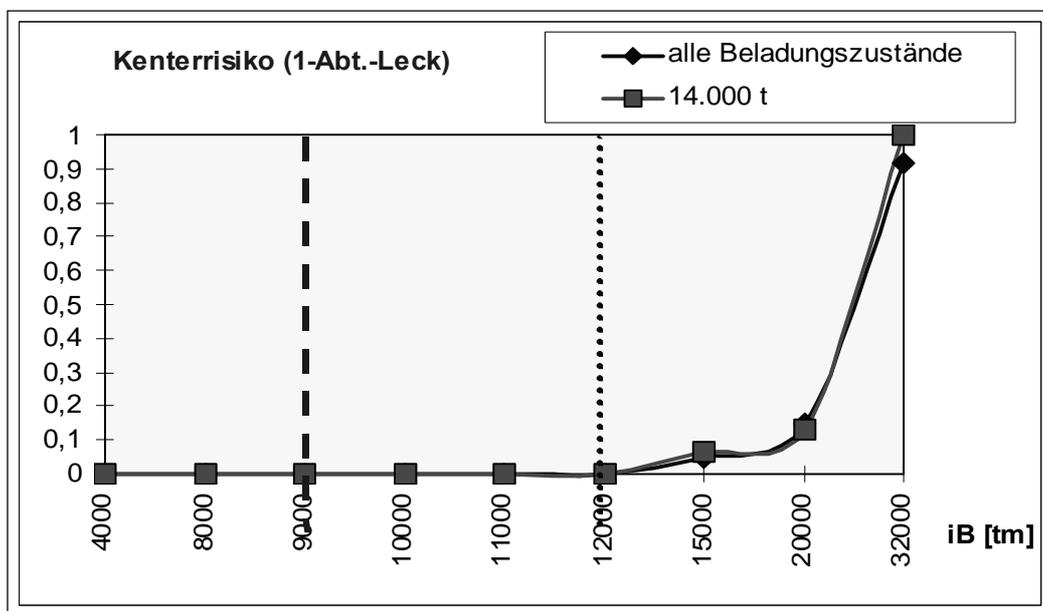


Abb. 6.7 Theoretisches Kenterrisiko bei einem 1-Abteilungsleck in Abhängigkeit vom Breitenträgheitsmoment

Das Kenterrisiko beim Einabteilungsleck gilt als unwahrscheinlich. Die vorhandenen freien Oberflächen der Flüssigkeiten der Tanks zwischen 4.000 – 12.000 tm ergeben keine mögliche negative Stabilität. Für ein Zweiabteilungsleck soll dies ebenfalls dargestellt werden /Abb.6.8/.

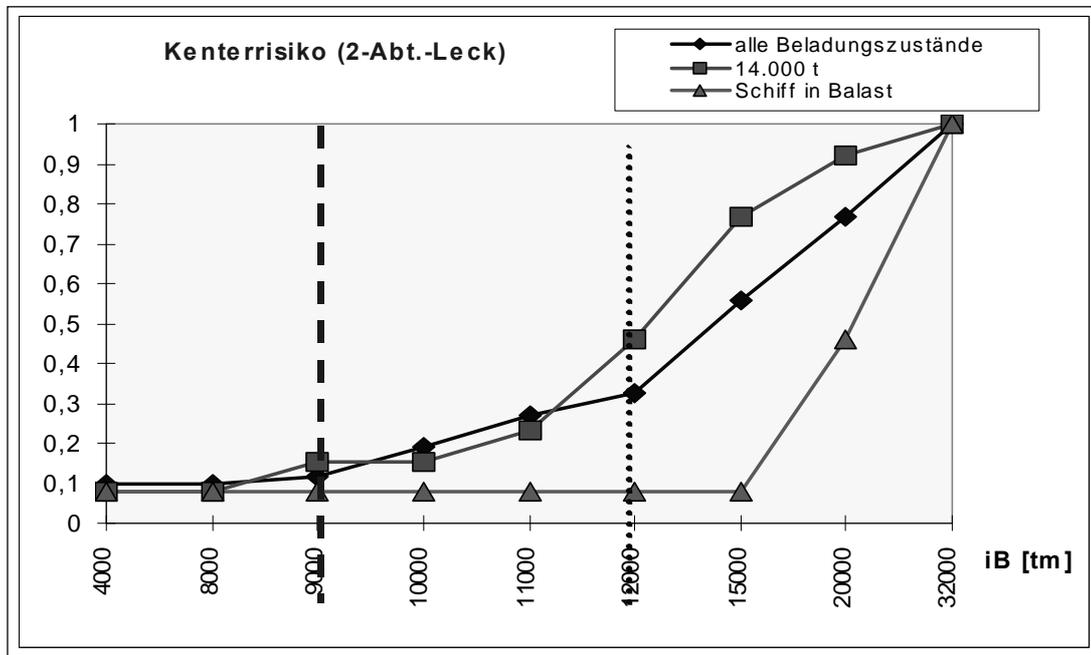


Abb. 6.8 Theoretisches Kenterrisiko bei einem 2-Abteilungsleck in Abhängigkeit vom Breitenträgheitsmoment

Bei einem Zweiabteilungsleck besteht bei allen Beladungszuständen ein Grundrisiko von 0,08. Die allgemeine Überlebenswahrscheinlichkeit des Schiffes bei $W = 1$ beträgt bei optimalen Grundbedingungen maximal 92%. Bei vorhandenen freien Oberflächen >8.000 tm steigt das Risiko annähernd proportional bis zur maximalen freien Oberfläche von 12.000 tm. Bei einer theoretischen freien Oberfläche ab 32.000 tm ist die Überlebenswahrscheinlichkeit für das Schiff ($W_{\bar{u}} = 0$) nicht gegeben. Es kentert mit hoher Wahrscheinlichkeit bei allen Zuständen. Eine Reduzierung der freien Oberflächen muss zwingend vorgenommen werden. Dies kann operativ zu einer definierten Größe der Tanks von 3.200 tm führen. Eine Reduzierung durch schiffbauliche Maßnahmen, wie den Einbau von Längsschotts in große Tanks, kann ebenfalls den Ausgangszustand auf 32-38% minimieren. Dies entspricht der Dimension der operativen Möglichkeiten.

Risikomatrix für weitere variierte Beladungszustände

Als unerwünschtes Ereignis gilt nachfolgend die Detonation einer Ladungsmasse mit Wassereintrich durch Beschädigung der Außenhaut. Auf Basis der theoretischen Betrachtungen zum Kenterrisiko stellt die Risikomatrix der betroffenen Abteilungen des Beispielschiffes in Längsschiffsebene die Grundlage zur Bewertung von unerwünschten

Zuständen, die die Überlebenswahrscheinlichkeit des Schiffes in Frage stellen, dar. Als Basis dient die mögliche Reduzierung des Stabilitätskriteriums GM. Dabei wird die gesetzliche Forderung zur Intakstabilität ($GM > 0,15$ m) als Maßstab zum Grenzkrisiko herangezogen. Die Analyse der Szenarien zur Leckrechnung zeigte, dass diese Bewertung praktischen Belangen entsprechen kann. Der Verbotsbereich wird mit $GM < 0,00$ m vermerkt. Der Übergang zum Normalbereich wird mit $GM > 0,15$ m festgesetzt. Die Risikomatrix stellt den Wertebereich 0 (Normalbereich) bis 1 (Verbotsbereich) dar. Die Tabelle 6.12 zeigt die ermittelte Risikomatrix für definierte Beladungszustände.

Tabelle 6.12 Ermittelte Risikomatrix für definierte Beladungszustände bei 2-Abteilungslecks

| | | 12.000 t | 13.000 t | 14.000 t | 15.000 t |
|--------------|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| betr. Abt.en | 2+3 | - | - | - | Kenterrisiko |
| betr. Abt.en | 3+4 | - | - | - | - |
| betr. Abt.en | 4+5 | - | Kenterrisiko | Kenterrisiko hoch | Kenterrisiko hoch |
| betr. Abt.en | 5+6 | Kenterrisiko hoch | Kenterrisiko hoch | Kenterrisiko hoch | Kenterrisiko hoch |
| betr. Abt.en | 6+7 | - | - | Kenterrisiko | Kenterrisiko hoch |
| betr. Abt.en | 9+10 | - | - | - | - |
| betr. Abt.en | 10+11 | - | - | Kenterrisiko | Kenterrisiko hoch |
| betr. Abt.en | 11+12 | - | - | - | Kenterrisiko |
| betr. Abt.en | 12+13 | - | - | - | - |
| betr. Abt.en | 13+14 | - | - | Kenterrisiko | Kenterrisiko hoch |
| betr. Abt.en | 14+15 | - | - | Kenterrisiko | Kenterrisiko hoch |
| betr. Abt.en | 15+16 | - | - | - | - |
| betr. Abt.en | 16+17 | - | - | - | - |

Von den möglichen Zustandsformen entfallen 67,3% auf den Normalbereich. Die unerwünschten Ereignisse (Kenterrisiko) werden mit 13,5% vermerkt. Auf verboten und damit nicht zulässige Zustände (Kenterrisiko hoch) für das Beispielschiff entfallen 19,2%. Die Entscheidungstabelle zur Risikomatrix zeigt die allgemeine Zunahme des Kenterrisikos bei Erhöhung der Beladung des Schiffes.

7 Lösungsvorschläge – Neue Konzepte und Schutzmaßnahmen

In diesem Abschnitt sollen Lösungsvorschläge dargelegt und Schutzkonzepte abgeleitet werden. Zuvor wird die gegenwärtige Situation an Bord der Schiffe bei bedrohlichen Handlungen aufgezeigt.

7.1 Erkennung von Seeminenanschlügen

7.1.1 Grenzen der Identifikation von Anschlägen

Der aktive Schutz bezeichnet Maßnahmen, die die physikalischen Schiffsfelder so verstärken, dass eine Mine bereits vor der Schiffsankunft detoniert. Geräuschbojen erzeugen z.B. akustische Wirkungen, die das Schallfeld eines Schiffes verstärken. Diese Maßnahmen werden auf militärischen Schiffen realisiert. Wegen der Aufwandshöhe ist dies für konventionelle Schiffe nicht rentabel. Das Abwerfen von kleineren Sprengkörpern ist für zivile Zwecke die wohl einzige aktive Schutzmaßnahme. Die meisten Zündkörper von Seeminen werden dabei durch den Explosionsknall zur Zündung gebracht oder blockieren als Eigenschutz einer Mine gegen nahe liegende Minenzündungen. Eine Fähre hat somit keine praktischen Möglichkeiten notwendige aktive Schutzmaßnahmen zu realisieren.

Der passive Schutz vor Minen besteht darin, dem physikalischen Schiffsfeld entgegenzuwirken und so weit zu reduzieren, dass Zündmechanismen nicht zur Wirkung kommen. Magnetische Eigenschutzanlagen sind so konzipiert, dass in den Hauptschiffsebenen Stromspulen ausgelegt sind, die magnetische Felder erzeugen. Diese Systeme sind sehr aufwendig und nur in militärischer Nutzung vertretbar. Dem akustischen Schiffsfeld kann vor allem durch den Einsatz Schall reduzierender Materialien vorgebeugt werden.

Eine geeignete Schutzmaßnahme besteht für ein ziviles Schiff nur in der Fahrt mit sehr geringen Geschwindigkeiten unter 3 kn. Praktisch sind auch dem Grenzen durch die Mindestgeschwindigkeit und der Manövrierfähigkeit gesetzt. In Bezug auf die Fährschiffahrt ist bei Minengefahr nur ein Aufstoppen des Schiffes vertretbar. Danach kann von militärischen Spezialeinheiten eine Untersuchung des Seegebietes erfolgen.

Praktischer Mineneinsatz und Gegenmaßnahmen auf Schiffen

Kontaktdetonationen können nur durch Ausweichmanöver verhindert werden. Die Erkennung einer Mine und die Manövrierfähigkeit des Schiffes sowie die Fähigkeiten der beteiligten Personen sind wesentliche Parameter zur Verhinderung einer Detonation. Die Sichtung einer Mine auf Schiffen ist äußerst schwierig, da eine Kontaktmine (Treibmine) nur selten optische wahrgenommen werden kann. Praktische Erfahrungen zeigen, dass Objekte mit wenigen Zentimetern über der Wasseroberfläche bei < 1 sm gesichtet werden können, obwohl die quasioptische Sichtweite bei 16 m "Augeshöhe" (Brückennock) bei etwa 8 sm liegt. Je nach erwünschtem seitlichen Abstand zu einer Mine ($25 \text{ m} = 1 \times \text{Schiffsbreite}$) beträgt der Vorausweg bei manövrierfähigen Schiffen nach einer Hartruderlage etwa eine Schiffslänge. Dies entspricht bei Dienstgeschwindigkeiten von 20 kn etwa 18 Sekunden. Unter Berücksichtigung der "Reaktionszeit" des Schiffes und der Beobachter, resultieren > 23 s zur Prävention bei idealen Bedingungen. Dies entspricht einer Mindestsichtung von etwa 250 m vor dem Schiff.

Bei Abstandsdetonationen (Grundminen) ist keine optische Sichtung möglich. Die Ladungsmassen gebräuchlicher Minen liegen zwischen 500-1000 kg. Dabei ist ein Abstand zum Detonationsort von mehr als 1-2 kbl als sicher anzusehen. Die Wahrscheinlichkeit des Auflaufens auf eine Mine beim Durchqueren einer Minenlinie (100 m) hängt vom Schnittwinkel ab. Bei 90^0 Schnittwinkel des Durchquerens liegt die Wahrscheinlichkeit nicht aufzulaufen bei 0,8. Diese nimmt bei Verringerung des Winkels ab. Beim Queren von 2 Minenlinien liegt die Wahrscheinlichkeit, nicht aufzulaufen, bei 0,64 /68%.

Schlussfolgerungen

Befindet sich ein Schiff auf "friedlicher Fahrt" ohne mit Unterwasserdetonationen zu rechnen, kann die Detonation nicht verhindert werden. Minen und ähnliche Objekte mit ihren spezifischen Ladungsmassen können in der Ostsee auf jedes Schiff schädigende Wirkungen ergeben. Der notwendige Sicherheitsabstand zu gefährlichen Objekten kann praktisch nicht realisiert werden.

7.1.2 Die technischen Möglichkeiten an Bord

Die Ableitungen aus einem Minenanschlag mit Wassereintrich zeigen, dass die gegenwärtige Technik an Bord weder einen Wassereintrich hinreichend genau abbilden kann, noch der Prozessverlauf die notwendigen Parameter zur Beschreibung liefert. Auch für die wasserdichten Abteilungen eines Schiffes sollten Datenblätter adäquat der Tanks zur Verfügung stehen, um eine Leckstabilitätsrechnung genauer ausführen zu können.

Schiffbaulich sind die Besonderheiten zur Kenter-sicherheit nur zu berücksichtigen, wenn in der Konstruktionsphase eines Schiffes die Ermittlung von Kriterien zur Kenter-sicherheit vorausgesetzt wird. Ebenfalls muss die Wasserdichtigkeit der Abteilungen in Frage gestellt werden. In Bereichen, die zur Unterbringung von Personen dienen, gelten Fahrstuhlschächte und in allen Bereichen die Treppenhäuser als kritisch. Die Treppenhäuser sind nicht mit wasserdicht ausgeführten Türen versehen. Diese Türen öffnen sicherheits- und fluchtgerecht nach außen. So kann die Ausbreitung der in der Abteilung befindlichen (eingebrochenen) Wassermenge in vertikaler Richtung, auch über das Schottendeck hinaus, nicht ausgeschlossen werden.

Gegenwärtige technische Beschränkungen zur hinreichenden Bewertung von Wassereintrüben infolge von UWD:

- keine Anzeige der einbrechenden Wassermenge möglich
- Prozessverlauf hinsichtlich Stabilität ist technisch nicht darstellbar
- Datenblätter der Abteilungen sind unzureichend
- Wasserdichtigkeit der Abteilungen ist nicht hinreichend
- Abteilungen mit Treppenhäusern sind teilweise kritisch (Personenunterbringung)

7.1.3 Operationelle Einschränkungen der Schiffsbesatzung

In Bezug zur Handlungsfähigkeit einer Schiffsbesatzung nach einem Minenanschlag mit anschließendem Wassereintruch sind neben operationellen Einschränkungen vor allem physische und psychische Auswirkungen unbekanntes Ausmaßes möglich. Ein Minenanschlag verursacht eine Vielzahl von Notfällen. Die Abhandlung kann von der Schiffs-führung objektiv nicht durchgeführt werden. Die Erkennung der Notwendigkeit des sofortigen Verlassens des Schiffes, steht im Gegensatz zur bekannten Verfahrensweise das Schiff als sicherstes Aufenthaltsobjekt solange wie möglich aufrecht zu erhalten. Bei einem derartigen Anschlag muss im ersten Moment mit einer hohen Anzahl getöteter Personen gerechnet werden. Für die externe Rettung sind Vorbereitungen zur Aufnahme von hunderten von Personen zu berücksichtigen. Diese Notwendigkeiten können nur nach Notfallplänen und in realitätsnahen Übungen ansatzweise geprobt werden.

