

Schlussbericht

der Forschungsstelle(n)

N09550/07 DST - Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e.V.

zu dem über die



im Rahmen des Programms zur
Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)

vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

geförderten Vorhaben **15858 N**

***Technisches Schiffsalter – Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung des technischen
Alters modernisierter Binnenschiffe aus sicherheitstechnischer Sicht***

(Bewilligungszeitraum: 1.11.2008 - 31.10.2010)

der AiF-Forschungsvereinigung

DST - Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e.V.

Duisburg, 23.2.2011

Ort, Datum

Berthold Holtmann

Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s)
an der/den Forschungsstelle(n)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	4
2.	Veranlassung und Ziel	5
3.	Methodischer Ansatz / Vorgehensweise	8
3.1	Ansätze aus anderen Branchen / Analogien	8
3.2	Das Schadensrisiko als Indikator für das technische Alter	10
4.	Sicherheitsrelevante Komponenten und sonstige sicherheitsrelevante Aspekte	13
4.1	Allgemeine Merkmale	13
4.2	Risikokomponenten	14
4.2.1	Antriebsanlage	14
4.2.2	Rudermaschine / Ruderanlage	15
4.2.3	Bugstrahlanlage	16
4.2.4	Hüllentyp (Einfach- / Doppelhülle)	17
4.2.5	Plattendicke	17
4.2.6	Ladungsart	18
5.	Konzept zur Schadensrisiko-Ermittlung und zur Ableitung des technischen Alters	20
5.1	Vorgehensweise zur Ermittlung des Schadensrisikos	20
5.2	Risikobewertung	27
5.3	Ermittlung des technischen Alters	28
6.	Datenerhebung / Informationsgewinnung / Verarbeitung der Befragungsdaten	34
6.1	Sekundärstatistische Quellen: Unfallstatistiken, Unfallberichte, Versicherungsdaten	34
6.2	Expertenbefragung	35
6.3	Daten- und Ergebnisabgleich / Plausibilitätsprüfungen	39
6.4	Ergebnisse der Expertenbefragung	40
6.5	Übertragung der Befragungsergebnisse auf andere Randbedingungen	43

7.	Berechnungsmodell zur Ermittlung des technischen Alters modernisierter Binnenschiffe	47
7.1	Gestaltung und Anwendung des Berechnungsmodells	47
7.2	Berechnungsergebnisse	53
7.2.1	Relevanz der Risikokomponenten für das technische Schiffsalter	54
7.2.2	Einfluss des Grundtyps auf das technische Schiffsalter	56
7.3	Möglichkeiten zur Optimierung und Verfeinerung des Berechnungsmodells	59
8.	Fazit und Ausblick	61
9.	Quellen / Literatur	64

Anlagen

1. Zusammenfassung

Das Ziel des Vorhabens, die Entwicklung eines Verfahrens, mit dem es möglich wird, das von einem älteren modernisierten Schiff ausgehende Risiko mit dem Risiko vergleichbar zu machen, das von einem jüngeren aber nicht modernisierten Schiff ausgeht, wurde erreicht.

Mit dem dem Verfahren zugrunde liegenden Berechnungsmodell können die schiffsspezifischen Risiken ermittelt werden; diese wiederum können in ein sicherheitstechnisches Alter transferiert werden.

Sicherheitstechnische Maßnahmen wie z.B. Erneuerungs- und Modernisierungsmaßnahmen an den besonders sicherheitsrelevanten Risikokomponenten können in Risiko-Verminderungen und diese wiederum in Reduktionen des technischen Alters umgerechnet werden. Damit besteht die Möglichkeit, Schiffseignern und Verladern ein Instrument zur Verfügung zu stellen, das ihnen eine risikoorientierte sicherheitstechnische Bewertung von Binnenschiffen ermöglicht, welche auch die Auswirkungen durchgeführter Modernisierungsmaßnahmen in die Betrachtung einbezieht.

Die Schiffseigner – in vielen Fällen sog. „Partikuliere“ mit i.d.R. einem eigenen Schiff (KMU) – haben durch dieses Verfahren die Möglichkeit, das vordergründig oft hohe nominale Alter und vermeintlich hohe Risiko ihres Schiffs zu relativieren, wenn sie an den entscheidenden Stellen (Risikokomponenten) Modernisierungs- oder Erneuerungsmaßnahmen vornehmen. Das Verfahren zeigt ihnen auch auf, welche Maßnahme welchen Effekt für das Schadensrisiko und das technische Alter ihres Schiff haben würde, so dass eine gezielte Beeinflussung dieser Größen möglich ist.

Eine hinreichende Akzeptanz dieses Verfahrens in der Verladerschaft vorausgesetzt, eröffnet ihnen dies insgesamt verbesserte Chancen auf Einsätze ihres lt. Schiffsattest nominal alten Schiffs auf dem Markt für Transportdienstleistungen.

Die Existenz und mögliche Übertragbarkeit von Verfahren zur Ermittlung eines technischen Alters in anderen Branchen wurden überprüft, jedoch nicht als praktikabel eingeschätzt. Aus diesem Grund war der mit der Projektbearbeitung verbundene Arbeitsaufwand notwendig und angemessen.

Das Forschungsvorhaben wurde im Programm zur Förderung der „Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie über die AiF finanziert.

Die Projektergebnisse werden nach Fertigstellung des Endberichts auf der Homepage des DST veröffentlicht.

2. Veranlassung und Ziel

In der Vergangenheit haben größere Binnenschiffsunfälle zu einer Sensibilisierung der Öffentlichkeit und häufig emotional geführten Diskussionen über Sicherheits- und Umweltstandards in der Schifffahrt geführt. Dabei stand das Schiffsalter als vermutete Ursache bei der Berichterstattung der Medien häufig im Vordergrund.

Insbesondere in der Tankschifffahrt haben sich vor diesem Hintergrund Anforderungen der verladenden Wirtschaft herausgebildet, die vielfach auf eine Altersbegrenzung der eingesetzten Schiffe hinauslaufen. So bestehen z.B. aktuelle Vorgaben aus Teilen der Mineralölwirtschaft, nach denen Binnentankschiffe ab dem Jahr 2010 nur noch als Doppelhüllenschiffe mit einem Maximalalter von 30 Jahren akzeptiert werden. Auch seitens der Stahl herstellenden und -verarbeitenden Industrie sind Tendenzen erkennbar, denen zufolge für den Transport hochwertiger Halbfertigprodukte zukünftig verstärkt ein Einsatz „jüngerer“ Schiffe gefordert werden dürfte.

Schiffe sind langlebige Investitionsgüter, die vielfach über mehrere Jahrzehnte im Einsatz sind. Dies gilt für Binnenschiffe in noch stärkerem Maße als für Seeschiffe, da bei der Binnenfahrt die hohen Belastungen aus den rauen Einsatzbedingungen auf See (z.B. Schwingungen und Torsion im Seegang und darüber hinaus Korrosion durch Salzwasser bzw. feuchte, salzhaltige Luft) entfallen. So weisen die deutschen Binnenfrachtschiffe derzeit ein Durchschnittsalter von gut 50 (Trockengüter-Motorschiffe) bzw. 30 (Tankschiffe) Jahren auf¹.

Sicherlich steigt die Wahrscheinlichkeit für ein technisches Versagen der sicherheitsrelevanten Komponenten eines Schiffes mit zunehmendem Alter, so dass das Schiffsalter durchaus als ein erster Indikator für die Schiffssicherheit angesehen werden kann. Gleichzeitig ist jedoch zu berücksichtigen, dass gerade bei Binnenschiffen aufgrund ihrer Langlebigkeit neben regelmäßigen Pflege- und Wartungsarbeiten auch vielfach ein Austausch ganzer Komponenten vorgenommen wird. Sofern diese Komponenten sicherheitsrelevant sind, wird damit zugleich die Wahrscheinlichkeit für ein technisches Versagen und damit das von einem Schiff ausgehende Unfallrisiko beeinflusst. Diese Zusammenhänge gehen jedoch verloren, wenn von Seiten der Verloader ausschließlich auf das Schiffsalter Bezug genommen wird, das aus dem im Schiffsattest verzeichneten Baujahr des Schiffes zu entnehmen ist.

So bleibt beispielsweise bei einem Einhüllentankschiff, das 1981 gebaut wurde und

- im Jahre 1986 ein neues Vor- und Mittelschiff erhielt sowie
- im Jahre 2006 zum Doppelhüllenschiff umgerüstet wurde,

das registrierte Schiffsalter jedoch weiterhin 1981. Das Schiff erfüllt zwar die heute geltenden Sicherheitsanforderungen der Rheinschiffsuntersuchungsordnung (RheinSchUO) und der ADNR-Vorschriften wie auch antizipierte Anforderungen (Doppelhülle) der Zentralkommission für die Rheinschifffahrt, könnte aber aufgrund des registrierten Alters aus Sicht bestimmter Verloader voraussichtlich ab 2011 nicht mehr eingesetzt werden.

Auch die wenigen verfügbaren statistischen Daten scheinen die Sichtweise der Verloader zu widerlegen. Die folgende Tabelle 1 zeigt, wie stark die jeweiligen Schiffs-Altersgruppen in den Jahren 1996 bis 1998 an Binnenschiffsunfällen beteiligt waren:

¹ Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes; Zentrale Binnenschiffsbestandsdatei, 2009

Baujahr →	1990 - 1998	1980 - 1989	1970 - 1979	1950 - 1969	1930 - 1949	< 1930
Anzahl Binnenschiffsunfälle in Deutschland aufgrund technischer Ursachen in den Jahren 1996 bis 1998 ^{a)}	5	16	40	78	8	13
Anzahl Unfälle gemessen am Schiffsbestand in der deutschen Binnenflotte (Index ^{b)})	227	113	162	117	43	38
Anzahl Unfälle gemessen am Schiffsbestand in der europäischen Binnenflotte (Index ^{b)})	159	165	255	97	36	45

Tab. 1: Unfallhäufigkeit nach Baujahren, gemessen am Schiffsbestand ^{c)}

Anmerkungen zur o.a. Tabelle

^{a)} Basis: 160 auswertbare Unfallbericht-Datensätze; die tatsächliche Anzahl Unfälle lag höher

^{b)} Ein Index von > 100 bedeutet eine überproportionale Unfallbeteiligung des jeweiligen Baujahrs

^{c)} Quelle: Unfallberichte; ZKR; eigene Berechnungen

Da die verfügbaren Unfallbericht-Datensätze keine Angaben zur Flagge der unfallbeteiligten Schiffe enthielten, konnte letztendlich keine optimale Bezugsgröße – dies wären Schiffsbestandszahlen nach Flaggen und Baujahren – für die Ermittlung der relevanten Quoten herangezogen werden. Ersatzweise wurden in Tab. 1 die Unfallzahlen sowohl auf die deutsche Binnenflotte, als auch auf die gesamte europäische Binnenflotte bezogen. Insofern sollten die hier angegebenen Zahlen nicht „überinterpretiert“ werden.

Doch trotz der relativ geringen Zahlenbasis und der unvermeidbaren Ungenauigkeiten läßt sich feststellen, dass offenbar

- die ältesten Schiffe (Baujahr vor 1950) und
- auch die älteren Schiffe (Baujahr 1950 – 1969)

eher unterproportional oder allenfalls durchschnittlich am Unfallgeschehen beteiligt waren. Hier liegt die Vermutung nahe, dass dies auf zwischenzeitlich durchgeführte Ersatz- und Modernisierungsmaßnahmen zurückzuführen ist².

Demgegenüber deuten die Zahlen darauf hin, dass die jüngeren, zum damaligen Zeitpunkt bis zu etwa 30 Jahre alten Schiffe, überproportional – also stärker als es ihrem Anteil an der Flotte entspricht – in Unfälle involviert waren; eine mögliche Erklärung hierfür könnte darin liegen, dass viele Schiffe in diesem Alter inzwischen „in die Jahre gekommen“ waren und nun einen gewissen Bedarf an Ersatz- und Modernisierungsmaßnahmen haben, um wieder einen höheren technischen Sicherheitsstandard zu erreichen.

Da einem potentiellen Auftraggeber nur das im Schiffsregister eingetragene Baujahr zur Einschätzung der altersbedingten technischen Risiken eines Schiffes zur Verfügung steht, kann eine Änderung der heutigen Situation nur dann erreicht werden, wenn den Entscheidungsträgern ein aussagekräftiger Indikator angeboten werden kann, der Modernisierungsmaßnahmen berücksichtigt und damit das tatsächliche technische Risiko zutreffender kennzeichnet als das heute hierfür verwendete Schiffsalter.

² Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei älteren Schiffen aufgrund ihrer geringeren Einsatzzeiten und kleineren Abmessungen vermutlich ein geringeres Unfallrisiko als bei jüngeren Schiffen besteht.

Die Idee für dieses Projekt wurde aus dem Binnenschiffahrtsgewerbe an das DST herangetragen. Dabei handelt es sich um eine grundsätzlich neuartige Aufgabenstellung, denn bisher wurden Fragen zum Zusammenhang zwischen Schiffsalter und technischem Versagen sowie zur Zusammensetzung des Gesamtrisikos aus den Risikoanteilen der einzelnen sicherheitsrelevanten Schiffskomponenten nicht untersucht.

Das Ziel des Vorhabens bestand darin, ein Verfahren zu erarbeiten, mit dem es möglich wird, das von einem älteren modernisierten Schiff ausgehende Risiko vergleichbar zu machen mit dem Risiko, das von einem jüngeren aber nicht modernisierten Schiff ausgeht. Bei Risikogleichheit (Risikoäquivalenz) wäre es dann gerechtfertigt, das technische Alter der älteren modernisierten Einheit festzusetzen auf den Wert der jüngeren aber nicht modernisierten Einheit.

Mit einem solchen Verfahren wird Interessenten ein Indikator zur Verfügung gestellt, der ihnen eine risikoorientierte sicherheitstechnische Bewertung von Binnenschiffen ermöglicht, die auch die Auswirkungen durchgeführter Modernisierungsmaßnahmen in die Betrachtung einbezieht.

Im folgenden Abschnitt wird zunächst dargestellt, ob und inwieweit in anderen Wirtschaftsbereichen bereits Ansätze zur Ermittlung eines technischen Alters existieren und ob diese sich für eine Übertragung auf das Binnenschiffahrtsgewerbe eignen³. Im Anschluß daran wird der dieser Untersuchung zugrunde gelegte methodische Ansatz beschrieben und erörtert.

³ Hierbei wird auf die modifizierte Vorgehensweise des Forschungsantrags abgestellt.

3. Methodischer Ansatz / Vorgehensweise

3.1 Ansätze aus anderen Branchen / Analogien

Zunächst wurde untersucht, ob und inwieweit bereits in anderen Branchen Verfahren zur Ermittlung eines technischen Alters existieren, die sinnvoll auf die Binnenschifffahrt übertragen werden können. Wenn eine solche Übertragung – Adaption und Anpassung – möglich wäre, hätte dies den Vorteil, auf ggf. schon bewährte Verfahren zurückgreifen zu können. Neben einer Einsparung von Entwicklungsaufwand wäre dann auch vor allem der Hinweis an die Adressaten des Verfahrens (Verlader) wertvoll, dass ein solches Verfahren bereits praktiziert wird und anerkannt ist.

Die Recherchen zum Thema „Technisches Alter“ in anderen Branchen erbrachten jedoch insgesamt keine für das zu bearbeitende Projekt unmittelbar nutzbaren Ansätze:

In der Versicherungswirtschaft wird dieser Terminus zur Festlegung des Versicherungsalters des zu Versicherten bei Versicherungsbeginn genutzt, indem aus dem Geburtsjahr des zu Versicherten und dem Jahr des Versicherungsbeginns ein („technisches“ Eintritts-) Alter ermittelt wird.

In der Immobilienbranche ist der Begriff technisches Alter im Zusammenhang mit der Ermittlung des Verkehrswertes eines Objektes – offensichtlich vor allem gängig in der Schweiz – von Bedeutung: Die Formulierung

„Gemäss Gebäudeversicherung wurden die tragenden Strukturen des hier abgebildeten Gebäudes im Jahre 1842 erstellt (sog. technisches Gebäudealter)“⁴

zeigt, dass für die Ermittlung des technischen Alters das Alter der für die Gebäudesicherheit maßgebenden Bauteile ausschlaggebend ist und dass insofern eine gewisse Parallele zum hier zugrunde gelegten Prinzip, das von einem Objekt (hier: Binnenschiff) ausgehende Risiko anhand des tatsächlichen Alters bestimmter sicherheitsrelevanter Komponenten – also Teilen des Schiffs – zu beurteilen, besteht.

Letztendlich dient das technische Alter in der Immobilienbranche damit jedoch lediglich als eines der Kriterien (unter anderen) zur Bestimmung des aktuellen Wertes eines Objektes.

Im Gegensatz dazu ist dies jedoch nicht Ziel oder Gegenstand dieses Vorhabens, wenngleich die Erneuerung bestimmter sicherheitsrelevanter Komponenten auf einem älteren Schiff einen Einfluß auf dessen Verkehrswert haben würde⁵.

Darüber hinaus bestehen auch begriffliche Unterschiede zur hier verwendeten Bedeutung des Begriffs „technisches Alter“, denn eine analoge Übertragung der im o.a. Zitat angegebenen Definition des technischen Alters auf die Binnenschifffahrt würde bedeuten, dass das technische Alter eines Binnenschiffs stets das Alter des Schiffs lt. Schiffsattest sein müsste, da sich das im Schiffsattest ausgewiesene Schiffsbaujahr nach dem Zeit-

⁴ Vgl. <http://weiachergeschichten.blogspot.com/2006/05/dreimal-post-weiach.html>; REWIMO – Recht, Wirtschaft, Immobilien: Glossar; (www.svp-twann.ch/IMOGlossar.pdf); www.concagutachten.ch/fileadmin/pdf/Einfuehrung_in_die_Immobilienbewertung.pdf

⁵ Dieser dürfte jedoch angesichts des geringen Anteils der in Frage kommenden Risikokomponenten am Gesamtwert auch eines älteren Schiffs eher relativ niedrig sein.

punkt der ersten Indienststellung des Schiffs richtet. Dies widerspricht jedoch diametral der Intention, ein vom tatsächlichen Alter (lt. Schiffsattest) abweichendes Alter als technisches Alter auszuweisen, welches einer erfolgten Erneuerung wichtiger sicherheitsrelevanter Komponenten Rechnung trägt. Denn trotz der Erneuerung dieser Komponenten würde – im Gegenteil – das technische Alter des Schiffs das Alter gemäß Schiffsattest bleiben.

Damit wird deutlich, dass das Konzept des „technischen Alters“ in der Immobilienbranche in einer anderen begrifflichen und inhaltlichen Bedeutung als in diesem Vorhaben verwendet wird.

Am ehesten scheint noch ein in der Papiermaschinenindustrie genutztes Konzept zum technischen Alter zu den Zielvorstellungen dieses Projektes zu passen. Lt. einer Studie⁶ ist das technische Alter von Papiermaschinen „ein Maß für den Stand der eingesetzten Technologie und des technologischen Fortschritts in der Papierindustrie. Bei der Ermittlung des technischen Alters werden das Baujahr der Maschine sowie Erneuerungsmaßnahmen, Nachrüstungen und Instandhaltung zu einem vergleichbaren Parameter zusammengefasst ...“

Letzteres ist zwar eine Parallele zur beabsichtigten Berücksichtigung von Modernisierungsmaßnahmen bei Binnenschiffen in Form einer Verringerung des tatsächlichen Schiffsalters zu einem modernisierungsbedingt niedrigeren technischen Alter. Im Gegensatz zu dem hier bearbeiteten Projekt zielt das Konzept des technischen Alters bei Papiermaschinen jedoch primär auf die Faktoren Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit: Maßnahmen zur Erneuerung und Modernisierung dienen dazu, Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Maschinen zu erhalten bzw. zu erhöhen. Ein geringes tatsächliches oder technisches Alter steht bei solchen Maschinen beispielsweise für

- höhere Kapazitäten sowie
- eine höhere Energie-Effizienz

und – damit verbunden – niedrigere Stückkosten als bei Maschinen mit einem höheren Alter.

Demgegenüber ist das technische Alter im Sinne dieses Projektes unmittelbar auf Sicherheitsaspekte fokussiert; Wettbewerbs- und Wirtschaftlichkeitsaspekte kommen zwar auch hier zum Tragen, jedoch lediglich mittelbar, weil grundsätzlich leistungsfähige und sichere Schiffe allein wegen ihres nominellen Alters von einer Marktteilnahme mehr oder weniger ausgeschlossen werden (s.o.), was für deren Eigner wirtschaftliche Konsequenzen hat.

Schon der Ausgangspunkt des Konzepts zum technischen Alter in der Papiermaschinenindustrie ist also ein anderer als in diesem Projekt, weshalb der Versuch, Analogieschlüsse zu ziehen oder andere Erkenntnisse abzuleiten hier nicht weiter verfolgt werden konnte.

⁶ s.u.a. Jaakko Pöyry Consulting: Struktur und Marktanalyse der Holz verbrauchenden Industrie in Nordrhein-Westfalen, 2002; Ministerium für Schule, Wissenschaft und Forschung NRW und Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (Auftraggeber): Clusterstudie Forst & Holz, Gesamtbericht, Juli 2003

O.a. Gründe sprechen dafür, dass vor dem Hintergrund des in dieser Untersuchung verfolgten Konzepts eines technischen Alters eine Übertragung von Methoden oder Erkenntnissen aus den o.g. Branchen auf die Binnenschifffahrt aufgrund von begrifflichen und vor allem inhaltlichen Unterschieden nicht zielführend ist.

Aus diesem Grund wird im Folgenden der methodische Ansatz zugrunde gelegt und ausgearbeitet, der ursprünglich im Projektantrag beschrieben wurde.

Auf Basis dieses Ansatzes wird ein standardisiertes Verfahren zur Ermittlung des technischen Schiffsalters entwickelt, das zugleich den Charakteristika typischer Schiffsklassen (Größen, Typen) Rechnung trägt.

3.2 Das Schadensrisiko als Indikator für das technische Alter

Der von Verlagerseite angenommene Zusammenhang zwischen dem nominellen Schiffsalter (lt. Schiffsattest) und der Schiffssicherheit wird durchbrochen, sobald an den sicherheitsrelevanten Komponenten eines Schiffs Modernisierungs- oder Erneuerungsmaßnahmen durchgeführt werden. In Folge derartiger Maßnahmen sinkt die Schadenswahrscheinlichkeit, so dass ältere modernisierte Einheiten bezüglich der von ihnen ausgehenden Risiken jüngeren Einheiten vergleichbar werden. Im Grenzfall einer Erneuerung sämtlicher sicherheitsrelevanter Komponenten hätte ein älteres Schiff vom Grundsatz her das gleiche Risiko wie ein neues.

Ein Verfahren, das diesem Aspekt Rechnung trägt, hatte zu berücksichtigen, dass das Risiko eines Schiffs aus verschiedenen Teilkomponenten resultiert, die jeweils über eine spezifische Risikostruktur verfügen. So ist zum Beispiel die Risikostruktur, die von einem Ruder ausgeht (durchschnittliche Schadenshöhe und Schadenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Alter des Ruders) anders einzuschätzen als die Risikostruktur, die mit der Antriebs- oder Bugstrahlanlage verbunden ist. Außerdem war zu beachten, dass die Risiken zugleich mit dem Schiffstyp wie auch mit der Größe der Schiffseinheiten variieren.

Die relevanten Parameter und deren Beziehungen sind wie folgt zu kennzeichnen, wobei der Einfachheit halber von einem gegebenen Schiffstyp und einer gegebenen Schiffsgröße ausgegangen wird:

- i: Anzahl der Schiffskomponenten, aus denen ein Schaden resultieren kann
- S_i : durchschnittliche Schadenshöhe, wenn es aufgrund der Komponente i zu einem Schaden kommt
- w_i : Wahrscheinlichkeit eines Schadens aufgrund der Komponente i
- $w_i(t_i)$: vom Alter t_i der Komponente i abhängige Wahrscheinlichkeit eines Schadens aufgrund dieser Komponente mit $t = 1, \dots, n$

Unterstellt man, dass die aus den verschiedenen Komponenten resultierenden Risiken unabhängig voneinander sind, dürfen diese additiv verknüpft werden. Damit ergibt sich das von einem konkreten Schiff ausgehende Risiko R als Summe der partiellen Risiken R_i :

$$R = \sum R_i$$

mit $R_i = w_i \cdot S_i$ bei altersunabhängigen Schadenswahrscheinlichkeiten

beziehungsweise

mit $R_i = w_i(t_i) \cdot S_i$ bei altersabhängigen Schadenswahrscheinlichkeiten

Schiffe, die infolge der Altersstruktur ihrer Komponenten das gleiche Gesamtrisiko aufweisen, sind sicherheitsäquivalent. Damit liegt es nahe, diesen Schiffen auch ein gleiches technisches Schiffsalter zuzuweisen. Zur Normierung wird dabei das tatsächliche Alter nicht modernisierter Schiffe herangezogen, deren Komponenten definitionsgemäß gleich alt sind und dem tatsächlichen Alter des Schiffs entsprechen.

Auf Basis des oben skizzierten Grundmodells ergeben sich für die Projektbearbeitung somit folgende Teilaufgaben:

- a) Identifikation der sicherheitsrelevanten Schiffskomponenten („Risikokomponenten“)
- b) Entwicklung eines Bearbeitungskonzepts zur Schadensrisiko-Ermittlung und zur Ableitung des technischen Alters aus den ermittelten Schadensrisiken
- c) Erhebung der gemäß dem Konzept für notwendig befundenen Informationen (z.B. Unfall-, Schadenswahrscheinlichkeiten, Schadensbilder, Schadenshöhen) durch eine geeignete Methode bzw. Nutzung verfügbarer Informationsquellen
- d) Durchführung von Plausibilitätsprüfungen und Abgleichen der Erhebungsergebnisse mit verfügbaren statistischen Informationen. Letztendlich dürfen die ermittelten bzw. herangezogenen Teilinformationen nicht zu Widersprüchen führen, sondern müssen miteinander kompatibel sein.
- e) Übertragung der ermittelten Daten in ein Berechnungsmodell zur Ermittlung des Schadensrisikos und des technischen Alters modernisierter Binnenschiffe.

Darüber hinaus war es erforderlich, Umrechnungsvorschriften zur Bestimmung des technischen Schiffsalters nach Schiffsklassen (Abmessungen, Schiffstyp) festzulegen.

Insbesondere in Bezug auf die Teilaufgabe c) war, wie sich im Projektverlauf zeigte, die Quellenlage aus informatorischer Sicht unbefriedigend: Die älteren, im Prinzip noch verwendbaren, amtlichen Unfallstatistiken⁷ waren für die hier verfolgten Zwecke i.d.R. wenig aussagekräftig, was

- auf einen zu geringen Differenzierungsgrad der Angaben sowie
- (erfreulicherweise) äußerst niedrige Unfallzahlen in der Binnenschifffahrt, die gerade bei seltenen Ereignissen kaum zuverlässige Schlussfolgerungen zulassen,

⁷ Statistisches Bundesamt: Unfälle der gewerblichen Binnenschifffahrt auf Bundeswasserstraßen, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge

zurückzuführen ist.

Aus diesem Grund mussten die benötigten Informationen auf anderem Wege beschafft bzw. differenziert und aufzubereitet werden. Näheres hierzu findet sich im Abschnitt „Datenerhebung / Informationsgewinnung / Verarbeitung der Befragungsdaten“.

4. Sicherheitsrelevante Komponenten und sonstige sicherheitsrelevante Aspekte

4.1 Allgemeine Merkmale

Da auf Seiten der potentiellen Auftraggeber häufig ein enger Zusammenhang zwischen dem Alter und der Sicherheitseinstufung eines Schiffs hergestellt wird, sind insbesondere die Komponenten bzw. Ausstattungsmerkmale eines Schiffs von Interesse, die

- sicherheitsrelevant sind und
- bei denen zugleich damit zu rechnen ist, dass von ihnen mit zunehmendem Alter eine Erhöhung der Unfall-Wahrscheinlichkeit – respektive eine Verringerung der Sicherheit – ausgeht. Eine solche Risikoerhöhung resultiert aus einer Zunahme der Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls der Komponente aufgrund von Alterungs- und Abnutzungseffekten⁸ bei der Komponente und – damit verbunden – einer Zunahme des Schadensrisikos.

Eine Erneuerung solcher Komponenten würde Ausfallwahrscheinlichkeit und Schadensrisiko wieder reduzieren und ein Schiff somit in sicherheitstechnischer Sicht verjüngen, so dass man in diesem Fall auch von einer Verringerung des sicherheitstechnischen Alters sprechen könnte.

Die hier relevanten technischen Bauteile, bei denen eine mit zunehmendem Alter steigende Ausfallwahrscheinlichkeit angenommen wird, sind:

- Antriebsanlage (Motor, Getriebe, Welle, Wellenlager, Kupplung)
- Rudermaschine (elektrische oder hydraulische Komponenten)
- Bugstrahlanlage (Motor, Kupplung, Propeller).

Nach Diskussion im Projektbegleitenden Ausschuss wurden diese Systeme als die in dieser Studie relevanten Risikokomponenten bzw. sicherheitsrelevanten Komponenten festgelegt⁹.

⁸ Neben dem Alter der Komponente ist für die Ausfallwahrscheinlichkeit auch von Bedeutung, in welchem Maße die Komponente gepflegt und gewartet wurde. Diesem Aspekt wird durch geeignete Vorgaben bei der späteren Informationserhebung Rechnung (s.u.) getragen.

⁹ In der betreffenden Ausschusssitzung wurden neben den drei oben genannten Komponenten auch die Propulsionsorgane – bestehend aus Propeller und Düse – als sicherheitsrelevante Komponenten eingestuft und in den folgenden Analysen und Informationserhebungen zunächst entsprechend berücksichtigt. Im Verlauf der Projektarbeit zeigte sich jedoch, dass die Propulsionsorgane die o.g. Merkmale sicherheitsrelevanter Komponenten nicht in ausreichendem Maße erfüllen: Zwar sind altersabhängige Defekte an Propeller und Düse denkbar; doch haben diese Defekte (wie Verformungen des Propellers oder Löcher in der Düse) dann lediglich wirtschaftliche Auswirkungen, weil sie zu verringerten Antriebsleistungen führen. Eine für die Betrachtung als Risikokomponente erforderliche Auswirkung auf die Sicherheit liegt hier jedoch nicht vor; ein Ausfall der Propulsionsorgane wäre zwar gegeben, wenn sich der Propeller nicht mehr drehen würde, doch würde die Ursache dann in einer Teilkomponente der Antriebsanlage liegen, welche bereits separat als Risikokomponente berücksichtigt ist.

Aus diesem Grund wurde entschieden, die Propulsionsorgane nachträglich aus der Betrachtung herauszunehmen. Trotz dieser Maßnahme wurden die bei der Projektarbeit bis dahin verwendeten Fragebögen und sonstigen Erhebungsunterlagen nicht nachträglich bereinigt; diese Unterlagen sind unverändert in der originalen, verwendeten Form im Anhang wiedergegeben. Auf die Wiedergabe der ermittelten Erhebungs- und Berechnungsergebnisse zu den Propulsionsorganen wurde hingegen verzichtet.

Neben den sicherheitsrelevanten Komponenten sind bestimmte konstruktive Merkmale bzw. Elemente, die – je nach Ausprägung / Zustand – bei einem Unfall weiteren Schaden evtl. verringern oder verhindern können, für die Höhe des Unfall- und Schadensrisikos von Bedeutung. Hierzu zählen die Stärke der Schiffshülle („Plattendicke“) sowie der Hüllentyp (einfache bzw. Doppelhülle).

Anders als bei den o.g. Risikokomponenten führt die Alterung dieser Bestandteile nicht zwangsläufig zu einer Erhöhung des Risikos¹⁰ und ist damit nicht unmittelbar für die Ermittlung des sicherheitstechnischen Alters relevant. Gleichwohl beeinflusst insbesondere der Hüllentyp das Schadensrisiko eines Schiffs, da hiervon auch die Ausprägung der Schäden (Schadensbilder) und die Schadenshöhen abhängig sind, wenn es durch den Ausfall einer der Risikokomponenten zu einem Unfall kommt. Aus diesem Grund wird der Hüllentyp – wenngleich nicht als relevante Risikokomponente – in die Betrachtungen dieser Studie einbezogen.

Weitere Faktoren im Hinblick auf die Schiffssicherheit sind sonstige „sicherheitsrelevante Systeme“ wie z.B. Radar, Navigationssysteme und elektronische Kartensysteme. Da jedoch mit zunehmendem Alter solcher Systeme keine Erhöhung ihrer Ausfallwahrscheinlichkeit zu erwarten ist, werden sie nicht in die folgenden Betrachtungen einbezogen. Auftraggeber erwarten hier i.d.R., dass ein Schiff den allgemein in der Flotte üblichen Sicherheitsstandard erfüllt. Das bedeutet, dass es – wie die überwiegende Mehrheit der Schiffe – z.B. mit einer Radaranlage ausgestattet ist; ein Schiff ohne Radar würde hingegen, unabhängig von seinem Alter bzw. dem seiner Risikokomponenten, keine Akzeptanz¹¹ finden.

Solche Systeme sind also bei der Ermittlung des technischen Alters nicht zu berücksichtigen, sind aber aus Verladersicht unabdingbare Voraussetzungen für ein sicheres Schiff und müssen als Grundvoraussetzung für eine Akzeptanz vorhanden sein, wenn diese beim Großteil der existierenden Flotte zur Standardausrüstung gehören.

4.2 Risikokomponenten

4.2.1 Antriebsanlage

Zur Antriebsanlage gehören der Hauptmotor, Getriebe, Wellenanlage, Propeller und Düse. Die Antriebsanlage dient dem Vortrieb des Schiffes und mit ihr kann das Schiff abgestoppt werden. Der Propellerstrahl trifft auf die Ruder und erhöht damit deren Wirkung. Neben der primären Aufgabe, das Schiff anzutreiben, werden möglicherweise weitere Aufgaben wie Versorgung der Notstromanlage, Antrieb von Hilfsantrieben (z.B. auch der Ruderhydraulik, Druckluftanlage etc.) und Versorgung der Heizung durch Nutzung der Abwärme übernommen.

¹⁰ Dabei wird in Bezug auf die Plattendicke vorausgesetzt, dass die im Rahmen der Attest-Erneuerung regelmäßig vorgeschriebenen Untersuchungen hier einen allgemeinen Mindeststandard gewährleisten, der bei jedem in Einsatz befindlichen Schiff jederzeit gegeben ist.

¹¹ Ebenso wie Radar dürften Navigationssysteme zum üblichen Flottenstandard gehören: Lt. der vom DST durchgeführten „ShipExcellence“-Studie (DST-Bericht 1932, 2008) waren rund drei Viertel der an dieser Studie teilnehmenden Schiffe bereits mit einem solchen System ausgestattet.

Der Ausfall der Antriebsanlage kann situationsabhängig unterschiedlich schwere Schadensbilder hervorrufen.

Erfolgt ein Ausfall der Antriebsanlage auf Streckenfahrt, so muss es nicht zu einer Havarie kommen und der eigentliche Schaden beschränkt evtl. sich auf die Zeitverzögerung der Lieferung.

Ein unerwarteter Ausfall in einer schwierigen Situation, etwa bei einer engen Brückendurchfahrt stromabwärts fahrend in einer Kurve, kann durch die großen Geschwindigkeiten und die durch die fehlende erhöhte Ruderanströmung eingeschränkte Ruderwirkung zu einer erheblichen Havarie führen.

Ausfälle während des An- und Ablegens und beim Manövrieren verursachen durch die geringen Geschwindigkeiten in der Regel nur „kleinere“ Blechschäden, die die Integrität des Schiffes und insbesondere der Laderäume nicht verletzen.

Die Antriebsanlage kann durch altersbedingte Gründe ausfallen. Diese machen sich in der Regel vorher bemerkbar. Anzeichen sind z. B.:

- fehlender Rundlauf der Hauptmaschine,
- abnehmender Öldruck im Motor oder Getriebe,
- erhöhte Lagertemperaturen im Antriebsstrang,
- Geräusche,
- Vibrationen.

Ebensogut kann eine Antriebsanlage unabhängig vom Alter jedoch auch unerwartet ausfallen. Dies kann z.B. durch

- verunreinigten Brennstoff,
- durch den Propeller angesaugte Fremdkörper

oder so einfache Gründe wie Brennstoffmangel geschehen.

Insbesondere neuere Maschinen, die durch umfangreiche Elektronik überwacht werden, können durch einen Wackelkontakt in den elektrischen Leitungen, einen Sensorausfall oder Softwareprobleme plötzlich abschalten.

4.2.2 Rudermaschine / Ruderanlage

Die Ruderanlage dient dem Steuern des Schiffes auf Fahrt und bei Manövern.

Die Ruderanlage besteht aus einem in einem Kokerrohr gelagerten Ruder, Hydraulikzylindern, bei zwei gekoppelten Rudern aus einer Jochstange und einem Hydraulikaggregat.

Die Ruder werden durch die Hydraulikzylinder direkt oder übertragen durch die Jochstange verstellt.

Alternativ werden bei Antrieb mit Ruderpropellern diese durch die Hydraulik verstellt.

Das Hydraulikaggregat kann an der Hauptmaschine angeflanscht sein oder separat elektrisch angetrieben werden. In der Regel besitzt das Aggregat einen elektrischen Notantrieb (24V).

Altersbedingte Ausfälle der Rudermaschine lassen sich meist vorher durch

- Geräusche,
- Vibrationen,
- erhöhte Hydrauliköltemperatur,
- verändertes Ansprechverhalten oder
- Ölverluste an Dichtungen

erkennen.

Ein plötzlicher Ausfall durch berstende Hydraulikleitungen ist jedoch auch möglich und nicht notwendigerweise auf ältere Anlagen beschränkt. Ebenso ist ein plötzliches Blockieren der Ruder durch Fremdkörper oder Grundberührung unabhängig vom Alter der Anlage möglich.

Verliert ein Schiff mit zwei Ruderanlagen die Funktion einer Anlage, so ist hierdurch die Ruderwirkung eingeschränkt. Ein Schiff mit einer Anlage ist nicht mehr steuerfähig. Wie bei der Antriebsanlage sind unterschiedlich schwere Schäden durch den Ausfall der Ruderanlage zu erwarten.

Der Ausfall bei hohen Geschwindigkeiten und / oder engen Platzverhältnissen kann schwere Havarien zur Folge haben. Fällt die Anlage bei Manövern wie An- oder Ablegen aus, so sind eher geringe Blebschäden zu erwarten.

4.2.3 Bugstrahlanlage

Die Bugstrahlanlage unterstützt das Schiff bei An- und Ablegemanövern und bei geringer Fahrt in engen Fahrtgebieten. Da ihre Wirkung in der Regel bei steigender Geschwindigkeit abnimmt, wird sie hauptsächlich bei geringen Geschwindigkeiten benutzt.

Aus diesem Grund sind Schäden bei einem Ausfall der Anlage eher leicht.

Wie bei der Hauptmaschine kann bei dieselgetriebenen Anlagen ein altersbedingter Ausfall der Anlage durch

- fehlenden Rundlauf der Antriebsmaschine,
- abnehmenden Öldruck im Motor,
- Geräusche oder
- Vibrationen

vorhergesehen werden.

Ein plötzlicher Ausfall kann altersunabhängig primär durch Ansaugen von Fremdkörpern auftreten.

Während die oben beschriebenen Risikokomponenten – auch altersbedingt – defekt werden und ausfallen können und somit potentiell unfall- und schadenauslösende Elemente

sind, handelt es sich bei den beiden folgenden Aspekten „Hüllentyp“ und „Plattendicke“ um potentiell m.o.w. schadenshemmende Elemente. Bei diesen Elementen geht es also nicht mehr um das Unfallrisiko, sondern um das Schadensrisiko im Falle eines ohnehin stattgefundenen Unfalls.

4.2.4 Hüllentyp (Einfach- / Doppelhülle)

In der Binnenschifffahrt wird zwischen Ein- und Doppelhüllenschiffen unterschieden.

Beim Einhüllenschiff umfasst der Laderaum zwischen dem vorderen und hinteren Laderaumschott den ganzen Schiffskörper. Im Fall einer Havarie im Bereich des Laderaumes kann dieser geflutet werden; das Schiff ist dann in der Regel nicht mehr schwimmfähig und Ladegut kann austreten. Die strukturelle Festigkeit des Schiffes ist durch die Schiffseitenwände gegeben. Die einschalige Konstruktion ist für die normalen Belastungen während des Be- und Entladens und für die zugelassenen Ladefälle ausgelegt. Über diese Belastungen hinaus bietet die Konstruktion nur geringe Widerstände gegen Torsion und Längsbiegemomente.

Beim Doppelhüllenschiff werden die Bereiche außerhalb des Laderaums wie beim Einhüllenschiff gebaut. Das bedeutet, dass sich im Bereich Vor- und Achterpiek sowie im Maschinenraum keine doppelte Hülle befindet. Der Laderaum selber wird mit eigenen Seitenwänden und Boden, ggf. Decke, in den Schiffskörper so eingebaut, dass zwischen Laderaumwand, -boden, und Schiffseitenwand, -boden, ein Freiraum verbleibt. Dieser Freiraum wird in der Regel als Ballastzelle verwendet. Havarien im Bereich des Laderaums verletzen mit großer Wahrscheinlichkeit nur die Ballastzellen. Dann bleibt das Schiff schwimmfähig und es tritt keine Ladung aus. Die doppelschalige Konstruktion ist widerstandsfähiger gegen Längsbiegemomente und Torsion als die einschalige Bauweise.

Anders als die o.a. Risikokomponenten hat die Schiffshülle somit kein unfallauslösendes Potential, sondern einen – je nach Typ – mehr oder weniger schadenshemmenden Charakter.

Der Hüllentyp wurde in einfacher Form in der Expertenbefragung (s.u.) berücksichtigt.

4.2.5 Plattendicke

Bei der Konstruktion des Schiffes werden die maximalen Belastungen ermittelt, denen der Schiffskörper ausgesetzt wird. An Hand dieser Belastungen werden die Längs- und Querverbände sowie die Außenhaut dimensioniert.

Im Rahmen der turnusmäßigen Untersuchungen zur Erneuerung des Schiffsattestes wird die Stärke der Außenhaut regelmäßig kontrolliert. Bei Untermaßen ist der betroffene Bereich auszutauschen, bevor das Schiffsattest verlängert wird. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass Schiffe mit gültigem Schiffsattest über eine ausreichend dimensionierte Außenhaut verfügen.

Darüber hinaus werden Schiffe, die eine Erneuerung der Klasse erhalten sollen, von einer Klassifikationsgesellschaft untersucht. Hierbei werden ebenfalls die Außenhaut und die Schiffsverbände begutachtet und mit den Konstruktionsvorgaben verglichen. Dies bedeutet, dass Schiffe die eine ADNR-Zulassung besitzen, einer doppelten Schalenkontrolle unterworfen sind.

Für den Gültigkeitszeitraum des Schiffsattestes und / oder der Klassifizierung besitzt das Schiff – unabhängig von seinem Alter – eine ausreichende Festigkeit, um auftretenden Belastungen standzuhalten.

Eine große Plattendicke ist also tendenziell schadensmindernd, es ist jedoch unmöglich, einen Schadensvermeidungs- oder –verhinderungseffekt bei einer bestimmten Plattendicke zu schätzen oder zu messen. Ob es z.B. im Falle einer Kollision zu einem Leck in der Hülle und damit Wassereintrich kommt, hängt nicht nur von einem Mehr oder Weniger bei der Plattenstärke ab, sondern von einer Vielzahl anderer interdependenter Faktoren wie z.B. Geschwindigkeit und Winkel bei Aufprall und Beschaffenheit des Kollisionsgegners an der Aufprallstelle.

Aus o.a. Gründen wird der Effekt unterschiedlicher Plattendicken bei der Ermittlung des Schadenrisikos und der darauf aufbauenden Bemessung des technischen Alters bei den folgenden Betrachtungen vernachlässigt. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass aufgrund der bestehenden Vorschriften und der vorgeschriebenen Prüfungen auch bei älteren Schiffen in Bezug auf die Plattendicke jederzeit zumindest der vorgeschriebene Mindest-Standard gegeben ist.

4.2.6 Ladungsart

Auch die Ladung eines Schiffs beinhaltet ein Schadenrisiko, das bei einem Unfall zum Tragen kommen kann und für die hier zu untersuchenden Themen von Bedeutung sind. Ist beispielsweise ein Unfall eingetreten, sind die durch die Ladung potentiell möglichen Schadenskategorien:

- a) Beschädigung des Schiffs selbst (z.B. durch Feuerschaden bei leicht entzündlicher Ladung)
- b) Behinderung der Schifffahrt durch Blockade des Fahrwassers wegen verloren gegangener Ladung
- c) Verunreinigungen von Fahrwasser, Ufern und Kais durch ausgetretene Ladung.

Derartige Schadenrisiken sind im Hinblick auf das Projektthema relevant, weil sie als Folgen eines Unfalls einzubeziehen sind.

Hingegen nicht von Relevanz sind solche Fälle, in denen die Ladung selbst der Unfallverursacher ist (z.B. bei Selbstentzündung von Gefahrgut oder bei Verrutschen von Containern); denn in derartigen Fällen ist nicht der altersbedingte Ausfall einer Risikokomponente der Grund für den Unfall, sondern andere Ursachen wie z.B. der Ausfall von Kühlsystemen, unzureichende Ladungssicherung oder menschliches Versagen.

Im Hinblick auf die projektrelevanten Aspekte des Schadenrisikos und der Schadenshöhe soll hier lediglich zwischen

- nicht gefährlichem Ladungsgut und
- Gefahrgut

unterschieden werden. Es ist davon auszugehen, dass bei ansonsten gleichen Unfallumständen („ceteris paribus“) dort der Schaden höher sein wird, wo Gefahrgut involviert ist – was sich in entsprechend höheren Ansprüchen an die Schiffssicherheit niederschlägt.

Für eine stärkere Differenzierung, z.B. innerhalb der Gefahrgüter nach Gefahrguttypen oder bei Trockengütern nach Massengut und Containern wäre aufgrund der geringen Anzahl von Binnenschiffsunfällen sowie der Tatsache, dass praktisch jeder Unfall, der mit einem Austritt von Ladung verbunden ist, durch sehr spezifische, eigene Merkmale und Besonderheiten gekennzeichnet ist, keine ausreichende Grundlage gegeben.

Deshalb wird die Ladungsart im Weiteren (z.B. in der Expertenbefragung, s.u.) in der o.a. Form – also durch Differenzierung nach Gefahrgut und Nicht-Gefahrgut – berücksichtigt.

5. Konzept zur Schadensrisiko-Ermittlung und zur Ableitung des technischen Alters

5.1 Vorgehensweise zur Ermittlung des Schadensrisikos

Die Ermittlung des altersabhängigen Schadensrisikos der einzelnen sicherheitsrelevanten Komponenten erfolgte schrittweise über die in Abb. 1 aufgezeigten Stufen A, B, C, D und E. Durch Multiplikation der Größen

- Ausfall-Wahrscheinlichkeit einer Risikokomponente,
- Unfall-Wahrscheinlichkeit bei einem Ausfall der Risikokomponente,
- Schadenseintritts-Wahrscheinlichkeit bei einem Unfall und
- der durchschnittlichen Schadenshöhe

ergibt sich das Schadensrisiko.

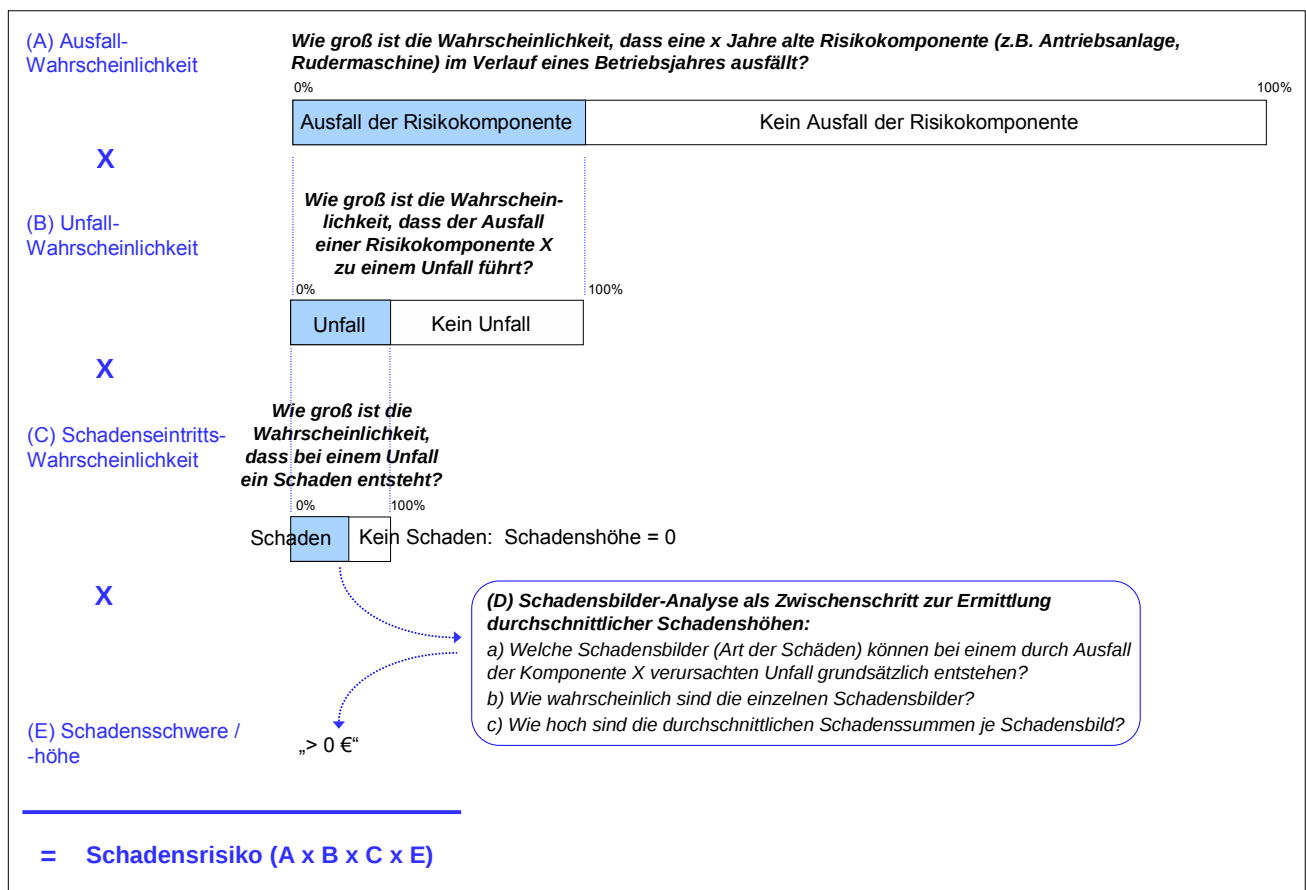


Abb. 1: Vorgehensweise zur Ermittlung des altersabhängigen Schadensrisikos sicherheitsrelevanter Komponenten

Damit wird hier der Begriff „Schadensrisiko“ inhaltlich wie in Versicherungsmathematik und Verkehrs- und Sicherheitstechnik üblich definiert. Dort wird allerdings statt „Schadensrisiko“ i.d.R. der Begriff „Risiko“ verwendet.

Dass in dieser Studie dennoch der Begriff „Schadensrisiko“ favorisiert und im Weiteren verwendet wird, liegt an der o.a. Größe „Schadenseintritts-Wahrscheinlichkeit bei einem Unfall“. Diese Größe wird im Rahmen dieser Studie separat betrachtet, weil die früheren amtlichen Unfallstatistiken nach Unfällen ohne und solchen mit „Folgen“ unterschieden. Zu den „Folgen“ gehören dort typische Schadensbilder wie Sachschäden an Fahrzeugen, Brücken, Schleusen sowie Personenschäden u.a.m.

Unfälle ohne Folgen sind demnach i.d.R. leichte Unfälle, die etwa durch Auflaufen, Festkommen oder Grundberührung¹² zustande kommen, keinen unmittelbaren, erkennbaren Schaden zur Folge haben, jedoch von der Wasserschutzpolizei aufgenommen worden und in die Statistik eingeflossen sind. In diesen Fällen kann man also von sehr glimpflich abgelaufenen Unfällen sprechen. Derartige Unfälle ohne Schaden¹³ sind bei den Betrachtungen in dieser Untersuchung jedoch nicht relevant.

Anstelle einer separaten Betrachtung der Größen Unfall-Wahrscheinlichkeit und Schadenseintritts-Wahrscheinlichkeit wäre es alternativ auch möglich, lediglich die Unfall-Wahrscheinlichkeit einzubeziehen und Unfälle ohne Schäden dann als Unfälle mit einer Schadenshöhe von null € zu bewerten. Im Ergebnis würde dies keinen Unterschied bedeuten.

Da aber die früheren amtlichen Unfallstatistiken in dieser Hinsicht differenzieren, bietet sich die Gelegenheit, diese älteren Daten zumindest noch für Plausibilitätsprüfungen zu nutzen, indem der Anteil der „Unfälle ohne Folgen“ an der Gesamtzahl der Unfälle lt. Statistik mit der in dieser Studie per Recherche bzw. Erhebung ermittelten Quote der Unfälle ohne Schaden abgeglichen wird.

Allgemein bedeutet lt. International Organization for Standardization¹⁴ der Begriff Risiko die

„Kombination der Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses und dessen Konsequenz“.

Ähnlich definiert die Internationale Seeschifffahrtsorganisation (IMO) in ihrem „Formal Safety Assessment“¹⁵ Risiko als

“The combination of the frequency and the severity of the Consequence“.

¹² Diese Unfallartgruppe ist unter allen Unfallarten und über alle Ursachen gesehen die häufigste.

¹³ Letztendlich ist es für die Beurteilung, ob ein Schaden entstanden ist, eine Frage der Definition dieses Begriffs. So könnten beispielsweise auch reine Zeitverluste, die durch das Festfahren eines Schiffs bis zum Zeitpunkt des Freikommens (vielleicht sogar aus eigener Kraft) entstanden sind, als Schaden betrachtet werden. Bei dieser Untersuchung wird jedoch ausschließlich auf eine engere Fassung des Schadensbegriffs mit bestimmten vorgegebenen Schadensbildern, die auch in den früheren amtlichen Unfallstatistiken verwendet wurden, abgestellt (s.u.); alle anderen möglichen Schadensformen werden hier ausgeklammert.

¹⁴ ISO International Organization for Standardization (www.iso.org) nach www.risk-office.ch/typo/uploads/tx_pdforder/Begriffsdefinition_Risiko.pdf

¹⁵ International Maritime Organisation (IMO): Formal Safety Assessment (www.imo.org/safety/mainframe.asp?topic_id=351) und Guidelines For Formal Safety Assessment (FSA) For Use In The Imo Rule-Making Process, 2002 (www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D5111/1023-MEPC392.pdf)

Übertragen auf den Verkehrssektor kann der Begriff „Risiko“ demgemäß als das Produkt aus

Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalls und Schadensschwere

definiert werden, wobei diese gängige Definition von vornherein nur Unfälle, die auch mit einem Schaden verbunden sind, impliziert.

Der in dieser Studie verwendete Schadensrisiko-Begriff umfasst inhaltlich das Gleiche. Durch eine Aufteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit in

- eine Unfall- (Eintritts-) Wahrscheinlichkeit und
- eine Schadenseintritts-Wahrscheinlichkeit

wird jedoch eine höhere Flexibilität und bessere Beurteilungsmöglichkeit im Hinblick auf die spätere Einschätzung der „Wahrscheinlichkeit eines Unfalls mit Schaden“ erreicht. Um hervorzuheben, dass nur solche Unfälle hier relevant sind, soll hier der Begriff „Schadensrisiko“ anstelle von „Unfallrisiko“ oder „Risiko“ verwendet werden.

Zu den meisten der o.a. Teilschritte zur Ermittlung des Schadensrisikos gibt es keine hinreichend aussagekräftigen Daten in Statistiken, Unfallberichten etc. Aus diesem Grund wurde ein Großteil der erforderlichen Informationen durch Befragung von Experten (z.B. Schiffsinspektoren, Schiffsführer / Partikuliere, Sicherheitsingenieure) gewonnen.

Im Folgenden werden die in Abb. 1 dargestellten Schritte zur Ermittlung des altersabhängigen Schadensrisikos sicherheitsrelevanter Komponenten erörtert:

(A) Das in Abb. 1 dargestellte Berechnungsverfahren legt als erste maßgebliche Größe die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls einer sicherheitsrelevanten Komponente – in Abhängigkeit von deren Alter – fest. Unter Ausfall-Wahrscheinlichkeit wird dabei die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ausfalls einer Risikokomponente, so dass diese ihre Aufgabe nicht erfüllen kann, verstanden. Ein solches Ereignis wird im Allgemeinen als „technisches Versagen“ bezeichnet.

Mit einem solchen Ausfall muß nicht zwangsläufig auch ein Unfall oder ein Schaden verbunden sein.

Die Ausfall-Wahrscheinlichkeit ist einerseits von Faktoren wie Pflege- und Wartungszustand der Risikokomponente abhängig; andererseits ist das Alter der Komponente hier ein entscheidender Faktor. Aus diesem Grund wurde die Ausfallwahrscheinlichkeit differenziert nach Altersgruppen ermittelt.

(B) Die Unfall-Wahrscheinlichkeit setzt an der Gesamtheit der Fälle eines technischen Versagens einer Risikokomponente an und gibt an, in wieviel Prozent dieser Fälle es zu einem Unfall kommt (Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalls nach einem Komponenten-Ausfall). Demnach ist hier die relevante Frage: „Wieviel % aller Ausfälle einer Risikokomponente führen zu einem Unfall?“. Da davon auszugehen ist, dass es bei der Beurteilung dieser Frage – sowie auch in Bezug auf weitere Folgen wie etwa den dabei entstehenden Schäden – nicht darauf ankommt, wie alt die Komponente bei ihrem Ausfall war, sondern

lediglich darauf, dass sie ausgefallen ist, ist hier – im Gegensatz zu Punkt (A) – keine Differenzierung nach dem Alter der Komponente erforderlich.

Insbesondere manche „leichte“ Unfälle müssen nicht zwangsläufig mit einem Schaden verbunden sein (z.B. Festfahrgang, leichte Kollision mit Kai ...). Die früher geführte amtliche Statistik über Binnenschiffsunfälle wies solche Unfälle, die etwa die Hälfte aller in der Statistik erfassten Unfälle ausmachten, als Unfälle „ohne Folgen“ aus¹⁶. Dementsprechend ist für die Frage nach der Unfall-Wahrscheinlichkeit noch nicht relevant, ob durch den Unfall auch ein Schaden verursacht worden ist.

(C) Mit Einbeziehung der Schadenseintritts-Wahrscheinlichkeit wird die Frage gestellt: Wieviel % aller Unfälle führen zu einem Schaden?

Die „Schadenswahrscheinlichkeit“ bezeichnet dann das Produkt aus Ausfall- (A), Unfall- (B) und Schadenseintritts-Wahrscheinlichkeit (C) – also die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Schadens, wenn der Ausfall einer Risikokomponente zu einem Unfall mit Schadensfolge geführt hat.

Die Schadenswahrscheinlichkeit als Produkt der Schritte A, B und C ergibt in Kombination mit der Schadenssumme das Schadensrisiko. Dazu ist es also zunächst erforderlich, die voraussichtlich anfallenden (durchschnittlichen) Schadenssummen zu ermitteln.

(D) Wie in Abb. 1 dargestellt, geschieht dies über den Zwischenschritt der Einschätzung von typischen Schadenbildern, d.h. es wird eine Einschätzung vorgenommen, welche Schäden (im Sinne von Schadensarten) mit welcher Wahrscheinlichkeit bei einem Unfall entstehen. Dabei erfolgt grundsätzlich zunächst eine Orientierung an den früheren Unfallstatistiken, indem die dortige Einteilung der Schadensbilder weitgehend als Vorgabe übernommen wird (Abb. 2).

¹⁶ Die Quote von ca. 50% Unfälle „ohne Folgen“ bezieht sich auf die Gesamtheit aller Binnenschiffsunfälle und nicht lediglich auf solche, die ihre Ursache in technischem Versagen haben. Denn die verfügbaren Statistiken liefern keine Differenzierung nach den Unfallursachen, also z.B. ob etwa Unfälle aufgrund menschlichen Versagens oder technischer Mängel am Schiff oder ungünstiger Witterung häufiger oder seltener zu Schäden führen. Hierzu sollten im Idealfall Unfalldatensätze / -dateien ausgewertet werden; diese konnten von der Wasserstrassenverwaltung bzw. vom BMVBS jedoch nicht zur Verfügung gestellt werden (s.u.). Es wird aber unterstellt, dass die für alle Unfälle geltende Quote „Unfälle mit Schaden“ in etwa auch auf die Teilmenge der Unfälle aufgrund technischen Versagens zutrifft.

Fahrzeugschäden	Leicht beschädigte Fahrzeuge Schwer beschädigte Fahrzeuge Gesunkene Fahrzeuge
Personenschäden	Leichter Personenschaden Schwerer Personenschaden Getötete
Sachschäden	z.B. an Brücken, Schleusen, Kais, Schifffahrtszeichen
Umweltschäden	Leichter Umweltschaden Schwerer Umweltschaden
Sonstige Folgen	Temporäre Behinderung der Schifffahrt Temporäre Sperrung des Fahrwassers

Abb. 2: Schadensbilder

Im Vergleich zu der früheren Statistik sind hier die sonstigen Sachschäden (Sachschäden, die nicht das Schiff selbst betreffen) zu einer Gruppe zusammengefasst. Umweltschäden sind aufgrund ihrer hohen Bedeutung im Rahmen dieses Projektes hingegen separat aufgeführt. Eine weitgehende Anlehnung an die früheren Unfallstatistiken bleibt damit aber gewahrt.

Andere mögliche Schadensbilder bleiben hingegen aus der Betrachtung ausgeklammert, wie z.B.

- Schäden an der Ladung
- Ladungsverluste
- Image-Beeinträchtigungen – insbesondere auf Seiten des Verladeters (wie z.B. Mineralölgesellschaften)

Die in Abb. 2 angegebenen Schadensbilder erklären sich weitgehend von selbst. Lediglich in Bezug auf „leichte“ und „schwere“ Schäden bestehen schon rein begrifflich Abgrenzungsschwierigkeiten. Da diese Auflistung jedoch als Vorgabe bei der durchzuführenden Expertenbefragung dienen sollte, wurde bewußt auf genauere Definitionen oder Eingrenzungen z.B. mittels Schadensbeträgen verzichtet. Denn genauere Vorgaben / Abgrenzungen hätten vermutlich zu größeren Schwierigkeiten bei den Einschätzungen durch die Experten geführt als die hier gewählten, etwas offeneren Vorgaben.

Im Vergleich zu den anderen nehmen die Schadensbilder „Temporäre Behinderung der Schifffahrt“ und „Temporäre Sperrung des Fahrwassers“ eine gewisse Sonderrolle ein. Der hierunter fallende Schaden besteht hauptsächlich darin, dass die nicht direkt in einen Unfall involvierten, hiervon jedoch betroffenen Schiffer aufgrund von Fahrtverzögerungen, Fahrwassersperrungen, ggf. hinzunehmende Umwege u.dgl. Umsatzeinbussen beziehungsweise Kostenerhöhungen in Kauf zu nehmen haben, die sie normalerweise selbst tragen müssen, da der Verursacher hierfür nicht aufkommt. Dennoch werden diese Posi-

tionen hier aufgenommen, da sie Bestandteil der früheren amtlichen Unfallstatistiken waren.

Nachdem damit die für die weiteren Betrachtungen grundsätzlich relevanten Schadensbilder festgelegt sind, erfolgt gemäß der in Abb. 1 skizzierten Vorgehensweise als Abschluß des Zwischenschrittes vor Punkt (E) eine Einschätzung im Hinblick auf die Frage, wie wahrscheinlich das Zustandekommen des jeweiligen Schadensbildes bei einem Unfall ist, der durch den Ausfall einer bestimmten Risikokomponente verursacht wird.

An dieser Stelle werden – wie bereits oben erwähnt – die Aspekte

- Hüllentyp (Einfach-, Doppel-) sowie
- die Ladungsart

relevant.

Hüllentyp

Bei einem Unfall kann der Hüllentyp zwar die Schadenseintritts-Wahrscheinlichkeit nicht beeinflussen, wohl aber (in vielen Fällen) die Schadensbilder und damit auch die Schadenshöhe.