Der Wassereintruch kann von der Schiffsbesatzung weder im Ausmaß noch im Prozessverlauf beurteilt werden. Sind kritische Abteilungen betroffen, zeigen die Beispiel-rechnungen, dass mit einem schnellen Kentern des Schiffes zu rechnen ist. Der Verschlusszustand der wasserdichten Türen muss immer zu 100% gewährleistet sein. Das Verständnis der Auswirkungen eines Wassereintruchs bei den Personalen an Bord muss

erweitert werden. Theoretische Analysen zur Kentersicherheit können der Schiffsführung wertvolle Anhaltspunkte im Umgang mit kritischen Wassereinbrüchen geben.

Operationelle Einschränkungen hinsichtlich der Abwehrfähigkeit durch die Schiffsbesatzung:

- hohe physische und psychische Belastungen
- Bewältigung der komplexen Notfälle ist nur begrenzt durchführbar
- keine Beurteilung des realen Ablaufes des Wassereinbruchs möglich
- Handlungsabfolgen sind teilweise undefiniert
- Evakuierung ist nicht oder sehr eingeschränkt durchführbar

7.2 Vorschläge zur Konzeption eines Sicherheitsmanagements

7.2.1 Definition der Schutzziele

Aus den Vorbetrachtungen zur Risikoeinstufung lässt sich ein hohes Sterberisiko ableiten. Schutzmaßnahmen zur Reduktion der Eintrittswahrscheinlichkeit sind auf Schiffen nur bedingt möglich. Schutzziele müssen gegenwärtig im ISPS Level 1 definiert werden. Bei Erhöhung der Einstufung muss die Fährschiffahrt eingeschränkt werden. Nachfolgend soll anhand der Einstufungsvarianten zum Schutzbedarf folgende Aussage gemacht werden:

- A Sterberisiko qualitativ und quantitativ
- B Ableitungen aus möglichen Auswirschweren
- C Einstufung sicherheitskritischer Parameter
- D Definition der Schutzzone(n)
- E Ganzheitliche Sicherheitsanalyse

Für das Beispielschiff gilt nachfolgende Aussage zum Schutzbedarf:

- A Sterberisiko allgemein 8×10^{-5} ; Abt. 5+6 Sterberisiko bis $7,5 \times 10^{-4}$; Sterberisiko im "Grenzbereich" (oder sogar "Verbotsbereich")
- B Hohe Anzahl von Toten/Verletzten; Verlust von Schiff und Ladung möglich
- C Beladungszustand; Abteilungsstatus; Verschlusszustand; Treppenhäuser
- D Vertikale Abhängigkeit der Schutzzonen (Beladung), Primär Abt. 5+6
- E notwendig

Schutzziele ergeben sich auf ein konkretes Schiff bezogen, um ein höchstmögliches Maß an Sicherheit im Rahmen vertretbarer Risiken zu gewährleisten. Als Akzeptanzkriterium gilt die Eintrittswahrscheinlichkeit (1x im Jahr) mit einer Auswirschwere als resultierendes Risiko unter dem Grenzkrisiko.

Schutzziele (ohne Umweltaspekte) – Reduzierung der Auswirkungen:

| | | |
|--|---|---|
| <p>Schiff</p> <ul style="list-style-type: none"> - geringe Leckflächen - kein Stabilitätsverlust | <p>Personen</p> <ul style="list-style-type: none"> - wenige Tote oder Verletzte - geringe Personenschäden | <p>Ladung</p> <ul style="list-style-type: none"> - geringe Schäden - kein Übergehen |
|--|---|---|

7.2.2 Bestimmung von Schutzmaßnahmen

Die nachfolgenden Schutzmaßnahmen werden aus dem Modell „Auswirkungen von Sprengstoffanschlägen“ /Abb. 7.1/ und dem Modell „Ursache-Wirkungs-Kette bei Sprengstoffanschlägen“ /Abb. 7.2/ abgeleitet.

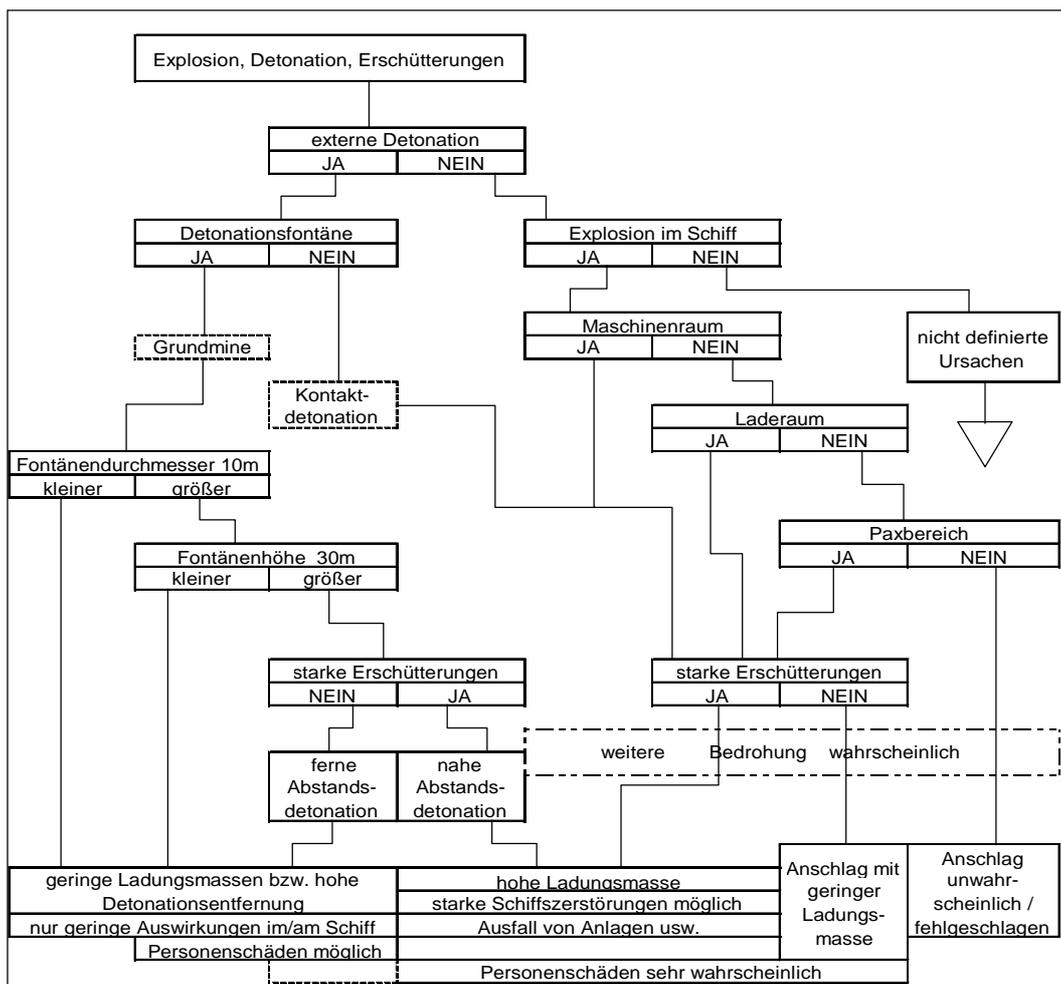


Abb. 7.1 Auswirkungen von Sprengstoffanschlägen

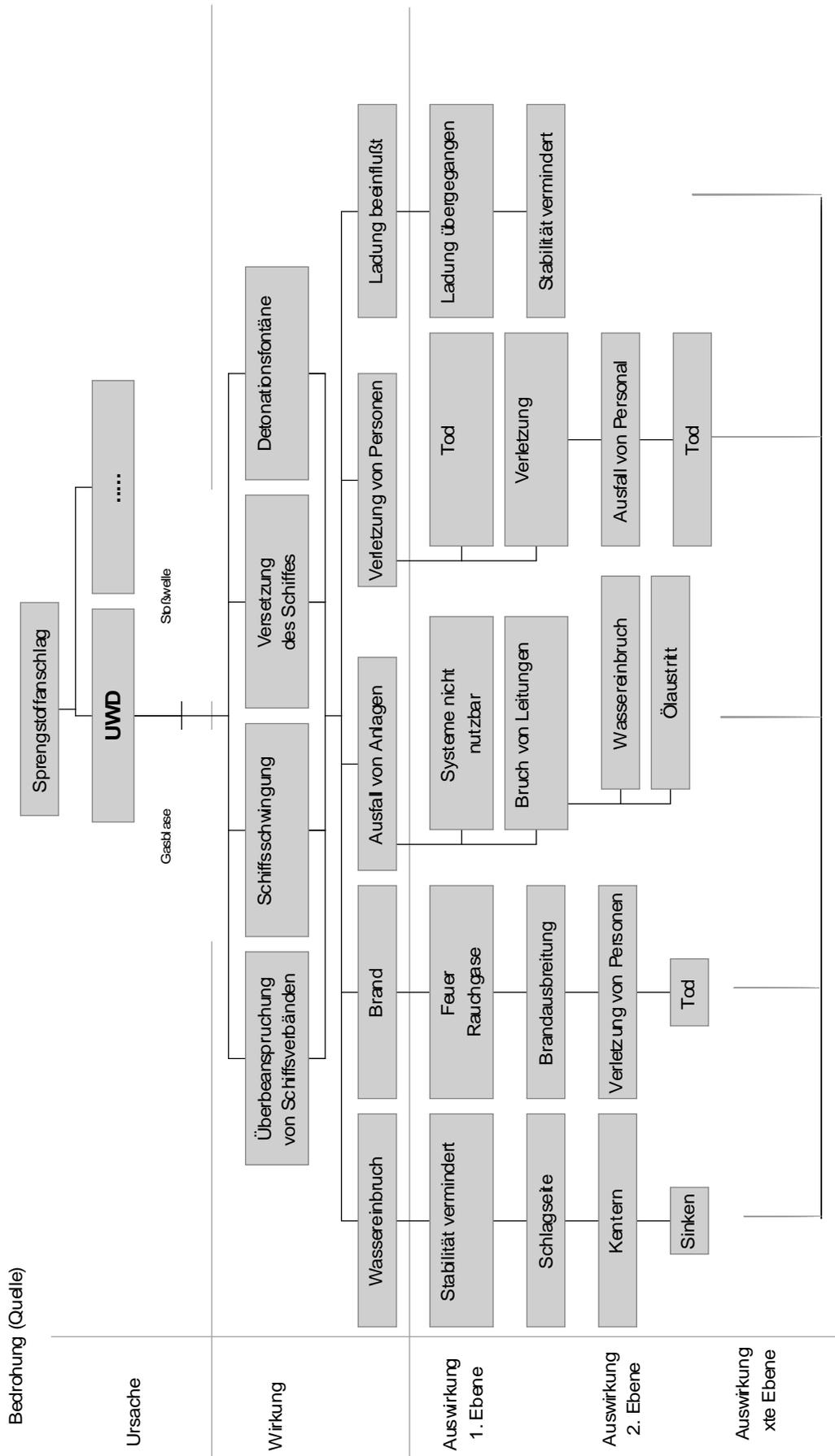


Abb. 7.2 Ursache-Wirkungs-Kette bei Sprengstoffanschlägen

Aus den bereits dargelegten Problemen beim Umgang mit den Wirkungen und Auswirkungen von Unterwasserdetonationen werden nunmehr abgeleitete Maßnahmen dargelegt.

Maßnahmen für das Beispielschiff sind:

Präventive Maßnahmen:

- "Security - Zone" als virtuelle Komponente um das Schiff festlegen
- Beachtung des Beladungszustandes
- absoluter Verschlusszustand (immer)
- Verringerung aller kritischen Tankinhalte auf ein absolutes Minimum
- Stabilitätsrechnung auf Datenbankbasis
- Ableitungen für Leckfälle darstellen

Schadensbegrenzende Maßnahmen:

- "Mayday" Situation erkennen und Notmeldung sofort aussenden
- Alarm auslösen ohne Verschluss der Feuertüren und Ventilation
- Sofortige Evakuierung der Bereiche unter dem Schottendeck
- Personen zu den Sammelplätzen führen (individuelle Rettungsmittel)
- wasserdichter Verschlusszustand wird vorausgesetzt
- sichere Rettungsboote zu Wasser lassen
- MES auslösen und klarmachen
- weitere Maßnahmen nach Situationseinschätzung
- auf sofortige Evakuierung eingestellt sein

Diese Maßnahmen können technisch teilweise realisiert werden durch:

- Schiffbauliche Gewährleistung der Kintersicherheit (freie Oberflächen)
- Bestätigung der Kintersicherheit im betrieblichen Prozess (Leckrechnung)
- Bedien- und Führungssicherheit der Personale verbessern (Umgang mit UWD)
- Darstellung von Wassereinbruch und deren Auswirkungen durch Technik
- Evakuierung für Zeiträume < 3-5 min realisieren (ohne Stabilitätsminderung)
- Verfügbarkeit und Anzahl der Evakuierungssysteme (Flösse) anpassen

Maßnahmen zur Gewährleistung eines effektiven Sicherheitsmanagements

Zur Bewältigung der beschriebenen Anschläge ist der Managementprozess von besonderer Bedeutung /siehe Abb. 7.3/.

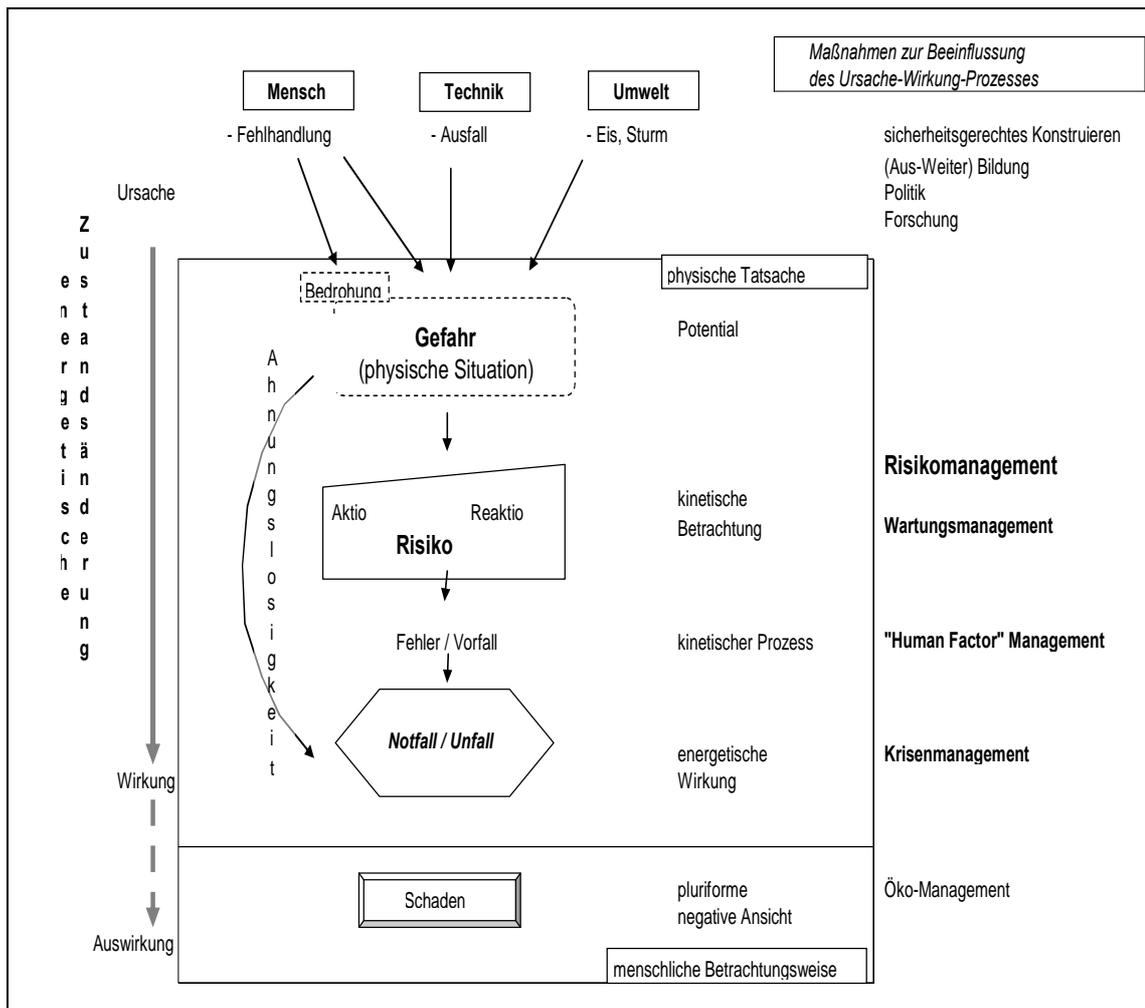


Abb. 7.3 Managementprozess zur Bewältigung zukünftiger Sicherheitsanforderungen

Für bedrohliche Handlungen ist das Risikomanagement in Abbildung 7.4 im Einzelnen erläutert. Über die Risikoidentifikation erfolgt eine Klassifizierung in Normal-, Grenz- und Verbotrisiko. Die qualitative Risikoabschätzung dient der (Vor)Selektion von unerwünschten Ereignissen. Anschließend wird das Risiko quantitativ mit spezifischen Methoden analysiert. Die Bewertung kann durch eine Entscheidungstabelle dargelegt werden. Steuerungsmechanismen zum Risiko können in einem Maßnahmenkatalog Niederschlag finden.