Ein mögliches Beispiel ist eine Kollision mit der Folge eines Lecks in der (äußeren) Schiffshülle. Dieses Leck kann bei einem Schiff mit einfacher Hülle z.B. diese Folgen haben:

- Eindringen von Wasser in das Schiff
- Beschädigung der Ladung
- Austritt von Ladung
- Umweltschäden
- Sinken des Schiffs.

Bei einem Doppelhüllenschiff würde, wenn (wie hier angenommen) nur die äußere Hülle im Bereich des Laderaums leckgeschlagen ist, Wasser lediglich in den Bereich zwischen den beiden Hüllen eindringen; die übrigen o.g. Folgen würden in diesem Beispiel mit hoher Wahrscheinlichkeit vermieden.

Im Prinzip ist von den in dieser Studie betrachteten Schadensbildern lediglich das Schadensbild „Sachschäden“ (an Brücken, Kais, Schleusen etc.) im Vergleich von einfacher und Doppelhülle als grundsätzlich indifferent zu betrachten. Bei allen anderen Schadensbildern ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese bei einem Unfall eintreten, im Falle eines Schiffs mit einfacher Hülle größer als bei einem Doppelhüllenschiff.

Ladungsart

Neben dem Hüllentyp hat auch die Ladungsart einen Einfluß auf die Art der Schäden (Schadensbilder) und damit auf die Schadenshöhe. Wie bereits oben erwähnt, sollen Schäden an der Ladung selbst (Beschädigung oder Verlust) hier zwar nicht einbezogen werden. Durch die Unterscheidung in Gefahrgüter und andere Güter soll hier aber gewährleistet sein, dass dem wichtigen Schadensbild „Umweltschäden“ Rechnung getragen wird. Denn Umweltschäden werden zwar äußerst selten in Folge von Binnenschiffsunfällen verursacht, stehen aber aufgrund der damit verbundenen potentiellen Schadenshö-

hen – nicht nur in materieller Hinsicht – im Fokus der Öffentlichkeit und der für Umweltsicherheit zuständigen Behörden.

Um den Einfluß der Faktoren Hüllentyp und Ladungsart auf die Schadensbilder und damit auf die Schadenshöhe zu berücksichtigen, wird im Folgenden grundsätzlich nach diesen unterschiedlichen Kombinationen von Ladungsart und Hüllentyp differenziert:

- einfache Hülle / kein Gefahrgut,
- einfache Hülle / Gefahrgut,
- Doppelhülle / kein Gefahrgut,
- Doppelhülle / Gefahrgut.

Diese Kombination werden im Weiteren als „Grundtyp“ bezeichnet.

(E) Als letzter Schritt zur Berechnung des Schadensrisikos verbleibt die Ermittlung der durchschnittlichen Schadenshöhe je Schadensbild.

Soweit möglich, wurde hierzu auf sekundärstatistisches Material zurückgegriffen. Wo keine entsprechenden Daten vorlagen, erfolgte eine Einschätzung aufgrund von Erfahrungswerten, die innerhalb des DST, z.B. aufgrund von langjährigen Versuchserfahrungen sowie gutachterlichen Tätigkeiten, gegeben sind.

Für die Personenschäden werden die von der Bundesanstalt für Straßenwesen¹⁷ ermittelten Kostensätze verwendet. Zwar werden diese auf Basis von Strassenverkehrsunfällen ermittelt, von der Sache her spricht aber nichts dagegen, diese Sätze auch auf Binnenschiffsunfälle anzuwenden.

Für die Höhe von Sachschäden an Brücken, Kais, Schleusen etc. finden sich vereinzelt Angaben in den wasserpolizeilichen Unfallberichten sowie in der Presse. Die Hauptquelle war hier aber eine vom Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) zur Verfügung gestellte Zusammenstellung von Schadenssummen bei Binnenschiffsunfällen¹⁸.

Dies war zugleich auch die wesentliche Quelle für die Kostensätze bei Schäden am Schiff; ergänzend wurde v.a. auf die hausinterne DST-Expertise zurückgegriffen¹⁹.

Umweltschäden durch Binnenschiffsunfälle sind sehr seltene Ereignisse, die zudem sehr spezifisch und singulär sind. D.h. es gibt nur wenige Fälle, die hier als Beurteilungsgrundlage überhaupt in Frage kommen, weshalb sich die Schadenssummen bei diesen Einzelfällen nicht verallgemeinern lassen. Aus diesem Grund werden hier für die Umweltschäden Werte „angesetzt“, die zwar nicht auf echten Erfahrungswerten fundiert sind, jedoch

¹⁷ Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST): Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland 2004 (http://www.bast.de/cln_016/nn_42256/DE/Publikationen/Infos/2007-2006/02-2006.html?__nnn=true)

¹⁸ Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft: Flussskasko-Versicherung / Großschaden-Statistik, 1999 - 2008

¹⁹ Bei dieser Position sind nicht nur direkte Folgen (wie z.B. Kosten für Reparaturen am Schiffskasko) relevant, sondern auch mittelbare Folgen wie z.B. Kosten für Entgasung, Bergung der Ladung und Ausfalltage während Reparaturzeiten.

in Bezug auf ihre Größenordnung im Vergleich zu den anderen Schadensbildern adäquat positioniert sein dürften.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich die in Abb. 3 angegebenen Schadenskostensätze.

	Schadensbild	Durchschnittliche Schadenshöhe (€)
Fahrzeugschäden	Leicht beschädigte Fahrzeuge	25.000
	Schwer beschädigte Fahrzeuge	200.000
	Gesunkene Fahrzeuge	1.500.000
Personenschäden	Leichter Personenschaden	4.000
	Schwerer Personenschaden	90.000
	Getötete	1.200.000
Sachschäden	z.B. an Brücken, Schleusen, Kais, Schifffahrtszeichen	280.000
Umweltschäden	Leichter Umweltschaden	300.000
	Schwerer Umweltschaden	5.000.000
Sonstige Folgen	Temporäre Behinderung der Schifffahrt	100.000
	Temporäre Sperrung des Fahrwassers	300.000

Abb. 3: Durchschnittliche Schadenshöhen je Schadensbild

Die hier zugrunde gelegten durchschnittlichen Schadenskostensätze je Schadensbild haben aufgrund der Quellenlage nicht den Anspruch universell gültig zu sein, dürften aber in Bezug auf ihre – insbesondere relativen – Größenordnungen eine praktikable Grundlage für die darauf aufbauenden Berechnungen der Schadensrisiken sein.

Bei Vorliegen neuerer oder qualitativ besserer Daten könnten diese jederzeit in das hier entwickelte Verfahren zur Bestimmung des technischen Alters einfließen und dort Berücksichtigung finden.

5.2 Risikobewertung

Das in o.a. Abb. 1 dargestellte, oben beschriebene Verfahren zur Ermittlung des Schadensrisikos lehnt sich relativ eng an übliche und anerkannte Verfahrensweisen der Risikoabschätzung an.

Eine vollständige Risikoanalyse würde über die oben beschriebenen Schritte der Risiko-Identifikation (Bestimmung der Risikokomponenten) und Risikoabschätzung (Abschnitt „Vorgehensweise zur Schadensrisiko-Ermittlung“) hinaus ggf. auch eine Risikobewertung enthalten.

Eine Risikobewertung ist ein „Prozess der Bestimmung der Akzeptabilität eines Risikos“²⁰. Dabei wird also untersucht, ob ein ermitteltes Risiko hinzunehmen ist oder ob Maßnahmen zur Verringerung des Risikos ergriffen werden sollten.

Ein häufig verwendetes Verfahren der Risikobewertung nutzt ein sog. „Ampelmodell“, welches auf drei Bewertungskategorien beruht: Normalbereich, Grenzbereich und inakzeptabler Bereich. Risiken im Normalbereich sind hinzunehmen, solche im inakzeptablen Bereich dürfen hingegen nicht in Kauf genommen werden. Der „Grenzbereich“ kennzeichnet Risiken, die im Notfall tolerierbar sind, „sofern es nicht gelingt, durch Reduktionsmaßnahmen und andere vorsorgliche Maßnahmen, das Risiko in den Normalbereich zu bewegen“²¹.

Die Festlegung der Grenzen zwischen diesen Bereichen obliegt in aller Regel Behörden und gesetzgebenden Instanzen; d.h. diese bestimmen, an welchen Stellen und ggf. auch welche Maßnahmen zur Verringerung von Risiken durchzuführen sind. An diesem Verfahren sind i.d.R. auch die von einer Regelung betroffenen Kreise (Wirtschaft, Verbraucher) sowie Wissenschaftler beteiligt. Letztendlich bleibt die Festlegung der o.a. Bereiche aber ein Akt mit einer m.o.w. großen subjektiven Komponente.

Eine derartige subjektive Komponente ist aufgrund des Untersuchungsanlasses, wonach in der Praxis älteren Schiffen vielfach (und häufig unzutreffend) ein höheres Risiko zugeschrieben wird, bereits in diese Studie eingeflossen. Es kann daher nicht Aufgabe dieser Untersuchung sein, dieser schon bestehenden Risikobewertung eine andere entgegen zu setzen; vielmehr ist es die Zielsetzung dieser Studie, diese Sichtweise durch sachliche Daten über tatsächliche, quantitative Schadensrisiken zu objektivieren und damit die Grundlage für eine auf relevanten Fakten basierende Risikobewertung zur Verfügung zu stellen.

Demzufolge geht es hier nicht darum, im Sinne einer Risikobewertung nachzuweisen, ab welchem Risiko bzw. ab welchem Alter oder mit welcher Ausstattung ein Schiff (zu) unsicher ist; vielmehr sollen die Risiken unterschiedlich alter Schiffe mit unterschiedlich alten sicherheitsrelevanten Komponenten vor allem quantifiziert und vergleichbar gemacht werden.

Vor diesem Hintergrund kann eine Risikobewertung nicht Gegenstand dieser Studie sein.

5.3 Ermittlung des technischen Alters

Wenn die informatorischen Grundlagen gegeben sind, liegen die Voraussetzungen zur Ermittlung des technischen Alters vor. Die Vorgehensweise ist dann wie folgt:

²⁰ Ortwin Renn: Grundsätzliche Möglichkeiten zur Risikoabschätzung und Risikobewertung (www.ipa.ruhr-uni-bochum.de/publik/info0205/risiko.php)

²¹ Ortwin Renn: Grundsätzliche Möglichkeiten zur Risikoabschätzung und Risikobewertung

(a) Zunächst wird das **altersabhängige Schadensrisiko der einzelnen Risikokomponenten** ermittelt. Es berechnet sich als das Produkt von altersabhängiger Ausfall-Wahrscheinlichkeit, Unfall-Wahrscheinlichkeit, Schadenseintritts-Wahrscheinlichkeit und durchschnittlicher Schadenshöhe. Das Endergebnis dieses Schritts ist ein €-Betrag, der das Schadensrisiko der betreffenden Risikokomponente bei einem gegebenen Alter ausdrückt. In Abb. 4 ist die Ermittlung des altersspezifischen Schadensrisikos für die Risikokomponente Rudermaschine beispielhaft dargestellt:

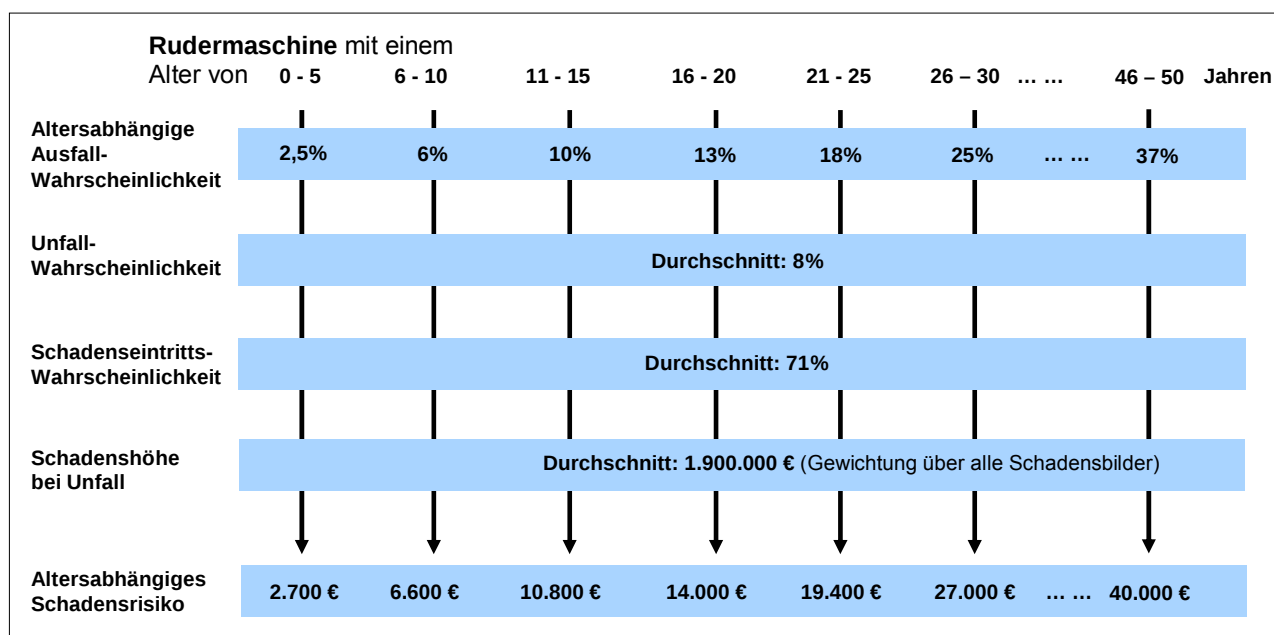


Abb. 4: Schadensrisiko-Ermittlung für eine Risikokomponente (fiktives Beispiel)

Die Ausfallwahrscheinlichkeit der Komponente wird in diesem Beispiel in Altersstufen von je fünf Jahren erhoben. Wenn es zu einem Ausfall kommt, so sind die weiteren Folgen

- Wahrscheinlichkeit eines Unfalls,
- Wahrscheinlichkeit eines damit verbundenen Schadens und
- die durchschnittliche Schadenshöhe

nicht mehr vom Alter der Komponente abhängig, sondern komponenten-einheitlich. Das altersabhängige Schadensrisiko variiert somit allein aufgrund unterschiedlicher altersspezifischer Ausfall-Wahrscheinlichkeiten.

(b) Im nächsten Schritt wird das **Gesamt-Schadensrisiko aller Risikokomponenten** errechnet, indem die spezifischen altersbezogenen Schadensrisiken der einzelnen Risikokomponenten additiv zu einem Gesamtrisiko verknüpft und die je Komponente ermittelten individuellen Schadensrisiken addiert werden, was aufgrund fehlender Interdependenz zwischen den Risikokomponenten zulässig ist. Dabei können unterschiedliche Alterskombinationen bei den technischen Risikokomponenten durchaus ein identisches Gesamtrisiko ergeben.

Der ermittelte Wert drückt das auf die hier betrachteten Komponenten bezogene Gesamt-Schadensrisiko eines Schiffs aus (Abb. 5).

		Risiko-Komponente mit einem Alter von ... Jahren:							
		0 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 25	26 - 30		46 - 50
Risiko									
ANTRIEBSANLAGE		1.100 €	2.800 €	4.600 €	6.400 €	8.100 €	9.900 €		17.000 €
+									
Risiko									
RUDERMASCHINE		2.700 €	6.600 €	10.800 €	14.000 €	19.400 €	27.000 €		40.000 €
+									
Risiko									
BUGSTRAHLANLAGE		100 €	200 €	300 €	500 €	600 €	700 €		1.200 €
=									
Gesamtrisiko		3.800 €	9.600 €	15.700 €	20.900 €	28.100 €	37.600 €		58.200 €

Errechnung eines altersabhängigen **Gesamtrisikos** „je Schiffsaltersstufe“ durch spaltenweises Aufsummieren der Schadensrisiken:

Abb. 5: Ermittlung des Gesamt-Schadensrisikos über alle Risikokomponenten (fiktives Beispiel)

Die in Abb. 5 in der Zeile „Gesamtrisiko“ angegebenen Werte beziehen sich auf Schiffe mit jeweils altersgleichen Komponenten: Ein Risiko von 3.800 € besteht hier für ein Schiff mit 0 – 5 Jahre alten Komponenten, wohingegen ein Schiff mit 16 – 20 Jahre alten Komponenten ein Risiko von 20.900 € hat etc.

(c) Letztendlich wird das **technische Alter eines Schiffs** aus dem für dieses Schiff errechneten Gesamtrisiko abgeleitet. Abb. 6 zeigt beispielhaft die Entwicklung des Schadensrisikos eines Schiffs bei ansteigendem Alter der Risikokomponenten (blaue Linie):

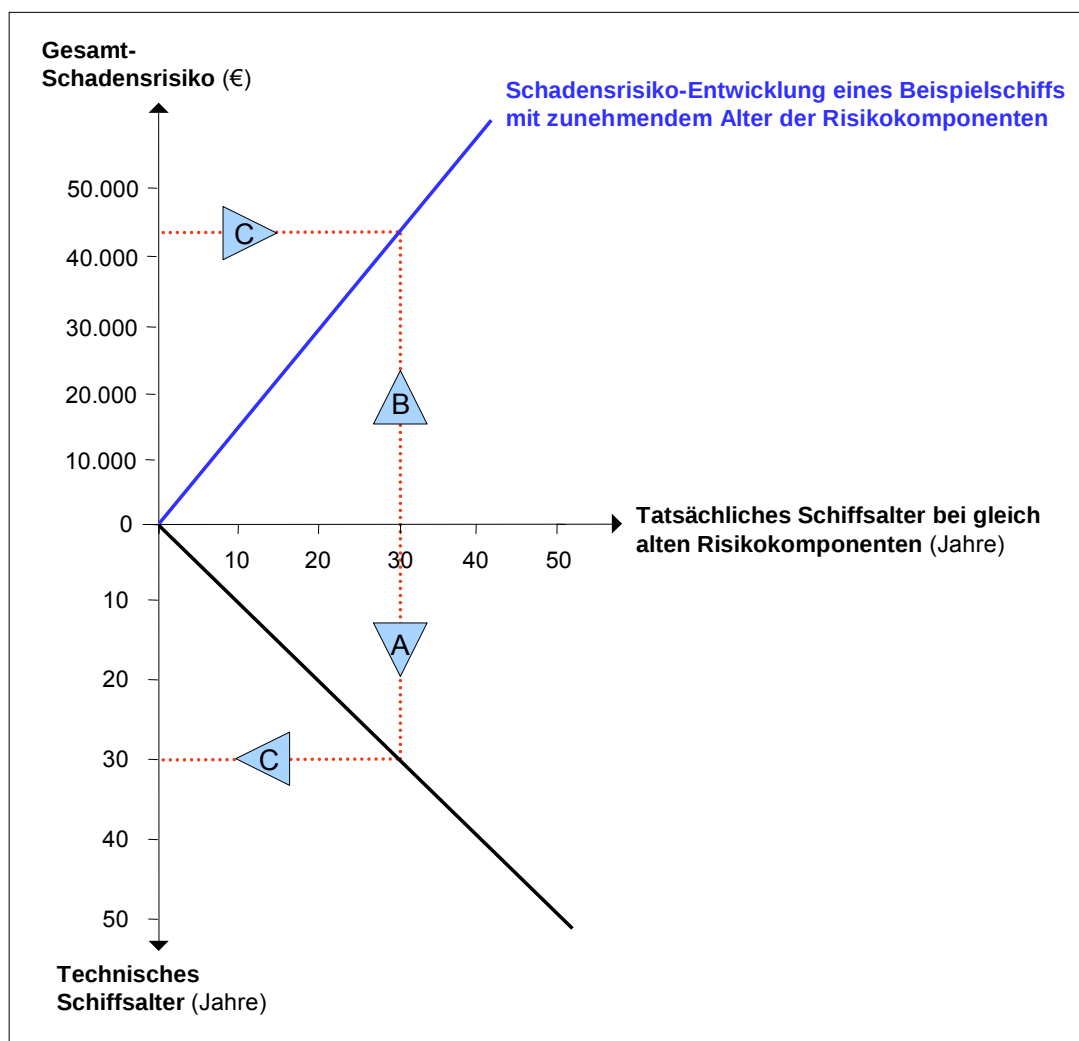


Abb. 6: Zusammenhang zwischen Schadensrisiko und tatsächlichem bzw. technischem Schiffsalter bei identischem Komponenten-Alter (fiktives Beispiel)

Die in Abb. 6 auf der gestrichelten roten Linie platzierten Pfeilspitzen zeigen folgende Zusammenhänge:

Pfeil A – ausgehend von der Abszisse: Das tatsächliche Schiffsalter ist identisch mit dem sicherheitstechnischen Alter des Schiffs, wenn alle Risikokomponenten genauso alt wie das Schiff sind.

Pfeil B – ausgehend von der Abszisse: Bei gleich alten Komponenten entspricht jedes tatsächliche Alter einem bestimmten Schadensrisiko (s.a. Abb. 5).

Pfeil C – ausgehend von der oberen Ordinate entlang der gesamten roten Linie: Für jede Schadensrisiko-Summe kann ein bestimmtes technisches Schiffsalter als korrespondierender Wert ermittelt werden. In o.a. Beispiel entspricht ein Schadensrisiko von etwa 43.000 € einem technischen Alter von 30 Jahren.

In dieser Betrachtungsrichtung ist es auch unerheblich, wie alt die Risikokomponenten jeweils sind und ob sie gleich alt oder unterschiedlich alt sind, denn allein entscheidend ist die absolute Höhe des Schadensrisikos. Dieses setzt sich – entsprechend Abb. 5 – additiv aus den Einzelrisiken der Risikokomponenten zusammen, wobei jeder Euro Schadensrisiko den gleichen Einfluss auf das technische Alter hat – unabhängig davon, von welcher Risikokomponente er stammt. Das so ermittelte Gesamtrisiko eines Schiffs bestimmt also das sicherheitstechnische Alter des Schiffs.

Bei den in dieser Untersuchung zugrunde gelegten unterschiedlichen Grundtypen (Kombinationen von Ladungsart und Hüllentyp) sind, wie Abb. 7 exemplarisch zeigt, die Gesamt-Schadensrisiken bei gleichem Komponentenalter zwar unterschiedlich hoch:

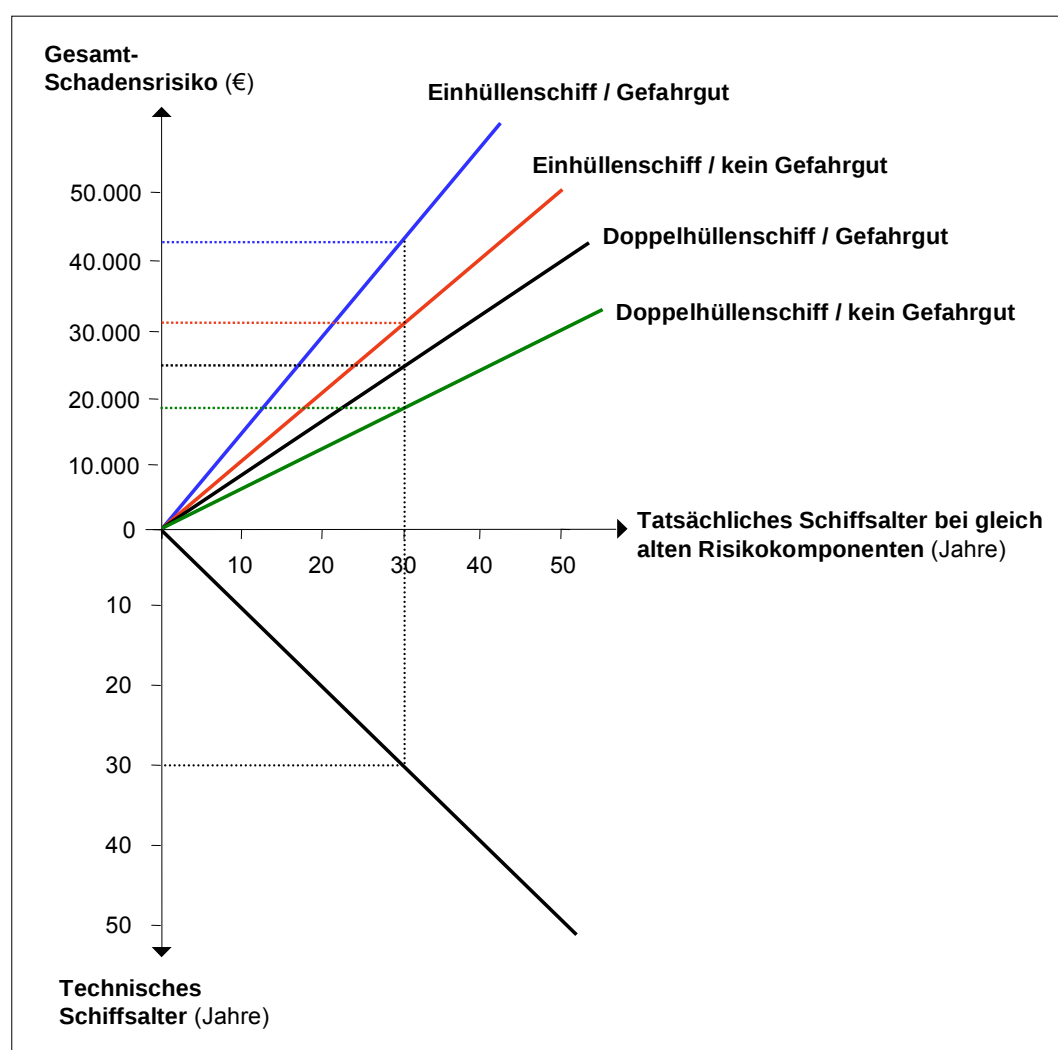


Abb. 7: Schadensrisiko und technisches Schiffsalter bei unterschiedlichen Grundtypen (fiktives Beispiel)

Sind bei Schiffen verschiedener Grundtypen die Risikokomponenten jedoch gleich alt, so haben diese Schiffe – bei unterschiedlichen Risikoniveaus – auch das gleiche sicher-

heitstechnische Alter. Im o.a. Beispiel ergibt sich für die vier verschiedenen Grundtypen trotz unterschiedlicher Risikosummen einheitlich ein technisches Alter von 30 Jahren.

6. Datenerhebung / Informationsgewinnung / Verarbeitung der Befragungsdaten

6.1 Sekundärstatistische Quellen: Unfallstatistiken, Unfallberichte, Versicherungsdaten

Gemäß Projektantrag war vorgesehen, als primäre Informationsquelle in dieser Untersuchung die wasserschutzpolizeilichen Berichte über Binnenschiffsunfälle zu nutzen – ergänzt um Daten aus Unfallstatistiken und von Versicherungen sowie durch Experteninterviews.

Insbesondere aus Datenschutzgründen wurde jedoch – entgegen früherer Praxis²² – eine Überlassung aktueller Unfallberichte seitens des BMVBS und der Wasserstraßenverwaltung abgelehnt. Da die Unfallberichte aktuell noch nicht einheitlich in einer Datei oder Datenbank erfasst werden, sondern in den einzelnen Wasser- und Schifffahrtsdirektionen unterschiedlich gehandhabt werden, war es auch nicht möglich, anonymisierte, datenschutzrechtlich unbedenkliche Unfalldatensätze zu erhalten.

Wie die früheren amtlichen Unfallstatistiken jedoch zeigen, sind bei Binnenschiffsunfällen die Zahlen und Strukturen im Zeitverlauf relativ konstant und stabil. Aus diesem Grund konnten in Bezug auf die Unfallberichte neben ähnlichen neueren Informationen aus anderen Quellen²³ auch die im Hause DST noch vorliegenden Unfallberichte aus diesem älteren Projekt als Informationsquelle herangezogen werden.

Die Anzahl der so verfügbaren Unfallberichte war allerdings relativ gering. Zudem hat sich aufgrund des Untersuchungskonzepts herausgestellt, dass Unfallberichte – auch wenn sie aktuell wären und in größerer Anzahl zur Verfügung stehen würden – nur eine sehr eingeschränkte Informationskraft haben im Hinblick auf die hier zentralen Fragen wie Ausfallwahrscheinlichkeiten nach Alter der involvierten Risikokomponente oder Schadenshöhen.

Da deshalb zur Gewinnung der relevanten Informationen ohnehin auf Experteninterviews als Hauptquelle zurückgegriffen werden musste, war die Nichtverfügbarkeit aktueller Unfallberichte letztendlich kein wesentliches Informationshindernis im Rahmen dieses Projektes. Die im Hause DST noch verfügbaren älteren Unfallberichte konnten somit als Basis für einige statistische Auswertungen und zum Abgleich (Plausibilitätsprüfungen) mit den Ergebnissen der Expertenbefragung verwendet werden.²⁴

Die – bedingt durch das Einstellen der Binnenschiffs-Unfallstatistik im Jahre 2003 sowie die in den WSDen uneinheitlich gehandhabten Rohdaten (der Unfallberichte) – ungünstige Datenlage soll sich künftig verbessern, da innerhalb der Wasserstrassenverwaltung der Aufbau einer zentralen Datenbank über Binnenschiffsunfälle (Arbeitstitel „HAVARIS“) geplant ist. Dann werden anonymisiert Auswertungen von Datensätzen über Schiffsunfälle sowie die gezielte, zweckorientierte Erstellung von Unfallstatistiken möglich sein.

²² Für die Bearbeitung eines früheren DST-(VBD-) Projekts „Nutzen-Kosten-Untersuchungen für technische Sicherheitsanforderungen an Binnenschiffe“ (1999) wurden Unfallberichte und Unfallbericht-Datensätze zur Verfügung gestellt.

²³ Wie z.B. Michael Pötzsch: Risikobewertung des Transports von Chlor mit Binnentankschiffen auf dem Rhein unter besonderer Berücksichtigung des Gefahrgutrechts, Diss., Berlin 2003

²⁴ Diese Modifikation der Vorgehensweise ist mit der AiF abgestimmt worden.

Neben Unfallberichten und –statistiken wurden auch Daten aus dem Versicherungsbereich in die sekundärstatistischen Datenbasis einbezogen. Diese wurden für einen Zeitraum von zehn Jahren vom Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) zur Verfügung gestellt und enthielten Angaben über Unfallursachen und Schadenssummen in der Flussskasko-Versicherung bei Binnenschiffsunfällen.

6.2 Expertenbefragung

Als erster Schritt zur Schaffung einer Informationsbasis für das zu entwickelnde Verfahren wurde eine Expertenbefragung konzipiert.

Für die Durchführung dieser Expertenbefragung wurde als Grundlage zunächst ein Fragebogen²⁵ entwickelt.

Fragebogen

Entsprechend dem oben vorgestellten Konzept zur Schadensrisiko-Ermittlung lag der Schwerpunkt dieses Fragebogens auf den Punkten

- Ausfall-Wahrscheinlichkeit (altersbezogen),
- Unfall-Wahrscheinlichkeit und
- Schadenseintritts-Wahrscheinlichkeit.

Mit diesen drei Größen war die Ermittlung der altersabhängigen Schadenswahrscheinlichkeit je Risikokomponente möglich.

Zur Annäherung an die Zielgröße „Schadensrisiko“ wurde als vierter Schritt eine Wahrscheinlichkeits-Einschätzung für die bei einem Unfall entstehenden Schadensbilder eingefügt. Diese Einschätzung erfolgte differenziert nach den risikorelevanten Faktoren

- Hüllentyp (einfache vs. Doppelhülle) und
- Ladungsart (kein Gefahrgut vs. Gefahrgut).

Alle o.g. Schadensbilder wurden in die Befragung einbezogen, Ausnahme waren die Schadensbilder

- Temporäre Behinderung der Schifffahrt
- Temporäre Sperrung des Fahrwassers.

Im Vergleich zu den anderen Schadensbildern wurden diese beiden Schadensarten als schwieriger einzuschätzen eingestuft; zudem bestand die Notwendigkeit, die Länge des Fragebogens in einem vertretbaren Rahmen zu halten. Aus diesem Grund wurde entschieden, diese Aspekte im Anschluß an die Expertenbefragung DST-seitig einzuschätzen. Ausgangspunkt sollten dabei die anderen Schadensbilder sein, d.h. die Häufigkeit zu den Schadensbildern Temporäre Behinderung der Schifffahrt und Temporäre Sper-

²⁵ Dieser orientiert sich inhaltlich teilweise an einer früheren DST-(VBD-) Studie: Risikoidentifikation und Verkehrssicherheit der auf den bayerischen Seen im Einsatz befindlichen Fahrgastschiffe, 2004

ung des Fahrwassers wurde aus den Ergebnissen zu den anderen Schadensbildern abgeleitet²⁶.