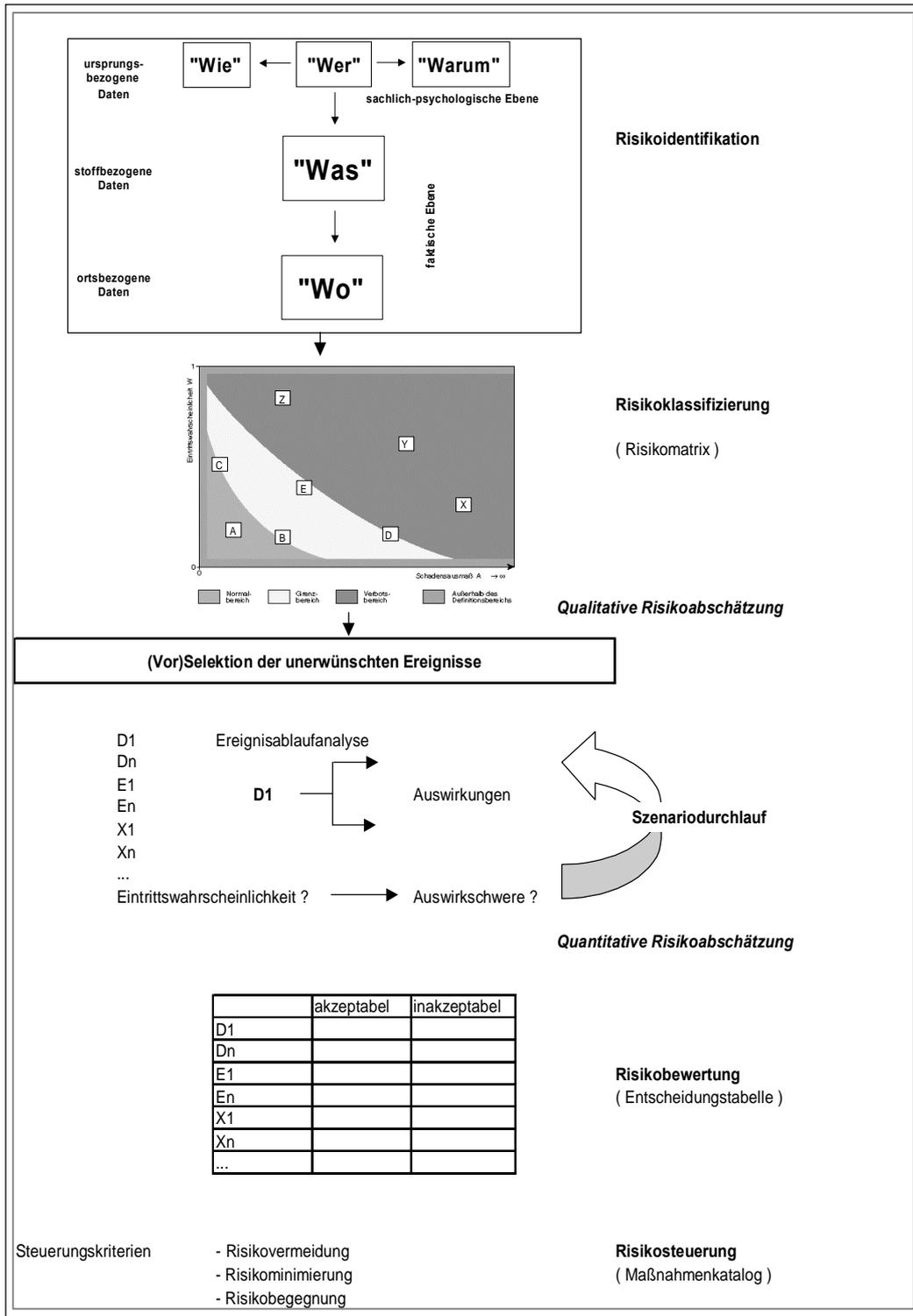


Abb. 7.4 Relevantes Risikomanagement bedrohlicher Handlungen

Auf der Grundlage dieser Risikobetrachtungen werden die für die Praxis so wichtigen Notfallpläne vorsorglich erarbeitet. In den Abbildungen 7.5 und 7.6 sind zwei Varianten eines solchen Notfallplanes für das Beispielschiff erarbeitet. Die Bedingungen hierzu sind unter anderem dadurch gekennzeichnet, dass die Sprengstoffladung nicht bekannt ist. Es wird eine undefinierte Detonation vermerkt. Dabei besteht akute Zeitnot. Die

Prozesse der Wirkungen und Auswirkungen können nicht ersichtlich werden. Der Wassereinbruch wird vermerkt, ohne dessen Ausmaß abschätzen zu können. Ein Brandausbruch ist wahrscheinlich. Diverse Anlagen werden ausfallen. In jedem Fall ist umfangreiche medizinische Hilfe erforderlich.

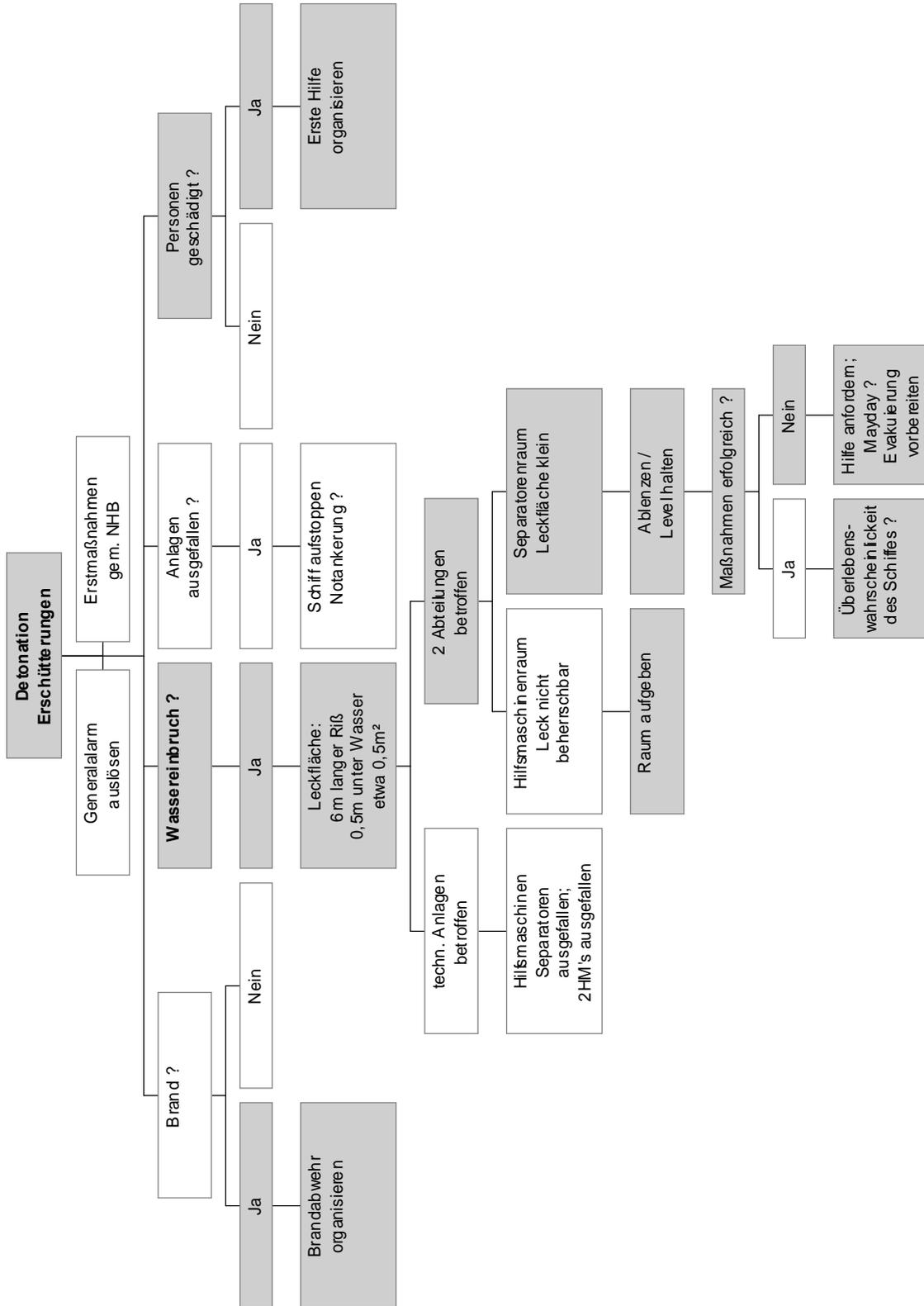


Abb. 7.5 Notfallplan 1 zum Wassereinbruch infolge UWD

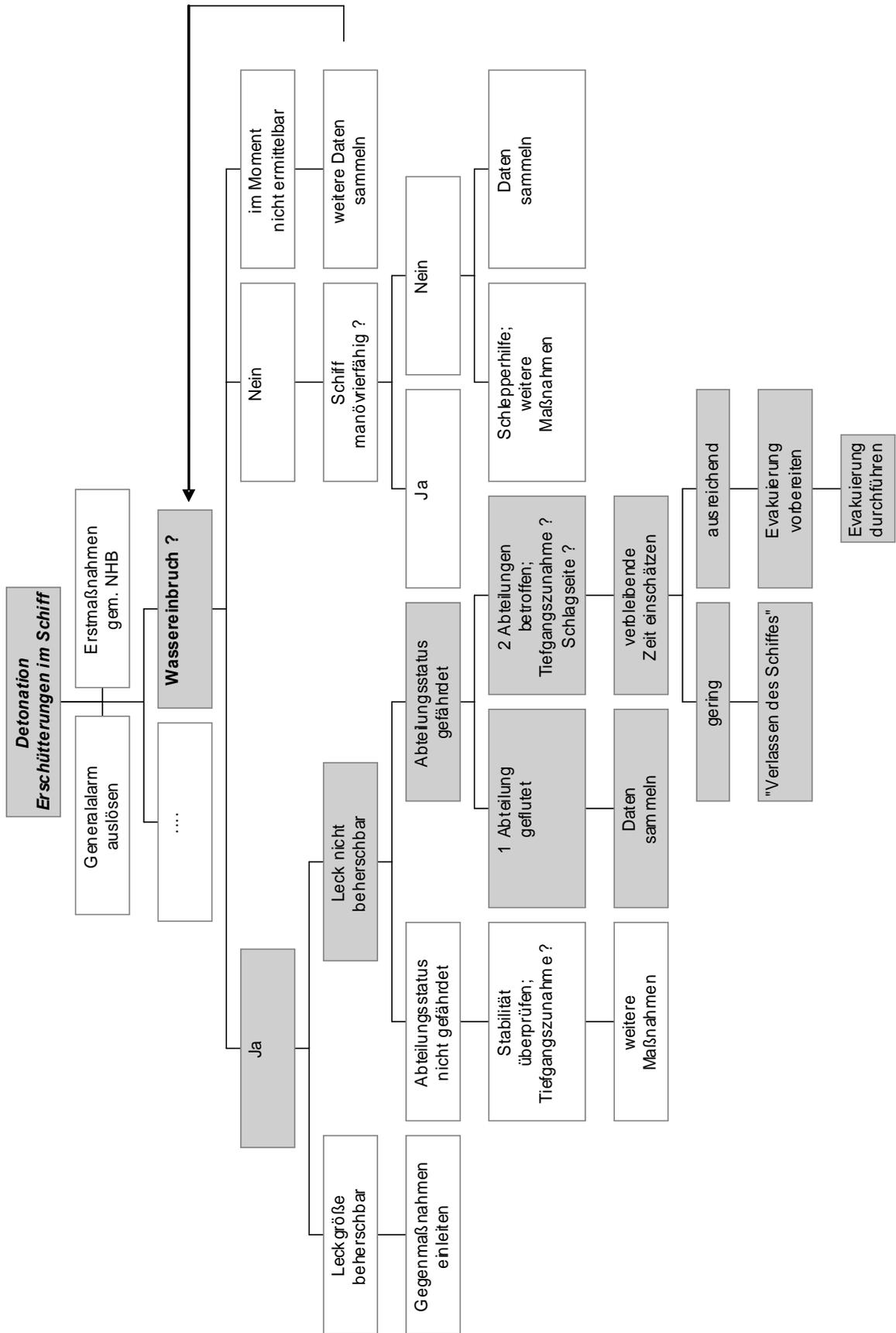


Abb. 7.6 Notfallplan 2 zum Wassereinbruch infolge UWD

Mit den bekannten Notfallplänen, Übungen, Sicherheitsrollen usw. kann der komplexe Prozess nach einer Seeminendetonation, wie auch bei ähnlichen Anschlägen, in keinem Falle bewältigt werden. Neben der hohen physischen Belastung der Personale wird eine neue psychische Komponente deutlich. Auf diese wird in Bildungsmaßnahmen einzugehen sein. Hier wird ersichtlich, dass auch die notwendige Vorbereitung eine gewisse Komplexität aufweist. Das SMS muss in der Kette notwendiger Ausführungsbestimmungen logisch eingeordnet werden.

Konzeptionelle Ableitungen für Schifffahrtsunternehmen

Gemäß den Grundsätzen der sicheren Schifffahrt, die in SOLAS, ISM, ISPS usw. festgehalten sind, muss eine wertorientierte Unternehmenssteuerung ein dynamisches Risikomanagement insbesondere für die neuen Bedrohungen verfolgen können. Die Basis hierzu ist primär in ISM und ISPS zu sehen. Die Vorbereitung auf Notfälle jeder Art ist damit gesetzlich festgelegt. Ist ein Schiff einem Minenanschlag ausgesetzt, können haftungsrechtliche Folgen für den Reeder bei nachweisbarer, ungenügender Vorbereitung nicht ausgeschlossen werden /30/44/.

Ein Sicherheitsmanagement setzt Risikomanagement voraus und impliziert das Wartungsmanagement. Maßnahmen gemäß Sicherheitsmanagement müssen gesteuert und kontrolliert werden. Die Risikobegegnung und Risikominimierung sind wesentliche Aspekte. Das Sicherheitsmanagement muss bekannte Gefahren und Risiken beinhalten und flexibel auf "unbekannte" Risiken reagieren können.

Basis der "Risikobetrachtungen" des operativen Risikomanagements ist das Identifizieren von Risiken. Wird dies vernachlässigt, kann eine Risikoanalyse nicht vollzogen werden.

8. Zusammenfassung

Ausgehend von bedrohlichen Handlungen ist das allgemeine Kenterrisiko ein "unbestimmtes Risiko", da die Eintrittswahrscheinlichkeit nicht zu ermitteln ist. Für die Schifffahrt ist der Wassereinbruch durch Beschädigung der Außenhaut gegenwärtig von "Ahnungslosigkeit" geprägt.

Für das Beispielschiff kann in Abhängigkeit der Ausgangsbedingungen des Schiffszustandes eine qualitative Einschätzung der gefährdeten Bereiche des Schiffes vorgenommen and dargestellt werden. So wird die Bewertung eines Wassereinbruchs nur möglich, wenn die Trefferstelle bzw. die eingebrochene Wassermenge im Zeitintervall bekannt ist. Diese Kenntnis kann derzeit im praktischen Schiffsbetrieb nicht erreicht werden. Am Beispielschiff muss bei Beschädigung der Abteilungen 5 und 6 von einem Risiko im Grenz- oder Verbotsbereich ausgegangen werden. Die Zeit bis zum möglichen Kentern des Schiffes bietet hier keinen Handlungsspielraum für die Schiffsführung.

Die theoretische Analyse von Szenarien zum Wassereinbruch kann der Schiffsführung wertvolle Anhaltspunkte zur Abschätzung notwendiger Maßnahmen geben. Aus der Gesamtbetrachtung der Auswirkungen von Unterwasserdetonationen ist erkennbar, dass neben dem Wassereinbruch eine Vielzahl von teilweise unlösbaren Problemen auf die Schiffsführung zukommen kann. Im Gegensatz zu anderen Gefahren muss gefordert werden, den Prozess der Erkennung eines Wassereinbruchs durch technische und organisatorische Maßnahmen wesentlich zu verbessern. Auch die Evakuierung muss essenziell den neuen Anforderungen angepasst werden. Dies bedeutet eine Konzeption für "neue" Zeiträume mit wesentlicher Erhöhung der verfügbaren Rettungsmittelkapazitäten.

Die Ketersicherheit genügt derzeit nicht den Ansprüchen zur Begegnung von Sprengstoffanschlägen. Analog zur Betrachtung der Sinksicherheit (flutbare Länge) muss die mögliche Beeinflussung durch freie Flüssigkeitsoberflächen als Aspekt der Ketersicherheit dringend in schiffbauliche, betriebliche und organisatorische Maßnahmen integriert werden.