Um die Vergleichbarkeit zwischen beantworteten Fragebögen zu gewährleisten, jedoch auch um den Adressaten konkrete Anhaltspunkte für eine Ausgangssituation in Bezug auf die Fragen zu geben, wurden im Fragebogen bestimmte Prämissen vorausgesetzt, an denen sich die Adressaten bei ihren Einschätzungen orientieren sollten. Diese Prämissen bezogen sich u.a. auf

- die Schiffsabmessungen,
- den Beladungszustand des Schiffs sowie
- das Fahrgebiet (Mittelrhein).

Einerseits kennzeichneten diese Vorgaben somit eine relativ konkrete Situation, die es den Adressaten erleichterte, ihre Einschätzungen vorzunehmen. Andererseits waren die so gewonnenen Einschätzungen zunächst nur für die zugrunde gelegten Rahmenbedingungen gültig.

Da andere als die vorgegebenen Fahrtbedingungen, insbesondere andere Fahrgebiete, mit anderen Risiken verbunden sind, wurde als letzter Fragenkomplex eine Risiko-Beurteilung anderer grundsätzlich relevanter Fahrgebiete durchgeführt. Damit war die Berechnung eines Durchschnittswerts für die Gesamtheit der deutschen Wasserstraßen möglich.

Bei allen Fragenkomplexen wurde nach den drei Risikokomponenten differenziert.

Bei der Frage nach den Ausfallwahrscheinlichkeiten wurde nach zehn Altersgruppen differenziert, die insgesamt die Altersspanne von 0 bis 50 Jahre abdecken²⁷.

Für die Fragen zur Einschätzung der Wahrscheinlichkeiten wurden bestimmte Prozentgruppen (z.B. 0 – 5%, 5 – 30%, ... etc.) als Auswahl-Antwortkategorien vorgegeben, um bei den Adressaten eine gewisse Routine und Gewöhnung im Umgang mit der Vielzahl durchzuführender Einschätzungen zu erreichen²⁸.

Um eine Überforderung der Adressaten und eine Beeinträchtigung ihrer Beteiligungsbereitschaft zu vermeiden – der Fragebogen hatte einen Netto-Umfang von neun Seiten –, war eine gewisse Generalisierung bei den Fragen erforderlich. Soweit im Einzelfall detailliertere Informationen benötigt wurden, wurden diese Aspekte in späteren Diskussionen oder Einzelgesprächen mit

- einzelnen Partikulieren und

²⁶ Dieses Vorgehen resultiert aus der Tatsache, dass die Häufigkeit dieser beiden Schadensbilder in hohem Maße von der Art des vorangegangenen Unfalls (gesunkenes Schiff, Kollision mit Kai, Ladungsverlust) abhängig ist.

²⁷ Je nach Standpunkt könnte einem Betrachter diese Spanne möglicherweise übertrieben groß erscheinen. Doch erste Meinungsäußerungen von Fachleuten zeigten, dass im Hinblick auf die übliche Nutzungsdauer sowie die maximale Lebensdauer der einzelnen Risikokomponenten erhebliche Meinungsunterschiede bestanden. Aus diesem Grund wurde es für sinnvoll gehalten, das mögliche Altersspektrum eher etwas weiter zu fassen, um die möglichen Antworten nicht von vornherein unnötig einzuschränken. Ein entsprechender Hinweis wird auch im Fragebogen gegeben.

²⁸ Eine andere Möglichkeit wäre hier die Möglichkeit zum freien Eintragen von individuellen, genauen Prozentangaben gewesen. Diese Variante wurde jedoch als arbeitsaufwändiger eingeschätzt und deshalb nicht verfolgt.

- Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses sowie DST-intern (Schiffsbauingenieure mit eigener Fahrerfahrung) erörtert.

Der vollständige Fragebogen ist diesem Bericht im Anhang beigelegt.

Organisation und Ablauf der Befragung

Aufgrund der zu untersuchenden Aspekte waren Hauptadressaten der Expertenbefragung

- Partikuliere
- angestellte Schiffsführer
- Schiffsspektoren und für den technischen Schiffsbetrieb Verantwortliche mit eigener Fahrerfahrung
- Schiffbauingenieure / Sachverständige mit eigener Fahrerfahrung.

Die Angehörigen dieser Zielgruppen erfüllen aufgrund ihrer Fahrerfahrung mit Binnenschiffen sowie durch einen eventuellen zusätzlichen „technischen Erfahrungshintergrund“ die Voraussetzungen zur Beantwortung der hier relevanten Fragen am besten.

Auch einige Mitglieder des projektbegleitenden Ausschusses erfüllten diese Voraussetzungen. Mit diesen sowie weiteren geeigneten Adressaten wurde telefonisch Kontakt aufgenommen, um sie für eine Teilnahme an der Expertenbefragung zu gewinnen. Bei dieser ersten Kontaktierung erfolgte bereits eine erste Information über Anlass und Ziele des Projektes und der damit verbundenen Befragung. In aller Regel stieß die Untersuchung auf großes Interesse und die meisten der Angesprochenen erklärten ihre Bereitschaft zur Teilnahme an einer Expertenbefragung.

Von den grundsätzlichen Möglichkeiten der Interviewdurchführung

- persönlich vor Ort
- persönlich per Telefon
- schriftlich

erwies sich letztendlich das schriftliche Verfahren – ergänzt um telefonische Erläuterungen und Interpretationshilfen – als die einzig praktikable Befragungsmethode. Denn der Großteil der Adressaten war als Schiffsführer oder Partikulier aufgrund der mit dieser Tätigkeit verbundenen hohen Mobilität nicht in der Lage, auf mittlere oder längere Sicht verbindliche Termine für persönliche Expertengespräche zu vereinbaren.

In November und Dezember 2009 wurden potentiell geeignete Adressaten telefonisch angesprochen, um sie für eine Teilnahme an der Expertenbefragung zu gewinnen. Bereits während des Telefonats wurden Themen wie Projekthintergrund und –ziele ausführlich erörtert, um bei den Angesprochenen Interesse für eine Teilnahme zu wecken. Anschließend wurde den Interessierten der Fragebogen sowie eine Kurzinformation über das Projekt zugemailt bzw. zugesandt.

Aufgrund der telefonischen Erstansprache hatten zunächst etwa 25 Adressaten ihre Teilnahme an der Expertenbefragung zugesagt. Tatsächlich lagen zuletzt 13 vollständige und auswertbare Interviews vor. Aufgrund der schwierig zu beurteilenden Materie sowie

des Fragebogenumfangs war diese Diskrepanz letztendlich jedoch nicht überraschend. Der Rücklauf umfasste Antworten von Schiffsführern sowie Schiffsinspektoren und Schiffsbauingenieuren mit Fahrerfahrung.

Zwar handelte es sich im Grundsatz um schriftliche Interviews; doch aufgrund der Tatsache, dass die angebotene telefonische Unterstützung für Verständnis- und Interpretationsfragen in hohem Maße in Anspruch genommen wurde, dürfte die Qualität der Antworten ähnlich hoch wie bei „Face-to-Face“-Interviews sein.

Für die spätere Verwendung in darauf aufbauenden weiteren Berechnungen wurden die Fragebogen-Rohdaten wie folgt aufbereitet:

- Einige wenige Ausreisser, die weitab von allen anderen Einzelwerten und deutlich von den Durchschnittswerten abwichen, wurden vor den weiteren Berechnungen eliminiert.
- Bei den meisten Fragen waren Prozentspannen (z.B. „5 – 30%“) anzukreuzen. Für diese Spannen wurde grundsätzlich der jeweilige Mittelwert angesetzt (z.B. „17,5%“).
- Bei der Frage zu den altersabhängigen Ausfallwahrscheinlichkeiten waren die Antwortvorgaben für einige der Teilnehmer evtl. zu undifferenziert, was sich beispielsweise daran zeigte, dass bei drei aufeinander folgenden Altersspannen (z.B. „6 – 10“ und 11 – 15“ und 16 – 20“) die jeweils gleiche Prozentspanne als Ausfallwahrscheinlichkeit (z.B. „5 – 30%“) angekreuzt wurde, bei den nächsten vier Altersspannen die nächsthöhere Prozentspanne (30 – 50%) etc. Hieran zeigte sich das Bedürfnis nach einer stärkeren Differenzierung als es die Vorgaben zuließen; aus diesem Grund wurde bei derartigen Antwortmustern der betreffende Prozentspannenbereich gleichmäßig auf die jeweiligen Altersgruppen umgelegt. Das bedeutet, dass bei drei aufeinanderfolgenden Kreuzen (= bei drei aufeinanderfolgenden Altersgruppen) in der Prozentspanne „5 – 30%“ dieser Wertebereich in die Werte 11, 17 und 23% aufgeteilt wurde, so dass nun mit ansteigendem Komponentenalter ein Anstieg der Ausfallwahrscheinlichkeit erkennbar wird²⁹.

Im Hinblick auf die inhaltlichen Ergebnisse sollen die folgenden Phänomene hervorgehoben werden:

(a) Die erfragten Wahrscheinlichkeitswerte weisen in Bezug auf ihre absoluten Niveaus eine gewisse Streuung zwischen den Antwortenden auf. Die Ausfallwahrscheinlichkeiten einer x Jahre alten Rudermaschine wurden also – wie zu erwarten – unterschiedlich hoch eingeschätzt.

(b) In Relation der Risikokomponenten zueinander waren die Einschätzungen hingegen weitgehend deckungsgleich, was sich z.B. in der Rangfolge der Unfallwahrscheinlichkeiten der Risikokomponenten zeigt. Ähnliches gilt auch für die Beurteilung der verschiedenen Fahrgebiete.

²⁹ Zur Prüfung dieses Phänomens sowie auch der Frage, ob und inwieweit sich die Antworten dann im Gesamtdurchschnitt quantitativ unterscheiden würden, wurde einigen der ursprünglichen Fragebogenadressaten noch einmal ein kurzer Ergänzungsfragebogen übermittelt, bei dem die Frage nach den Ausfallwahrscheinlichkeiten die freie Eintragung von Prozentangaben zuließ. Bei deutlichen Abweichungen wurden die Ergebnisse dieser Ergänzungsbefragung zur Ermittlung von Korrekturfaktoren herangezogen.

Die in (a) angesprochenen Unterschiede sind zurückzuführen auf Gründe wie unterschiedlich große Berufserfahrungen oder auch die persönliche Einstellung und Prägung eines jeden in Bezug auf die Einordnung von Risiken. Mit der Ermittlung und späteren Verwendung von Durchschnittswerten aus den Einzelangaben sowie der punktuellen Eliminierung von absoluten „Ausreißern“ (s.o.) wird diesem Aspekt Rechnung getragen.

Die vollständigen quantitativen Ergebnisse aus der Expertenbefragung (Durchschnittswerte aus den Einzelinterviews unter Berücksichtigung der Korrekturfaktoren) sind diesem Bericht im Anhang beigelegt. Einige markante Ergebnisse werden im Abschnitt „6.4. Ergebnisse der Expertenbefragung“ erörtert.

6.3 Daten- und Ergebnisabgleich / Plausibilitätsprüfungen

Die wesentliche Informationsbasis dieser Untersuchung sind die per Fragebogen durchgeführte Expertenbefragung sowie fallweise zusätzliche Gespräche mit Fachleuten im Hinblick auf weitere, nicht in der Expertenbefragung behandelte Themen. Darüber hinaus wurde hierfür auch die Expertise des DST aufgrund der in langjähriger Tätigkeit mit Modellversuchen gewonnenen Kenntnisse und Erfahrungen herangezogen.

Um die ermittelten Einschätzungen abzusichern wurden diese – soweit möglich – Plausibilitätsprüfungen anhand der verfügbaren sekundärstatistischen Quellen (Unfallberichte, Unfallstatistiken, Fachpublikationen) unterzogen. Diese waren zwar relativ lückenhaft und nicht aktuell; dennoch waren sie für diesen Zweck geeignet, da sich die Verhältnisse in der Binnenschifffahrt – wie etwa die Unfallzahlen und die Struktur der Unfallursachen – im Verlauf der Jahre nur langsam verändern.

Beispiele für sekundärstatistische Informationen, die zur Überprüfung und Korrektur der Befragungsdaten verwendet wurden, sind:

- Anzahl der jährlichen Binnenschiffsunfälle aufgrund technischer Probleme,
- Struktur dieser Binnenschiffsunfälle nach Ursachen (unfallauslösende Komponenten),
- Quote der Unfälle mit Schaden an der Gesamtzahl der Binnenschiffsunfälle,
- Schadensbilder-Häufigkeiten (z.B. Personen-, Sachschäden) und
- Schadenssummen.

Bei diesen Abgleichen erwies es sich, um Widersprüche zu vorhandenen „Makrodaten“ zu vermeiden, als sinnvoll, gewisse Korrekturen bzgl. des Niveaus der erfragten Wahrscheinlichkeiten vorzunehmen, da die ermittelten Angaben zu Unfallwahrscheinlichkeiten und Schadensrisiken tendenziell zu hoch waren.

Dagegen waren die Befragungsergebnisse bei Themen, in denen es um Strukturen oder Quoten ging – soweit überprüfbar –, in hohem Maße zutreffend, so dass nur geringfügige Korrekturen erforderlich waren. Als Beispiele sind hier die relative Häufigkeit der einzelnen Risikokomponenten als Ursache für Unfälle sowie die Quote der Unfälle mit Schaden an der Gesamtzahl der Unfälle zu nennen.

6.4 Ergebnisse der Expertenbefragung

Die Abbildungen in diesem Abschnitt basieren auf den Ergebnissen der Expertenbefragung unter Beachtung der o.a. Plausibilitätsprüfungen.

Abb. 8 zeigt die altersbezogenen Ausfallwahrscheinlichkeiten für die einzelnen Risikokomponenten:

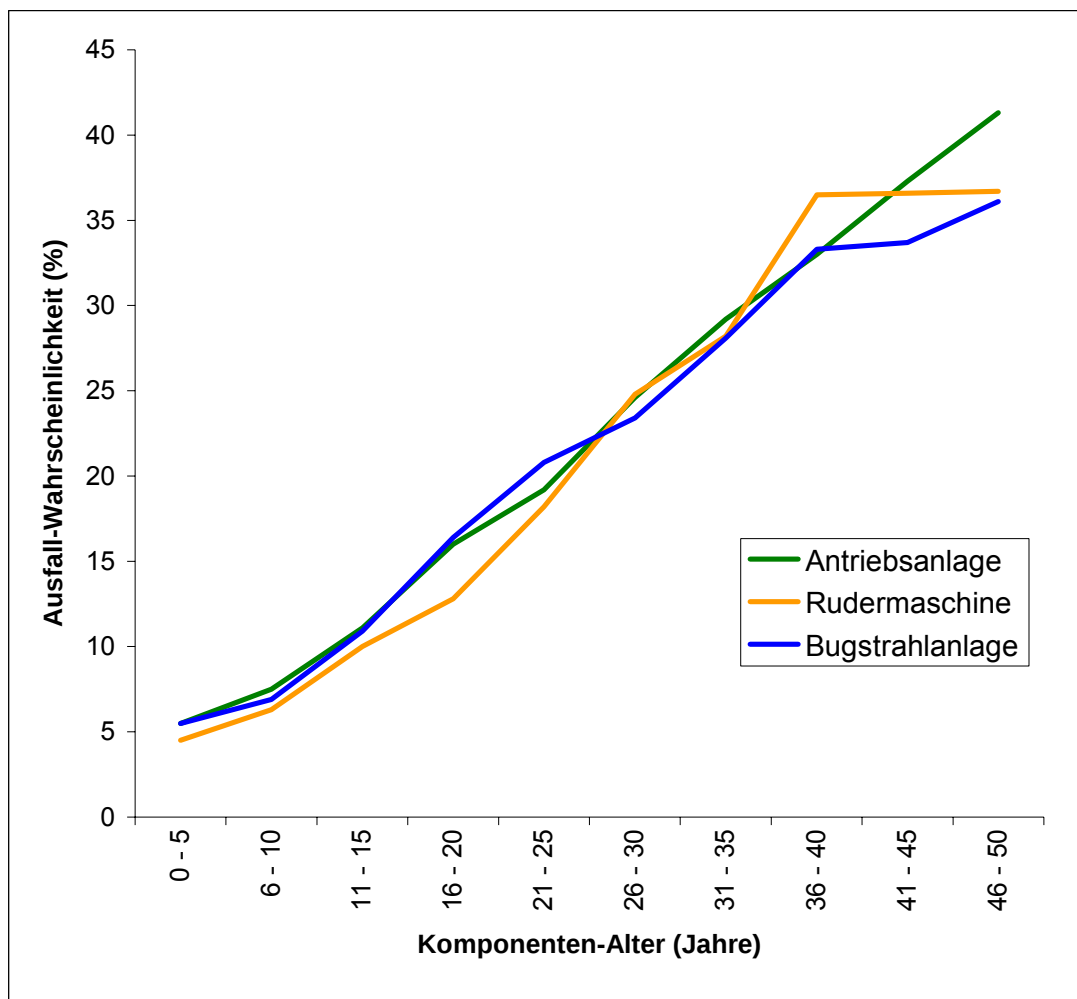


Abb. 8: Altersabhängige Ausfall-Wahrscheinlichkeit der Risikokomponenten (%)

Mit zunehmendem Alter steigt – wie erwartet – die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls der Risikokomponenten. Wenn auch die Differenzen zwischen den Komponenten bei den höheren Altersstufen bis zu fünf Prozentpunkte betragen, so sind die relativen Unterschiede an dieser Stelle letztendlich noch nicht gravierend.

Abb. 9 zeigt die Unfallwahrscheinlichkeit der Risikokomponenten:

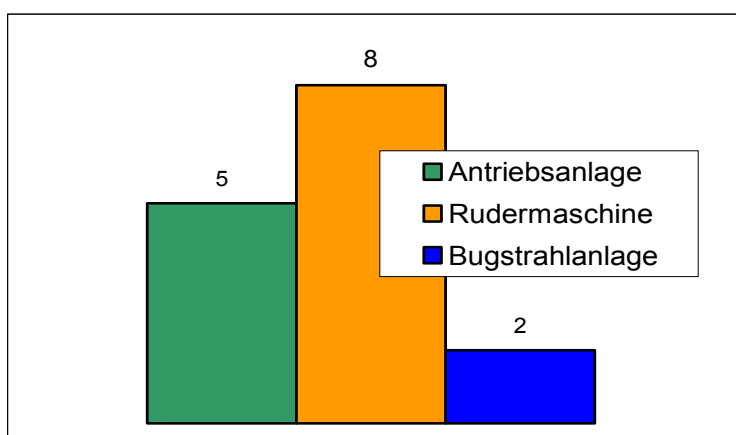


Abb. 9: Unfall-Wahrscheinlichkeit (in %) bei Ausfall der Risikokomponenten

Die Unfallwahrscheinlichkeit ist demnach bei Ausfall der Bugstrahlanlage mit Abstand am geringsten: Die der Antriebsanlage ist im Vergleich dazu knapp dreimal so hoch und die Unfallwahrscheinlichkeit der Rudermaschine beträgt in etwa als das Vierfache.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Schadenseintritts-Wahrscheinlichkeit (Abb. 10). Hier liegt der Wert für die Rudermaschine um etwa die Hälfte höher als der für die Antriebsanlage und mehr als doppelt so hoch wie bei der Bugstrahlanlage.

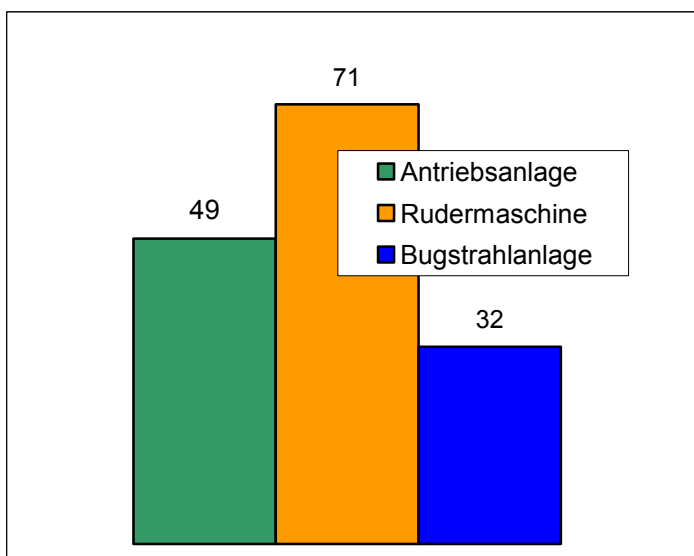


Abb. 10: Schadenseintritts-Wahrscheinlichkeit (in %) bei einem Unfall wegen Ausfall der Risikokomponenten

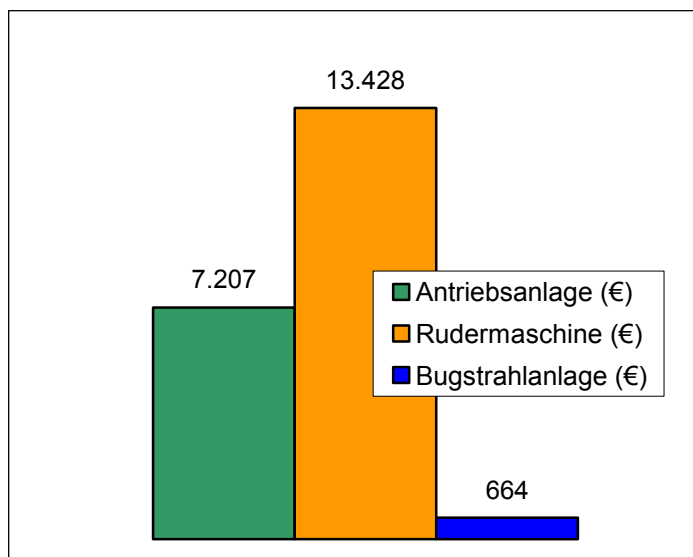
Die überproportionalen Werte der Rudermaschine sowie die unterproportionalen Zahlen der Bugstrahlanlage in Bezug auf

- die Unfall-Wahrscheinlichkeit und

- die Schadenseintritts-Wahrscheinlichkeit

(s.o.) schlagen sich unmittelbar im Schadensrisiko nieder (Abb. 11). Ein weiterer Faktor, der sich auf die in Abb. 11 dargestellten Werte auswirkt, sind die je Risikokomponente unterschiedlichen Schadensbilder und –summen, die sich bei einem Unfall typischerweise ergeben; denn ein Unfall aufgrund Ausfalls der Rudermaschine hat in aller Regel – und auf jeden Fall im Durchschnitt aller entsprechenden Unfälle – schwerere Folgen als ein Unfall wegen Ausfalls der Bugstrahlanlage

Das Risiko der Rudermaschine ist fast doppelt so hoch wie das der Antriebsanlage und liegt bei mehr als dem Zwanzigfachen der Bugstrahlanlage.



Basis: Mittelwerte über alle Grundtypen; Komponentenalter: 16 – 20 Jahre; Referenzschiff und -fahrgebiet

Abb. 11: Schadensrisiko nach Risikokomponenten (€)

Zuletzt wurden die befragten Experten um eine summarische Beurteilung verschiedener weiterer Fahrgebiete, die nicht unmittelbar Gegenstand der vorangegangenen Risikoeinschätzungen waren, gebeten.

Diese Fahrgebiete wurden in Indexform im Verhältnis zum Referenz-Fahrgebiet „Mittelrhein“ und separat je Risikokomponente beurteilt (Abb. 12).

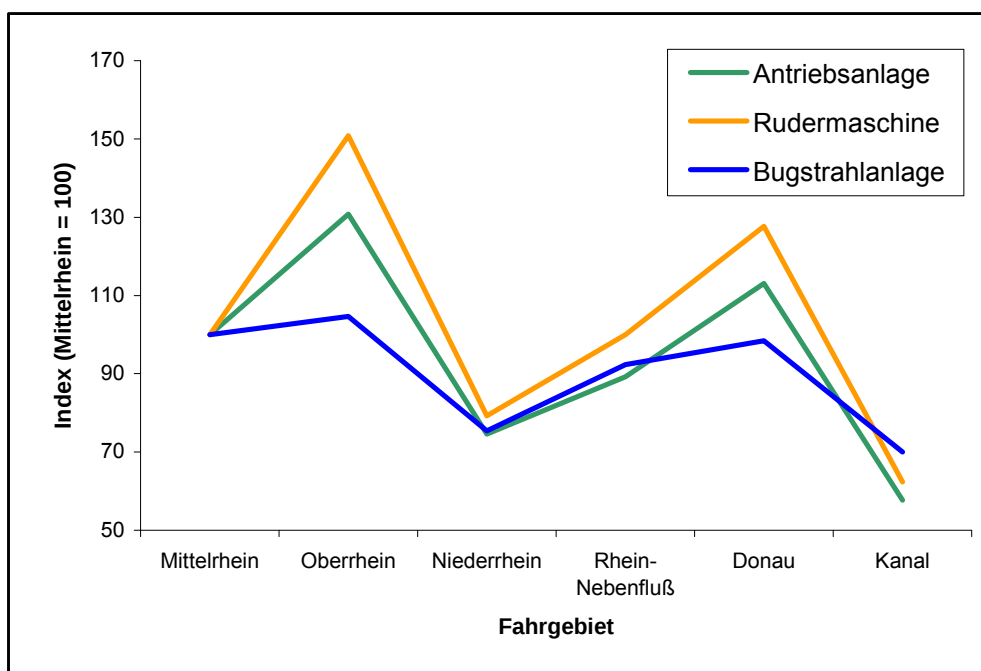


Abb. 12: Beurteilung des Schadensrisikos nach Fahrgebieten (Index: Mittelrhein = 100)

Hier zeigt sich, dass das Referenz-Fahrgebiet im Hinblick auf das Gesamtrisiko in etwa einen mittleren Level aufweist, denn Oberrhein und Donau werden als riskanter angesehen, Niederrhein, Rhein-Nebenfluß und Kanal hingegen als weniger riskant. Dies gilt – mit mehr oder weniger starken Ausschlägen – im Prinzip für alle Risikokomponenten gleichermaßen.

Die Ergebnisse zu dieser Frage dienen dazu, für die anschließenden Arbeiten am Berechnungsverfahren Gewichtungsfaktoren für eine Hochrechnung auf alle relevanten Wasserstraßen zu ermitteln.

Weitere Ergebnisse zur Expertenbefragung sind in Tabellenform im Anhang wiedergegeben.

6.5 Übertragung der Befragungsergebnisse auf andere Randbedingungen

Die Expertenbefragung sowie die damit verbundene Datenaufbereitung lieferten Ergebnisse für die im Fragebogen vorgegebenen Randbedingungen. Für die Ermittlung allgemein gültiger Kenn- und Durchschnittswerte war es im nächsten Schritt notwendig, Vorgaben und Vorgehensweisen auch für andere relevante Randbedingungen festzulegen.

Typische zu beantwortende Fragestellungen waren beispielsweise:

- Inwieweit verändert sich das Schadensrisiko mit zunehmender Länge oder Breite des Schiffs (im Vergleich zum Referenzschiff)?
- Inwieweit verändert sich das Schadensrisiko bei Verbänden im Vergleich zum (im Fragebogen behandelten) Einzelfahrer?

- Welcher der im Fragebogen erfragten Wasserstraßentypen sind die übrigen (nicht im Fragebogen behandelten) für den Güterverkehr relevanten Wasserstrassen zuzuordnen?
- Wie sind die Ergebnisse zu einzelnen Wasserstraßentypen zu gewichten?

Festlegungen hierzu erfolgten teils auf sekundärstatistischer Basis (z.B. Gewichtung der Wasserstraßentypen entsprechend der dort erbrachten Transportleistungen), teils in Diskussionen und Einzelgesprächen mit einzelnen Partikulieren und Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses sowie in DST-interner Abstimmung.

So wurden beispielsweise Hochrechnungsfaktoren erarbeitet, die von den Daten des Referenzschiffes ausgehen und Zu- bzw. Abschläge (bezogen auf das Schadensrisiko des Referenzschiffes) vornehmen für

- andere Schiffslängen,
- andere Schiffsbreiten,
- Verbände (nur Zuschläge).

Die erarbeiteten Faktoren sind in Abb. 13 wiedergegeben.

Schiffslänge		Schiffsbreite		Schiffstyp		
		m	Faktor			
m	Faktor	8,0	0,90			
70,0	0,90	9,0	0,93			
80,0	0,95	10,0	0,97			
90,0	1,00	10,5	1,00	Faktor		
100,0	1,02	11,0	1,05	Einzelfahrer	1,00	Referenzschiff
110,0	1,04	12,0	1,10	Verband	1,20	
120,0	1,07	13,0	1,15			
130,0	1,09	14,0	1,20			
140,0	1,11	16,0	1,25			
150,0	1,13	17,0	1,30			
160,0	1,16					
170,0	1,18					
180,0	1,20					

Abb. 13: Gewichtung von Schiffsabmessungen und Schiffstyp im Vergleich zu den Referenzschiff-Daten (Referenzschiff = 1,00)

Für kleinere bzw. größere Längen und Breiten gelten die jeweils niedrigsten bzw. höchsten in der Übersicht angegebenen Faktoren.

Je nach Ausprägung bei einem konkreten Beispielschiff sind diese Faktoren auszuwählen und multiplikativ miteinander zu verknüpfen, bevor anschließend der so ermittelte Ge-

samtfaktor mit dem Schadensrisiko des Referenzschiffs multipliziert wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass gemäß dem Fragebogen das Referenzschiff selbst in den vier Ausprägungen (Grundtypen)

- Kein Gefahrgut / einfache Hülle
- Gefahrgut / einfache Hülle
- Kein Gefahrgut / Doppelhülle
- Gefahrgut / Doppelhülle

vorliegt und die diesen Kombinationen entsprechenden Schadensrisiken unterschiedlich hoch sind. Deshalb ist bei der Berechnung des Schadensrisikos eines konkreten Schiffs neben den Merkmalen Abmessungen und Verband / Einzelfahrer auch die im betreffenden Einzelfall relevante Kombination aus Ladungsart und Hüllentyp zugrunde zu legen.

Ein Verband mit einer Länge von 180 (oder mehr) Metern und einer Breite von 22,8 Metern hat demzufolge ein Schadensrisiko, das um den Faktor 1,87 höher ist als beim Referenzschiff. Dieser Gesamtfaktor setzt sich (multiplikativ) zusammen aus

- 1,20 aufgrund der größeren Länge,
- 1,30 aufgrund der größeren Breite und
- 1,20 aufgrund der Eigenschaft „Verband“.

Im Vergleich zum Referenzschiff, dem gegenüber der Verband rund doppelt so lang und mehr als doppelt so breit ist, mögen die einzelnen Zuschläge zunächst relativ niedrig erscheinen. Die hier angewandten Hochrechnungsfaktoren gehen jedoch über eine isolierte Betrachtung von Abmessungen und Schiffstyp hinaus und betrachten die zu beurteilende Schiffskonfiguration in ihrem jeweiligen Einsatz-Zusammenhang. So wäre das Einsatzfeld des o.a. Beispiel-Verbandes ausschließlich der Rhein, wo aufgrund der großen Fahrwasserdimensionen das Risiko nicht in dem Maße höher wäre, wie es die unterschiedlichen Abmessungen im Vergleich zum Referenzschiff zuerst vermuten lassen würden. Das kleinere Referenzschiff würde hingegen auch in engeren Fahrwassergebieten, die mit einem höheren Unfall- und Schadensrisiko verbunden sind, fahren.

Im Hinblick auf die o.a. Faktoren bleibt Folgendes festzuhalten:

(a) Die durch die Befragung ermittelten Schadensrisiken beziehen sich zunächst ausschließlich auf das zugrunde gelegte Referenzschiff. Idealerweise wären für Schiffe mit anderen Merkmalen gleichartige Erhebungen durchgeführt worden. Der bereits für dieses eine Schiff sehr hohe Zeitbedarf bei der Expertenbefragung ließ es jedoch nicht zu, diese Informationen auch für Schiffe mit anderen Abmessungen oder anderen Typs in gleicher Weise zu erheben.

(b) Aus diesem Grund wurden von Fachleuten aus dem Versuchsbereich des DST die o.a. Multiplikationsfaktoren entwickelt. Die Anwendung dieser Faktoren führt dazu, dass das Schadensrisiko der betrachteten Schiffe in linearer Form sinkt oder steigt.

(c) Die Anwendung dieser Multiplikationsfaktoren berührt nicht das sicherheitstechnische Schiffsalter. Ein bspw. aufgrund größerer Schiffslänge höheres Risiko ist somit nicht mit einem höheren technischen Alter verbunden.

Zur Darstellung des quantitativen Zusammenhangs zwischen Schadensrisiko und technischem Alter würde grundsätzlich jeweils eine Tabelle für die vier Grundtypen des Referenzschiffs ausreichen. Diese ist zu Beginn des Anhangs „Ergebnistabellen Schadensrisiko / Technisches Alter“ wiedergegeben. Darüber hinaus finden sich in diesem Anhang jedoch noch einige weitere entsprechende Tabellen für die gängigsten Schiffsabmessungen und typen.

7. Berechnungsmodell zur Ermittlung des technischen Alters modernisierter Binnenschiffe

7.1 Gestaltung und Anwendung des Berechnungsmodells

Ergebnis der oben beschriebenen Arbeitsschritte war eine Fülle von Daten zu

- Fragebogenergebnissen,
- Vergleichsgrößen und Korrekturfaktoren,
- zusätzlichen Input-Rechengrößen (wie durchschnittliche Schadenssummen) sowie
- Hoch- / Umrechnungsfaktoren.

Diese Daten wurden in ein Berechnungsmodell übertragen, das schiffsindividuell (für alle gängigen Schiffsabmessungen, -typen, -baujahre) die Ermittlung des Schadensrisikos eines jeden Schiffs in Abhängigkeit vom Alter dessen sicherheitsrelevanter Komponenten erlaubt. Aus der Höhe dieses individuellen Schadensrisikos wird innerhalb dieses Modells direkt das sicherheitstechnische Alter des untersuchten Schiffs abgeleitet.

Zur Ermittlung des Schadensrisikos, und darauf basierend des technischen Alters, eines bestimmten, konkreten Schiffs – hier „Beispielschiff“ genannt – wird in dem Berechnungsmodell folgendermaßen vorgegangen:

Dateneingabe

(1) Auswahl des zutreffenden „Grundtyps“ (Kombination aus Ladungsart und Hüllentyp)

Ist das Beispielschiff etwa ein Einzelfahrer, der normalerweise kein Gefahrgut transportiert, dann sind die folgenden Dateneingaben jeweils in der hierzu passenden Zeile „kein Gefahrgut / einfache Hülle“ vorzunehmen.

(2) Auswahl des Schiffstyps auf Basis vorgegebener Auswahlfelder

Es stehen die Typen „Einzelfahrer“ und „Verband“ zur Verfügung (s. Abb. 14)

Gefahrgut?	Hüllentyp	Schiffstyp	Länge (m)	Breite (m)
kein Gefahrgut	einfache Hülle	Einzelfahrer	110,0	11,4
kein Gefahrgut	Doppel-Hülle	Einzelfahrer	110,0	11,4
Gefahrgut	einfache Hülle	Einzelfahrer Verband	110,0	11,4
Gefahrgut	Doppel-Hülle	Einzelfahrer	110,0	11,4

Abb. 14: Dateneingabe Schiffstyp, -länge und -breite (Beispiel)

(3) Eingabe von Breite und Länge des Beispielschiffs

Hier ist eine freie Dateneingabe möglich (Abb. 14).

(4) Eingabe des Alters der sicherheitsrelevanten Komponenten des Beispielschiffs.

Hier ist eine Eingabe in Fünf-Jahresschritten auf Basis von vorgegebenen Auswahlfeldern vorgesehen (s. Abb. 15). Diese Fünf-Jahresschritte entsprechen den Vorgaben im Fragebogen zur Expertenbefragung, z.B. 0 bis 5 Jahre, 6 bis 10 Jahre etc..

		Alter von	Alter von	Alter von
<u>Gefahrgut?</u>	<u>Hüllentyp</u>	<u>Antriebs-Anlage</u>	<u>Ruder-Maschine</u>	<u>Bugstr.-Anlage</u>
kein Gefahrgut	einfache Hülle	0 - 5	0 - 5	0 - 5
kein Gefahrgut	Doppel-Hülle	0 - 5	0 - 5	0 - 5
Gefahrgut	einfache Hülle	0 - 5	0 - 5	0 - 5
Gefahrgut	Doppel-Hülle	0 - 5	0 - 5 6 - 10 11 - 15 16 - 20 21 - 25 26 - 30 31 - 35 36 - 40	0 - 5

Abb. 15: Dateneingabe Alter der Risikokomponenten (Beispiel)

Ergebnisausgabe

Als Ergebnis wird eine Tabelle wiedergegeben, die die Schadensrisiken je Risikokomponente und je Komponenten-Altersstufe sowie – als Spaltensumme – das Gesamtrisiko über alle drei Komponenten anzeigt. Die angezeigten Ergebnisse beziehen sich auf die vorher eingegebenen Daten zu Schiffstyp und Schiffsabmessungen.

Entsprechende Ergebnistabellen stehen für alle vier Grundtypen zur Verfügung (Abb. 16).

		Alter der Komp. (Jahre)	Risiko der Komp. (€)	Risiko der Komp. (€)	Risiko der Komp. (€)	GESAMT- Risiko (€)
Gefahrgut?	Hüllentyp		Antriebs- Anlage	Ruder- Maschine	Bugstrahl- Anlage	
kein Gefahrgut	einfache Hülle	0 - 5	2.482	5.363	203	8.048
kein Gefahrgut	einfache Hülle	6 - 10	3.385	7.508	254	11.147
kein Gefahrgut	einfache Hülle	11 - 15	5.010	11.918	401	17.329
kein Gefahrgut	einfache Hülle	16 - 20	7.222	15.254	604	23.080
kein Gefahrgut	einfache Hülle	21 - 25	8.666	21.690	766	31.122
kein Gefahrgut	einfache Hülle	26 - 30	11.103	29.556	862	41.521
kein Gefahrgut	einfache Hülle	31 - 35	13.180	33.608	1.035	47.822
kein Gefahrgut	einfache Hülle	36 - 40	14.895	43.499	1.227	59.620
kein Gefahrgut	einfache Hülle	41 - 45	16.836	43.499	1.241	61.576
kein Gefahrgut	einfache Hülle	46 - 50	18.641	43.737	1.330	63.708
kein Gefahrgut	Doppel-Hülle	31 - 35	5.111	13.813	753	19.677
kein Gefahrgut	Doppel-Hülle	36 - 40	5.777	17.879	892	24.547
kein Gefahrgut	Doppel-Hülle	41 - 45	6.529	17.879	903	25.311
kein Gefahrgut	Doppel-Hülle	46 - 50	7.229	17.977	967	26.173
Gefahrgut	einfache Hülle	31 - 35	22.074	50.914	1.535	74.523
Gefahrgut	einfache Hülle	36 - 40	24.947	65.899	1.819	92.665
Gefahrgut	einfache Hülle	41 - 45	28.197	65.899	1.841	95.937
Gefahrgut	einfache Hülle	46 - 50	31.221	66.260	1.972	99.453
Gefahrgut	Doppel-Hülle	31 - 35	8.682	19.244	933	28.859
Gefahrgut	Doppel-Hülle	36 - 40	9.812	24.908	1.105	35.826
Gefahrgut	Doppel-Hülle	41 - 45	11.090	24.908	1.119	37.118
Gefahrgut	Doppel-Hülle	46 - 50	12.280	25.045	1.198	38.523

Abb. 16: Schadensrisiken nach Komponenten-Alter für alle Kombinationen von Ladungsart und Hüllentyp (fiktives Beispiel)

Bei einem Alter von 11 bis 15 Jahren hätte beispielweise ein Schiff des Grundtyps „kein Gefahrgut / einfache Hülle“ ein Schadensrisiko von insgesamt rd. 17.300 €.

Die o.a. Ergebnistabellen zeigen an, wie hoch das Gesamtrisiko eines Schiffs ist, wenn dessen Komponenten der gleichen Altersstufe zuzuordnen sind. Die jeweils geltende Altersstufe entspricht zugleich auch dem sicherheitstechnischen Alter; denn wenn alle Risikokomponenten beispielsweise 11 bis 15 Jahre alt sind, dann muß auch das sicherheitstechnische Alter 11 bis 15 Jahre betragen.

Aufgrund des o.a. Grundsatzes, dass beim Gesamt-Schadensrisiko jeder Euro – unabhängig davon, von welcher Risikokomponente er stammt – den gleichen Einfluss auf das technische Alter hat, können auch verschiedenste andere Kombinationen des Alters von Risikokomponenten dazu führen, dass das technische Alter bei 11 bis 15 Jahren liegt. Ein bestimmter Betrag Gesamt-Schadensrisiko steht – innerhalb desselben Grundtyps – also immer auch für ein bestimmtes technisches Alter.

Aus diesem Grund ist auch die umgekehrte Betrachtungsrichtung zulässig: Aus der Höhe des Schadensrisikos kann direkt das technische Alter eines Schiffs abgeleitet werden. Im obigen Beispiel bedeutet das, dass – unabhängig vom Alter der Risikokomponenten – ein Schadensrisiko von 17.300 € ein technisches Alter von 11 – 15 Jahren anzeigt.

Um über die vorgegebenen Fünf-Jahres-Altersstufen hinaus differenziertere Aussagen zum Schadensrisiko und technischen Alter erhalten zu können, vor allem aber, um Schadensrisiken für Schiffe mit unterschiedlich alten Risikokomponenten errechnen zu kön-

nen, wurden im nächsten Schritt die gemäß Abb. 16 ermittelten Schadensrisiken der einzelnen Risikokomponenten je Komponente für jedes Einzeljahr inter- bzw. extrapoliert.

Bei ausreichend guter Datenlage wäre es grundsätzlich sinnvoll, zwischen den jeweils benachbarten Altersgruppen zu interpolieren³⁰. Da die Datenbasis mit 13 auswertbaren Interviews relativ klein war und diese Vorgehensweise bei der Interpolation zu teilweise nicht plausiblen Ergebnissen führte, wurde hier ein vereinfachtes Interpolationsverfahren angewendet, welches im Falle einer Verbesserung der Datenlage jederzeit durch die o.g. Interpolation „von Altersgruppe zu Altersgruppe“ ersetzt werden kann.

Bei dem hier verwendeten Verfahren wird, für jede Risikokomponente und jeden Grundtyp separat, wie folgt vorgegangen:

- a) Das für die höchste Altersgruppe 46 – 50 Jahre ermittelte Schadensrisiko wird für das mittlere Alter dieser Altersgruppe – also 48 Jahre – angesetzt.
- b) Das Schadensrisiko eines neuen Schiffs oder eines Schiffs mit neuen Komponenten (Alter = 0), wird als Null angesetzt.
- c) Aus dem Schadensrisiko gem. a) wird ein durchschnittliches Risiko pro Jahr (Division durch 48 Jahre) errechnet. Dieses ist zugleich das Risiko, welches sich für ein Schiff mit ein Jahr alten Risikokomponenten ergibt.
- d) Für jedes weitere Altersjahr wird der gem. c) ermittelte Durchschnittsbetrag hinzugeaddiert.

Das Ergebnis ist eine lineare Interpolation zwischen den Altersstufen 0 und 48 Jahre. Ein Schadensrisikowert für die Altersstufen 49 und 50 Jahre wird durch Extrapolation (Hinzusaddieren des jahresdurchschnittlichen Schadensrisikos) ermittelt (s. Abb. 17).

³⁰ Dabei würde innerhalb jeder Altersstufe das ermittelte Schadensrisiko dem jeweiligen „mittleren Jahr“ zugeordnet; beispielsweise würde der Risikowert der Altersstufe „6 bis 10 Jahre“ dem Alter „8 Jahre“ zugeordnet, der Wert der Stufe „11 bis 15 Jahre“ dem Alter „13 Jahre“ etc. Zwischen diesen so festgelegten Eckwerten müsste dann entsprechend der ermittelten Differenzen in den jeweiligen Schadensrisikosummen interpoliert werden.

Ladungsart:	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut
Hüllentyp	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	
Schiffstyp:	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	
Länge (m):	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
Breite (m):	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Techn. Alter (Jahre)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	354	831	25	1.210	137	342	18	497	593	1.259	37	1.889	233	476	23	732	
2	708	1.662	51	2.421	275	683	37	994	1.186	2.518	75	3.779	467	952	46	1.464	
3	1.062	2.493	76	3.631	412	1.025	55	1.492	1.779	3.776	112	5.668	700	1.427	68	2.196	
4	1.417	3.324	101	4.841	549	1.366	74	1.989	2.373	5.035	150	7.558	933	1.903	91	2.927	
5	1.771	4.155	126	6.052	687	1.708	92	2.486	2.966	6.294	187	9.447	1.166	2.379	114	3.659	
6	2.125	4.985	152	7.262	824	2.049	110	2.983	3.559	7.553	225	11.336	1.400	2.855	137	4.391	
7	2.479	5.816	177	8.472	961	2.391	129	3.481	4.152	8.812	262	13.226	1.633	3.331	159	5.123	
8	2.833	6.647	202	9.683	1.099	2.732	147	3.978	4.745	10.070	300	15.115	1.866	3.806	182	5.855	
9	3.187	7.478	227	10.893	1.236	3.074	165	4.475	5.338	11.329	337	17.005	2.100	4.282	205	6.587	
10	3.541	8.309	253	12.103	1.373	3.415	184	4.972	5.931	12.588	375	18.894	2.333	4.758	228	7.319	
11	3.896	9.140	278	13.313	1.511	3.757	202	5.470	6.524	13.847	412	20.783	2.566	5.234	250	8.050	
12	4.250	9.971	303	14.524	1.648	4.098	221	5.967	7.118	15.105	450	22.673	2.799	5.710	273	8.782	
13	4.604	10.802	328	15.734	1.785	4.440	239	6.464	7.711	16.364	487	24.562	3.033	6.185	296	9.514	
14	4.958	11.633	354	16.944	1.923	4.781	257	6.961	8.304	17.623	525	26.451	3.266	6.661	319	10.246	
15	5.312	12.464	379	18.155	2.060	5.123	276	7.459	8.897	18.882	562	28.341	3.499	7.137	342	10.978	
16	5.666	13.295	404	19.365	2.197	5.464	294	7.956	9.490	20.141	600	30.230	3.733	7.613	364	11.710	
17	6.020	14.126	429	20.575	2.335	5.806	312	8.453	10.083	21.399	637	32.120	3.966	8.089	387	12.441	
18	6.374	14.956	455	21.786	2.472	6.147	331	8.950	10.676	22.658	674	34.009	4.199	8.564	410	13.173	
19	6.729	15.787	480	22.996	2.610	6.489	349	9.447	11.270	23.917	712	35.898	4.432	9.040	433	13.905	
20	7.083	16.618	505	24.206	2.747	6.830	368	9.945	11.863	25.176	749	37.788	4.666	9.516	455	14.637	
21	7.437	17.449	530	25.417	2.884	7.172	386	10.442	12.456	26.435	787	39.677	4.899	9.992	478	15.369	
22	7.791	18.280	556	26.627	3.022	7.513	404	10.939	13.049	27.693	824	41.567	5.132	10.467	501	16.101	
23	8.145	19.111	581	27.837	3.159	7.855	423	11.436	13.642	28.952	862	43.456	5.366	10.943	524	16.833	
24	8.499	19.942	606	29.048	3.296	8.196	441	11.934	14.235	30.211	899	45.345	5.599	11.419	546	17.564	
25	8.853	20.773	632	30.258	3.434	8.538	459	12.431	14.828	31.470	937	47.235	5.832	11.895	569	18.296	
26	9.208	21.604	657	31.468	3.571	8.879	478	12.928	15.421	32.729	974	49.124	6.066	12.371	592	19.028	
27	9.562	22.435	682	32.678	3.708	9.221	496	13.425	16.015	33.987	1.012	51.014	6.299	12.846	615	19.760	
28	9.916	23.266	707	33.889	3.846	9.562	515	13.923	16.608	35.246	1.049	52.903	6.532	13.322	637	20.492	
29	10.270	24.096	733	35.099	3.983	9.904	533	14.420	17.201	36.505	1.087	54.792	6.765	13.798	660	21.224	
30	10.624	24.927	758	36.309	4.120	10.245	551	14.917	17.794	37.764	1.124	56.682	6.999	14.274	683	21.956	
31	10.978	25.758	783	37.520	4.258	10.587	570	15.414	18.387	39.022	1.162	58.571	7.232	14.750	706	22.687	
32	11.332	26.589	808	38.730	4.395	10.928	588	15.912	18.980	40.281	1.199	60.461	7.465	15.225	729	23.419	
33	11.687	27.420	834	39.940	4.532	11.270	606	16.409	19.573	41.540	1.236	62.350	7.698	15.699	752	24.151	
34	12.041	28.251	859	41.151	4.670	11.612	625	16.906	20.166	42.800	1.273	64.239	7.931	16.173	775	24.883	
35	12.395	29.082	884	42.361	4.807	11.953	644	17.403	20.760	44.050	1.310	66.128	8.164	16.647	798	25.615	
36	12.749	29.913	909	43.571													
37	13.103	30.744															
38	13.457																
39	13.811																
40	14.165																

Abb. 17: Schadensrisiken und technisches Schiffsalter für Einzeljahre (inter- und extrapolierte Werte; fiktives Beispiel)

Auf dieser Basis war es nun möglich, das technische Alter eines beliebigen Beispielschiffs mit unterschiedlich alten Risikokomponenten zu ermitteln. Gemäß u.a. Abb. 18 entspricht beispielsweise ein Gesamtschadensrisiko von ca. 21.800 € einem technischen Schiffsalter von 18 Jahren.

Ladungsart:	0	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut
Hüllentyp:	0	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle
Schiffstyp:	0	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer
Länge (m):	0	90	90	90	90
Breite (m):	0	10,5	10,5	10,5	10,5
Techn. Alter (Jahre)	0	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)
0	0	0	0	0	0
1	354	831	25	1.210	
2	708	1.662	51	2.421	
3	1.062	2.493	76	3.631	
4	1.417	3.324	101	4.841	
5	1.771	4.155	126	6.052	
6	2.125	4.985	152	7.262	
7	2.479	5.816	177	8.472	
8	2.833	6.647	202	9.683	
9	3.187	7.478	227	10.893	
10	3.541	8.309	253	12.103	
11	3.896	9.140	278	13.313	
12	4.250	9.971	303	14.524	
13	4.604	10.802	328	15.734	
14	4.958	11.633	354	16.944	
15	5.312	12.464	379	18.155	
16	5.666	13.295	404	19.365	
17	6.020	14.126	429	20.575	
18	6.374	14.956	455	21.785	
19	6.729	15.787	480	22.996	
20	7.083	16.618	505	24.206	
21	7.437	17.449	530	25.417	
22	7.791	18.280	556	26.627	
23	8.145	19.111	581	27.837	
24	8.499	19.942	606	29.048	
25	8.853	20.773	632	30.258	
26	9.208	21.604	657	31.468	
27	9.562	22.435	682	32.678	
28	9.916	23.266	707	33.889	
29	10.270	24.096	733	35.099	
30	10.624	24.927	758	36.309	
31	10.978	25.758	783	37.520	
32	11.332				

Abb. 18: Schadensrisiken und technisches Schiffsalter bei unterschiedlich alten Risikokomponenten (fiktives Beispiel)

Dieses Gesamtrisiko kann beispielsweise erreicht werden, wenn alle Risikokomponenten ebenfalls 18 Jahre alt sind – sei es, dass das Schiff mitsamt den Komponenten 18 Jahre alt ist, oder sei es, weil die Komponenten 18 Jahre zuvor gleichzeitig erneuert worden sind und das Schiff noch älter als 18 Jahre ist.

Die Einzelrisiken der einzelnen Komponenten liegen in diesem Fall bei (s.a. Abb. 18):

	Schadens- risiko (€)	Alter (Jahre)	Sicherheits- technisches Alter (Jahre)
Antriebsanlage	6.374	18	18
Rudermaschine	14.956	18	18
Bugstrahlanlage	455	18	18
Gesamtschiff	21.785		18

Eine andere Alterszusammensetzung der Risikokomponenten kann jedoch zum gleichen Ergebnis führen, In o.a. Abb. 18 ist als ein mögliches Beispiel die folgende Kombination optisch hervorgehoben:

	Schadens- risiko (€)	Alter (Jahre)	Sicherheits- technisches Alter (Jahre)
Antriebsanlage	9.208	26	26
Rudermaschine	11.633	14	14
Bugstrahlanlage	758	30	30
Gesamtschiff	21.599		18

Das aus den Einzelrisiken errechnete Gesamtrisiko von 21.599 € liegt der lt. Abb. 18 für ein technisches Alter von 18 Jahren maßgeblichen Summe von 21.785 € am nächsten, so dass auch diese Alterskombination der Risikokomponenten ein technisches Alter von etwa 18 Jahren ergibt.

7.2 Berechnungsergebnisse

In diesem Abschnitt sollen einige grundsätzliche, übergreifende Ergebnisse der Berechnungen dargestellt und erörtert werden. Insofern geht es hier nicht um Einzelergebnisse zu verschiedenen Schiffsgrößen oder -typen, sondern um generelle Erkenntnisse wie etwa zur Bedeutung einer Erneuerung der verschiedenen Risikokomponenten im Hinblick auf das sicherheitstechnische Alter des Schiffs.

Tabellen mit detaillierten Ergebnissen zu ausgewählten Beispielschiffen sind im Anhang zu finden.

Für alle in den nächsten Abschnitten dargestellten Berechnungen des Schadensrisikos und des technischen Alters wird ausdrücklich noch auf Folgendes hingewiesen:

- Die ermittelten Schadensrisiken beziehen sich ausschließlich auf altersbedingte Ausfälle der hier betrachteten Risikokomponenten und dadurch verursachte Unfälle. Angesichts der Tatsache, dass die hier betrachteten Risiken sich nur auf einen Bruchteil der tatsächlichen Binnenschiffsunfälle beziehen, dürfte das tatsächliche Gesamt-Schadensrisiko eines Binnenschiffs deutlich höher liegen. Denn Binnenschiffsunfälle aufgrund z.B. menschlichen Versagens oder schlechter Witterung

sind weitaus häufiger und bergen somit in Summe höhere Risiken als Unfälle aufgrund technischen Versagens.

- Ein nach Erneuerung sicherheitsrelevanter Komponenten neu ermitteltes technisches Alter bezieht sich immer nur auf die untersuchten sicherheitstechnischen Aspekte und Komponenten. Ein altes Schiff, dass nach Erneuerung aller relevanten Risikokomponenten ein technisches Alter von null Jahren hat, ist lediglich aus sicherheitstechnischer Sicht ähnlich gut wie ein neues Schiff. Es darf aber gedanklich nicht mit einem tatsächlich neuen Schiff, welches in anderer Hinsicht viele weitere Vorteile haben mag, verglichen und auf dieselbe Stufe gestellt werden.

7.2.1 Relevanz der Risikokomponenten für das technische Schiffsalter

Tab. 2 zeigt für einige Konstellationen die Auswirkungen einer Kompletterneuerung aller Risikokomponenten sowie die einer alleinigen Erneuerung der Antriebsanlage auf das sicherheitstechnische Schiffsalter:

Ausgangssituation	Maßnahme	Alter der Risikokomponenten			Schiffsalter lt. Attest Jahre	Techn. Schiffsalter vor Maßnahme Jahre	Techn. Schiffsalter nach Maßnahme Jahre
		Antriebs- anlage	Ruder- maschine	Bugstr.- Anlage			
		Jahre	Jahre	Jahre			
Schiff und Komponenten sind neu	---	0	0	0	0	0	
18 Jahre altes Schiff mit 18 Jahre alten (Original-) Komponenten	---	18	18	18	18	18	
18 Jahre altes Schiff mit 18 Jahre alten (Original-) Komponenten	Erneuerung aller Risiko- komponenten	18 --> 0	18 --> 0	18 --> 0	18	18	0
18 Jahre altes Schiff mit 18 Jahre alten (Original-) Komponenten	Erneuerung der Antriebsanlage	18 --> 0	18	18	18	18	ca. 13
40 Jahre altes Schiff mit 25 Jahre alten Komponenten	Erneuerung der Antriebsanlage	25 --> 0	25	25	40	25	ca. 18

Tab. 2: Auswirkung einer Erneuerung der Antriebsanlage auf das technische Schiffsalter (Basis: Ladungsart = „kein Gefahrgut“)

Bei einem 18 Jahre alten Schiff (aber ebenso auch bei älteren Schiffen) mit 18 Jahre alten Komponenten liegt das technische Schiffsalter demnach bei 18 Jahren. Eine Erneuerung aller Risikokomponenten würde das technische Alter auf Null senken.

Eine Erneuerung der Antriebsanlage allein senkt das technische Alter um fünf auf dann ca. 13 Jahre. Eine Reduktion von ca. sieben Jahren ergäbe sich, wenn die Antriebsanlage bei einem Schiff mit 25 Jahre alten Komponenten erneuert werden würde.

Im Falle der Ladungsart „Gefahrgut“ wären die Auswirkungen auf das technische Schiffsalter noch etwas stärker: Bei einem Schiff mit 25 Jahre alten Komponenten würde die Reduktion des technischen Alters bei Erneuerung der Antriebsanlage bei etwa acht Jahren liegen.

Die Auswirkungen auf das technische Alter sind bei Erneuerung der Rudermaschine erheblich höher als die einer Erneuerung der Antriebsanlage (Tab. 3):

Ausgangssituation	Maßnahme	Alter der Risikokomponenten			Schiffsalter lt. Attest	Techn. Schiffsalter vor Maßnahme	Techn. Schiffsalter nach Maßnahme
		Antriebs- anlage	Ruder- maschine	Bugstr.- Anlage			
		Jahre	Jahre	Jahre		Jahre	Jahre
18 Jahre altes Schiff mit 18 Jahre alten (Original-) Komponenten	Erneuerung der Rudermaschine	18	18 --> 0	18	18	18	ca. 6
40 Jahre altes Schiff mit 25 Jahre alten Komponenten	Erneuerung der Rudermaschine	25	25 --> 0	25	40	25	ca. 8

Tab. 3: Auswirkung einer Erneuerung der Rudermaschine auf das technische Schiffsalter (Basis: Ladungsart = „kein Gefahrgut“)

Demnach sinkt das technische Schiffsalter um ca. 12 Jahre, wenn alle Risikokomponenten vor Maßnahmendurchführung 18 Jahre alt waren; bei 25 Jahre alten Risikokomponenten würde die Erneuerung der Rudermaschine eine Absenkung des technischen Schiffsalters auf etwa 8 Jahre bewirken, also eine Reduktion um 17 Jahre.

In Tab. 4 sind die Auswirkungen einer Erneuerung der Bugstrahlanlage auf das sicherheitstechnische Schiffsalter dargestellt:

Ausgangssituation	Maßnahme	Alter der Risikokomponenten			Schiffsalter lt. Attest	Techn. Schiffsalter vor Maßnahme	Techn. Schiffsalter nach Maßnahme
		Antriebs- anlage	Ruder- maschine	Bugstr.- Anlage			
		Jahre	Jahre	Jahre	Jahre	Jahre	Jahre
18 Jahre altes Schiff mit 18 Jahre alten (Original-) Komponenten	Erneuerung der Bugstrahlanlage	18	18	18 --> 0	18	18	ca. 17,5
40 Jahre altes Schiff mit 25 Jahre alten Komponenten	Erneuerung der Bugstrahlanlage	25	25	25 --> 0	25	25	ca. 24,5
40 Jahre altes Schiff mit 18 Jahre alter Antriebsanlage und Rudermaschine sowie 35 Jahre alter Bugstrahlanlage	Erneuerung der Bugstrahlanlage	18	18	35 --> 0	40	ca. 18,5	ca. 17,5

Tab. 4. Auswirkung einer Erneuerung der Bugstrahlanlage auf das technische Schiffsalter (Basis: Ladungsart = „kein Gefahrgut“)

Die Erneuerung der Bugstrahlanlage hat demnach kaum merkliche Auswirkungen auf das technische Alter: Je nach Ausgangslage – insbesondere im Hinblick auf das Alter der Bugstrahlanlage vor Erneuerung – sinkt das technische Alter durch diese Maßnahme lediglich um ein halbes bis ein Jahr.

Dies ist mit dem vergleichsweise geringen Schadensrisiko, das von einer Bugstrahlanlage – auch einer sehr alten – ausgeht, zu erklären. Dies wiederum resultiert aus den typischen Einsatzfällen der Bugstrahlanlage wie z.B. dem Anlegevorgang oder dem Manövrieren in Schleusen. Hierbei können zwar auch Unfälle passieren, doch sind die dabei entstehenden Schäden i.d.R. deutlich geringer als während der freien Fahrt, bei der die Bugstrahlanlage normalerweise nicht eingesetzt wird.

Von allen Risikokomponenten hat die Rudermaschine also den mit Abstand größten Einfluss auf das technische Schiffsalter, wohingegen der der Bugstrahlanlage äußerst gering ist.

7.2.2 Einfluss des Grundtyps auf das technische Schiffsalter

Die einem Schiff oder Verband zugrunde liegende Kombination aus Ladungsart und Hüllentyp („Grundtyp“) wirkt sich relativ stark auf die Höhe des Schadensrisikos aus, denn die Schadensrisiko-Summen unterscheiden sich zwischen den vier Grundtypen im Niveau recht deutlich, wohingegen sich die Risikostrukturen nur wenig unterscheiden.

Das Gesamt-Schadensrisiko sowie der durchschnittlich auf ein Jahr technisches Alter entfallende Betrag ist für die vier Grundtypen in Tab. 5 dargestellt. Hier ist zu erkennen,

dass Doppelhüllenschiffe pro Jahr eine deutlich geringere Schadensrisikosumme als Einhüllenschiffe aufweisen.

(€)	Kein Gefahrgut / Einhüllenschiff	Kein Gefahrgut / Doppelhüllenschiff	Gefahrgut / Einhüllenschiff	Gefahrgut / Dop- pelhüllenschiff
Schadensrisiko bei einem techni- schen Alter von 50 Jahren	60.516	24.862	94.470	36.593
Durchschnittlich auf ein Alters- jahr entfallende Risikosumme	1.210	497	1.889	732

Tab. 5. Gesamt-Schadensrisiko nach Grundtypen (Basis: Referenzschiff)

Trotz dieser Unterschiede hat der Grundtyp nur einen geringen Einfluss auf das technische Alter. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der quantitative Zusammenhang zwischen Schadensrisiko und technischem Alter immer nur innerhalb des Grundtyps gilt, dem ein betrachtetes Beispielschiff angehört. Vorher-Nachher-Vergleiche einer Maßnahme wie z.B. Erneuerung der Antriebsanlage, die zu Schadensrisiko-Verminderungen führen und das technische Alter senken, sind immer nur dann sachlich zulässig und somit aussagekräftig, wenn sie innerhalb des jeweiligen Grundtyps durchgeführt werden.

Tab. 6 zeigt für die vier Grundtypen die Auswirkungen einer Erneuerung der Antriebsanlage auf das Schadensrisiko und das sicherheitstechnische Schiffsalter.

Grundtyp	Maßnahme	Alter der Risikokomponenten			Techn. Schiffsalter vor Maßnahme	Techn, Schiffsalter nach Maßnahme	Schadens- risiko vor Maßnahme	Schadens- risiko nach Maßnahme
		Antriebs- anlage	Ruder- maschine	Bugstr.- Anlage				
		Jahre	Jahre	Jahre			€	€
Kein Gefahrgut / einfache Hülle	Erneuerung der Antriebsanlage	18 → 0	18	18	18	ca. 12,7	21.800	15.400
Kein Gefahrgut / Doppelhülle	Erneuerung der Antriebsanlage	18 → 0	18	18	18	ca. 13	8.950	6.480
Gefahrgut / einfache Hülle	Erneuerung der Antriebsanlage	18 → 0	18	18	18	ca. 12,5	34.000	23.300
Gefahrgut / Doppelhülle	Erneuerung der Antriebsanlage	18 → 0	18	18	18	ca. 10,8	13.170	7.970

Tab. 6: Auswirkung einer Erneuerung der Antriebsanlage auf das technische Schiffsalter und das Schadensrisiko bei unterschiedlichen Grundtypen (Basis: Referenzschiff)

Die Maßnahme „Erneuerung der Antriebsanlage“ führt bei einem Schiff mit 18 Jahre alten Risikokomponenten je nach Grundtyp zu einer Verringerung des technischen Alters um etwa fünf bis sieben Jahre. Die Auswirkungen auf die Höhe des Schadensrisikos sind – relativ gesehen – bei dieser Maßnahme jedoch deutlich stärker und reichen von einer Reduktion um

- ca. 2.500 € beim Grundtyp „kein Gefahrgut / Doppelhülle“
- bis zu knapp 11.000 € beim Typ „Gefahrgut / einfache Hülle“.