Basis von Risikoanalysen zur Problematik von Sprengstoffanschlägen mit Wassereinbrüchen ist die detailgetreue Stabilitätsrechnung für das intakte Schiff unter Einbeziehung aller vorliegenden Parameter (Datenbank). Neben der theoretischen Betrachtung zur Kenter- und Sinksicherheit ist die Basisrechnung zur Stabilität des Schiffes auf definierte Leckfälle anzuwenden. Die Simulation solcher Prozessabläufe ist geeignet, um eine repräsentative Auswahl von Leckfällen mit notwendigen Schlussfolgerungen darzustellen.

Literaturverzeichnis

- /1/ Europäische Union: Entschließung des Rates zur Stärkung der gemeinschaftlichen Zusammenarbeit im Bereich der Katastrophenschutz-Forschung.: Amtsblatt 2004/C 8/02
- /2/ Workshop: Maritimer Terror und Piraterie: Institut für Sicherheitstechnik Schiffssicherheit e.V. Warnemünde, März 2005
- /3/ Charles, R.: Terror auf hoher See.: Verlag Ullstein GmbH, 1977
- /4/ Burnett, J.-S.: Terror auf See-Moderne Piraten rüsten auf., Bielefeld: Delius Klasing Verlag, 2004
- /5/ Hahne, J. u.a.: Auszüge aus dem Handbuch Schiffssicherheit: unveröffentlichtes Manuskript, Stand 2005
- /6/ Dreißig, D.: Wassereinbruchserkennung und hinreichend genaue Prozeßdarstellung des Schiffszustandes., Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal: Dissertation, 1996
- /7/ Baldauf, M.: Landgestützte Erkennung von Kollisionsgefahren im Schiffsverkehr., Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal: Dissertation, 1999
- /8/ Schröder, J.-U.: Zur Ermittlung von Unfallursachen und begünstigende Faktoren für Unfälle in der Seeschifffahrt., Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal: Dissertation, 2002
- /9/ IMO: Formal Safety Assessment, MSC 72/16/2, 2000
- /10/ Mock, R.: Risiko, Sicherheit und Zuverlässigkeit., Informatik_Spektrum_20_Juni_2003; URL: <http://www.relconsult.de> (11.08.2004)
- /11/ Schöbel, M.: Modellierungskonzepte für das Sicherheitsmanagement komplexer soziotechnischer Systeme.: Forschungsstelle Systemsicherheit, KOSIS-Seminar
- /12/ SAS Flight Academy, Stockholm: BRM CBT (Bridge Resource Management - Computer based training), Stand 2004
- /13/ Zwisler, R.: Exzerpt aus J. Reason., MA 1990, Cambridge University: 1994; URL: <http://www.zwisler.de> (16.11.2004)
- /14/ Rasmussen, J.: A Taxonomy for Analysis of Cognitiv Work., Paper developed in "MOHAWK" project 1993
- /15/ Brühwiler, B.: Der Vormarsch des Risikomanagement., Zürich: 2./3.12.2004
- /16/ Romeike, F.: Risiko-Management als Grundlage wertorientierter Unternehmenssteuerung. In: RATINGaktuell, 02/2002
- /17/ Sexton, J.-B.; Thomas, E.-J.; Helmreich, R.-L.: Error, stress, and teamwork in medicine and aviation: cross sectional surveys.: University of Texas, 2000

- /18/ Reason, J.; Shapell, S.; Wiegmann, D.: The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS).: modifiziert von J. Knueppel 2002
- /19/ Gindi, G.: Weitsicht durch Risiko.: Fachhochschule Hannover, 2002
- /20/ Ereignisablaufanalyse: DIN 25419
- /21/ Fehlerbaumanalyse: DIN 25424
- /22/ Kuhlmann, A.: Sicherheitskultur., Köln: TÜV-Verlag, 2000
- /23/ Kaska, P.: Seminar - Risikoanalytische Grundlagen.; URL: <http://www.relconsult.de> (11.08.2004)
- /24/ UN Konvention: Seerechtsübereinkommen (SRÜ): BGBl. 1994 II S. 1798
- /25/ IMO Konvention: SOLAS 74/88; Internationales Übereinkommen zum Schutz des menschlichen Lebens auf See: SchSVor 18.Nachtrag; April 2005
- /26/ IMO Konvention: MARPOL 73/78 (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships): SchSVor 18.Nachtrag; April 2005
- /27/ IMO Konvention: STCW; Konvention und Code; Standards of Training, Certification and Watchkeeping: STCW.6/Circ.6; 6. Juni 2003
- /28/ IMO Resolution: ISM (International Safety Management Code): IMO Resolution A.741(18), 4.Nov. 1993
- /29/ IMO Resolution: ISPS (International Ship and Port facility Security Code): SOLAS/CONF.5/34; 17. Dezember 2002
- /30/ Locks, V.: Rechtliche Auswirkungen des ISM Code: Vortrag, 2000
- /31/ Keitsch, W.: Nutzen und Belastung durch ISM.: Lotsenbrüderschaft NOK1
- /32/ Kaps, H.: ISM - Code aus der Sicht der Schiffsleitung. In: Schiff & Hafen, 02/1999
- /33/ Chrystelle Le Meur: Maritime Safety Culture., Newcastle: University of Northumbria at Newcastle, 2003
- /34/ IMO,ILO: Code of practice on security in ports.: Geneve, 2003
- /35/ Bei den internationalen Institutionen besteht Handlungsbedarf. In: Schiff & Hafen, 05/2004
- /36/ Brockmann: Abwehr äußerer Gefahren auf See. In: Schiff & Hafen, 04/2004
- /37/ Germanischer Lloyd: ISPS - der Countdown läuft. In: Schiff & Hafen, 04/2004
- /38/ Dabels, D.: Status quo des deutschen Umsetzungsprozesses. In: Schiff & Hafen, 07/2003
- /39/ Härpfer, S.: Sicherheitskonzepte für Häfen und Schiffe löchrig und unglaubwürdig ? In: Schiff & Hafen, 03/2003
- /40/ Wöhrn, R.: Security and the shipmasters discretion. In: Seyways, 01/2004
- /41/ Hesse, H.; Charalambous, N.L.: New Security Measures for the International Shipping Community, Malmö: WMU Journal of Maritime Affairs, Vol. 3, No. 2 2004

- /42/ Gold, E.: From Privilege to Peril - The Shipmaster's Current Legal Rights and Responsibilities, Malmö: WMU Journal of Maritime Affairs, Vol. 3, No. 1 2004
- /43/ Mensah, T.A.: The Place of the ISPS Code in the Legal International Regime, Malmö: WMU Journal of Maritime Affairs, Vol. 3, No. 1, 2004
- /44/ Irminger, P.: Mögliche Auswirkungen des ISPS - Code auf haftungsrechtliche und versicherungstechnische Aspekte im Seehandelsrecht: Hochschule Bremen, 02/2003
- /45/ Parritt, B.: Maritime Security - a seismic change. In: Safety at Sea International, 05/2002
- /46/ Thompson, T.: Cruise ship security debated. In: Safety at Sea International, 02/2002
- /47/ Aus dem Jahresbericht 2003 der Pariser Vereinbarung. In: Schiff&Hafen, 12/2004
- /48/ OECD Maritime Transport Committee: Security in Maritime Transport: Risk Factors and Economic Impact., 07/2003
- /49/ IMO (International Maritime Organisation); URL: <http://imo.org> (21.01.2005)
- /50/ IMB (International Maritime Bureau); URL: <http://www.icc-ccs.org/imb> (03.06.2005)
- /51/ Hahne, J.; Baaske, G.; Moser, H.-J.; Rothe, R.: Identifikation- und Anwendungsprogramme zur Ermittlung von Gefährdungssituationen in der Seeschifffahrt.: Schriftenreihe Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, FB 924, 2001
- /52/ VDR, Verband Deutscher Reeder: Daten der deutschen Seeschifffahrt, Ausgabe 2004
- /53/ 8 Punkte-Programm für mehr Sicherheit auf See.; URL: <http://www.bmnbw.de.530/02> (03.06.2004)
- /54/ Ostsee als Besonders empfindliches Meeresgebiet ausgewiesen.; URL: <http://www.bmnbw.de.130/04> (03.06.2004)
- /55/ ISL: Die Wettbewerbsentwicklung und Kooperationsmöglichkeiten der deutschen Seehäfen im Verhältnis zu den Seehäfen der Ostsee.: FE - Nr. 96.0720/2001, 12/2002
- /56/ BLG C - HPC - ISL - OIR - PLANCO: Entwicklung der deutschen Ostseehäfen bis zum Jahr 2015. (Kapitel 9)
- /57/ Erbguth, W. u.a.: Maritime Sicherheit im Ostseeraum 2003.: Endbericht - Ostseeinstitut für Seerecht und Umweltrecht der Juristischen Fakultät Rostock, 08/2003
- /58/ Jenisch, U.K.: Neue Maßnahmen für die Sicherheit in Nordsee und Ostsee. In: HANSA, Nr.2/2004
- /59/ ADAC; URL: <http://www.adac.de> (05.08.2004)

- /60/ UN (United Nations); URL: <http://www.un.org> (21.01.2005)
- /61/ Wolfrum, R.: Terrorismus-Bekämpfung auf See, Teil 1. In: HANSA, Nr.4/2003
- /62/ Wolfrum, R.: Terrorismus-Bekämpfung auf See, Teil 2. In: HANSA, Nr.5/2003
- /63/ Welcome on board - Bad Bevensen.; URL: <http://www.m1063.de> (29.11.2004)
- /64/ Dokumentarserie: Die Erben des Ikarus.; URL: <http://www.discovery.de/de/pub/tv/wissenschaft> (29.11.2004)
- /65/ Deutsches Marinearchiv; URL: <http://www.deutsche-kriegsschiffe.de> ; <http://www.deutsches-marinearchiv.de> (29.11.2004)
- /66/ verschiedene Autoren: Internetrecherche zur Problematik von Seeminen
- /67/ Interview mit Kapitän zur See Christian Luther: Presse- und Informationszentrum der Marine, 06.05.2004; URL: <http://www.marine.de> (29.11.2004)
- /68/ Galle. H.-D.: Minen - Eine Gefahr für die Schifffahrt.: Ingenieurhochschule für Seefahrt Warnemünde/Wustrow, 1989
- /69/ Spiegel: Kriegsschiff wird künstliches Riff.; URL: <http://www.spiegel.de/wissenschaft> (11.11.2005)
- /70/ Förster, W.: Zur Stabilität eines Schiffes bei Wassereinbruch im Schiffsbetrieb und Möglichkeiten der Besatzung zur Erhaltung der Schwimmfähigkeit., Universität Rostock: Dissertation, 1983
- /71/ Scharnow, U. u.a.: Seemannschaft, Band 3, Berlin: Transpress Verlag für Verkehrswesen, 1987
- /72/ Autorenkollektiv: Schiffbautechnisches Handbuch., Band 1 u. 2, Berlin: VEB Verlag Technik, Berlin 1965/66
- /73/ Dudszus, A.; Danckwardt, E.: Schiffstechnik - Einführung und Grundbegriffe., Berlin: VEB Verlag Technik, 1982
- /74/ WBGU Gutachten: Welt im Wandel – Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken.: 1998
- /75/ Auswärtiges Amt: Internationale Konventionen zur Bekämpfung des Terrorismus (Counter-terrorism Conventions); Stand 08/2003; URL: <http://www.auswaertiges-amt.de/www/de/aussenpolitik> (07.06.2004)

Anhang A

Der arbeitshandelnde Mensch in der Schifffahrt

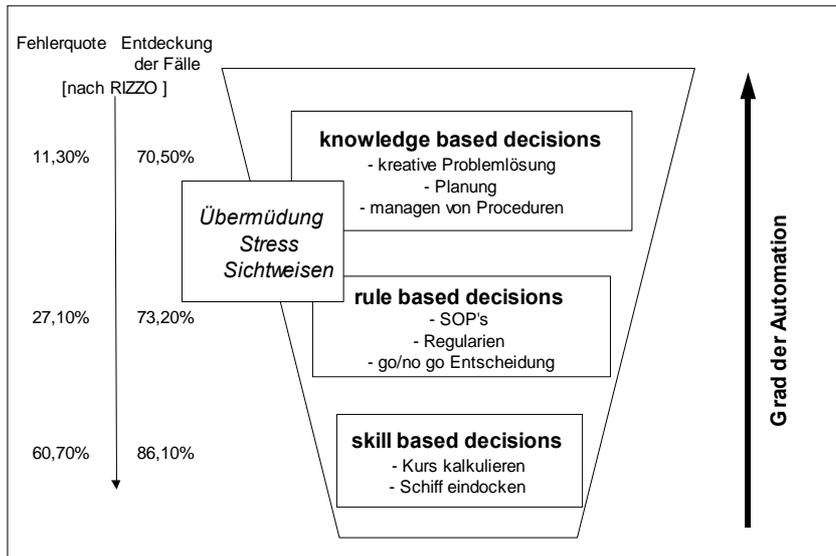


Abb. A.1 Entscheidungsebenen und Automationsabhängigkeit /in Anlehnung an 12/

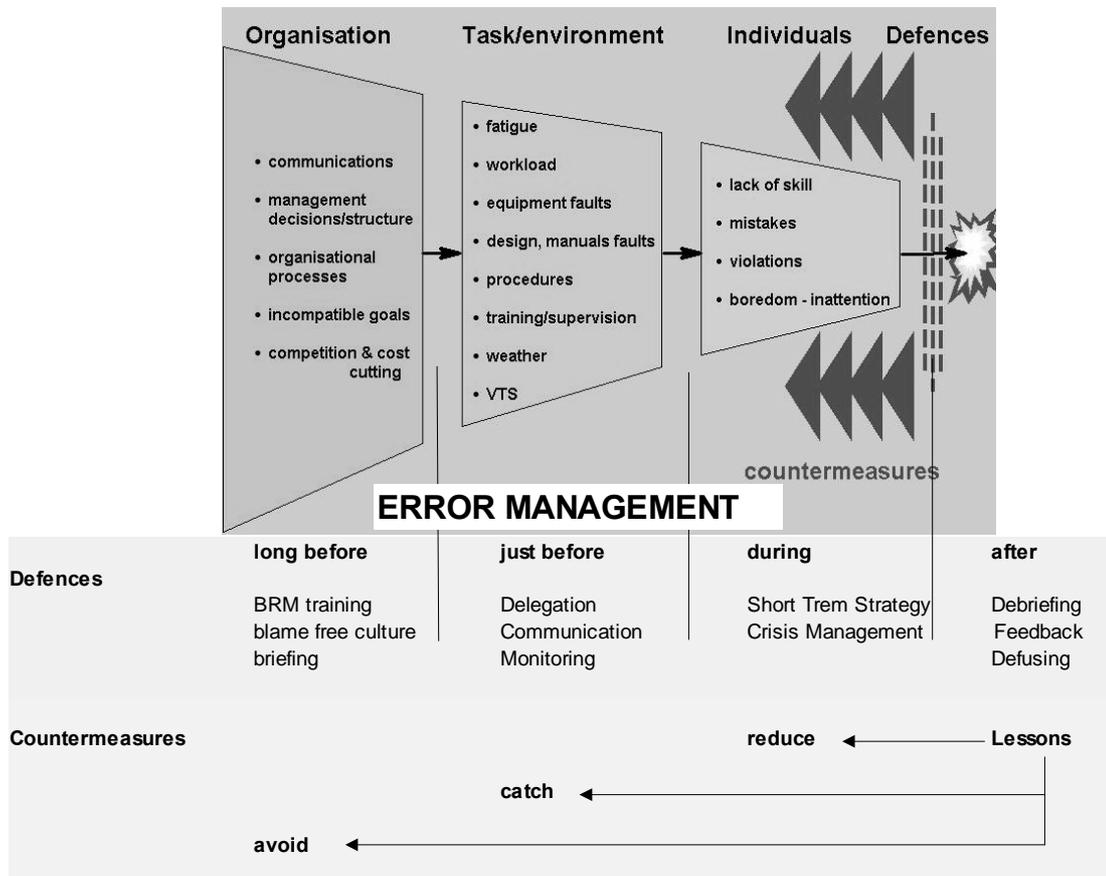


Abb. A.2 Fehlermanagement, Schutzmaßnahmen und Gegenmaßnahmen /in Anlehnung an 12/