Ein ähnliches Bild – mit etwas extremeren Werten – zeigt sich bei einer Erneuerung der Rudermaschine (Tab. 7):

Grundtyp	Maßnahme	Alter der Risikokomponenten			Techn. Schiffsalter vor Maßnahme	Techn. Schiffsalter nach Maßnahme	Schadensrisiko vor Maßnahme	Schadensrisiko nach Maßnahme
		Antriebs- anlage	Ruder- maschine	Bugstr.- Anlage				
		Jahre	Jahre	Jahre			€	€
Kein Gefahrgut / einfache Hülle	Erneuerung der Rudermaschine	18	18 --> 0	18	18	ca. 5,7	21.800	6.830
Kein Gefahrgut / Doppelhülle	Erneuerung der Rudermaschine	18	18 --> 0	18	18	ca. 5,7	8.950	2.800
Gefahrgut / einfache Hülle	Erneuerung der Rudermaschine	18	18 --> 0	18	18	ca. 6	34.000	11.350
Gefahrgut / Doppelhülle	Erneuerung der Rudermaschine	18	18 --> 0	18	18	ca. 6,3	13.170	4.610

Tab. 7: Auswirkung einer Erneuerung der Rudermaschine auf das technische Schiffsalter und das Schadensrisiko bei unterschiedlichen Grundtypen (Basis: Referenzschiff)

Die Unterschiede in Bezug auf die Reduktion des technischen Schiffsalters sind mit weniger als einem Jahr gering, denn bei allen vier Grundtypen sinkt das technische Schiffsalter durch diese Maßnahme rechnerisch um etwa 11,7 bis 12,3 Jahre. Demgegenüber sinkt das Schadensrisiko je nach Grundtyp zwischen ca. 6.200 und ca. 22.700 €.

Die höheren absoluten Rückgänge beim Schadensrisiko erfolgen bei den Einhüllenschiffen, da diese im Vergleich aller Grundtypen grundsätzlich ein höheres Schadensrisiko als Doppelhüllenschiffe aufweisen. Das gilt sogar für den Fall des Einhüllenschiffs ohne Gefahrgut im Vergleich zum Doppelhüllenschiff mit Gefahrgut (s.o.).

Mit einem Wechsel des Grundtyps wird zwar das Sicherheitsniveau und damit auch das Schadensrisiko eines Schiffs verändert. Das technische Schiffsalter verändert sich dadurch jedoch nicht. Ein typisches Beispiel ist der Umbau eines Einhüllenschiffs zu einem Doppelhüllenschiff. Blieben in einem solchen Fall die Risikokomponenten unverändert, so bliebe trotz der durch die zweite Hülle realisierten Risikoverringerung auch das sicherheitstechnische Schiffsalter konstant. Es ist offensichtlich, dass z.B. ein Einhüllenschiff mit 18 Jahre alten Risikokomponenten, welches zu einem Doppelhüllenschiff umgebaut

wird, kein anderes technisches Alter haben kann als ein originäres Doppelhüllenschiff mit ebenso alten Risikokomponenten.

7.3 Möglichkeiten zur Optimierung und Verfeinerung des Berechnungsmodells

Das hier entwickelte Verfahren zur Bestimmung des sicherheitstechnischen Schiffsalters auf Basis des Schadensrisikos ist in der vorliegenden Fassung verwendungsfähig und kann praktikable, aussagekräftige Informationen liefern.

Der Dateninput, der aktuell in dem dem Verfahren zugrunde liegenden Berechnungsmodell eingespeist ist, ist jedoch in Bezug auf Quantität, Qualität und Aktualität „naturgemäß“ grundsätzlich steigerbar:

- Mit jedem zusätzlichen Experteninterview würde beispielsweise die Repräsentativität der Daten zu Ausfall-, Unfall-Wahrscheinlichkeiten etc. gesteigert werden.
- Zusätzliche Experteninterviews mit geänderten Befragungsschwerpunkten könnten Aspekte differenzierter beleuchten, die hier noch relativ undifferenziert behandelt wurden (z.B. stärkere Differenzierung der Schadensbilder-Einschätzungen nach Ladungsarten anstelle der einfachen Unterteilung in „Gefahrgüter“ und „Nicht-Gefahrgüter“). Auch könnten weitere Experteninterviews dazu dienen, analog zur Erhebung für das Referenzschiff, individuelle Erhebungen für weitere Schiffstypen und -abmessungen durchzuführen.
- Höhere Aktualität und Differenzierung von Schadenskostensätzen können zu zutreffenderen Ergebnissen über die Schadensrisiken beitragen.
- Die geplante Datenbank zu Binnenschiffsunfällen („HAVARIS“) könnte nach ihrer Realisierung unterstützende Informationen für Plausibilitätsprüfungen liefern.

Im Falle derartiger Verbesserungen ist das Modell sehr flexibel: Soweit es sich lediglich um neue Daten oder zusätzliche Fragebögen handelt, wäre nach Eingabe der Daten eine sofortige qualitative Verbesserung des Informationsoutputs (höhere Repräsentativität) gegeben.

Bei qualitativen Verbesserungen des Dateninputs - wie z.B. stärkeren Differenzierungen - könnten diese mit einem relativ geringen Aufwand in das Berechnungsmodell eingearbeitet werden.

Das Berechnungsmodell sieht vor, dass dort das aktuelle Alter der Risikokomponenten von zu untersuchenden Beispielschiffen eingegeben wird. Damit wird unterstellt, dass beim Vergleich mehrerer Schiffe mit Risikokomponenten gleichen Alters diese das gleiche Schadensrisiko und dasselbe technische Alter haben. Aspekte wie ein im Vergleich der Schiffe unterschiedlicher Pflege- und Wartungszustand oder unterschiedliche Nutzungsintensitäten (z.B. tägliche Fahrzeiten) der Risikokomponenten werden dabei nicht berücksichtigt, was jedoch sachgerecht wäre.

Um in einem solchen Vergleichsfall einen sachlich angemessenen Vergleich durchführen zu können, wäre es – obgleich nicht Gegenstand dieses Vorhabens – sinnvoll, auch den

individuellen Pflege- und Wartungszustand der Risikokomponenten durch entsprechende Ab-, aber auch Zuschläge in das nominale Alter einer Komponente einfließen zu lassen.

Denkbar wäre hierbei etwa eine Begutachtung des Risikokomponenten-Zustands durch einen Gutachter; dieser könnte – abhängig vom Pflege- / Wartungszustand einer Komponente – ein dem Zustand der Komponente entsprechendes Alter festlegen und attestieren.

Eine andere Möglichkeit wäre, bei bestimmten Standardmaßnahmen wie etwa einer „Generalüberholung nach Herstellervorschriften“, von vornherein festgelegte Abschläge vom tatsächlichen Alter vorzunehmen³¹. Auch eine Kombination dieser Möglichkeiten wäre möglich.

Darüber hinaus wäre es sinnvoll, neben dem tatsächlichen Alter einer Risikokomponente auch deren Nutzungsintensität zu betrachten und diese in ein Verfahren zur Ermittlung des technischen Alters einzubeziehen. Ebenso wie eine Bewertung des Wartungszustands (s.o.) ist dieser Aspekt zwar nicht Gegenstand dieses Vorhabens; dennoch soll er hier zumindest Erwähnung finden. Ein Faktor ist hier beispielsweise die Laufleistung der Antriebsmaschine. Bei gleichem nominalen Alter können zwei Maschinen sehr unterschiedliche Laufleistungen haben – insbesondere wenn die beiden Schiffe in unterschiedlichen Betriebsformen gefahren wurden. So ermöglicht die Betriebsform A1, die häufig von Partikulierunternehmen wahrgenommen wird, eine tägliche Fahrzeit von bis zu 14 Stunden. Die Betriebsformen A2 und B erlauben Fahrzeiten von 18 bzw 24 Stunden pro Tag. Durch eine problemgerechte Verknüpfung von Alter und Laufleistung sollte eine sachgerechte Berücksichtigung dieses Arguments möglich sein.

Wenn die auf diese Weise zustande gekommenen „neuen“ Altersangaben von Risikokomponenten in das hier entwickelte Berechnungsverfahren einfließen würden, würde dies zu zutreffenderen Ergebnissen in Bezug auf das Schadensrisiko und das technische Alter führen.

³¹ Derartige Abschläge könnten zudem differenziert sein nach den grundsätzlichen Maschinentypen („Schnell-“, „Mittelschnell-“ und „Langsamläufer“), die durch unterschiedliche Lebensdauern gekennzeichnet sind und bei denen demzufolge auch unterschiedliche Anforderungen im Hinblick auf Wartungsintervalle etc. bestehen.

8. Fazit und Ausblick

Die zentrale Annahme, dass zwischen dem Alter sicherheitsrelevanter Komponenten und Unfallwahrscheinlichkeiten ein Zusammenhang besteht, hat sich bestätigt. Dies bedeutet zugleich, dass Modernisierungsmaßnahmen an diesen Komponenten das sicherheitstechnische Schiffsalter beeinflussen.

Das Ziel des Vorhabens, die Entwicklung eines Verfahrens, mit dem es möglich wird, das von einem älteren modernisierten Schiff ausgehende Risiko mit dem Risiko vergleichbar zu machen, das von einem jüngeren aber nicht modernisierten Schiff ausgeht, wurde erreicht. Die ermittelten Risiken können umgesetzt werden in ein sicherheitstechnisches Alter. Erneuerungs- und Modernisierungsmaßnahmen können in Risiko-Verminderungen und diese wiederum in Reduktionen des technischen Alters umgerechnet werden.

Einige Einschränkungen in Bezug auf die Daten, die in das dem Verfahren zugrunde liegenden Berechnungsmodell einzubringen waren, mussten aus verschiedenen Gründen (z.B. Datenschutz, Quellenlage) hingenommen werden. Dies beeinträchtigt zwar in gewissem Maße die Qualität und Aussagekraft der vom Berechnungsmodell ausgegebenen quantitativen Ergebnisse, berührt jedoch nicht die grundsätzliche Funktionsfähigkeit des Verfahrens.

Das Berechnungsmodell ist so ausgestaltet, dass ein zusätzlicher oder qualitativ besserer Dateninput jederzeit möglich ist. Sollten aufgrund verbesserter Datenlage andere Inputstrukturen erforderlich sein, so könnte das Berechnungsmodell mit relativ geringem Aufwand an die neuen Erfordernisse angepasst werden.

Somit ist das Verfahren grundsätzlich anwendbar und es besteht die Möglichkeit, den Schiffseignern und anderen potentiellen Interessenten ein Instrument zur Verfügung zu stellen, das ihnen eine risikoorientierte sicherheitstechnische Bewertung von Binnenschiffen ermöglicht, welche auch die Auswirkungen durchgeführter Modernisierungsmaßnahmen in die Betrachtung einbezieht.

Die Schiffseigner – dies sind in vielen Fällen KMU, die sog. „Partikuliere“ mit i.d.R. einem eigenen Schiff – haben durch dieses Verfahren die Möglichkeit, das vordergründig oft hohe nominale Alter und vermeintlich hohe Risiko ihres Schiffs zu relativieren, wenn sie an den entscheidenden Stellen (Risikokomponenten) Modernisierungs- oder Erneuerungsmaßnahmen vornehmen. Das Verfahren zeigt ihnen auch auf, welche Maßnahme welchen Effekt für das Schadensrisiko und das technische Alter ihres Schiffs haben würde, so dass eine gezielte Beeinflussung dieser Größen möglich wäre.

Um das Verfahren in der Praxis zum Tragen zu bringen, wäre es aus Sicht der Schiffseigner wünschenswert, wenn ihre durch entsprechende Modernisierungen zum Ausdruck gebrachten Anstrengungen um die Sicherheit ihres Schiffs und die damit verbundenen Auswirkungen auf das sicherheitstechnische Alter in einem anerkannten Nachweis (z.B. Vermerk im Schiffsattest oder Ausstellung eines Zusatzattests) dokumentiert werden würden.

Für den Transfer von Projektergebnissen in die Praxis, aber auch zur Förderung einer höheren Beteiligungsbereitschaft im Hinblick auf die Informationserhebung in diesem Projekt, wurden während der Laufzeit des Projektes verschiedene Maßnahmen durchgeführt:

(1) Publikation auf DST-Homepage im Herbst 2009

Hier wurden eine Beschreibung des Projektes (Anlass und Ziele), Überlegungen zur konzeptionellen Vorgehensweise sowie der Experten-Fragebogen veröffentlicht.

(<http://www.dst-org.de/projekte/projekte/aif.shtml>)

(2) Präsentation in einer Sitzung des VBW-Fachausschusses „Binnenschiffe“ am 10.2.2010

Vorstellung, Erörterung und Diskussion der bis dahin erarbeiteten Projektergebnisse; eine kurze Notiz über diesen Termin findet sich im VBW-Newsletter 1/2010, S.3 unter http://www.vbw-ev.de/download/newsletter_0110.pdf

(3) Meldung zum Projekt im „Bonapart“-Newsletter am 12.2.2010

Kurzvorstellung des Projektes und Hinweis auf eine mögliche Beteiligung an der Informationserhebung

([http://www.bonapart.de/index.php?id=10&L=0&tx_ttnews\[cat\]=19&tx_ttnews\[tt_news\]=507&tx_ttnews\[backPid\]=6&cHash=580c27cecf](http://www.bonapart.de/index.php?id=10&L=0&tx_ttnews[cat]=19&tx_ttnews[tt_news]=507&tx_ttnews[backPid]=6&cHash=580c27cecf))

(4) Vorstandssitzung des BDS (Gewerbeverband der Partikuliere) in Minden am 17.7.2010

Zeitweise Beteiligung als Gast: Vorstellung, Erörterung und kritische Diskussion der bis dahin erarbeiteten Projektergebnisse.

(5) Neue Triton Schiffswerft GmbH: Artikel über das Forschungsvorhaben in der werfteigenen Publikation („News“), Frühjahr 2010

(6) Präsentation und Diskussion mit dem Gewerbe über Akzeptanz des entwickelten Verfahrens und Verbesserungsmöglichkeiten (geplant)

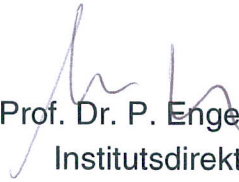
Duisburg, den 23. Februar 2011



Dipl.-Ing. B. Holtmann
Fachbereichsleiter



Dipl. Oek. Dieter Gründer
Projektbearbeiter



Prof. Dr. P. Engelkamp
Institutsdirektor

9. Quellen / Literatur

Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes: Zentrale Binnenschiffsbestandsdatei, 2009

<http://weiachergeschichten.blogspot.com/2006/05/dreimal-post-weiach.html>

REWIMO – Recht, Wirtschaft, Immobilien: Glossar; <http://www.svp-twann.ch/IMOGlossar.pdf>

http://www.concagutachten.ch/fileadmin/pdf/Einfuehrung_in_die_Immobilienbewertung.pdf

Jaakko Pöyry Consulting: Struktur und Marktanalyse der Holz verbrauchenden Industrie in Nordrhein-Westfalen, 2002

Ministerium für Schule, Wissenschaft und Forschung NRW und Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (Auftraggeber): Clusterstudie Forst & Holz, Gesamtbericht, Juli 2003

Statistisches Bundesamt: Unfälle der gewerblichen Binnenschifffahrt auf Bundeswasserstraßen, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge

DST: ShipExcellence – Entwicklung eines kennzahlenbasierten Benchmarking-Instrumentariums für den Betriebsvergleich in der deutschen Partikulierschifffahrt zur langfristigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit, 2008 (DST-Bericht 1932)

International Organization for Standardization (ISO) (www.iso.org) nach http://www.risk-office.ch/typo/uploads/tx_pdforder/Begriffsdefinition_Risiko.pdf

International Maritime Organisation (IMO): Formal Safety Assessment (www.imo.org/safety/mainframe.asp?topic_id=351)

International Maritime Organisation (IMO): Guidelines For Formal Safety Assessment (FSA) For Use In The Imo Rule-Making Process, 2002 (www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D5111/1023-MEPC392.pdf)

Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST): Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland 2004, http://www.bast.de/cln_016/nn_42256/DE/Publikationen/Infos/2007-2006/02-2006.html?__nnn=true

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft: Flussskasko-Versicherung / Großschaden-Statistik, 1999 – 2008 (Zusammenstellung für das DST)

Ortwin Renn: Grundsätzliche Möglichkeiten zur Risikoabschätzung und Risikobewertung (www.ipa.ruhr-uni-bochum.de/publik/info0205/risiko.php)

DST (VBD): Nutzen-Kosten-Untersuchungen für technische Sicherheitsanforderungen an Binnenschiffe, 1999

Michael Pötzsch: Risikobewertung des Transports von Chlor mit Binnentankschiffen auf dem Rhein unter besonderer Berücksichtigung des Gefahrgutrechts, Diss., Berlin 2003

DST-(VBD-) Studie: Risikoidentifikation und Verkehrssicherheit der auf den bayerischen Seen im Einsatz befindlichen Fahrgastschiffe, 2004

ZKR – Zentralkommission für die Rheinschifffahrt: Jahresberichte, verschiedene Jahrgänge

ANLAGEN: ÜBERSICHT

- Fragebogen
- Ergänzungsfragebogen
- Fragebogen-Durchschnittsergebnisse
- Ergänzungsfragebogen – Durchschnittsergebnisse
- Ergebnistabellen Schadensrisiko / Technisches Alter

ANLAGE: Fragebogen zur Expertenbefragung

Hintergrund / Zweck

Das im Schiffsregister ausgewiesene Schiffsalter wird von der verladenden Wirtschaft als Indikator für das von einem Schiff ausgehende Schadensrisiko angesehen. Die zugrunde liegende Annahme, dass mit zunehmendem Alter auch die Schadenswahrscheinlichkeit steigt, ist im Grundsatz dann richtig, wenn das betreffende Schiff nicht modernisiert wurde. Falls aber Modernisierungen durchgeführt wurden, wird der angenommene Zusammenhang unterbrochen, die Schadenswahrscheinlichkeit sinkt, so dass ältere modernisierte Einheiten bezüglich der von ihnen ausgehenden Risiken jüngeren Einheiten vergleichbar werden.

Das Ziel des Projektes besteht in der Entwicklung eines Verfahrens, mit dessen Hilfe das von älteren, aber modernisierten Binnenschiffen ausgehende Risiko mit dem Risiko jüngerer, nicht modernisierter Schiffe vergleichbar gemacht werden kann. Mit dem angestrebten Verfahren soll ein Instrument zur risikoorientierten sicherheitstechnischen Bewertung von Binnenschiffen entwickelt werden, welches auch die sicherheitsrelevanten Auswirkungen von Modernisierungen berücksichtigt.

Durch den vorliegenden Fragebogen sollen wesentliche Informationen hierzu gewonnen werden. Die Ergebnisse zu den u.a. Fragen werden (zusammen mit Informationen aus weiteren Quellen) dazu verwendet, das tatsächliche Schadenrisiko von Binnenschiffen abzuschätzen, indem erfolgte Modernisierungen wichtiger sicherheits- und damit schadenrisikorelevanter Komponenten Berücksichtigung finden.

Datenschutz: Im Fragebogen werden Sie um einige Angaben zur Person gebeten, damit wir bei unvollständigen oder unklaren Angaben diese per Rückfrage bei Ihnen vervollständigen zu können. Ihre Angaben werden streng vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben.

Bei Unklarheiten oder Rückfragen wenden Sie sich bitte an: Klaus Bieker (Tel. 0203 – 99369-36) oder Dieter Gründer (Tel. 0203 – 99369-56)

Bitte senden oder mailen Sie den ausgefüllten Fragebogen an:

DST Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e.V.
Dieter Gründer
Oststraße 77a
47057 Duisburg
Tel.: 0203 – 99369-56
E-Mail: gruender@dst-org.de
Fax: 0203 – 361373

Erläuterungen zum Ausfüllen des Fragebogens

Bei den folgenden Fragen werden Sie um Ihre persönliche Einschätzung zu Wahrscheinlichkeiten im Zusammenhang mit dem Ausfall wichtiger technischer Komponenten / Einrichtungen am Schiff sowie damit verbundene Unfallwahrscheinlichkeiten, potentielle Schäden u. dgl. gebeten.

Diese technischen Komponenten werden in diesem Fragebogen als „Risikokomponenten“ bezeichnet.

Im Einzelnen geht es um folgende Komponenten:

- Antriebsanlage (Motor, Getriebe, Welle, Wellenlager, Kupplung)
- Rudermaschine (elektrische oder hydraulische Komponenten)
- Propulsionsorgane (Propeller, Düse)
- Bugstrahlanlage (Motor, Kupplung, Propeller).

Mit Hilfe der Antworten zu u.a. Fragen (sowie weiterer Daten aus anderen Quellen) soll letztendlich das Schadenrisiko dieser Risikokomponenten altersabhängig ermittelt werden. Hierzu werden Sie um Ihre Einschätzung zu folgenden Faktoren gebeten:

- Altersabhängige **Ausfall-Wahrscheinlichkeit** einer Risikokomponente
- **Unfall-Wahrscheinlichkeit**, wenn es zum Ausfall einer Risikokomponente kommt (nicht jeder Ausfall führt auch zu einem Unfall)
- **Schadeneintritt-Wahrscheinlichkeit**, wenn es zu einem Unfall aufgrund des Ausfalls einer Risikokomponente gekommen ist. Nicht jeder Unfall führt auch zu einem Schaden; z.B. kann ein an einer Untiefe festgefahrenes Schiff evtl. allein und ohne Beschädigung wieder freikommen; oder eine Kollision mit einer Schleusenwand muß nicht unbedingt zu einer Beschädigung von Schiff bzw. Schleusenwand führen.
- **Schadenarten / -bilder**: Unfälle und dadurch bedingte Schäden können je nach beteiligter Komponente zu unterschiedlichen Schadenarten bzw. unterschiedlichen Schwerpunkten bei verschiedenen Schadenarten führen.

Es ist klar, dass hier nicht exakte, nachprüfbare Fakten erfragt werden können, sondern dass es sich um Einschätzungen und Meinungen handelt, deren Zustandekommen zu großem Teil auf Berufserfahrungen zurückzuführen ist.

Auch werden Ihre Antworten zu den Unfall- und Schadenwahrscheinlichkeiten bei Ausfall einer der o.g. Risikokomponenten teilweise davon abhängig sein, unter welchen Randbedingungen (Fahrgebiet, Strömungsverhältnisse, Berg- oder Talfahrt, beladenes oder unbeladenes Schiff, Wetter, Sicht etc.) der Ausfall einer Risikokomponente eintritt.

Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Einschätzungen verschiedener Personen sicherzustellen, ist es in diesem Fragebogen erforderlich, dass Sie Ihre Antworten für eine bestimmte vorgegebene Fahrsituation sowie Schiffsgröße geben (s.u.). Diese Vorgaben weichen möglicherweise mehr oder weniger stark von Ihren eigenen Erfahrungen und Umständen (übliches Fahrgebiet, Abmessungen des gefahrenen Schiffs) ab. Bitte versuchen Sie trotzdem, sich in die vorgegebenen Randbedingungen hineinzuversetzen und die Fragen bestmöglich hierfür zu beantworten.

Bitte gehen Sie bei der Beantwortung der u.a. Fragen von folgender Konstellation aus:

FAHRSITUATION = Talfahrt auf dem Mittelrhein mit beladenem Schiff

Ihre Beurteilung zur Wahrscheinlichkeit eines Unfalls bei Ausfall einer Risikokomponente (z.B. Antriebsanlage, Rudermaschine) soll sich also auf die Talfahrt eines beladenen Schiffs auf dem Mittelrhein beziehen. Auch hier gibt es natürlich je nach genauer Stelle, an der sich ein solcher Vorfall ereignen könnte, sowie der momentanen Situation (z.B. Schiffsbegegnung, Kurvenfahrt) noch Unterschiede in Bezug auf Gefährlichkeit und Risiken.

Außerdem werden andere Aspekte wie Wetter, Sicht, Hoch- / Niedrigwasser von vornherein ausgeklammert. Bitte versuchen Sie bei Ihren Antworten eine **Einschätzung vorzunehmen, die dem Durchschnitt der üblichen Verhältnisse** für ein beladenes Schiff auf Mittelrhein-Talfahrt entspricht.

Für das zugrunde zu legende Schiff gehen Sie bitte von einem Motorschiff mit folgenden Abmessungen aus:

SCHIFFSABMESSUNGEN = ca. 90 Meter Länge und 10,50 Meter Breite

Angaben zur Person (v.a. für evtl. Rückfragen)

Name, Vorname: _____

Firma: _____

Funktion / Tätigkeit: _____

Tel.: _____

Ihr übliches oder letztes Fahrgebiet: _____

Ihr aktuelles bzw. normalerweise
gefahrenes Schiff (Abmessungen, Typ): _____

1. AUSFALL-Wahrscheinlichkeit aufgrund des Alters der Risikokomponente

Bitte beurteilen Sie bei den folgenden Risikokomponenten, wie hoch deren Ausfallwahrscheinlichkeit im Verlauf eines Betriebsjahres ist, wenn diese das in den einzelnen Tabellenspalten angegebene Alter hat. Gehen Sie dabei davon aus, dass

- diese Komponente tatsächlich in einem ihrem Alter entsprechenden Zustand ist und dass
- an ihr während ihrer bisherigen Nutzungszeit nicht mehr als notwendige, sondern allenfalls Pflicht-Wartungsmaßnahmen (also nur sofern entsprechende Vorschriften – z.B. gem. RheinSchUO – existieren) oder allgemein übliche Wartungsmaßnahmen vorgenommen worden sind.

Bitte stufen Sie die Ausfallwahrscheinlichkeiten gemäß den vorgegebenen Prozentstufen (Werte in den Klammern) ein. Setzen Sie von links nach rechts zu jeder Altersstufe, also **in jeder Spalte, ein Kreuz**. Berücksichtigen Sie dabei, dass von der Logik her Ihre Kreuze tendenziell von links unten nach rechts oben „wandern“ müßten, weil die Ausfallwahrscheinlichkeit einer Komponente mit zunehmendem Alter wahrscheinlich steigen dürfte.

Um hier auch ggf. stärker abweichende Meinungen erfassen zu können, ist in den u.a. Tabellen Raum gelassen worden für Altersstufen, die über die als normal angesehene „Lebensdauer“ einer Risikokomponente deutlich hinausgehen können.

Wenn Sie Ihre Einschätzung nicht pauschal / allgemein für die jeweilige Komponente abgeben können, sondern dabei von bestimmten Spezifikationen oder Konfigurationen ausgehen, geben Sie diese bitte bei der jeweiligen Komponente an.

1.1.	Alter der Antriebsanlage (Jahre)									
Ein Ausfall ist bei einem Alter von ... Jahren	0–5	6–10	11–15	16–20	21–25	26–30	31–35	36–40	41–45	46–50
sehr wahrscheinlich (95 – 100%)										
wahrscheinlich (70 – 95%)										
eher wahrscheinlich (50 – 70%)										
möglich (30 – 50%)										
eher unwahrscheinlich (5 – 30%)										
unwahrscheinlich (0 – 5%)										

Falls keine pauschale Einschätzung möglich: Die o.g. Angaben gelten für folgende Spezifikationen der Komponente:

1.2.	Alter der Rudermaschine (Jahre)									
Ein Ausfall ist bei einem Alter von ... Jahren	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50
sehr wahrscheinlich (95 – 100%)										
wahrscheinlich (70 – 95%)										
eher wahrscheinlich (50 – 70%)										
möglich (30 – 50%)										
eher unwahrscheinlich (5 – 30%)										
unwahrscheinlich (0 – 5%)										

Falls keine pauschale Einschätzung möglich: Die o.g. Angaben gelten für folgende Spezifikationen der Komponente:

1.3.	Alter der Propulsionsorgane (Jahre)									
Ein Ausfall ist bei einem Alter von ... Jahren	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50
sehr wahrscheinlich (95 – 100%)										
wahrscheinlich (70 – 95%)										
eher wahrscheinlich (50 – 70%)										
möglich (30 – 50%)										
eher unwahrscheinlich (5 – 30%)										
unwahrscheinlich (0 – 5%)										

Falls keine pauschale Einschätzung möglich: Die o.g. Angaben gelten für folgende Spezifikationen der Komponente:

1.4.	Alter der Bugstrahlanlage (Jahre)									
Ein Ausfall ist bei einem Alter von ... Jahren	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50
sehr wahrscheinlich (95 – 100%)										
wahrscheinlich (70 – 95%)										
eher wahrscheinlich (50 – 70%)										
möglich (30 – 50%)										
eher unwahrscheinlich (5 – 30%)										
unwahrscheinlich (0 – 5%)										

Falls keine pauschale Einschätzung möglich: Die o.g. Angaben gelten für folgende Spezifikationen der Komponente:

2. UNFALL-Wahrscheinlichkeit bei Ausfall einer Risikokomponente

Der Ausfall einer Komponente muß nicht zwangsläufig auch zu einem Unfall führen. Möglicherweise ist die Wahrscheinlichkeit, dass es bei einem Komponentenausfall auch zu einem Unfall kommt, bei einzelnen Komponenten unterschiedlich.

Bitte beurteilen Sie deshalb bei den folgenden Risikokomponenten, wie hoch die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls ist, wenn die betreffende Komponente aufgrund eines Defektes ausgefallen ist und berücksichtigen Sie dabei, dass es hier zunächst unerheblich ist, ob es zugleich auch zu einem Schaden kommt.

Bitte stufen Sie in den u.a. Tabellen die Unfallwahrscheinlichkeiten gemäß den vorgegebenen Prozentstufen (Werte in den Klammern) ein. **In jede Spalte (also zu jeder Komponente) ist genau ein Kreuz** zu setzen.

Wenn die nebenstehende Risikokomponente ausfällt, ist die <u>Wahrscheinlichkeit eines Unfalls</u>	Antriebs- anlage	Ruder- maschine	Propulsions- organe	Bugstrahl- anlage
sehr hoch (95 – 100%)				
hoch (70 – 95%)				
eher hoch (50 – 70%)				
mittel (30 – 50%)				
eher gering (5 – 30%)				
sehr gering (0 – 5%)				

3. SCHADENEINTRITTS-Wahrscheinlichkeit bei einem Unfall aufgrund des Ausfalls einer Risikokomponente

Nicht bei jedem Unfall muß auch ein Schaden entstehen. Das Risiko, dass bei einem Unfall überhaupt ein Schaden entsteht, kann bei den verschiedenen Risikokomponenten unterschiedlich hoch sein.

Bitte beurteilen Sie deshalb bei den folgenden Risikokomponenten, wie hoch die Wahrscheinlichkeit des Entstehens eines Schadens (unabhängig von dessen Art oder Schwere) ist, wenn es zu einem Unfall aufgrund eines Defektes der betreffenden Komponente gekommen ist.

Bitte stufen Sie in den u.a. Tabellen die Schaden-Wahrscheinlichkeiten gemäß den vorgegebenen Prozentstufen (Werte in den Klammern) ein. **In jede Spalte (also zu jeder Komponente) ist genau ein Kreuz** zu setzen.

Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass es bei einem Unfall aufgrund eines Ausfalls der nebenstehenden Komponente <u>zu einem Schaden kommt</u> ?	Antriebs- anlage	Ruder- maschine	Propulsions- organe	Bugstrahl- anlage
sehr hoch (95 – 100%)				
hoch (70 – 95%)				
eher hoch (50 – 70%)				
mittel (30 – 50%)				
eher gering (5 – 30%)				
sehr gering (0 – 5%)				

4. Mögliche SCHADENBILDER / UNFALLFOLGEN

Unfälle, die auf den Ausfall bestimmter Risikokomponenten zurückzuführen sind, führen möglicherweise zu unterschiedlichen Schadenarten bzw. zu unterschiedlichen Schwerpunkten bei verschiedenen Schadenarten.

Dies gilt einerseits generell – unabhängig vom Typ des Schiffs und dessen Ladung –, weil die verschiedenen Risikokomponenten im Hinblick auf die Schiffs- / Fahrsicherheit eine unterschiedlich große Bedeutung haben.

Andererseits sind die potentiell bei einem Unfall entstehenden Schäden auch vom Hüllentyp des Schiffs (einfache Hülle / Doppelhülle) und von der Art des Transportguts (Gefahrgüter / sonstige Güter) abhängig. Je nach Konstellation dieser Merkmale könnte der gleiche Unfall zu sehr unterschiedlichen Schäden führen.

Um die damit verbundenen Unterschiede der Schadenrisiken herauszuarbeiten, werden die folgenden Fragen nach den möglichen Schadenbildern für folgende vier Merkmalskombinationen gestellt:

- a) Kein Gefahrguttransport: Einhüllenschiff
- b) Kein Gefahrguttransport: Doppelhüllenschiff
- c) Gefahrguttransport: Einhüllenschiff
- d) Gefahrguttransport: Doppelhüllenschiff

Bei der Beantwortung der folgenden Fragen sollen die o.a. Merkmalskombinationen für das unfallauslösende Schiff gelten.

Zu jedem Schadenbild – also in jedes zusammenhängende blaue Feld der u.a. Tabellen – sind genau 4 Kreuze – in jede Spalte eines – zu setzen. Bei einem fehlenden Kreuz wäre die Interpretation, dass das jeweilige Schadenbild für das die betreffende Kombination aus Schiffshülle und Ladungstyp als „unwahrscheinlich“ angesehen wird.

4.1. Gehen Sie davon aus, dass es aufgrund einer defekten oder ausgefallenen **Antriebsanlage zu einem Unfall mit Schaden gekommen ist.**

Wie wahrscheinlich sind dann die u.g. Schadenbilder?

Unfall wegen ausgefallener Antriebsanlage		Kein Gefahrgut		Gefahrgut	
Schadenbild	Dieses Schadenbild ist	Einhüllenschiff	Doppelhüllenschiff	Einhüllenschiff	Doppelhüllenschiff
Leicht beschädigte Fahrzeuge	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Schwer beschädigte Fahrzeuge	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Gesunkene Fahrzeuge	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Leichter Personenschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Schwerer Personenschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Getötete	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Sachschäden (z.B. an Brücken, Schleusen, Kais, sonst. Bauwerken)	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Leichter Umweltschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Schwerer Umweltschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				

4.2. Gehen Sie davon aus, dass es aufgrund einer defekten oder ausgefallenen Rudermaschine zu einem Unfall mit Schaden gekommen ist.

Wie wahrscheinlich sind dann die u.g. Schadenbilder?

Unfall wegen ausgefallener Rudermaschine		Kein Gefahrgut		Gefahrgut	
Schadenbild	Dieses Schadenbild ist	Einhüllenschiff	Doppelhüllenschiff	Einhüllenschiff	Doppelhüllenschiff
Leicht beschädigte Fahrzeuge	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Schwer beschädigte Fahrzeuge	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Gesunkene Fahrzeuge	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Leichter Personenschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Schwerer Personenschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Getötete	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Sachschäden (z.B. an Brücken, Schleusen, Kais, sonst. Bauwerken)	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Leichter Umweltschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Schwerer Umweltschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				

4.3. Gehen Sie davon aus, dass es aufgrund einer defekten oder ausgefallenen **Propulsionsorgane zu einem Unfall mit Schaden gekommen ist.**

Wie wahrscheinlich sind dann die u.g. Schadenbilder?

Unfall wegen ausgefallener Propulsionsorgane		Kein Gefahrgut		Gefahrgut	
Schadenbild	Dieses Schadenbild ist	Einhüllenschiff	Doppelhüllenschiff	Einhüllenschiff	Doppelhüllenschiff
Leicht beschädigte Fahrzeuge	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Schwer beschädigte Fahrzeuge	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Gesunkene Fahrzeuge	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Leichter Personenschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Schwerer Personenschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Getötete	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Sachschäden (z.B. an Brücken, Schleusen, Kais, sonst. Bauwerken)	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Leichter Umweltschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Schwerer Umweltschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				

4.4. Gehen Sie davon aus, dass es aufgrund einer defekten oder ausgefallenen Bugstrahlanlage zu einem Unfall mit Schaden gekommen ist.

Wie wahrscheinlich sind dann die u.g. Schadenbilder?

Unfall wegen ausgefallener Bugstrahlanlage		Kein Gefahrgut		Gefahrgut	
Schadenbild	Dieses Schadenbild ist	Einhüllenschiff	Doppelhüllenschiff	Einhüllenschiff	Doppelhüllenschiff
Leicht beschädigte Fahrzeuge	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Schwer beschädigte Fahrzeuge	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Gesunkene Fahrzeuge	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Leichter Personenschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Schwerer Personenschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Getötete	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Sachschäden (z.B. an Brücken, Schleusen, Kais, sonst. Bauwerken)	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Leichter Umweltschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				
Schwerer Umweltschaden	sehr wahrscheinlich (95 – 100%)				
	wahrscheinlich (70 – 95%)				
	eher wahrscheinlich (50 – 70%)				
	möglich (30 – 50%)				
	eher unwahrscheinlich (5 – 30%)				
	unwahrscheinlich (0 – 5%)				

5. Unfall- / Schadenrisiko in anderen Fahrsituationen

Sie haben o.a. Tabellen für eine **Talfahrt auf dem Mittelrhein mit beladenem Schiff** beantwortet.

Im Folgenden werden Sie gebeten, eine Einschätzung zum Unfall- / Schadenrisiko auch für andere Fahrgebiete zu geben. Diese soll allerdings in einfacherer, pauschaler Form erfolgen, indem für Ihre Einschätzung zur Mittelrhein-Talfahrt ein

Ausgangs- / Vergleichswert von 100

gesetzt wird. Je nachdem, wie hoch Sie die Risiken der anderen Fahrgebiete im Vergleich zur Mittelrhein-Talfahrt einschätzen, ordnen Sie bitte den Fahrgebieten einen eigenen Risikowert zu. Ein identisches Risiko hätte ebenfalls den Risikowert 100, ein halb so hohes einen von 50, ein doppelt so hohes einen von 200 und ein achtmal so hohes einen von 800. Ein um 80% geringeres Risiko würde einen Wert von 20 bedeuten.

Beispiel für eine Risikokomponente „XY“:

Wenn bei einer Mittelrhein-Talfahrt für das Unfall- / Schadenrisiko durch Ausfall der XY-Komponente ein Ausgangswert von 100 angenommen wird, ist dieses Risiko bei den anderen u.g. Fahrgebieten wie folgt zu beziffern (bitte in jedes Feld einen Zahlenwert eintragen):						
Mittelrhein	Oberrhein	Niederrhein	Rhein-Nebenfluß	Donau	Kanal	Weitere: _____
100	150	60	90	80	50	

In o.a. Beispiel werden also die Risiken für den Oberrhein um 50% höher als für den Mittelrhein eingeschätzt, die für den Niederrhein um 40% niedriger, die für die Donau um 20% niedriger und die für den Kanal um 50% niedriger als für den Mittelrhein.

Bitte bewerten Sie im Folgenden wieder die einzelnen Risikokomponenten und gehen Sie dabei generell

- von einem **beladenen Schiff** und
- bei allen Fluß-Fahrgebieten von einer **Talfahrt**

aus. Neben den vorgegebenen Situationen haben Sie die Möglichkeit, in der letzten Spalte eine weitere Ihnen wichtige Fahrsituation einzutragen und hierfür eine Bewertung vorzunehmen.

Bitte tragen Sie **in jedes Feld einen Zahlenwert** ein.

Wenn bei einer Mittelrhein-Talfahrt für das Unfall- / Schadenrisiko durch Ausfall der ANTRIEBSANLAGE ein Ausgangswert von 100 angenommen wird, ist dieses Risiko bei den anderen u.g. Fahrgebieten wie folgt zu beziffern (bitte in jedes Feld einen Zahlenwert eintragen):						
Mittelrhein	Oberrhein	Niederrhein	Rhein-Nebenfluß	Donau	Kanal	Weitere: _____
100						

Wenn bei einer Mittelrhein-Talfahrt für das Unfall- / Schadenrisiko durch Ausfall der RUDERMASCHINE ein Ausgangswert von 100 angenommen wird, ist dieses Risiko bei den anderen u.g. Fahrgebieten wie folgt zu beziffern (bitte in jedes Feld einen Zahlenwert eintragen):						
Mittelrhein	Oberrhein	Niederrhein	Rhein-Nebenfluß	Donau	Kanal	Weitere: _____
100						

Wenn bei einer Mittelrhein-Talfahrt für das Unfall- / Schadenrisiko durch Ausfall der PROPULSIONSORGANE ein Ausgangswert von 100 angenommen wird, ist dieses Risiko bei den anderen u.g. Fahrgebieten wie folgt zu beziffern (bitte in jedes Feld einen Zahlenwert eintragen):						
Mittelrhein	Oberrhein	Niederrhein	Rhein-Nebenfluß	Donau	Kanal	Weitere: _____
100						

Wenn bei einer Mittelrhein-Talfahrt für das Unfall- / Schadenrisiko durch Ausfall der BUGSTRAHLANLAGE ein Ausgangswert von 100 angenommen wird, ist dieses Risiko bei den anderen u.g. Fahrgebieten wie folgt zu beziffern (bitte in jedes Feld einen Zahlenwert eintragen):						
Mittelrhein	Oberrhein	Niederrhein	Rhein-Nebenfluß	Donau	Kanal	Weitere: _____
100						

ANLAGE: Ergänzungsfragebogen zur Expertenbefragung

Erläuterungen zum Ausfüllen des Fragebogens

Bei den folgenden Fragen werden Sie um Ihre persönliche Einschätzung zu Wahrscheinlichkeiten im Zusammenhang mit dem Ausfall wichtiger technischer Komponenten / Einrichtungen am Schiff sowie damit verbundene Unfallwahrscheinlichkeiten, potentielle Schäden u. dgl. gebeten.

Diese technischen Komponenten werden in diesem Fragebogen als „Risikokomponenten“ bezeichnet.

Im Einzelnen geht es um folgende Komponenten:

- Antriebsanlage (Motor, Getriebe, Welle, Wellenlager, Kupplung)
- Rudermaschine (elektrische oder hydraulische Komponenten)
- Propulsionsorgane (Propeller, Düse)
- Bugstrahlanlage (Motor, Kupplung, Propeller).

Mit Hilfe der Antworten zu u.a. Fragen (sowie weiterer Daten aus anderen Quellen) soll letztendlich das Schadenrisiko dieser Risikokomponenten altersabhängig ermittelt werden. Hierzu werden Sie um Ihre Einschätzung zu folgenden Faktoren gebeten:

- Altersabhängige **Ausfall-Wahrscheinlichkeit** einer Risikokomponente
- **Unfall-Wahrscheinlichkeit**, wenn es zum Ausfall einer Risikokomponente kommt (nicht jeder Ausfall führt auch zu einem Unfall)
- **Schadeneintritt-Wahrscheinlichkeit**, wenn es zu einem Unfall aufgrund des Ausfalls einer Risikokomponente gekommen ist. Nicht jeder Unfall führt auch zu einem Schaden; z.B. kann ein an einer Untiefe festgefahrenes Schiff evtl. allein und ohne Beschädigung wieder freikommen; oder eine Kollision mit einer Schleusenwand muß nicht unbedingt zu einer Beschädigung von Schiff bzw. Schleusenwand führen.
- **Schadenarten / -bilder**: Unfälle und dadurch bedingte Schäden können je nach beteiligter Komponente zu unterschiedlichen Schadenarten bzw. unterschiedlichen Schwerpunkten bei verschiedenen Schadenarten führen.

Es ist klar, dass hier nicht exakte, nachprüfbare Fakten erfragt werden können, sondern dass es sich um Einschätzungen und Meinungen handelt, deren Zustandekommen zu großem Teil auf Berufserfahrungen zurückzuführen ist.

Auch werden Ihre Antworten zu den Unfall- und Schadenwahrscheinlichkeiten bei Ausfall einer der o.g. Risikokomponenten teilweise davon abhängig sein, unter welchen Randbedingungen (Fahrgebiet, Strömungsverhältnisse, Berg- oder Talfahrt, beladenes oder unbeladenes Schiff, Wetter, Sicht etc.) der Ausfall einer Risikokomponente eintritt.

Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Einschätzungen verschiedener Personen sicherzustellen, ist es in diesem Fragebogen erforderlich, dass Sie Ihre Antworten für eine bestimmte vorgegebene Fahrsituation sowie Schiffsgröße geben (s.u.). Diese Vorgaben weichen möglicherweise mehr oder weniger stark von Ihren eigenen Erfahrungen und Umständen (übliches Fahrgebiet, Abmessungen des gefahrenen Schiffs) ab. Bitte versuchen Sie trotzdem, sich in die vorgegebenen Randbedingungen hineinzuversetzen und die Fragen bestmöglich hierfür zu beantworten.

Bitte gehen Sie bei der Beantwortung der u.a. Fragen von folgender Konstellation aus:

FAHRSITUATION = Talfahrt auf dem Mittelrhein mit beladenem Schiff

Ihre Beurteilung zur Wahrscheinlichkeit eines Unfalls bei Ausfall einer Risikokomponente (z.B. Antriebsanlage, Rudermaschine) soll sich also auf die Talfahrt eines beladenen Schiffs auf dem Mittelrhein beziehen. Auch hier gibt es natürlich je nach genauer Stelle, an der sich ein solcher Vorfall ereignen könnte, sowie der momentanen Situation (z.B. Schiffsbegegnung, Kurvenfahrt) noch Unterschiede in Bezug auf Gefährlichkeit und Risiken.

Außerdem werden andere Aspekte wie Wetter, Sicht, Hoch- / Niedrigwasser von vornherein ausgeklammert. Bitte versuchen Sie bei Ihren Antworten eine **Einschätzung vorzunehmen, die dem Durchschnitt der üblichen Verhältnisse** für ein beladenes Schiff auf Mittelrhein-Talfahrt entspricht.

Für das zugrunde zu legende Schiff gehen Sie bitte von einem Motorschiff mit folgenden Abmessungen aus:

SCHIFFSABMESSUNGEN = ca. 90 Meter Länge und 10,50 Meter Breite

Name, Vorname: _____
Firma / Funktion / Tätigkeit: _____
Übliches oder letztes Fahrgebiet: _____
Schiff (Abmessungen, Typ): _____

1. AUSFALL-Wahrscheinlichkeit aufgrund des Alters der Risikokomponente

Bitte schätzen Sie bei den folgenden Risikokomponenten ein, wie hoch deren Ausfallwahrscheinlichkeit im Verlauf eines Betriebsjahres ist, wenn diese das in den einzelnen Tabellenspalten angegebene Alter hat. Gehen Sie dabei davon aus, dass

- diese Komponente tatsächlich in einem ihrem Alter entsprechenden Zustand ist und dass
- an ihr während ihrer bisherigen Nutzungszeit nicht mehr als notwendige, sondern allenfalls Pflicht-Wartungsmaßnahmen (also nur sofern entsprechende Vorschriften – z.B. gem. RheinSchUO – existieren) oder allgemein übliche Wartungs- und Pflegemaßnahmen vorgenommen worden sind.

Schätzen Sie die Ausfallwahrscheinlichkeiten ein, indem Sie von links nach rechts zu jeder Altersstufe, also **in jeder Spalte, einen Prozentwert zwischen 0 und 100%** eintragen. Berücksichtigen Sie dabei, dass von der Logik her die Werte von links nach rechts tendenziell ansteigen müssten, weil die Ausfallwahrscheinlichkeit einer Komponente mit zunehmendem Alter wahrscheinlich steigen dürfte.

Um hier auch ggf. stärker abweichende Meinungen erfassen zu können, ist in den u.a. Tabellen Raum gelassen worden für Altersstufen, die über die als normal angesehene „Lebensdauer“ einer Risikokomponente deutlich hinausgehen können. Wenn Sie Ihre Einschätzung nicht pauschal / allgemein für die jeweilige Komponente abgeben können, sondern dabei von bestimmten Spezifikationen oder Konfigurationen ausgehen, geben Sie dies bitte bei der jeweiligen Komponente als Anmerkung an.

1.1.	Alter der Antriebsanlage (Jahre)									
Ausfall-Wahrscheinlichkeit in % bei einem Alter von ... Jahren	0–5	6–10	11–15	16–20	21–25	26–30	31–35	36–40	41–45	46–50
Bitte in jede Spalte einen Prozentwert für die Wahrscheinlichkeit eines AUSFALLS im Verlauf eines Betriebsjahres eintragen	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %

Anmerkungen: _____

1.2.	Alter der Rudermaschine (Jahre)									
Ausfall-Wahrscheinlichkeit in % bei einem Alter von ... Jahren	0–5	6–10	11–15	16–20	21–25	26–30	31–35	36–40	41–45	46–50
Bitte in jede Spalte einen Prozentwert für die Wahrscheinlichkeit eines AUSFALLS im Verlauf eines Betriebsjahres eintragen	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %

Anmerkungen: _____

1.3.	Alter der Propulsionsorgane (Jahre)									
Ausfall-Wahrscheinlichkeit in % bei einem Alter von ... Jahren	0–5	6–10	11–15	16–20	21–25	26–30	31–35	36–40	41–45	46–50
Bitte in jede Spalte einen Prozentwert für die Wahrscheinlichkeit eines AUSFALLS im Verlauf eines Betriebsjahres eintragen	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %

Anmerkungen: _____

1.4.	Alter der Bugstrahlanlage (Jahre)									
Ausfall-Wahrscheinlichkeit in % bei einem Alter von ... Jahren	0–5	6–10	11–15	16–20	21–25	26–30	31–35	36–40	41–45	46–50
Bitte in jede Spalte einen Prozentwert für die Wahrscheinlichkeit eines AUSFALLS im Verlauf eines Betriebsjahres eintragen	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %	 %

Anmerkungen: _____

2. UNFALL-Wahrscheinlichkeit bei Ausfall einer Risikokomponente

Der Ausfall einer Komponente muß nicht zwangsläufig auch zu einem Unfall führen. Möglicherweise ist die Wahrscheinlichkeit, dass es bei einem Komponentenausfall auch zu einem Unfall kommt, bei einzelnen Komponenten unterschiedlich.

Bitte beurteilen Sie deshalb bei den folgenden Risikokomponenten, wie hoch die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls ist, wenn die betreffende Komponente aufgrund eines Defektes ausgefallen ist und berücksichtigen Sie dabei, dass es hier **zunächst unerheblich ist, ob es zugleich auch zu einem Schaden kommt**.

Bitte tragen Sie in den u.a. Tabellen Ihre Einschätzung zu den Unfallwahrscheinlichkeiten ein, **indem Sie jeder Risikokomponente einen Unfall-Wahrscheinlichkeitswert zwischen 0 und 100% zuordnen**.

UNFALL-Wahrscheinlichkeit bei Ausfall der nebenstehenden Risikokomponente	Antriebs-anlage	Ruder-maschine	Propulsions-organe	Bugstrahl-anlage
Bitte in jede Spalte einen Prozentwert für die Wahrscheinlichkeit eines UNFALLS im Falle eines Ausfalls der Komponente eintragen	 %	 %	 %	 %

3. Übliche und maximale NUTZUNGS- / LEBENSDAUER der Risikokomponenten

Bitte geben Sie je eine Einschätzung für die **übliche und die maximale** Nutzungs- / Lebensdauer der einzelnen Risikokomponenten:

3.1. Übliche Lebens- / Nutzungsdauer: Gehen Sie bitte davon aus, dass lediglich die vorgeschriebenen Wartungs- und Pflegemaßnahmen durchgeführt werden und im Übrigen Wartung und Pflege in einem durchschnittlichen, gewerbeüblichen Umfang erfolgen. Nach wieviel Jahren muss eine Risikokomponente dann normalerweise erneuert werden?

3.1. ÜBLICHE Nutzungs- / Lebensdauer von	Antriebs-anlage	Ruder-maschine	Propulsions-organe	Bugstrahl-anlage
Bitte tragen Sie in jede Spalte eine Einschätzung für die übliche Lebensdauer (Anzahl Jahre) der jeweiligen Komponente ein.	 Jahre	 Jahre	 Jahre	 Jahre

3.2 Maximal mögliche Lebensdauer: Wie lange kann eine Komponente **bei optimaler Pflege und Wartung** halten? Nach wieviel Jahren muss die Komponente also auf jeden Fall ersetzt werden?

3.2 MAXIMALE Nutzungs- / Lebensdauer von	Antriebs-anlage	Ruder-maschine	Propulsions-organe	Bugstrahl-anlage
Bitte tragen Sie in jede Spalte eine Einschätzung für die maximale Lebensdauer (Anzahl Jahre) der jeweiligen Komponente ein.	 Jahre	 Jahre	 Jahre	 Jahre

ANLAGE: Fragebogen-Durchschnittsergebnisse

Frage 1: Altersabhängige Ausfall-Wahrscheinlichkeiten

Frage 1.1.	Antriebsanlage									
Alter der Risikokomponente in Jahren →	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50
Altersabhängige Ausfall-Wahrscheinlichkeit in %	6	8	11	16	19	25	29	33	37	41

Frage 1.2.	Rudermaschine									
Alter der Risikokomponente in Jahren →	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50
Altersabhängige Ausfall-Wahrscheinlichkeit in %	5	6	10	13	18	25	28	37	37	37

Frage 1.4.	Bugstrahlanlage									
Alter der Risikokomponente in Jahren →	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50
Altersabhängige Ausfall-Wahrscheinlichkeit in %	6	7	11	16	21	23	28	33	34	36

Frage 2: Unfall-Wahrscheinlichkeiten

Unfall-Wahrscheinlichkeit bei Ausfall der Risikokomponente	Antriebsanlage	Rudermaschine	Bugstrahl-anlage
Wahrscheinlichkeit in %	5	8	2

Anmerkung: Die Durchschnittsergebnisse aufgrund der Angaben in den Fragebögen liegen deutlich höher als in der o.a. Tabelle. Ein Abgleich mit realen Unfallzahlen (Quelle: frühere amtliche Unfallstatistiken) zeigte die Notwendigkeit einer Anpassung der Originalwerte durch Ansatz von Korrekturfaktoren.

Frage 3: Schadeneintritts-Wahrscheinlichkeiten

Schadeneintritts-Wahrscheinlichkeit bei Unfall aufgrund Ausfalls der Risikokomponente	Antriebsanlage	Rudermaschine	Bugstrahl-anlage
Wahrscheinlichkeit in %	49	71	32

Anmerkung: Die Durchschnittsergebnisse aufgrund der Angaben in den Fragebögen liegen etwas niedriger als in der o.a. Tabelle. Ein Abgleich mit realen Unfallzahlen (Quelle: frühere amtliche Unfallstatistiken) zeigte die Notwendigkeit einer Anpassung der Originalwerte durch Ansatz von Korrekturfaktoren.

Frage 4: Wahrscheinlichkeiten der Schadensbilder

4.1. Schadensbilder bei Unfall durch ausgefallene ANTRIEBSANLAGE Wahrscheinlichkeit in %

Kein Gefahrgut / Einhüllenschiff

- Leicht beschädigte Fahrzeuge	46
- Schwer beschädigte Fahrzeuge	31
- Gesunkene Fahrzeuge	30
- Leichter Personenschaden	22
- Schwerer Personenschaden	12
- Getötete	7
- Sachschäden	35
- Leichter Umweltschaden	28
- Schwerer Umweltschaden	23
- Temporäre Behindg. der Schifffahrt	20
- Temporäre Sperrung d. Fahrwassers	1

Kein Gefahrgut / Doppelhüllenschiff

- Leicht beschädigte Fahrzeuge	41
- Schwer beschädigte Fahrzeuge	21
- Gesunkene Fahrzeuge	8
- Leichter Personenschaden	22
- Schwerer Personenschaden	12
- Getötete	7
- Sachschäden	35
- Leichter Umweltschaden	10
- Schwerer Umweltschaden	7
- Temporäre Behindg. der Schifffahrt	11
- Temporäre Sperrung d. Fahrwassers	1

Gefahrgut / Einhüllenschiff

- Leicht beschädigte Fahrzeuge	48
- Schwer beschädigte Fahrzeuge	31
- Gesunkene Fahrzeuge	28
- Leichter Personenschaden	23
- Schwerer Personenschaden	13
- Getötete	8
- Sachschäden	35
- Leichter Umweltschaden	51
- Schwerer Umweltschaden	48
- Temporäre Behindg. der Schifffahrt	24
- Temporäre Sperrung d. Fahrwassers	1

Gefahrgut / Doppelhüllenschiff

- Leicht beschädigte Fahrzeuge	42
- Schwer beschädigte Fahrzeuge	23
- Gesunkene Fahrzeuge	8
- Leichter Personenschaden	22
- Schwerer Personenschaden	13
- Getötete	7
- Sachschäden	35
- Leichter Umweltschaden	22
- Schwerer Umweltschaden	17
- Temporäre Behindg. der Schifffahrt	14
- Temporäre Sperrung d. Fahrwassers	1

4.2. Schadensbilder bei Unfall durch ausgefallene RUDERMASCHINE Wahrscheinlichkeit in %

Kein Gefahrgut / Einhüllenschiff

- Leicht beschädigte Fahrzeuge	65
- Schwer beschädigte Fahrzeuge	43
- Gesunkene Fahrzeuge	28
- Leichter Personenschaden	29
- Schwerer Personenschaden	13
- Getötete	8
- Sachschäden	39
- Leichter Umweltschaden	39
- Schwerer Umweltschaden	26
- Temporäre Behindg. der Schifffahrt	24
- Temporäre Sperrung d. Fahrwassers	1

Kein Gefahrgut / Doppelhüllenschiff

- Leicht beschädigte Fahrzeuge	58
- Schwer beschädigte Fahrzeuge	29
- Gesunkene Fahrzeuge	8
- Leichter Personenschaden	29
- Schwerer Personenschaden	12
- Getötete	7
- Sachschäden	44
- Leichter Umweltschaden	12
- Schwerer Umweltschaden	9
- Temporäre Behindg. der Schifffahrt	14
- Temporäre Sperrung d. Fahrwassers	1

Gefahrgut / Einhüllenschiff

- Leicht beschädigte Fahrzeuge	63
- Schwer beschädigte Fahrzeuge	43
- Gesunkene Fahrzeuge	26
- Leichter Personenschaden	29
- Schwerer Personenschaden	17
- Getötete	9
- Sachschäden	39
- Leichter Umweltschaden	57
- Schwerer Umweltschaden	47
- Temporäre Behindg. der Schifffahrt	27
- Temporäre Sperrung d. Fahrwassers	1

Gefahrgut / Doppelhüllenschiff

- Leicht beschädigte Fahrzeuge	57
- Schwer beschädigte Fahrzeuge	29
- Gesunkene Fahrzeuge	8
- Leichter Personenschaden	29
- Schwerer Personenschaden	13
- Getötete	7
- Sachschäden	39
- Leichter Umweltschaden	27
- Schwerer Umweltschaden	15
- Temporäre Behindg. der Schifffahrt	16
- Temporäre Sperrung d. Fahrwassers	1

4.4. Schadensbilder bei Unfall durch ausgefallene BUGSTRAHLANLAGE

Wahrscheinlichkeit in %

Kein Gefahrgut / Einhüllenschiff

- Leicht beschädigte Fahrzeuge	26
- Schwer beschädigte Fahrzeuge	11
- Gesunkene Fahrzeuge	5
- Leichter Personenschaden	15
- Schwerer Personenschaden	6
- Getötete	4
- Sachschäden	24
- Leichter Umweltschaden	10
- Schwerer Umweltschaden	10
- Temporäre Behindg. der Schifffahrt	8
- Temporäre Sperrung d. Fahrwassers	0

Kein Gefahrgut / Doppelhüllenschiff

- Leicht beschädigte Fahrzeuge	21
- Schwer beschädigte Fahrzeuge	9
- Gesunkene Fahrzeuge	3
- Leichter Personenschaden	13
- Schwerer Personenschaden	6
- Getötete	4
- Sachschäden	24
- Leichter Umweltschaden	4
- Schwerer Umweltschaden	7
- Temporäre Behindg. der Schifffahrt	6
- Temporäre Sperrung d. Fahrwassers	0

Gefahrgut / Einhüllenschiff

- Leicht beschädigte Fahrzeuge	28
- Schwer beschädigte Fahrzeuge	13
- Gesunkene Fahrzeuge	5
- Leichter Personenschaden	15
- Schwerer Personenschaden	6
- Getötete	4
- Sachschäden	24
- Leichter Umweltschaden	17
- Schwerer Umweltschaden	16
- Temporäre Behindg. der Schifffahrt	9
- Temporäre Sperrung d. Fahrwassers	0

Gefahrgut / Doppelhüllenschiff

- Leicht beschädigte Fahrzeuge	21
- Schwer beschädigte Fahrzeuge	9
- Gesunkene Fahrzeuge	3
- Leichter Personenschaden	13
- Schwerer Personenschaden	6
- Getötete	4
- Sachschäden	24
- Leichter Umweltschaden	5
- Schwerer Umweltschaden	9
- Temporäre Behindg. der Schifffahrt	6
- Temporäre Sperrung d. Fahrwassers	0

Frage 5: Unfall- / Schadensrisiko in anderen Fahrsituationen

5. Unfall- / Schadenrisiko in anderen Fahrsituationen Index: Mittelrhein = 100

ANTRIEBSANLAGE

- Mittelrhein	100
- Oberrhein	131
- Niederrhein	75
- Rhein-Nebenfluß	89
- Donau	113
- Kanal	58

RUDERMASCHINE

- Mittelrhein	100
- Oberrhein	151
- Niederrhein	79
- Rhein-Nebenfluß	100
- Donau	128
- Kanal	62

BUGSTRAHLANLAGE

- Mittelrhein	100
- Oberrhein	105
- Niederrhein	75
- Rhein-Nebenfluß	92
- Donau	98
- Kanal	70

ANLAGE: Ergänzungsfragebogen

Durchschnittsergebnisse zur üblichen und maximalen Nutzungsdauer der Risikokomponenten

3.1. Übliche Lebens- / Nutzungsdauer der Risikokomponenten

(Durchschnitt aus 5 Interviews)	Antriebs- anlage	Ruder- maschine	Bugstrahl- anlage
Jahre	25	20	25

3.2. Maximale Lebens- / Nutzungsdauer der Risikokomponenten

(Durchschnitt aus 5 Interviews)	Antriebs- anlage	Ruder- maschine	Bugstrahl- anlage
Jahre	49	48	42

ANLAGE: Ergebnistabellen Schadensrisiko / Technisches Alter

Vorgehen zur Ermittlung des technischen Alters:

„Gleiches Schadensrisiko = gleiches technisches Alter“

1. Auswahl der auf den Einzelfall (spezifisches Schiff) anzuwendenden Datenspalten
 - Einzelfahrer vs. Verband
 - Abmessungen
 - Grundtyp: Gefahrgut vs. kein Gefahrgut; einfache Hülle vs. Doppelhülle)
2. Schadensrisiken je nach Alter für die einzelnen Risikokomponenten ablesen und zum Gesamtrisiko aufaddieren
3. In der gemäß 1. zutreffenden Spalte den nach 2. ermittelten Gesamtrisikowert suchen und dann in der Altersspalte ganz links das zugehörige technische Alter ablesen.

Diese Vorgehensweise gilt unter der Annahme, dass unter sonst gleichen Bedingungen (Hüllen-, Ladungstyp, Abmessungen ...) jeder Euro Schadensrisiko den gleichen Einfluss auf das technische Alter hat – unabhängig davon, von welcher Komponente ein Euro Schadensrisiko stammt. Dann kann das technische Alter eines Schiffs anhand des aus den Einzelrisiken der Risikokomponenten errechneten Gesamtrisikos ermittelt werden, indem die Einzelrisiken verschiedener Altersstufen beliebig miteinander kombiniert (addiert) werden.

In dieser Anlage kann nur beispielhaft eine beschränkte Auswahl von Schiffsmerkmalen berücksichtigt werden. Sofern hier andere Merkmalsausprägungen (z.B. bestimmte Kombinationen von Abmessungen und Schiffstypen), gesucht werden, muss auf die diesen Beispieltabellen zugrunde liegende Berechnungsdatei (Excel-Format) zurückgegriffen werden.