Anhang B

Grundlagen des Risikomanagement

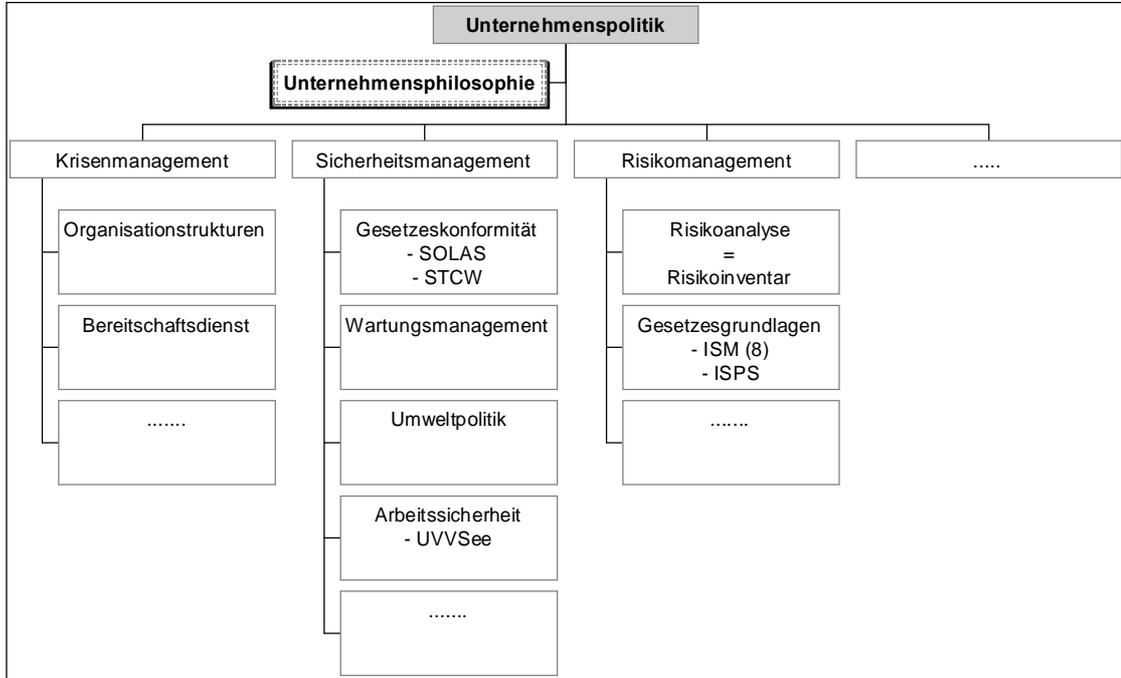


Abb. B.1 Managementbereiche der Unternehmenspolitik

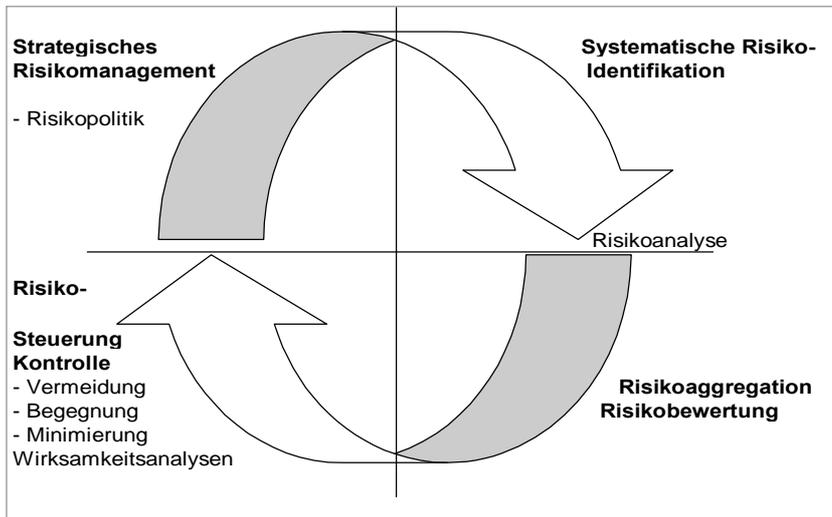


Abb. B.2 Prozessstruktur des Risikomanagements /16/

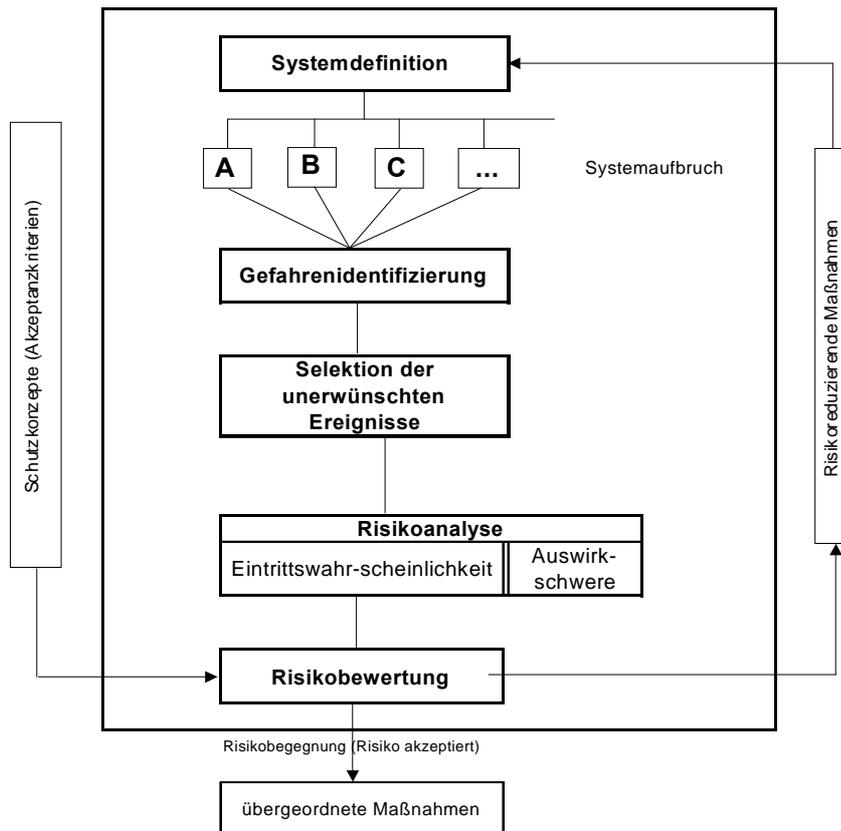


Abb. B.3 Risikomanagement – Die technische Systembetrachtung /10/15/

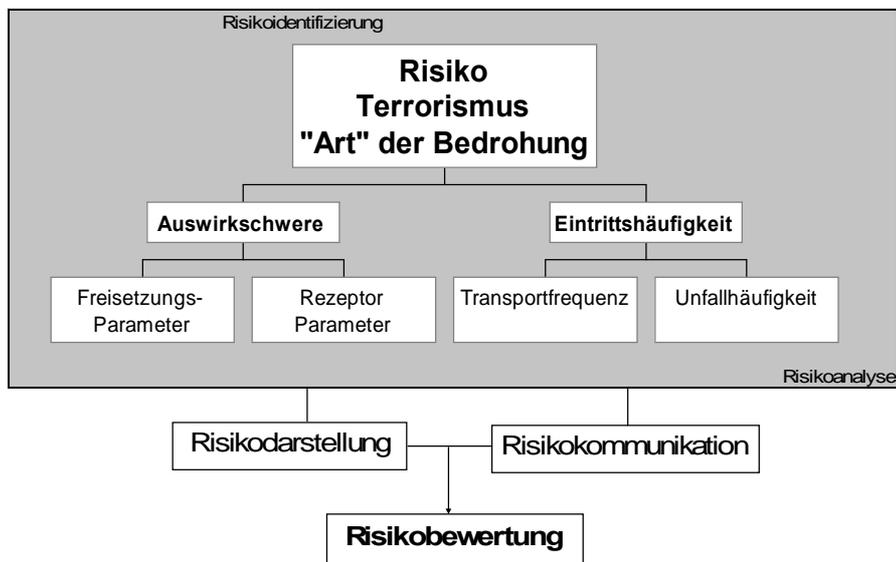


Abb. B.4 Spezifische Risikobetrachtung - Terrorismus

Anhang C

Statistische Angaben

Tabelle C.1 Fährpassagieraufkommen bis zum Jahr 2015 (Prognose) /55/

| | 2000 | Prognose 2015 | Steigerungs- rate | jährl. Steigerung |
|-------------------|------------|------------------|----------------------|----------------------|
| Norwegen | 600.000 | 900.000 | 1,5 | 3,3% |
| Dänemark | 7.530.000 | 9.200.000 | 1,2 | 1,5% |
| Schweden | 2.520.000 | 3.025.000 | 1,2 | 1,3% |
| Finnland | 140.000 | 250.000 | 1,8 | 5,2% |
| Russland/Baltikum | 65.000 | 245.000 | 3,8 | 18,5% |
| Summe | 10.855.000 | 13.620.000 | | |

ADAC-Statistik zum Unfallgeschehen auf Pax-Schiffen (1987-2004)

Chronologie: Schwere Unfälle seit 1987

26. Februar 2004 vor den Philippinen:

Auf der philippinischen Fähre "Super Ferry 14" bricht im Maschinenraum Feuer aus. Die Flammen breiten sich rasch aus. Von Feuer und Rauch eingeschlossen, springen zahlreiche Menschen in Panik über Bord. Mindestens **60 Personen sterben**. Das Schiff war mit 702 Passagieren und 159 Besatzungsmitgliedern an Bord unterwegs von Malina nach Bacolod auf der philippinischen Insel Negros.

15. Januar 2004 vor der Küste Islands:

Die Fähre "Norröna" kollidiert beim Einlaufen in Thorshavn auf den Färöer Inseln mit einer Pier. Das Schiff, das gerade im Hafenbecken dreht, wird von einer Böe erfasst und gegen die Hafenanlagen gepresst, wodurch ein zehn Meter langes Leck entsteht. Die rund 60 Passagiere und 33 Besatzungsmitglieder bleiben unverletzt.

28. Dezember 2003 vor der griechischen Küste:

Die griechische Fähre "Express Apollon" mit 266 Passagieren läuft vor der Ägäisinsel Serifos auf einen Felsen auf. Niemand wird verletzt. Das Unglück ereignet sich beim Manövrieren der Fähre, die auf dem Weg nach Piräus ist, bei einem Zwischenstopp im Hafen von Leivadion.

23. Dezember 2003 vor den Philippinen:

Die Fähre "Piary", auf dem Weg von der Inselgruppe Cagayan zum Hafen Brookes Point auf der philippinischen Insel Pawalan, schlägt etwa 100 Kilometer vor Brookes Point leck und nimmt Wasser auf. Mindestens **50** der 75 Passagiere **ertrinken**.

15. Oktober 2003 in New York:

Während des Anlegemanövers prallt die aus Südmanhattan kommende, mit 1500 Fahrgästen besetzte Fähre "Andrew J. Barberi" bei Windgeschwindigkeiten bis zu 65 Stundenkilometern gegen die Pier des St. George Terminals vor Staten Island. Das Hauptdeck auf der Steuerbord-Seite wird aufgeschlitzt. **Zwölf Menschen sterben, 37 werden zum Teil schwer verletzt**. Zeugen beobachten von Land aus, wie das Schiff mit sehr hoher Geschwindigkeit den Anleger ansteuert und nicht mehr rechtzeitig gestoppt werden kann.

27. September 2003 vor der Küste Senegals:

Auf dem Weg vom südsenegalesischen Ziguinchor in die Hauptstadt Dakar gerät die Fähre "**Le Joola**" in eine Sturmfront. **Das Schiff kentert, sinkt in weniger als fünf Minuten und reißt rund 1150 Passagiere in den Tod** – eine der größten Schiffskatastrophen der Weltgeschichte. Die Joola war zwölf Jahre alt und gerade erst überholt. "Das Boot wurde für die Binnenschifffahrt gebaut, nicht für das Meer", urteilt Präsident Abdoulaye Wade.

11. September 2003 vor der italienischen Küste:

Die italienische Fähre "Moby Magic" befindet sich auf dem Weg von Livorno zum sardischen Hafen Olbia, als nach der Kollision mit einem Felsen Wasser in den Rumpf eintritt. Der Kapitän lässt die 160 Menschen an Bord evakuieren. Anschließend wird die Moby Magic mit zwei Spezialschiffen der eigenen Reederei in den Hafen von Golfo Aranci geschleppt.

7. September 2003 vor der indonesischen Küste:

Die indonesische Fähre "Wirmala Dharma" sinkt zwei Stunden nach dem Auslaufen aus dem Hafen Padangbai auf Bali. An Bord befinden sich 200 Menschen. Rund 150 von ihnen werden durch Fischerboote gerettet, für **50 Menschen kommt jede Hilfe zu spät**. Das Schiff befand sich auf dem Weg zur Insel Lombok in Ost-Indonesien.

9. Juli 2003 vor der Küste Bangladeshs:

Auf dem Weg von der Hauptstadt Bangladeshs, Dhaka, nach Bhola **sinkt die Fähre "Nasrin 1"** bei stürmischem Wetter nahe der Stadt Chandpur. Bei einem der schwersten Schiffsunfälle in der Geschichte des Landes kommen vermutlich **400 Menschen ums Leben**. 150 Passagieren gelingt es, zum Teil an Wrackteile geklammert, an Land zu schwimmen. An Bord des Dreideckers befanden sich mehr als 750, womöglich sogar mehr als 1000 Menschen. Das Schiff war zwar nur für ein Drittel der Passagierzahl zugelassen, nach Ausfall einer anderen Fähre kamen jedoch kurz vor dem Ablegen 400 Fahrgäste zusätzlich an Bord.

30. August 2002 vor der philippinischen Küste:

Nach einer Explosion bricht auf der indonesischen Fähre "KM Kenangan" ein Feuer im Maschinenraum aus. 69 der rund 100 Passagiere können bei dem Unglück vor der Küste Sulawesis gerettet werden, **mindestens 20 Personen sterben**. Das Schiff kam aus Baubon auf der Insel Buton.

15. August 2002 vor der belgischen Küste:

Auf dem Weg vom englischen Hull ins belgische Zeebrugge bricht im Maschinenraum der Fähre "Norsea" ein Feuer aus. Zwei Seeleute erleiden bei der Brandbekämpfung leichte Verletzungen. Die übrigen 700 Passagiere und 120 Mann Besatzung bleiben unversehrt. Brandursache war Öl, das auslief und sich entzündete.

10. Februar 2002 vor Gran Canaria:

Kurz nach dem Auslaufen aus Las Palmas in Richtung Teneriffa bricht die hintere Tragfläche der "Princesa Teguisse" ab. Dadurch stoppt das schnelle Tragflügelboot abrupt und schlägt auf dem Wasser auf. **52 Menschen werden schwer verletzt**.

20. Dezember 2001 vor der finnischen Küste:

Die finnische Fähre "Isabella" strandet an Felsen vor den Aland-Inseln in der Ostsee. Dabei reißt die Bordwand auf. Alle 655 Passagiere und 156 Besatzungsmitglieder können gerettet werden. In dem Seegebiet herrschte schwerer Seegang mit orkanartigem Wind. Das Schiff befand sich auf dem Weg von Turku in Finnland nach Stockholm in Schweden.

6. Juli 2001 vor der Küste Schwedens:

Auf der unter deutscher Flagge geführten Fähre "Rügen" bricht ein Feuer an der Hauptschalttafel im Maschinenraum aus. Der Brand kann gelöscht werden. Die Fähre mit 261 Menschen an Bord war vom Hafen Sassnitz auf Rügen unterwegs nach Trelleborg in Schweden.

1. Juli 2001 vor der Küste Schwedens:

Auf der deutschen Fähre "Sassnitz" bricht auf dem Weg von der Ostseeinsel Rügen ins schwedische Trelleborg ein Brand im Maschinenraum aus. Die Fähre wird zum Hafen Sassnitz auf Rügen zurückgeschleppt, alle 230 Menschen an Bord bleiben unverletzt.

26. September 2000 vor der griechischen Küste:

Vor der griechischen Insel Paros läuft die **Fähre "Express Samina"** auf einen gut sichtbaren und mit Leuchtfener versehenen Felsen auf. **Das Schiff bricht auseinander und sinkt innerhalb von 45 Minuten.** Von den 534 Menschen an Bord **kommen 80 ums Leben.** Der Kapitän wird verhaftet. Er und seine Offiziere sollen in der Bar ein Fußballspiel im Fernsehen verfolgt haben statt auf der Brücke zu sein.

26. November 1999 vor der Küste Norwegens:

Die norwegische Katamaran-Fähre "Sleipner" läuft im norwegischen Bomla-Fjord bei stürmischer See auf ein Riff und sinkt. An Bord sind 88 Menschen, **16 Opfer sind zu beklagen.** Bei dem herrschenden hohen Seegang hätte die Fähre nicht auslaufen dürfen, die Rettungsinseln waren nicht einsatzbereit. Das Schiff war erst Anfang August in Dienst gestellt worden.

1. November 1999 vor der griechischen Küste:

An der westgriechischen Küste gerät die Fähre "Superfast 3" auf dem Weg vom griechischen Patras zum italienischen Ancona in Brand. Das Feuer, das auf einem Lastwagen ausgebrochen war, greift schnell um sich. **14 Passagiere sterben.**

8. Juli 1999 vor der norwegischen Küste:

Im Maschinenraum der norwegischen Ostseefähre "Prinsesse Ragnhild" bricht auf dem Weg vom deutschen Kiel zum norwegischen Oslo Feuer aus. Eine Frau stirbt nach einer Herzattacke. Die übrigen 1 339 Menschen an Bord bleiben unverletzt.

5. März 1997 vor der Küste Schwedens:

In den Schären vor Stockholm läuft die Fähre "Seawind" mit 135 Personen an Bord auf Grund. Die Passagiere werden von einer anderen Fähre aufgenommen. Niemand wird verletzt.

26. August 1996 vor der Küste Englands:

Auf der Personenfähre "Trident 7" bricht Feuer aus, als sich das Schiff rund 800 Meter östlich von St. Peter Port auf der Kanalinsel Guernsey befindet. Bis auf eine 88jährige französische Passagierin bleiben alle Fahrgäste unverletzt.