Schadensrisiko und technisches Alter

Berechnung für

- Einzelfahrer
- Abmessungen L = 90m, B = 10,5m

(= Referenzschiff)

Ladungsart:	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	
Hüllentyp	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	
Schiffstyp:	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	
Länge (m):	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
Breite (m):	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Techn. Alter (Jahre)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	354	831	25	1.210	137	342	18	497	593	1.259	37	1.889	233	476	23	732	467	952	46	1.464
2	708	1.662	51	2.421	275	683	37	994	1.186	2.518	75	3.779	467	952	46	1.464	700	1.427	68	2.196
3	1.062	2.493	76	3.631	412	1.025	55	1.492	1.779	3.776	112	5.668	933	1.903	91	2.927	933	1.903	91	2.927
4	1.417	3.324	101	4.841	549	1.366	74	1.989	2.373	5.035	150	7.558	1.166	2.379	114	3.659	1.166	2.379	114	3.659
5	1.771	4.155	126	6.052	687	1.708	92	2.486	2.966	6.294	187	9.447	1.400	2.855	137	4.391	1.400	2.855	137	4.391
6	2.125	4.985	152	7.262	824	2.049	110	2.983	3.559	7.553	225	11.336	1.633	3.331	159	5.123	1.633	3.331	159	5.123
7	2.479	5.816	177	8.472	961	2.391	129	3.481	4.152	8.812	262	13.226	1.866	3.806	182	5.855	1.866	3.806	182	5.855
8	2.833	6.647	202	9.683	1.099	2.732	147	3.978	4.745	10.070	300	15.115	2.100	4.282	205	6.587	2.100	4.282	205	6.587
9	3.187	7.478	227	10.893	1.236	3.074	165	4.475	5.338	11.329	337	17.005	2.333	4.758	228	7.319	2.333	4.758	228	7.319
10	3.541	8.309	253	12.103	1.373	3.415	184	4.972	5.931	12.588	375	18.894	2.566	5.234	250	8.050	2.566	5.234	250	8.050
11	3.896	9.140	278	13.313	1.511	3.757	202	5.470	6.524	13.847	412	20.783	2.799	5.710	273	8.782	2.799	5.710	273	8.782
12	4.250	9.971	303	14.524	1.648	4.098	221	5.967	7.118	15.105	450	22.673	3.033	6.185	296	9.514	3.033	6.185	296	9.514
13	4.604	10.802	328	15.734	1.785	4.440	239	6.464	7.711	16.364	487	24.562	3.266	6.661	319	10.246	3.266	6.661	319	10.246
14	4.958	11.633	354	16.944	1.923	4.781	257	6.961	8.304	17.623	525	26.451	3.499	7.137	342	10.978	3.499	7.137	342	10.978
15	5.312	12.464	379	18.155	2.060	5.123	276	7.459	8.897	18.882	562	28.341	3.733	7.613	364	11.710	3.733	7.613	364	11.710
16	5.666	13.295	404	19.365	2.197	5.464	294	7.956	9.490	20.141	600	30.230	3.966	8.089	387	12.441	3.966	8.089	387	12.441
17	6.020	14.126	429	20.575	2.335	5.806	312	8.453	10.083	21.399	637	32.120	4.199	8.564	410	13.173	4.199	8.564	410	13.173
18	6.374	14.956	455	21.786	2.472	6.147	331	8.950	10.676	22.658	674	34.009	4.432	9.040	433	13.905	4.432	9.040	433	13.905
19	6.729	15.787	480	22.996	2.610	6.489	349	9.447	11.270	23.917	712	35.898	4.666	9.516	455	14.637	4.666	9.516	455	14.637
20	7.083	16.618	505	24.206	2.747	6.830	368	9.945	11.863	25.176	749	37.788	4.899	9.992	478	15.369	4.899	9.992	478	15.369
21	7.437	17.449	530	25.417	2.884	7.172	386	10.442	12.456	26.435	787	39.677	5.132	10.467	501	16.101	5.132	10.467	501	16.101
22	7.791	18.280	556	26.627	3.022	7.513	404	10.939	13.049	27.693	824	41.567	5.366	10.943	524	16.833	5.366	10.943	524	16.833
23	8.145	19.111	581	27.837	3.159	7.855	423	11.436	13.642	28.952	862	43.456	5.599	11.419	546	17.564	5.599	11.419	546	17.564
24	8.499	19.942	606	29.048	3.296	8.196	441	11.934	14.235	30.211	899	45.345	5.832	11.895	569	18.296	5.832	11.895	569	18.296
25	8.853	20.773	632	30.258	3.434	8.538	459	12.431	14.828	31.470	937	47.235	6.066	12.371	592	19.028	6.066	12.371	592	19.028
26	9.208	21.604	657	31.468	3.571	8.879	478	12.928	15.421	32.729	974	49.124	6.299	12.846	615	19.760	6.299	12.846	615	19.760
27	9.562	22.435	682	32.678	3.708	9.221	496	13.425	16.015	33.987	1.012	51.014	6.532	13.322	637	20.492	6.532	13.322	637	20.492
28	9.916	23.266	707	33.889	3.846	9.562	515	13.923	16.608	35.246	1.049	52.903	6.765	13.798	660	21.224	6.765	13.798	660	21.224
29	10.270	24.096	733	35.099	3.983	9.904	533	14.420	17.201	36.505	1.087	54.792	6.999	14.274	683	21.956	6.999	14.274	683	21.956
30	10.624	24.927	758	36.309	4.120	10.245	551	14.917	17.794	37.764	1.124	56.682	7.232	14.750	706	22.687	7.232	14.750	706	22.687
31	10.978	25.758	783	37.520	4.258	10.587	570	15.414	18.387	39.022	1.162	58.571	7.465	15.225	729	23.419	7.465	15.225	729	23.419
32	11.332	26.589	808	38.730	4.395	10.928	588	15.912	18.980	40.281	1.199	60.461	7.699	15.701	751	24.151	7.699	15.701	751	24.151
33	11.687	27.420	834	39.940	4.532	11.270	606	16.409	19.573	41.540	1.236	62.350	7.932	16.177	774	24.883	7.932	16.177	774	24.883
34	12.041	28.251	859	41.151	4.670	11.612	625	16.906	20.166	42.799	1.274	64.239	8.165	16.653	797	25.615	8.165	16.653	797	25.615
35	12.395	29.082	884	42.361	4.807	11.953	643	17.403	20.760	44.058	1.311	66.129	8.398	17.129	820	26.347	8.398	17.129	820	26.347
36	12.749	29.913	909	43.571	4.944	12.295	662	17.900	21.353	45.316	1.349	68.018	8.632	17.604	842	27.078	8.632	17.604	842	27.078
37	13.103	30.744	935	44.782	5.082	12.636	680	18.398	21.946	46.575	1.386	69.907	8.865	18.080	865	27.810	8.865	18.080	865	27.810
38	13.457	31.575	960	45.992	5.219	12.978	698	18.895	22.539	47.834	1.424	71.797	9.098	18.556	888	28.542	9.098	18.556	888	28.542
39	13.811	32.406	985	47.202	5.356	13.319	717	19.392	23.132	49.093	1.461	73.686	9.332	19.032	911	29.274	9.332	19.032	911	29.274
40	14.166	33.237	1.010	48.413	5.494	13.661	735	19.889	23.725	50.352	1.499	75.576	9.565	19.508	933	30.006	9.565	19.508	933	30.006
41	14.520	34.067	1.036	49.623	5.631	14.002	753	20.387	24.318	51.610	1.536	77.465	9.798	19.983	956	30.738	9.798	19.983	956	30.738
42	14.874	34.898	1.061	50.833	5.768	14.344	772	20.884	24.912	52.869	1.574	79.354	10.031	20.459	979	31.470	10.031	20.459	979	31.470
43	15.228	35.729	1.086	52.043	5.906	14.685	790	21.381	25.505	54.128	1.611	81.244	10.265	20.935	1.002	32.201	10.265	20.935	1.002	32.201
44	15.582	36.560	1.111	53.254	6.043	15.027	809	21.878	26.098	55.387	1.649	83.133	10.498	21.411	1.025	32.933	10.498	21.411	1.025	32.933
45	15.936	37.391	1.137	54.464	6.180	15.368	827	22.376	26.691	56.646	1.686	85.023	10.731	21.887	1.047	33.665	10.731	21.887	1.047	33.665
46	16.290	38.222	1.162	55.674	6.318	15.710	845	22.873	27.284	57.904	1.724	86.912	10.965	22.362	1.070	34.397	10.965	22.362	1.070	34.397
47	16.645	39.053	1.187	56.885	6.455	16.051	864	23.370	27.877	59.163	1.761	88.801	11.198	22.838	1.093	35.129	11.198	22.838	1.093	35.129
48	16.999	39.884	1.																	

Berechnung für

- Einzelfahrer
- Abmessungen L = 110m, B = 11,4m

Ladungsart:	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut		
Hüllentyp	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle		
Schiffstyp:	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer	Einzelfahrer		
Länge (m):	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110		
Breite (m):	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4		
Techn. Alter (Jahre)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	388	911	28	1.327	151	375	20	545	650	1.380	41	2.072	256	522	25	803	256	522	25	803
2	777	1.822	55	2.655	301	749	40	1.091	1.301	2.761	82	4.144	512	1.044	50	1.605	512	1.044	50	1.605
3	1.165	2.734	83	3.982	452	1.124	60	1.636	1.951	4.141	123	6.216	767	1.565	75	2.408	767	1.565	75	2.408
4	1.553	3.645	111	5.309	602	1.498	81	2.181	2.602	5.522	164	8.288	1.023	2.087	100	3.210	1.023	2.087	100	3.210
5	1.942	4.556	139	6.636	753	1.873	101	2.726	3.252	6.902	205	10.360	1.279	2.609	125	4.013	1.279	2.609	125	4.013
6	2.330	5.467	166	7.964	904	2.247	121	3.272	3.903	8.282	247	12.432	1.535	3.131	150	4.815	1.535	3.131	150	4.815
7	2.718	6.378	194	9.291	1.054	2.622	141	3.817	4.553	9.663	288	14.504	1.791	3.652	175	5.618	1.791	3.652	175	5.618
8	3.107	7.290	222	10.618	1.205	2.996	161	4.362	5.204	11.043	329	16.576	2.047	4.174	200	6.420	2.047	4.174	200	6.420
9	3.495	8.201	249	11.945	1.356	3.371	181	4.908	5.854	12.424	370	18.647	2.302	4.696	225	7.223	2.302	4.696	225	7.223
10	3.884	9.112	277	13.273	1.506	3.745	202	5.453	6.504	13.804	411	20.719	2.558	5.218	250	8.026	2.558	5.218	250	8.026
11	4.272	10.023	305	14.600	1.657	4.120	222	5.998	7.155	15.185	452	22.791	2.814	5.739	275	8.828	2.814	5.739	275	8.828
12	4.660	10.934	332	15.927	1.807	4.494	242	6.543	7.805	16.565	493	24.863	3.070	6.261	300	9.631	3.070	6.261	300	9.631
13	5.049	11.846	360	17.254	1.958	4.869	262	7.089	8.456	17.945	534	26.935	3.326	6.783	325	10.433	3.326	6.783	325	10.433
14	5.437	12.757	388	18.582	2.109	5.243	282	7.634	9.106	19.326	575	29.007	3.582	7.305	350	11.236	3.582	7.305	350	11.236
15	5.825	13.668	416	19.909	2.259	5.618	302	8.179	9.757	20.706	616	31.079	3.837	7.826	374	12.038	3.837	7.826	374	12.038
16	6.214	14.579	443	21.236	2.410	5.992	322	8.724	10.407	22.087	657	33.151	4.093	8.348	399	12.841	4.093	8.348	399	12.841
17	6.602	15.490	471	22.563	2.560	6.367	343	9.270	11.057	23.467	699	35.223	4.349	8.870	424	13.644	4.349	8.870	424	13.644
18	6.990	16.402	499	23.891	2.711	6.741	363	9.815	11.708	24.847	740	37.295	4.605	9.392	449	14.446	4.605	9.392	449	14.446
19	7.379	17.313	526	25.218	2.862	7.116	383	10.360	12.358	26.228	781	39.367	4.861	9.914	474	15.249	4.861	9.914	474	15.249
20	7.767	18.224	554	26.545	3.012	7.490	403	10.906	13.009	27.608	822	41.439	5.117	10.435	499	16.051	5.117	10.435	499	16.051
21	8.155	19.135	582	27.872	3.163	7.865	423	11.451	13.659	28.989	863	43.511	5.372	10.957	524	16.854	5.372	10.957	524	16.854
22	8.544	20.046	609	29.200	3.314	8.239	443	11.996	14.310	30.369	904	45.583	5.628	11.479	549	17.656	5.628	11.479	549	17.656
23	8.932	20.958	637	30.527	3.464	8.614	464	12.541	14.960	31.750	945	47.655	5.884	12.001	574	18.459	5.884	12.001	574	18.459
24	9.321	21.869	665	31.854	3.615	8.988	484	13.087	15.611	33.130	986	49.727	6.140	12.522	599	19.261	6.140	12.522	599	19.261
25	9.709	22.780	693	33.181	3.765	9.363	504	13.632	16.261	34.510	1.027	51.799	6.396	13.044	624	20.064	6.396	13.044	624	20.064
26	10.097	23.691	720	34.509	3.916	9.737	524	14.177	16.911	35.891	1.068	53.871	6.652	13.566	649	20.867	6.652	13.566	649	20.867
27	10.486	24.602	748	35.836	4.067	10.112	544	14.723	17.562	37.271	1.109	55.942	6.907	14.088	674	21.669	6.907	14.088	674	21.669
28	10.874	25.513	776	37.163	4.217	10.486	564	15.268	18.212	38.652	1.150	58.014	7.163	14.609	699	22.472	7.163	14.609	699	22.472
29	11.262	26.425	803	38.490	4.368	10.861	584	15.813	18.863	40.032	1.192	60.086	7.419	15.131	724	23.274	7.419	15.131	724	23.274
30	11.651	27.336	831	39.818	4.518	11.235	605	16.358	19.513	41.412	1.233	62.158	7.675	15.653	749	24.077	7.675	15.653	749	24.077
31	12.039	28.247	859	41.145	4.669	11.610	625	16.904	20.164	42.793	1.274	64.230	7.931	16.175	774	24.879	7.931	16.175	774	24.879
32	12.427	29.158	886	42.472	4.820	11.984	645	17.449	20.814	44.173	1.315	66.302	8.187	16.697	799	25.682	8.187	16.697	799	25.682
33	12.816	30.069	914	43.799	4.970	12.359	665	17.994	21.465	45.554	1.356	68.374	8.442	17.218	824	26.485	8.442	17.218	824	26.485
34	13.204	30.981	942	45.127	5.121	12.733	685	18.539	22.115	46.934	1.397	70.446	8.698	17.740	849	27.287	8.698	17.740	849	27.287
35	13.592	31.892	970	46.454	5.271	13.108	705	19.085	22.765	48.315	1.438	72.518	8.954	18.262	874	28.090	8.954	18.262	874	28.090
36	13.981	32.803	997	47.781	5.422	13.482	725	19.630	23.416	49.695	1.479	74.590	9.210	18.784	899	28.892	9.210	18.784	899	28.892
37	14.369	33.714	1.025	49.108	5.573	13.857	746	20.175	24.066	51.075	1.520	76.662	9.466	19.305	924	29.695	9.466	19.305	924	29.695
38	14.758	34.625	1.053	50.436	5.723	14.231	766	20.721	24.717	52.456	1.561	78.734	9.722	19.827	949	30.497	9.722	19.827	949	30.497
39	15.146	35.537	1.080	51.763	5.874	14.606	786	21.266	25.367	53.836	1.602	80.806	9.977	20.349	974	31.300	9.977	20.349	974	31.300
40	15.534	36.448	1.108	53.090	6.025	14.980	806	21.811	26.018	55.217	1.644	82.878	10.233	20.871	999	32.102	10.233	20.871	999	32.102
41	15.923	37.359	1.136	54.417	6.175	15.355	826	22.356	26.668	56.597	1.685	84.950	10.489	21.392	1.024	32.905	10.489	21.392	1.024	32.905
42	16.311	38.270	1.163	55.745	6.326	15.730	846	22.902	27.319	57.977	1.726	87.022	10.745	21.914	1.049	33.708	10.745	21.914	1.049	33.708
43	16.699	39.181	1.191	57.072	6.476	16.104	867	23.447	27.969	59.358	1.767	89.094	11.001	22.436	1.074	34.510	11.001	22.436	1.074	34.510
44	17.088	40.093	1.219	58.399	6.627	16.479	887	23.992	28.619	60.738	1.808	91.166	11.256	22.958	1.099	35.313	11.256	22.958	1.099	35.313
45	17.476	41.004	1.247	59.726	6.778	16.853	907	24.538	29.270	62.119	1.849	93.237	11.512	23.479	1.123	36.115	11.512	23.479	1.123	36.115
46	17.864	41.915	1.274	61.054	6.928	17.228	927	25.083	29.920	63.499	1.890	95.309	11.768	24.001	1.148	36.918	11.768	24.001	1.148	36.918
47	18.253	42.826	1.302	62.381	7.079	17.602	947	25.628	30.571	64.879	1.931	97.381	12.024	24.52						

Berechnung für

- Verband
- Abmessungen L = 180m, B = 9,5m

Ladungsart:	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut		
Hüllentyp	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle		
Schiffstyp:	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband		
Länge (m):	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180		
Breite (m):	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5		
Techn. Alter (Jahre)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	476	1.116	34	1.626	185	459	25	668	797	1.691	50	2.538	313	639	31	983				
2	952	2.233	68	3.252	369	918	49	1.336	1.594	3.382	101	5.077	627	1.278	61	1.967				
3	1.427	3.349	102	4.878	554	1.376	74	2.004	2.391	5.074	151	7.615	940	1.918	92	2.950				
4	1.903	4.465	136	6.504	738	1.835	99	2.672	3.188	6.765	201	10.154	1.254	2.557	122	3.933				
5	2.379	5.582	170	8.130	923	2.294	123	3.340	3.984	8.456	252	12.692	1.567	3.196	153	4.916				
6	2.855	6.698	204	9.756	1.107	2.753	148	4.008	4.781	10.147	302	15.231	1.881	3.835	184	5.900				
7	3.331	7.814	238	11.383	1.292	3.212	173	4.676	5.578	11.838	352	17.769	2.194	4.475	214	6.883				
8	3.806	8.931	272	13.009	1.476	3.671	198	5.344	6.375	13.530	403	20.307	2.507	5.114	245	7.866				
9	4.282	10.047	305	14.635	1.661	4.129	222	6.012	7.172	15.221	453	22.846	2.821	5.753	275	8.849				
10	4.758	11.163	339	16.261	1.845	4.588	247	6.680	7.969	16.912	503	25.384	3.134	6.392	306	9.833				
11	5.234	12.280	373	17.887	2.030	5.047	272	7.349	8.766	18.603	554	27.923	3.448	7.032	336	10.816				
12	5.710	13.396	407	19.513	2.214	5.506	296	8.017	9.563	20.295	604	30.461	3.761	7.671	367	11.799				
13	6.185	14.513	441	21.139	2.399	5.965	321	8.685	10.360	21.986	654	33.000	4.075	8.310	398	12.782				
14	6.661	15.629	475	22.765	2.583	6.424	346	9.353	11.156	23.677	705	35.538	4.388	8.949	428	13.766				
15	7.137	16.745	509	24.391	2.768	6.882	370	10.021	11.953	25.368	755	38.077	4.701	9.589	459	14.749				
16	7.613	17.862	543	26.017	2.952	7.341	395	10.689	12.750	27.059	805	40.615	5.015	10.228	489	15.732				
17	8.088	18.978	577	27.643	3.137	7.800	420	11.357	13.547	28.751	856	43.153	5.328	10.867	520	16.715				
18	8.564	20.094	611	29.269	3.321	8.259	444	12.025	14.344	30.442	906	45.692	5.642	11.506	551	17.699				
19	9.040	21.211	645	30.896	3.506	8.718	469	12.693	15.141	32.133	956	48.230	5.955	12.146	581	18.682				
20	9.516	22.327	679	32.522	3.690	9.177	494	13.361	15.938	33.824	1.007	50.769	6.269	12.785	612	19.665				
21	9.992	23.443	713	34.148	3.875	9.635	518	14.029	16.735	35.515	1.057	53.307	6.582	13.424	642	20.648				
22	10.467	24.560	747	35.774	4.060	10.094	543	14.697	17.531	37.207	1.107	55.846	6.895	14.063	673	21.632				
23	10.943	25.676	781	37.400	4.244	10.553	568	15.365	18.328	38.898	1.158	58.384	7.209	14.703	704	22.615				
24	11.419	26.792	815	39.026	4.429	11.012	593	16.033	19.125	40.589	1.208	60.922	7.522	15.342	734	23.598				
25	11.895	27.909	848	40.652	4.613	11.471	617	16.701	19.922	42.280	1.259	63.461	7.836	15.981	765	24.581				
26	12.371	29.025	882	42.278	4.798	11.930	642	17.369	20.719	43.971	1.309	65.999	8.149	16.620	795	25.565				
27	12.846	30.141	916	43.904	4.982	12.388	667	18.037	21.516	45.663	1.359	68.538	8.463	17.259	826	26.548				
28	13.322	31.258	950	45.530	5.167	12.847	691	18.705	22.313	47.354	1.410	71.076	8.776	17.899	856	27.531				
29	13.798	32.374	984	47.156	5.351	13.306	716	19.373	23.110	49.045	1.460	73.615	9.089	18.538	887	28.514				
30	14.274	33.490	1.018	48.782	5.536	13.765	741	20.041	23.907	50.736	1.510	76.153	9.403	19.177	918	29.498				
31	14.750	34.607	1.052	50.408	5.720	14.224	765	20.709	24.703	52.428	1.561	78.691	9.716	19.816	948	30.481				
32	15.225	35.723	1.086	52.035	5.905	14.683	790	21.377	25.500	54.119	1.611	81.230	10.030	20.456	979	31.464				
33	15.701	36.840	1.120	53.661	6.089	15.141	815	22.046	26.297	55.810	1.661	83.768	10.343	21.095	1.009	32.447				
34	16.177	37.956	1.154	55.287	6.274	15.600	839	22.714	27.094	57.501	1.712	86.307	10.657	21.734	1.040	33.431				
35	16.653	39.072	1.188	56.913	6.458	16.059	864	23.382	27.891	59.192	1.762	88.845	10.970	22.373	1.071	34.414				
36	17.129	40.189	1.222	58.539	6.643	16.518	889	24.050	28.688	60.884	1.812	91.384	11.283	23.013	1.101	35.397				
37	17.604	41.305	1.256	60.165	6.827	16.977	914	24.718	29.485	62.575	1.863	93.922	11.597	23.652	1.132	36.380				
38	18.080	42.421	1.290	61.791	7.012	17.436	938	25.386	30.282	64.266	1.913	96.461	11.910	24.291	1.162	37.364				
39	18.556	43.538	1.324	63.417	7.196	17.894	963	26.054	31.079	65.957	1.963	98.999	12.224	24.930	1.193	38.347				
40	19.032	44.654	1.358	65.043	7.381	18.353	988	26.722	31.875	67.648	2.014	101.537	12.537	25.570	1.224	39.330				
41	19.507	45.770	1.391	66.669	7.565	18.812	1.012	27.390	32.672	69.340	2.064	104.076	12.851	26.209	1.254	40.314				
42	19.983	46.887	1.425	68.295	7.750	19.271	1.037	28.058	33.469	71.031	2.114	106.614	13.164	26.848	1.285	41.297				
43	20.459	48.003	1.459	69.921	7.935	19.730	1.062	28.726	34.266	72.722	2.165	109.153	13.477	27.487	1.315	42.280				
44	20.935	49.119	1.493	71.548	8.119	20.189	1.086	29.394	35.063	74.413	2.215	111.691	13.791	28.127	1.346	43.263				
45	21.411	50.236	1.527	73.174	8.304	20.647	1.111	30.062	35.860	76.104	2.265	114.230	14.104	28.766	1.376	44.247				
46	21.886	51.352	1.561	74.800	8.488	21.106	1.136	30.730	36.657	77.796	2.316	116.768	14.418	29.405	1.407	45.230				
47	22.362	52.468	1.595	76.426	8.673	21.565	1.160	31.398	37.454	79.487	2.366	119.306	14.731	30.044	1.438	46.213				
48	22.838	53.585	1.629	78.052	8.857	22.024	1.185	32.066	38.250	81.178	2.416	121.845	15.045	30.684	1.468	47.196				
49	23.314	54.701	1.663	79.678	9.042	22.483	1.210	32.734	39.047	82.869	2.467	124.383	15.358	31.323	1.499	48.180				
50	23.790	55.817	1.697	81.304	9.226	22.942	1.234	33.402	39.844	84.560	2.517	126.922	15.671	31.962	1.529	49.163				

Berechnung für

- Verband
- Abmessungen L = 186,5m, B = 22,8m

Ladungsart:	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	kein Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut	Gefahrgut
Hüllentyp	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	einfache Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle	Doppel-Hülle
Schiffstyp:	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband	Verband
Länge (m):	186,5	186,5	186,5	186,5	186,5	186,5	186,5	186,5	186,5	186,5	186,5	186,5	186,5	186,5	186,5	186,5	186,5
Breite (m):	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8
Techn. Alter (Jahre)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Risiko Antr.-Anlage (€)	Risiko Ruder-maschine (€)	Risiko Bugstr.-Anlage (€)	Gesamt-risiko (€)	Gesamt-risiko (€)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	663	1.555	47	2.266	257	639	34	931	1.110	2.356	70	3.537	437	891	43	1.370	
2	1.326	3.111	95	4.531	514	1.279	69	1.862	2.221	4.713	140	7.074	873	1.781	85	2.740	
3	1.989	4.666	142	6.797	771	1.918	103	2.792	3.331	7.069	210	10.611	1.310	2.672	128	4.110	
4	2.652	6.222	189	9.063	1.028	2.557	138	3.723	4.441	9.426	281	14.148	1.747	3.563	170	5.480	
5	3.315	7.777	236	11.329	1.286	3.197	172	4.654	5.552	11.782	351	17.685	2.184	4.453	213	6.850	
6	3.978	9.333	284	13.594	1.543	3.836	206	5.585	6.662	14.139	421	21.222	2.620	5.344	256	8.220	
7	4.641	10.888	331	15.860	1.800	4.475	241	6.516	7.772	16.495	491	24.759	3.057	6.235	298	9.590	
8	5.304	12.444	378	18.126	2.057	5.115	275	7.447	8.883	18.852	561	28.296	3.494	7.126	341	10.960	
9	5.967	13.999	426	20.391	2.314	5.754	310	8.377	9.993	21.208	631	31.832	3.930	8.016	384	12.330	
10	6.629	15.555	473	22.657	2.571	6.393	344	9.308	11.103	23.565	701	35.369	4.367	8.907	426	13.700	
11	7.292	17.110	520	24.923	2.828	7.032	378	10.239	12.214	25.921	772	38.906	4.804	9.798	469	15.070	
12	7.955	18.666	567	27.188	3.085	7.672	413	11.170	13.324	28.277	842	42.443	5.241	10.688	511	16.440	
13	8.618	20.221	615	29.454	3.342	8.311	447	12.101	14.434	30.634	912	45.980	5.677	11.579	554	17.810	
14	9.281	21.777	662	31.720	3.600	8.950	482	13.032	15.545	32.990	982	49.517	6.114	12.470	597	19.180	
15	9.944	23.332	709	33.986	3.857	9.590	516	13.962	16.655	35.347	1.052	53.054	6.551	13.360	639	20.550	
16	10.607	24.888	757	36.251	4.114	10.229	550	14.893	17.765	37.703	1.122	56.591	6.987	14.251	682	21.920	
17	11.270	26.443	804	38.517	4.371	10.868	585	15.824	18.876	40.060	1.192	60.128	7.424	15.142	725	23.290	
18	11.933	27.998	851	40.783	4.628	11.508	619	16.755	19.986	42.416	1.263	63.665	7.861	16.032	767	24.660	
19	12.596	29.554	898	43.048	4.885	12.147	654	17.686	21.097	44.773	1.333	67.202	8.298	16.923	810	26.030	
20	13.259	31.109	946	45.314	5.142	12.786	688	18.616	22.207	47.129	1.403	70.739	8.734	17.814	852	27.401	
21	13.922	32.665	993	47.580	5.399	13.426	722	19.547	23.317	49.486	1.473	74.276	9.171	18.704	895	28.771	
22	14.585	34.220	1.040	49.846	5.656	14.065	757	20.478	24.428	51.842	1.543	77.813	9.608	19.595	938	30.141	
23	15.248	35.776	1.088	52.111	5.913	14.704	791	21.409	25.538	54.198	1.613	81.350	10.044	20.486	980	31.511	
24	15.911	37.331	1.135	54.377	6.171	15.344	826	22.340	26.648	56.555	1.683	84.887	10.481	21.377	1.023	32.881	
25	16.574	38.887	1.182	56.643	6.428	15.983	860	23.271	27.759	58.911	1.754	88.424	10.918	22.267	1.065	34.251	
26	17.237	40.442	1.229	58.908	6.685	16.622	894	24.201	28.869	61.268	1.824	91.960	11.355	23.158	1.108	35.621	
27	17.900	41.998	1.277	61.174	6.942	17.262	929	25.132	29.979	63.624	1.894	95.497	11.791	24.049	1.151	36.991	
28	18.563	43.553	1.324	63.440	7.199	17.901	963	26.063	31.090	65.981	1.964	99.034	12.228	24.939	1.193	38.361	
29	19.225	45.109	1.371	65.705	7.456	18.540	998	26.994	32.200	68.337	2.034	102.571	12.665	25.830	1.236	39.731	
30	19.888	46.664	1.419	67.971	7.713	19.179	1.032	27.925	33.310	70.694	2.104	106.108	13.102	26.721	1.279	41.101	
31	20.551	48.220	1.466	70.237	7.970	19.819	1.066	28.856	34.421	73.050	2.174	109.645	13.538	27.611	1.321	42.471	
32	21.214	49.775	1.513	72.503	8.227	20.458	1.101	29.786	35.531	75.407	2.245	113.182	13.975	28.502	1.364	43.841	
33	21.877	51.331	1.561	74.768	8.485	21.097	1.135	30.717	36.641	77.763	2.315	116.719	14.412	29.393	1.406	45.211	
34	22.540	52.886	1.608	77.034	8.742	21.737	1.170	31.648	37.752	80.119	2.385	120.256	14.848	30.283	1.449	46.581	
35	23.203	54.441	1.655	79.300	8.999	22.376	1.204	32.579	38.862	82.476	2.455	123.793	15.285	31.174	1.492	47.951	
36	23.866	55.997	1.702	81.565	9.256	23.015	1.238	33.510	39.972	84.832	2.525	127.330	15.722	32.065	1.534	49.321	
37	24.529	57.552	1.750	83.831	9.513	23.655	1.273	34.441	41.083	87.189	2.595	130.867	16.159	32.955	1.577	50.691	
38	25.192	59.108	1.797	86.097	9.770	24.294	1.307	35.371	42.193	89.545	2.665	134.404	16.595	33.846	1.620	52.061	
39	25.855	60.663	1.844	88.363	10.027	24.933	1.342	36.302	43.303	91.902	2.736	137.941	17.032	34.737	1.662	53.431	
40	26.518	62.219	1.892	90.628	10.284	25.573	1.376	37.233	44.414	94.258	2.806	141.478	17.469	35.628	1.705	54.801	
41	27.181	63.774	1.939	92.894	10.541	26.212	1.410	38.164	45.524	96.615	2.876	145.015	17.905	36.518	1.747	56.171	
42	27.844	65.330	1.986	95.160	10.799	26.851	1.445	39.095	46.634	98.971	2.946	148.552	18.342	37.409	1.790	57.541	
43	28.507	66.885	2.033	97.425	11.056	27.491	1.479	40.025	47.745	101.328	3.016	152.088	18.779	38.300	1.833	58.911	
44	29.170	68.441	2.081	99.691	11.313	28.130	1.514	40.956	48.855	103.684	3.086	155.625	19.216	39.190	1.875	60.281	
45	29.833	69.996	2.128	101.957	11.570	28.769	1.548	41.887	49.965	106.040	3.156	159.162	19.652	40.081	1.918	61.651	
46	30.496	71.552	2.175	104.222	11.827	29.409	1.582	42.818	51.076	108.397	3.227	162.699	20.089	40.972	1.960	63.021	
47	31.159	73.107	2.223	106.488	12.084	30.048	1.617	43.749	52.186	110.753	3.297	166.236	20.526	41.862	2.003	64.391	
48	31.821	74.663	2.270	108.754	12.341	30.687	1.651	44.680	53.296	113.110	3.367	169.773	20.962	42.753	2.046	65.761	
49	32.484	76.218	2.317	111.020	12.598	31.326	1.686	45.610	54.407	115.466	3.437	173.310	21.399	43.644	2.088	67.131	
50	33.147	77.774	2.364	113.285	12.855	31.966	1.720	46.541	55.517	117.823	3.507	176.847	21.836	44.534	2.131	68.501	