18. Juni 1995 vor der Küste Hollands:

Bei einem Brand im Maschinenraum der Fähre "Euromagique" vor dem niederländischen Hafen Vlissingen bleiben alle 136 Passagiere und Besatzungsmitglieder unverletzt.

27. Mai 1995 vor der finnischen Küste:

Kurz nach dem Verlassen des Hafens von Helsinki läuft das estnische Tragflächenboot "Laura" in dichtem Nebel auf Grund. Alle 208 Personen an Bord werden unverletzt in Sicherheit gebracht.

28. September 1994 vor der finnischen Küste:

Die 144 Meter lange **estnische Ostseefähre "Estonia" sinkt mit fast 1000 Menschen an Bord, 852 verlieren ihr Leben.** Untersuchungen ergeben, dass die Bugklappe zu schwach gebaut und unsachgemäß montiert war. Zudem hat die Mannschaft falsch und zu spät reagiert. Es ist das schwerste Schiffsunglück der europäischen Nachkriegsgeschichte.

4. März 1994 vor der finnischen Küste:

Die Fähre "Sally Albatross", die mit 1.250 Menschen an Bord vom finnischen Helsinki nach Tallin in Estland fährt, läuft auf einen Felsen auf. Das Schiff schlägt leck, der Maschinenraum wird teilweise überflutet. Die 1 100 Fahrgäste und 150 Besatzungsmitglieder werden von zwei Eisbrechern und einem Fährschiff aufgenommen, verletzt wird niemand.

24. Februar 1994 vor der Küste Irlands:

Eine irische Fähre sinkt auf halbem Weg zwischen der Hafenstadt Casteltownbere und der Insel Bere. Die traurige Bilanz: **vier Tote.** Die Unglücksursache bleibt ungeklärt.

1. Januar 1994 vor der italienischen Küste:

Die zwischen Marseille und Korsika verkehrende Fracht- und Passagierfähre "Monte Stello" läuft am Neujahrsmorgen vor der italienischen Insel La Maddalena auf einen Felsen. Alle 61 Passagiere und 22 Besatzungsmitglieder können trotz heftigen Sturms geborgen werden.

19. Februar 1993 vor der Küste Haitis:

Auf der Fahrt zur haitianischen Hauptstadt Port-au-Prince **sinkt die Fähre "Neptune"**. Die Küstenwacht schätzt, dass **mehr als 1 000 Menschen dabei ums Leben kommen**. Die genaue Passagierzahl kennt niemand, da die Fähre überfüllt ist. An Bord befinden sich weder Schwimmwesten noch Rettungsboote. *Die Unglücksursache kann nie geklärt werden.*

19. Februar 1993 vor der dänischen Küste:

Ein schwerer Brecher durchschlägt die Frontscheiben der schwedischen Tragflügelboot-Fähre "Cinderella II" auf der Überfahrt vom dänischen Hafen Kopenhagen zum schwedischen Hafen Malmö. Wasser dringt ein. Alle 269 Passagiere können gerettet werden.

14. Januar 1993 vor der deutschen Küste:

Die **polnische Fähre "Jan Heweliusz" kentert** rund 27 Kilometer östlich der Insel Rügen in einem Orkan. **51 Personen ertrinken**. Schon vor dem Auslaufen hatte die Fähre Probleme mit dem Mechanismus des Ladetors. Ein polnisches Berufungsgericht stellt im Januar 1999 fest, dass die Fähre nicht seetauglich war.

16. April 1991 vor der griechischen Küste:

Auf der griechischen Fähre "Rhodos" bricht im Maschinenraum ein Feuer aus. 641 Passagiere und 99 Besatzungsmitglieder befinden sich auf der Fahrt vom Athener Hafen zur Insel Rhodos. Die Passagiere und ein Großteil der Besatzung werden von anderen Schiffen aufgenommen.

14. April 1991 vor der dänischen Küste:

Bei dichtem Nebel stößt auf der Ostsee die dänische Auto- und Eisenbahnfähre "Dronning Margreta" mit einem finnischen Frachter zusammen und schlägt leck. Eine an Bord beschäftigte Dänin kommt ums Leben, die rund 30 Passagiere werden gerettet.

10. April 1991 vor der italienischen Küste:

Im dichten Nebel stößt die italienische Fähre "Moby Prince" vor der Hafenstadt Livorno mit dem Öltanker "Agip Abruzzo" zusammen. Beide Schiffe gehen nach einer Explosion in Flammen auf. **72 Passagiere und 67 Besatzungsmitglieder der Fähre kommen ums Leben**, die 28 Seeleute des Tankers werden gerettet. *2700 Tonnen Rohöl laufen aus.*

29. April 1990 vor der italienischen Küste:

Die italienische Autofähre "Trapani Express" geht auf der Fahrt vom toskanischen Hafen Livorno nach Sizilien unter. **Sechs Menschen kommen ums Leben**, 39 Passagiere werden gerettet. Die Unglücksursache bleibt ungeklärt.

10. April 1990 vor der englischen Küste:

Im Maschinenraum der französischen Kanalfähre "Reine Mathilde" bricht Feuer aus. Das Schiff ist mit 600 Passagieren auf dem Weg von der französischen Stadt Caen zum englischen Hafen Portsmouth. **Zwei Personen kommen ums Leben.**

9. April 1990 vor der irischen Küste:

Auf dem Weg vom walisischen Hafen Milford nach Rosslare in Irland fängt die britische Fähre "Norrano" Feuer. Von den 297 Menschen an Bord werden **25 schwer verletzt, ein Passagier stirbt**. Der Brandherd liegt auf dem vorderen Kabinendeck.

7. April 1990 vor der norwegischen Küste:

Die **dänische Fähre "Skandinavian Star"** gerät auf dem Weg vom norwegischen Hafen Oslo zum dänischen Hafen Frederikshavn **in Brand. 161 der rund 500 Menschen an Bord sterben**. *Es wird Brandstiftung vermutet, zudem waren die Sicherheitsvorkehrungen unzureichend.*

20. Dezember 1987, philippinische Gewässer: (nicht in ADAC-Statistik enthalten)
Das Fracht- und Fahrgastschiff "Dona Paz" kollidiert mit dem Tanker "Vector",
aus der "Vector" läuft Benzin, Diesel und Kerosin aus, die Kollision traf die "Dona Paz" an Back-
bord mittschiffs, viele Personen verbrennen, die "Dona Paz" versinkt schnell;
Bilanz: 4.386 Tote, nur 26 Personen überleben;
Die Dimension der Katastrophe übersteigt das Unglück der "Titanik" bei weitem.

5. März 1987 vor der Küste Belgiens:

Die britische Kanalfähre "Herald of Free Enterprise" kentert vor dem belgischen Hafen Zeebrugge.
193 Passagiere verlieren ihr Leben. Unglücksursache: Die Ladeluke war nicht richtig geschlossen.

Tabelle C.2 Unfälle und Darstellung der getöteten Personen

| Unglücke in zeitlicher Reihenfolge | Tote | verletzt |
|--|-------------|-----------------|
| 26. Februar 2004 vor den Philippinen: philippinischen Fähre "Super Ferry 14" | 60 | |
| 15. Januar 2004 vor der Küste Islands: Fähre "Norröna" | 0 | |
| 28. Dezember 2003 vor der griechischen Küste: griechische Fähre "Express Apollon" | 0 | |
| 23. Dezember 2003 vor den Philippinen: Fähre "Piary" | 50 | |
| 15. Oktober 2003 in New York: "Andrew J. Barberi" | 12 | 37 |
| 27. September 2003 vor der Küste Senegals: Fähre "Le Joola" kentert in 5 min | 1150 | |
| 11. September 2003 vor der italienischen Küste: italienische Fähre "Moby Magic" | 0 | |
| 7. September 2003 vor der indonesischen Küste: indonesische Fähre "Wirmala Dharma" | 50 | |
| 9. Juli 2003 vor der Küste Bangladeshs: Fähre "Nasrin 1" mit vermutlich 1000 Pax | 400 | |
| 30. August 2002 vor der philippinischen Küste: indonesischen Fähre "KM Kenangan" | 20 | |
| 15. August 2002 vor der belgischen Küste: Fähre "Norsea" | 0 | |
| 10. Februar 2002 vor Gran Canaria: "Princesa Teguisse" | 0 | 52 |
| 20. Dezember 2001 vor der finnischen Küste: finnische Fähre "Isabella" | 0 | |
| 6. Juli 2001 vor der Küste Schwedens: deutsche Fähre "Rügen" | 0 | |
| 1. Juli 2001 vor der Küste Schwedens: deutschen Fähre "Sassnitz" | 0 | |
| 26. September 2000 vor der griechischen Küste: Fähre "Express Samina" | 80 | |
| 26. November 1999 vor der Küste Norwegens: norwegische Katamaran-Fähre "Sleipner" | 16 | |
| 1. November 1999 vor der griechischen Küste: Fähre "Superfast 3" | 14 | |
| 8. Juli 1999 vor der norwegischen Küste: norwegischen Ostseefähre "Prinsesse Ragnhild" | 0 | |
| 5. März 1997 vor der Küste Schwedens: Fähre "Seawind" | 0 | |
| 26. August 1996 vor der Küste Englands: Personenfähre "Trident 7" | 0 | |
| 18. Juni 1995 vor der Küste Hollands: Fähre "Euromagique" | 0 | |
| 27. Mai 1995 vor der finnischen Küste: estnische Tragflächenboot "Laura" | 0 | |
| 28. September 1994 finnischen Küste: estnische Ostseefähre "Estonia" sinkt | 852 | |
| 4. März 1994 vor der finnischen Küste: Fähre "Sally Albatross" | 0 | |
| 24. Februar 1994 vor der Küste Irlands: irische Fähre sinkt | 4 | |
| 1. Januar 1994 vor der italienischen Küste: Fracht- und Passagierfähre "Monte Stello" | 0 | |
| 19. Februar 1993 vor der Küste Haitis: Fähre "Neptune" | 1000 | |
| 19. Februar 1993 vor der dänischen Küste: schwedischen Tragflügelboot-Fähre "Cinderella II" | 0 | |
| 14. Januar 1993 vor der deutschen Küste: polnische Fähre "Jan Heweliusz" kentert | 51 | |
| 16. April 1991 vor der griechischen Küste: griechische Fähre "Rhodos" | 0 | |
| 14. April 1991 vor der dänischen Küste: Auto- und Eisenbahnfähre "Dronning Margreta" | 1 | |
| 10. April 1991 vor der italienischen Küste: italienische Fähre "Moby Prince" | 139 | |
| 29. April 1990 vor der italienischen Küste: italienische Autofähre "Trapani Express" | 6 | |
| 10. April 1990 vor der englischen Küste: französische Kanalfähre "Reine Mathilde" | 2 | |
| 9. April 1990 vor der irischen Küste: britische Fähre "Norrano" | 1 | |
| 7. April 1990 vor der norwegischen Küste: dänische Fähre "Skandinavian Star" | 161 | |
| 20. Dezember 1987 - Philippinen: "Dona Paz" kollidiert; Feuer; Schiff sinkt | 4386 | (26) |
| 5. März 1987 vor der Küste Belgiens: britische Kanalfähre "Herald of Free Enterprise" | 193 | |
| Summe : | 8648 | |

Anhang D

Internationale Organe und Regelungen

IMO als eine Unterorganisation der UN

Während des 2. Weltkriegs wurde der Name "United Nations" erstmals am 1. Januar 1942 benutzt. Der damalige amerikanische Präsident Roosevelt prägte den Namen, dieser wurde in der "Declaration by United Nations" gezeigt, die 26 Nationen repräsentierte. Am Ende des 2. Weltkrieges kam es zum Treffen von 50 Nationen in San Francisco. Die "Charter" der Vereinten Nationen wurde am 26. Juni 1945 von den Mitgliedsstaaten gezeichnet. Am 24. Oktober 1945 kam die UN zur offiziellen Wirkung. Dieser Tag wird als "United Nations Day" gefeiert. Das Banner der UN zeigt die Kontinente der Erde mit der symbolischen Friedensähre umschließend. Die UN basiert auf Entwicklungen in den letzten Jahren des 19. Jahrhunderts /60/.

Die IMO als Organisation der UN wurde auf einer Konferenz in Genua im Jahr 1948 beschlossen. Als Organisation trat sie 1958 in Kraft. Der damalige Name war "Inter-Governmental Maritime Consultative Organization" (IMCO). Im Jahr 1982 wurde der Name in IMO umbenannt. Die IMO umfaßt derzeit 164 Mitgliedsstaaten. Sie gliedert sich in Committees und Sub-Committees, die spezielle Bereiche der Schifffahrt bearbeiten.

Committees sind:

- MSC (Maritime Safety Committee),
- MEPC (Marine Environment Protection Committee),
- Legal Committee,
- Technical Co-operation Committee,
- Facilitation Committee.

Sub-Committees sind:

- NAV (Safety of Navigation),
- STW (Training and Watchkeeping),
- COMSAR (Radiocommunications and Search and Rescue),
- FP (Fire Protection).

Von diesen Unterorganen der IMO werden Konventionen, Codes, Empfehlungen und Protokolle mit entsprechendem Charakter verabschiedet. Über das Instrument der Ratifikation treten diese dann in Kraft. So wurde SOLAS 1960 (1965 in Kraft) beschlossen und mit Änderungen zu SOLAS 74 verabschiedet. SOLAS 74 trat 1980 in Kraft. Die

COLREG's (Convention on International Regulations for Preventing Collisions at Sea) wurden 1972 beschlossen und traten 1977 in Kraft. 1979 wurde die "International Convention on Maritime Search and Rescue" beschlossen und trat 1985 in Kraft. Bereits 1954 wurde eine "Oil Pollution Convention" realisiert, die 1962 vervollständigt wurde und nach dem Torrey Canyon Unfall eine Konvention mit Interventionscharakter 1969 zur Folge hatte, die 1975 in Kraft trat. Eine Konferenz zur Tankersicherheit und Verhinderung von Ölverschmutzungen erweiterte MARPOL 73 nach vielen Tankerunglücken im Winter 1976/77 durch ein Protokoll und führte zu MARPOL 73/78, die 1983 in Kraft trat. Im Jahr 1965 wurde eine Konvention zur Erleichterung des internationalen Seeverkehrs (FAL) beschlossen, die 1967 in Kraft trat. Die Athener Konvention von 1974 hatte die Beförderung von Passagieren und dessen Gepäck zum Inhalt. Sie beinhaltet in weiteren Protokollen auch die Versicherungsleistungen. Bis heute ist die Konvention nicht in Kraft getreten. 1988 wurde eine Konvention zur Unterdrückung von ungesetzlichen Aktivitäten beschlossen, die 1992 in Kraft trat.

Weitere Beispiele sind:

- IMDG-Code 1965 (International Maritime Dangerous Goods Code)
- ISM-Code 1993 (International Safety Management Code)
- HSC-Code 1994 (International Code of Safety for High-Speed Craft)
- LSA-Code 1996 (Life-Saving Appliance Code) und der
- ISPS-Code 2002 (International Ship and Port Facility Security Code).

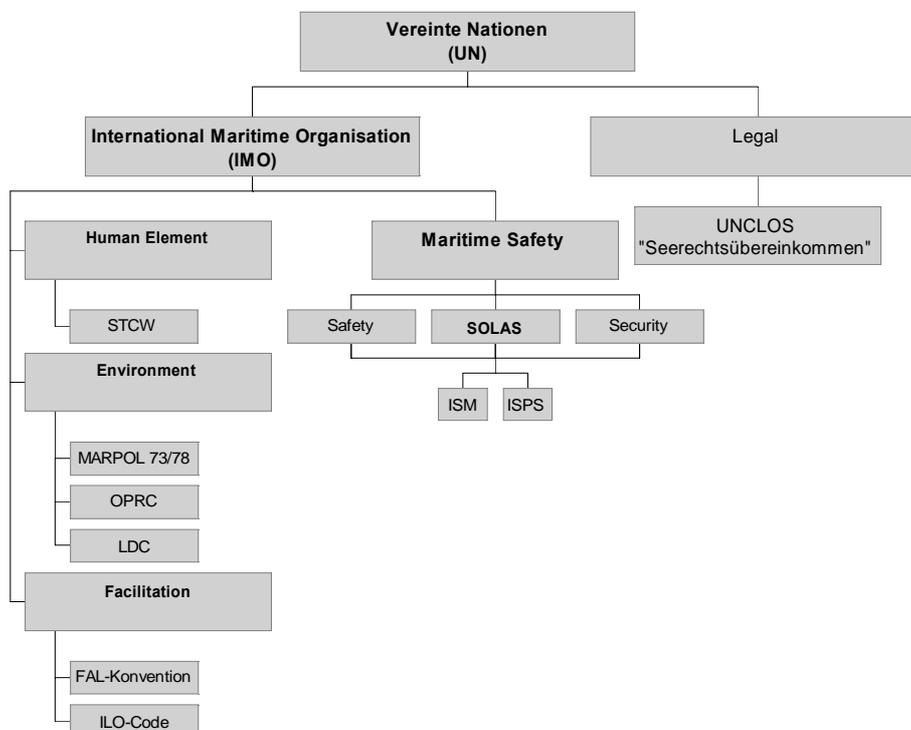


Abb. D.1 Struktur und Elemente der IMO im Rahmen der Vereinten Nationen

SOLAS

Im Jahr 1914 wurde SOLAS nach dem Unfall der "Titanic" angenommen. Sie gilt als Grundlage einer neuen Herangehensweise zum Aspekt der Schiffssicherheit zu Beginn des letzten Jahrhunderts. Eine zweite Änderung 1929, die dritte 1948 und die vierte 1960, führten zur modernen Regulierung und Anpassung an die technische Entwicklung. Die Konvention von 1960 wurde von der IMO als Hauptaufgabe nach ihrer eigenen Herausbildung angesehen und trat 1965 in Kraft. Nach einigen "Amendments" wurde 1974 eine neue Konvention SOLAS 74 beschlossen. Bis in die 80er Jahre beinhaltete SOLAS primär die technischen Erfordernisse eines Schiffes. Weitere "Amendments" sind bis heute hinzugekommen, die sich oft auf Schiffsunfälle und den Erkenntnissen daraus ableiteten. Derzeit ist SOLAS in zwölf Kapitel /Abb. E.2/ unterteilt. Das Hauptziel von SOLAS ist Minimumstandards zur Konstruktion, Ausrüstung und zum Betrieb von Schiffen zu bestimmen. Bis 1994 bestand SOLAS aus 8 Kapiteln. Es wurden Kapitel IX, X und XI hinzugefügt. Kapitel IX (ISM) wurde 1998 in Kraft gesetzt, Kapitel X (HSC) und Kapitel XI (Special Measures to Enhance Safety) wurden 1996 in Kraft gesetzt. 1997 wurde Kapitel XII hinzugefügt. Im Jahr 2002 wurde das Kapitel XI unterteilt in XI-1 und XI-2. Im Kapitel XI-2/3 ist der ISPS Code Teil A für verbindlich erklärt.

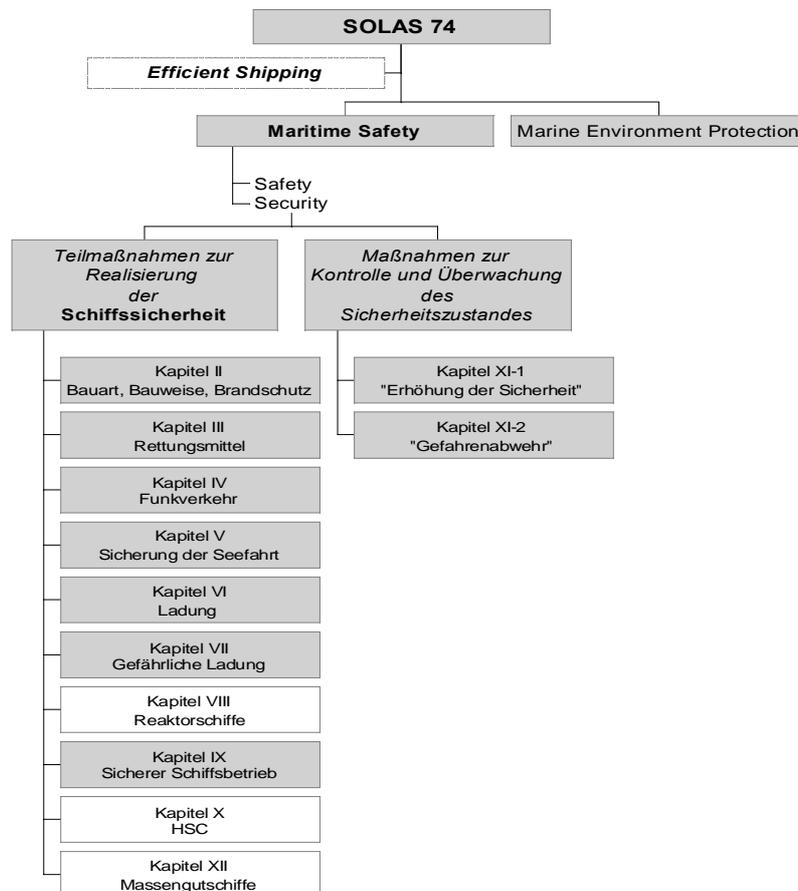


Abb. D.2 SOLAS als Realisierung und Gewährleistung der "Safety of Life at Sea"

MARPOL

Es entstand 1954 eine Konvention zum Schutz der Meere durch Ölverschmutzungen (OILPOL), die 1958 in Kraft trat. Mehre Nachträge vervollständigten die Konvention. Nach dem Unfall des Tankers "Torrey Canyon" im Jahr 1967 (120.000 Tonnen Rohöl verloren) erfolgten verstärkte Maßnahmen zum Schutz der Meere und damit der angrenzenden Küsten. Weitere Nachträge zur OILPOL wurden vorgenommen. Im Jahr 1973 folgte eine Konvention, die erweiterte Schutzmechanismen forderte. So wurden alle Verschmutzungen der Meere impliziert. Aufgrund fehlender Ratifizierung trat die Konvention nie in Kraft. Nach weiteren Tankerunfällen im Winter 1976/77 beschloss eine IMO Konferenz 1978 weitere Protokolle zur Verhinderung von Verschmutzungen der Meere. Die Konvention MARPOL (Prevention of Marine Pollution from Ships) beinhaltet die modifizierte Fassung der Konvention von 1973 sowie Protokolle von 1978.

Seit 1983 ist MARPOL 73/78 zum Teil in Kraft. Dies gilt für:

- Annex I (Verschmutzungen durch Öl) und
- Annex II (schädliche Flüssigkeiten).
- Annex V (Müllbehandlung) trat nach weiteren Protokollen 1988 in Kraft.
- Der Annex III (schädliche Substanzen) trat 1992, der
- Annex IV (Abwasser) im Jahr 2003 in Kraft.
- Annex VI Regelungen zur Minimierung der Luftverschmutzung traten im Mai 2005 in Kraft.

Auf Basis von MARPOL sind territoriale Grenzen gesetzt, die abhängig von der Art und der Verunreinigung, das Einbringenden von Substanzen in die See regeln. Ebenfalls sind Substanzen definiert, die nicht in die See eingeleitet werden dürfen. Nationale Maßnahmen können über diese Bestimmungen hinausgehen. Jedes Schiff muss ein Mülltagebuch führen, um die Einbringung in die See bzw. die Abgabe an Landstationen nachzuweisen.

Ein wichtiges Element im Rahmen von MARPOL ist das Verbot von Einhüllentankern. Tankerunfälle haben die Anfälligkeit und die damit verbundene hohe Wahrscheinlichkeit der Ölverschmutzung aufgezeigt. Schlussfolgernd hat die IMO im Jahr 2003 ein Verbot gestaffelt nach dem Alter der Tankschiffe beschlossen, das ab 2005 in Kraft tritt. Für Einhüllentanker älter als 15 Jahre ist ein CAS (Condition Assessment Scheme) notwendig. Tanker der Kategorie 2 und 3 können vom Flaggenstaat Ausnahmegenehmigungen in Abhängigkeit vom CAS erhalten. Diese Vorgaben wurden notwendig, um den Flottenbestand langsam zu reduzieren und stellen einen Kompromiss nach Intervention verschiedener Staaten dar. Ein zeitlich relevanteres Verbot würde ebenfalls einen finanziell und strukturell schwierigen Neubauboom realisieren müssen. Auch eine erhöhte

Anzahl von Schiffsverlusten älterer Einhüllentanker durch Vorsätzlichkeit oder Fahrlässigkeit, stünde im Gegensatz zu den Bemühungen die Meere sauber zu halten. Aus den Bestimmungen wird ersichtlich, dass Tanker älter als 25 Jahre nicht als "sicher" angesehen werden /Tabelle D.1/.

Tabelle D.1 Kategorien / Alter der Einhüllentanker – Verbotsvorgaben /49/

| Category of oil tanker | Date or year |
|------------------------------|---|
| Category 1 | 5 April 2005 for ships delivered on 5 April 1982 or earlier 2005 for ships delivered after 5 April 1982 |
| Category 2 and Category 3 | 5 April 2005 for ships delivered on 5 April 1977 or earlier 2005 for ships delivered after 5 April 1977 but before 1 January 1978 2006 for ships delivered in 1978 and 1979 2007 for ships delivered in 1980 and 1981 2008 for ships delivered in 1982 2009 for ships delivered in 1983 2010 for ships delivered in 1984 or later |

ISPS

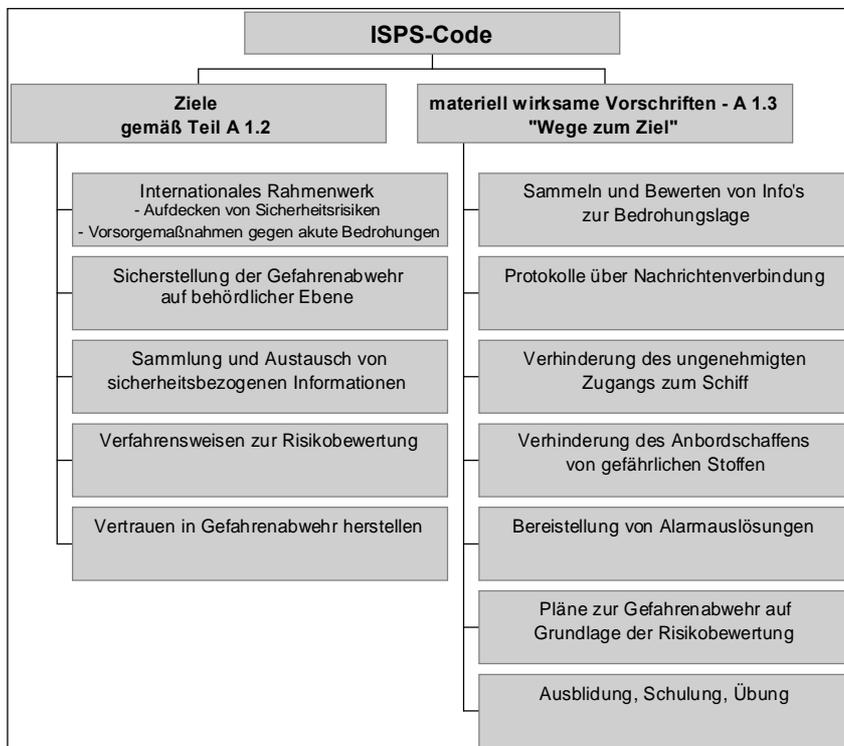


Abb. D.4 Ziele und "Wege" nach ISPS

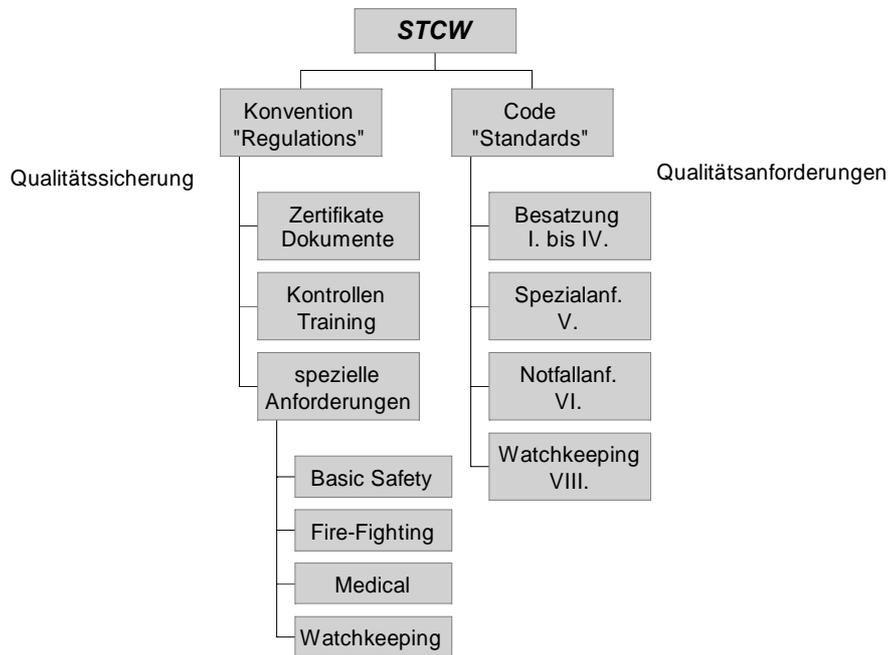
STCW

Abb. D.5 Die Regelungen nach STCW

Anhang E

Piraterie und Terrorismus

Tabelle E.1 Fälle weltweiter Piraterie /50/

| Fälle weltweiter Piraterie* | | | | | |
|-----------------------------|------|------|---------|------|--------|
| Anstieg um | | | | | |
| | 2001 | 2002 | | 2003 | |
| SE Asia | 117 | 170 | 45,30% | 189 | 11,18% |
| Afrika | 67 | 78 | 16,42% | 93 | 19,23% |
| India | 26 | 52 | 100,00% | 87 | 67,31% |
| Amerika | 37 | 65 | 75,68% | 72 | 10,77% |
| Rest | | 4 | | 5 | |
| Summe | 247 | 369 | 49,39% | 446 | 20,87% |
| * Quelle: IMB | | | | | |

Die 12 (gegenwärtigen) Anti-Terrorismus-Konventionen /75/

- Convention on Offences and Certain Other Acts Committed on Board Aircraft, done at Tokyo on 14 September 1963.
- Convention for the Suppression of Unlawful Seizure of Aircraft, done at The Hague on 16 December 1970.
- Convention for the Suppression of Unlawful Acts against the Safety of Civil Aviation, done at Montreal on 23 September 1971.
- Convention on the Prevention and Punishment of Crimes Against Internationally Protected Persons, including Diplomatic Agents, adopted by the General Assembly of the United Nations on 14 December 1973.
- International Convention against the Taking of Hostages, adopted by the General Assembly of the United Nations on 17 December 1979.
- Convention on the Physical Protection of Nuclear Material, adopted at Vienna on 3 March 1980.
- Protocol for the Suppression of Unlawful Acts of Violence at Airports Serving International Civil Aviation, Supplementary to the Convention for the Suppression of Unlawful Acts against the Safety of Civil Aviation, done at Montreal on 24 February 1988.
- Convention for the Suppression of Unlawful Acts against the Safety of Maritime Navigation, done at Rome on 10 March 1988.
- Protocol for the Suppression of Unlawful Acts against the Safety of Fixed Platforms Located on the Continental Shelf, done at Rome on 10 March 1988.
- Convention on the Marking of Plastic Explosives for the Purpose of Detection, done at Montreal on 1 March 1991.
- International Convention for the Suppression of Terrorist Bombings, adopted by the General Assembly of the United Nations on 15 December 1997.
- International Convention for the Suppression of the Financing of Terrorism, adopted by the General Assembly of the United Nations on 9 December 1999.

Anhang F

Beispiel für einen terroristischen Sprengstoffanschlag (Seemine) "The Worst Case"

Eine terroristische Gruppe hat sich eine Mine mit 730 kg Ladungsmasse organisiert. Diese Mine soll als Grundmine funkfern- oder selbst gezündet werden. Ein Fährschiff mit gegebenen Parametern soll vor dem Einlaufen in einen Hafen gefährdet werden. Dabei soll eine hohe Anzahl von Personen sowie das Schiff geschädigt werden. Die Gruppe hat umfangreiche Kenntnisse in der Anwendung von Sprengstoffen und besitzt gute Sachkenntnis zur Schifffahrt. Es wurden einige Fährpassagen vorgenommen.

Detonationsparameter:

- Art des Sprengstoffes, Ladungsmasse, Art der UWD, Auslösemechanismus, Detonationstiefe

Schiffsparameter:

- Länge, Breite, Tiefgang, Schiffstyp, Höhe-Wasserlinie, Höhe zum Ladendeck
- Stabilitätsparameter (GM, Abteilungsstatus, Anzahl Abteilungen ...)
- Ladung, Anzahl Personen

Umweltparameter:

- Wind, Seegang, Sicht, Wetter, Wassertiefe, Bodenstruktur

Beim Einlaufen in einen Hafen wird ein Fährschiff um 21:00 Uhr im Winter während der Manöverfahrt durch eine UWD getroffen. Das Fährschiff ist 170 m lang und 24 m breit. Es transportiert 2.200 t verschiedene Güter in Waggons und einen Personenzug, sowie PKW, LKW und Busse. An Bord sind 703 Passagiere und 62 Besatzungsmitglieder. Der Tiefgang beträgt 5,80 m. Die Höhe des Wasserspiegels zum unteren Ladendeck (8,0 m über Kiel) beträgt 2,20 m, die maximale Zuladung ist erreicht. Das Schiff hat 17 wasserdichte Abteilungen und einen Zweiabteilungsstatus. Bei guter Sicht, Wind Bf 6-8 aus westlicher Richtung, Seegang von 1-2 m, einer Wassertiefe von 15 m mit felsigem, granitähnlichem Untergrund detoniert eine Grundmine mit 730 kg Ladungsmasse in 10 m Wassertiefe auf Höhe 1/3 der Schiffslänge von vorn gerechnet.

Die Detonation an Backbordseite erschüttert das Fährschiff. Es wird um ca. 2 m in z-Richtung versetzt und taucht schlagartig wieder ein. Dieser Hebevorgang dauert etwa 0,5 Sekunden. Eine Detonationsfontäne von etwa 1/3 der Schiffslänge bringt 80 -100 t Wasser in eine Höhe bis über die obersten Antennen von etwa 40m. Ein Teil dieser Wassermasse schlägt mit voller Wucht auf die Decksflächen. Stühle an Deck, die festen Tische auf dem Oberdeck sowie Rettungsboot Nr. 2+4 werden aus den Verankerungen gerissen und über Bord gespült. Einige Passagiere werden vom Wasser erschlagen bzw.

von Deck gespült. Mehrere Scheiben auf der vorderen Brücke und im Restaurant gehen zu Bruch. Im Restaurant werden viele Tische ausgerissen. Geschirr und Gläser zerschellen. Von den 225 Personen im Restaurant werden viele mit Knochenbrüchen gefunden. 15 Personen erleiden lebensgefährliche Hirnblutungen. 46 Personen sind bewusstlos. 24 Personen sind sofort tot. Im Cafeteria und Loungebereich wird ein ähnlicher Vorgang verzeichnet.

Die Außenhaut des Schiffes wird durchschlagen, das Leck hat eine Gesamtfläche von ca. 12 m². Mehrere Schweißnähte in angrenzenden Bereichen sind gebrochen. Alle 4 Hauptmaschinen sind aus den Fundamenten gerissen. Ein Blackout verursacht totalen Stromausfall. Notgeneratoren und andere technische Anlagen sind defekt. Aus gerissenen Rohrleitungen tritt Wasser aus. Die Hauptschalttafel im MKR sowie weitere 3 Bereiche an Bord geraten in Brand. Im Maschinenraum tritt Öl aus. Wasser läuft durch die entstandenen Lecks rasch in mind. 2 Abteilungen des Schiffes. In den Treppenhäusern und in den Gängen von Deck 8 bis Deck 2 fließt Wasser aus diversen Rohrleitungen. Aus dem Schiff tritt Öl aus und liegt als ein Teppich von mehreren Quadratmetern um das Schiff. Im unteren Ladedeck sind Waggons verrutscht. Einige LKW sind beschädigt. Diverse PKW sind beschädigt und liegen übereinander. Öl und andere schmierige Substanzen überziehen die Ladedecks. Es riecht nach Benzin und Diesel.

Der Tiefgang des Schiffes nimmt schnell zu und der Verlust der Stabilität und Schwimmfähigkeit steht unmittelbar bevor. Eine Schlagseite von 12° nach Backbord wird festgestellt, die zunächst gleich bleibt. Nach einer Minute vergrößert sich die Schlagseite stetig. Das Aussenden von Notsignalen oder Meldungen über die Bordanlagen ist nicht möglich, da kein Strom vorhanden ist. Die Reservebatterien und –akkumulatoren sind beschädigt oder herausgerissen. Der Kapitän versucht, über die GMDSS Handsprechfunkgeräte ein "Mayday" abzusetzen.

Das Schiff kentert in weniger als drei Minuten nach der Detonation.

Anhang G

Angaben zu durchgeführten Leckstabilitätsrechnungen des Beispielschiffes

| GM max 3,19m | Leckgröße | betroffene Abteilung(en) | GM min[m] | Φ max [°] | W_{kentern} | Flutung nach | |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|-----------|-------------------|----------------------|-----------------|---------|
| Lecktiefe 1m | 2m ² | 5 | 2,53 | 0,13 | | 74 sek | |
| | | 5+6 | 1,82 | 0,19 | | 198 sek | |
| | 6m ² | 5 | 2,54 | 0,38 | | 25 sek | |
| | | 11 | 2,27 | 0,59 | | 44 sek | |
| | | 5+6 | 1,85 | 0,56 | | 67 sek | |
| | 15m ² | 11+12 | 1,63 | 0,71 | | 109 sek | |
| | | 11 | 2,29 | 1,45 | | 18 sek | |
| | | 13 | 2,47 | 1,47 | | 26 sek | |
| | Lecktiefe 0,3m | 2m ² | 5+6 | 0,41 | 0,64 | | |
| | | 6m ² | 5+6 | 0,43 | 1,87 | | 202 sek |
| Lecktiefe 3m | 2m ² | 5 | 2,53 | 0,21 | | 55 sek | |
| | | 5+6 | 1,82 | 0,3 | | 150 sek | |
| | 6m ² | 5 | 2,55 | 0,63 | | 19 sek | |
| | | 11 | 2,29 | 0,71 | | | |
| | | 5+6 | 1,85 | 0,9 | | 51 sek | |
| | 15m ² | 11+12 | 1,63 | 1,06 | | 92 sek | |
| | | 11 | 2,31 | 1,74 | | 13 sek | |
| | | 13 | 2,49 | 1,51 | | 21 sek | |
| | | 11+12 | 1,66 | 2,56 | | 35 sek | |

Abb. G.1 Leckstabilitätsrechnung für "Schiff in Ballast"

| GM max 2,10m | Leckgröße | betroffene Abteilung(en) | GM min | Φ max | W_{kentern} | Flutung nach |
|-----------------|------------------|-----------------------------|--------|---------------|----------------------|-----------------|
| Lecktiefe 1m | 1m ² | 5 | 1,5 | 0,1 | | 144 sek |
| | | 5+6 | 0,86 | 0,17 | | |
| | 4m ² | 5 | 1,5 | 0,38 | | 37 sek |
| | | 11 | 1,26 | 0,57 | | 68 sek |
| | | 5+6 | 0,86 | 0,68 | | 99 sek |
| | 15m ² | 11+12 | 0,69 | 1,55 | | 168 sek |
| | | 11 | 1,29 | 2,1 | | 19 sek |
| | | 5+6 | -0,14 | > 45 | 23 sek | |
| | | 11+12 | 0,72 | 4,1 | | 45 sek |

Abb. G.2 Leckstabilitätsrechnung für "Schiff teilbeladen"

| GM max 1,67m | Leckgröße | betroffene Abteilung(en) | GM min | Φ max | W_{Kentern} | Flutung nach | |
|------------------|------------------|-----------------------------|--------|---------------|----------------------|-----------------|--------|
| Lecktiefe 1m | 1m ² | 5 | 1,05 | 0,11 | | 207 sek | |
| | | 5+6 | 0,43 | 0,25 | | | |
| | 6m ² | 5 | 0,51 | 1,3 | | 77 sek | |
| | | 11 | 0,91 | 1,03 | | 48 sek | |
| | | 5+6 | -0,68 | > 45 | 23 sek | | |
| | 15m ² | 5 | 0,53 | 3,26 | | 28 sek | |
| | | 13 | 1,08 | 2,53 | | 28 sek | |
| | | 5+6 | -0,61 | > 45 | 12 sek | | |
| | | 11+12 | 0,38 | 7,37 | | 47 sek | |
| | | 12+13 | 0,55 | 5,16 | | 58 sek | |
| | Lecktiefe 3m | 1m ² | 5 | 1,12 | 0,21 | | 93 sek |
| | | | 5+6 | 0,51 | 0,39 | | |
| | | 6m ² | 5 | 1,14 | 1,23 | | 16 sek |
| 11 | | | 0,91 | 1,53 | | 36 sek | |
| 5+6 | | | 0,55 | 2,38 | | 44 sek | |
| 15m ² | | 5 | 1,17 | 2,98 | | 8 sek | |
| | | 13 | 1,1 | 2,94 | | 21 sek | |
| | | 5+6 | 0,57 | 6,14 | | 19 sek | |
| | | 11+12 | 0,38 | 10,47 | | 38 sek | |
| | | 12+13 | 0,58 | 7,41 | | 48 sek | |

Abb. G.3 Leckstabilitätsrechnung für "Schiff voll abgeladen"

Leckrechnungen für verschiedene Zustände von Schiff und Wassereinbruchsstelle im Bereich der Abteilungen 5 und 6

| ungünstige Bedingungen, Schiff voll abgeladen | | | | | | | | | | |
|---|------|----|----|----|----|-------|------|-----|-----|-------|
| Lecktiefe 1m | 1m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,24 | 0,38 | | 450 | 5b+6b |
| | 2m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,75 | > 45 | 158 | | 5b+6b |
| | 4m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,85 | > 45 | 45 | | |
| | 6m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,81 | > 45 | 24 | | |
| | 15m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,78 | > 45 | 15 | | |
| Lecktiefe 2m | 1m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,33 | 0,46 | | 300 | 5a+6a |
| | 2m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,33 | 0,91 | | 150 | 5a+6a |
| | 4m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,34 | 1,83 | | 76 | 5a+6a |
| | 6m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,36 | 2,77 | | 51 | |
| | 15m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,5 | > 45 | 30 | | |

| ungünstige Bedingungen, Schiff teilbeladen | | | | | | | | | | |
|--|------|----|----|----|----|-------|------|----|-----|-------|
| Lecktiefe 1m | 1m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,57 | 0,25 | | 389 | 5a+6a |
| | 2m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,58 | 0,49 | | 197 | 5a+6a |
| | 4m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,59 | 0,98 | | 99 | 5a+6a |
| | 6m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,35 | > 45 | 72 | | |
| | 15m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,48 | > 45 | 20 | | |
| Lecktiefe 2m | 1m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,57 | 0,33 | | 307 | 5a+6a |
| | 2m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,58 | 0,66 | | 155 | 5a+6a |
| | 4m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,6 | 1,33 | | 77 | 5a+6a |
| | 6m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,6 | 2,01 | | 53 | 5a+6a |
| | 15m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,66 | 4,74 | | 22 | 5a+6a |

| GM max 1,67m | Leckgröße | theoretisch, betroffene Abteilung(en) | | | | GM min | Φ max | W nach [s] | Flutung nach [s] | nicht betroffen |
|-----------------|-----------|---------------------------------------|----|----|----|--------|----------|---------------|---------------------|--------------------|
| Lecktiefe 1m | 1m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,43 | 0,44 | | 451 | 5b+6b |
| | 2m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,59 | > 45 | 175 | | |
| | 4m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,68 | > 45 | 36 | | |
| | 6m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,68 | > 45 | 23 | | |
| | 15m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,61 | > 45 | 13 | | |
| Lecktiefe 2m | 1m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,51 | 0,32 | | 209 | 5a+6a |
| | 2m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,52 | 0,65 | | 150 | 5a+6a |
| | 4m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,52 | 1,31 | | 76 | 5a+6a |
| | 6m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,54 | 1,97 | | 51 | 5a+6a |
| | 15m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,32 | > 45 | 79 | | |

| ungünstige Bedingungen, Schiff in Ballast | | | | | | | | | | wirksame Leckgröße [m²] | |
|---|------|----|----|----|----|-------|------|----|----|----------------------------|------|
| Lecktiefe 1m | 6m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 1,1 | 1,01 | | 69 | 5a+6a | |
| | 15m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 1,13 | 2,51 | | 27 | 5a+6a | |
| | 20m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,02 | > 45 | 63 | | | 18,4 |
| Lecktiefe 0,5 | 6m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 1,09 | 0,79 | | 85 | 5a+6a | |
| | 15m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,05 | > 45 | 49 | | | 11,9 |
| | 20m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,11 | > 45 | 38 | | | 14,4 |

| Schiff abgeladen | Leckgröße | theoretisch, betroffene Abteilung(en) | | | | GM min | Φ max | W nach [s] | Flutung nach [s] | nicht betroffen | wirksame Leckgröße |
|---|-----------|---------------------------------------|----|----|----|--------|----------|---------------|---------------------|--------------------|-----------------------|
| ungünstige Bedingungen, Schiff voll abgeladen | | | | | | | | | | | |
| Lecktiefe 1m | 1m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,24 | 0,38 | | 451 | 5b | |
| | 2m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,79 | > 45 | 157 | | | |
| | 4m² | 5a | 5b | 6a | 6a | -0,78 | > 45 | 11 | | | |
| | 6m² | 5a | 5b | 6a | 6a | -0,77 | > 45 | 12 | | | 5 |
| | 15m² | 5a | 5b | 6a | 6a | -0,74 | > 45 | 18 | | | 11,7 |
| Lecktiefe 2m | 1m² | 5a | 5b | 6a | 6a | 0,92 | 0,1 | | 212 | 5a+6a | 0,5 |
| | 2m² | 5a | 5b | 6a | 6a | 0,92 | 0,2 | | 106 | 5a+6a | 1 |
| | 4m² | 5a | 5b | 6a | 6a | 0,93 | 0,4 | | 53 | 5a+6a | 2 |
| | 6m² | 5a | 5b | 6a | 6a | 0,93 | 0,6 | | 37 | 5a+6a | 3 |
| | 15m² | 5a | 5b | 6a | 6a | -0,15 | > 45 | 145 | | | |
| ungünstige Bedingungen, Schiff voll abgeladen | | | | | | | | | | | |
| Lecktiefe 1m | 1m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,85 | 0,06 | | 414 | 5b+6b | |
| | 2m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,77 | > 45 | 417 | | | 1,1 |
| | 4m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,77 | > 45 | 51 | | | 2,6 |
| | 6m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,76 | > 45 | 29 | | | 4 |
| | 15m² | 5a | 5b | 6a | 6b | -0,74 | > 45 | 13 | | | 10,8 |
| Lecktiefe 2m | 1m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,33 | 0,46 | | 300 | 5a | |
| | 2m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,33 | 0,91 | | 150 | 5a | 2 |
| | 4m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,34 | 1,89 | | 76 | 5a | 4 |
| | 6m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,36 | 2,77 | | 51 | 5a | |
| | 15m² | 5a | 5b | 6a | 6b | 0,07 | 6,28 | | 22 | | |
| ungünstige Bedingungen, Schiff in Ballast | | | | | | | | | | | |
| Lecktiefe 1m | 6m² | 5a | 5b | 6a | 6a | 1,82 | 0,39 | | 51 | 5a+6a | 3 |
| | 15m² | 5a | 5b | 6a | 6a | 1,84 | 0,97 | | 21 | 5a+6a | 7,5 |
| | 20m² | 5a | 5b | 6a | 6a | 0,45 | 1,05 | | 105 | | 10,5 |
| Lecktiefe 0,5 | 6m² | 5a | 5b | 6a | 6a | 1,82 | 0,4 | | 66 | 5a+6a | 3 |
| | 15m² | 5a | 5b | 6a | 6a | 0,4 | 1,85 | | 79 | | 8 |
| | 20m² | 5a | 5b | 6a | 6a | 0,39 | 1,98 | | 60 | | 10,4 |

Abb. G.4 Spezielle Berechnungsergebnisse

Anhang H

Risikobetrachtungen

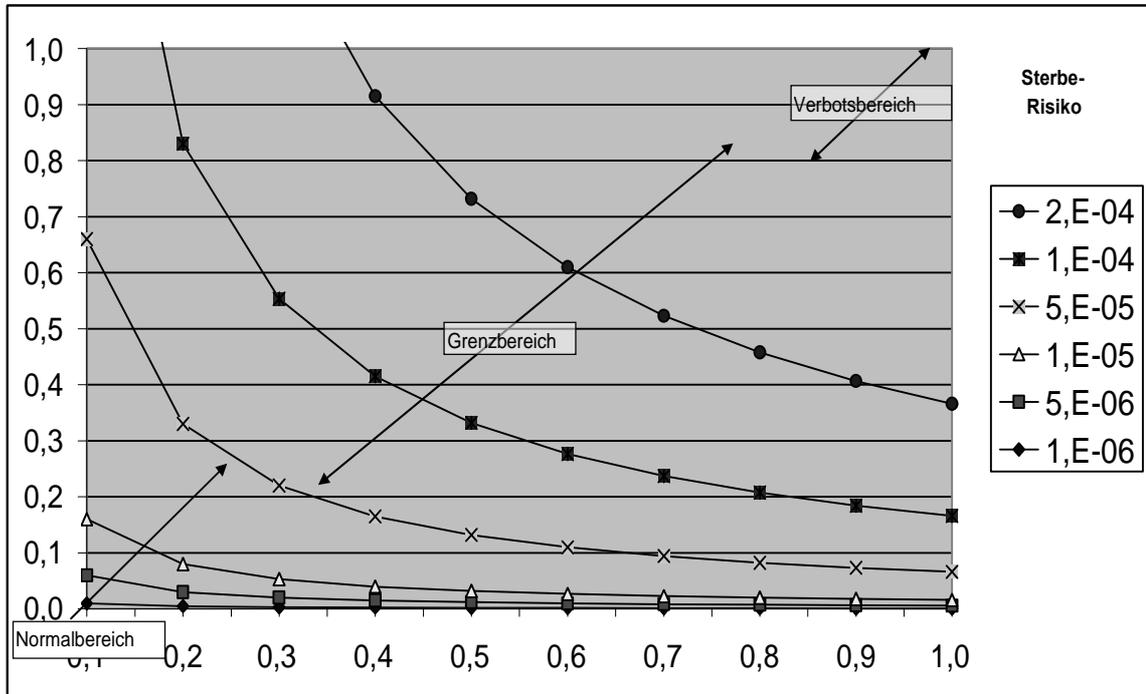


Abb. H.1 Sterberisiko bedrohlicher Handlungen