

GEMEINSAME EXPERTENTAGUNG FÜR DIE DEM
ÜBEREINKOMMEN ÜBER DIE INTERNATIONALE BEFÖRDERUNG
VON GEFÄHRLICHEN GÜTERN AUF BINNENWASSERSTRASSEN
BEIGEFÜGTE VERORDNUNG (ADN)
(SICHERHEITSAUSSCHUSS)
(13. Tagung, Genf, 17.-18. Juni 2008)
Punkt 4 zur vorläufigen Tagesordnung

ÄNDERUNGSVORSCHLÄGE ZUR DEM ADN BEIGEFÜGTEN VERORDNUNG

9.3.4 ALTERNATIVE BAUWEISEN (TANKSCHIFFE) ^{1 2 3 4}

Vorschlag der Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (ZKR)

1. Die ZKR schlägt vor, in die dem ADN beigefügte Verordnung neue Vorschriften einzubringen mit dem Ziel, alternative Bauweisen für den Bau von Tankschiffen (z.B. für größere Ladetanks, andere Abstände zwischen den Seitenwänden und der Ladetanks) zu gestatten sowie die in diesen Fällen einzuhaltenden Verfahren.
2. Die Vorschläge zur Änderung des Teils 9 der Vorschriften sind beigefügt. Sie tragen den Schlussfolgerungen der informellen Gruppe, die getagt hat, um die deutsche und englische Sprachfassung des Dokuments zu harmonisieren (siehe CCNR-ZKR/ADN/WP.15/AC.2/25 Abs. 22).

¹ Diese Sitzung ist gemeinsam von der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa und der Zentralkommission für die Rheinschifffahrt organisiert.

² Von der UN-ECE in Englisch, Französisch und Russisch unter dem Aktenzeichen TRANS/WP.15/AC.2/2008/7 verteilt.

³ Die gemeinsame Expertentagung ist zusammen von der Wirtschaftskommission für Europa und der Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (ZKR) eingesetzt worden, nachdem sie hierzu von der Diplomatischen Konferenz zur Annahme eines Europäischen Übereinkommens über die internationale Beförderung von gefährlichen Gütern auf Binnenwasserstraßen (ADN) mit Beschluss vom 25. Mai 2000 aufgefordert worden sind. Dieser Beschluss bestimmt, dass bei Inkrafttreten dieses Übereinkommens die Gemeinsame Expertentagung an die Stelle des Sicherheitsausschusses nach Artikel 18 des ADN tritt. Da das ADN am 29. Februar 2008 in Kraft getreten ist, nimmt die Gemeinsame Expertentagung künftig die Funktionen des Sicherheitsausschusses wahr.

⁴ Gemäß dem Arbeitsprogramm 2006-2010 des Binnenverkehrsausschusses (ECE/TRANS/166/Add.1, Punkt 02.7b).

9.3.1.11.1 a)

9.3.2.11.1 a)

9.3.3.11.1 a) Unter der Tabelle einfügen:
„Alternative Bauweisen nach 9.3.4 sind jedoch zulässig.“

In der Fußnote¹⁾ zu 9.3.1.11.2 am Ende anfügen:
„Alternative Bauweisen nach 9.3.4 sind jedoch zulässig.“

9.3.2.11.7 Am Ende einfügen:
„Alternative Bauweisen nach 9.3.4 sind jedoch zulässig.“

Folgenden neuen Abschnitt 9.3.4 einfügen:

„9.3.4 Alternative Bauweisen

9.3.4.1 Allgemeines

9.3.4.1.1 Der höchstzulässige Inhalt eines Ladetanks gemäß 9.3.1.11.1, 9.3.2.11.1 und 9.3.3.11.1 darf überschritten werden und von den Mindestabständen gemäß 9.3.1.11.2 a) und 9.3.2.11.7 darf abgewichen werden, wenn den Bestimmungen dieses Abschnitts entsprochen wird. Der Inhalt eines Ladetanks darf höchstens 1000 m³ betragen.

9.3.4.1.2 Tankschiffe, deren Ladetanks den höchstzulässigen Inhalt überschreiten oder bei denen der vorgeschriebene Abstand zwischen der Seitenwand des Schiffes und den Ladetanks unterschritten wird, müssen durch eine kollisionssicherere Seitenkonstruktion geschützt sein. Dies ist nachzuweisen, indem das Risiko einer konventionellen Bauweise (Referenzbauweise), die den ADN-Bestimmungen entspricht, mit dem Risiko einer kollisionssichereren Seitenstruktur (alternative Bauweise) verglichen wird.

9.3.4.1.3 Wenn das Risiko der alternativen Konstruktion mit kollisionssichererer Seitenstruktur dem Risiko der Referenzbauweise entspricht oder dieses unterschreitet, ist die äquivalente oder höhere Sicherheit nachgewiesen. Die äquivalente oder höhere Sicherheit muss gemäß 9.3.4.3 nachgewiesen werden.

9.3.4.1.4 Wenn ein Schiff gemäß diesem Abschnitt gebaut wird, muss eine anerkannte Klassifikationsgesellschaft die Anwendung des Berechnungsverfahrens gemäß 9.3.4.3 dokumentieren und die Ergebnisse zur Genehmigung an die zuständige Behörde übermitteln. Die zuständige Behörde kann zusätzliche Berechnungen und Nachweise verlangen.

9.3.4.1.5 Diese Bauweise muss von der zuständigen Behörde in das Zulassungszeugnis gemäß 8.6.1 eingetragen werden.

9.3.4.2 Vorgehensweise

9.3.4.2.1 Die Wahrscheinlichkeit eines bei einer Kollision auftretenden Ladetankrisisses und die Oberfläche des durch das Auslaufen des darin enthaltenen gefährlichen Stoffes betroffenen Gebietes sind die bestimmenden Parameter bei der Risikobeurteilung. Das Risiko wird mit der folgenden Formel beschrieben:

$$R = P \cdot C$$

Darin sind:

R: Risiko [m²],

P: Wahrscheinlichkeit eines Ladetankrisses [],

C: Konsequenz (Schadensausmaß) eines Ladetankrisses [m²].

- 9.3.4.2.2 Die Wahrscheinlichkeit „*P*“ eines Ladetankrisses hängt von der Wahrscheinlichkeitsverteilung der vorhandenen Kollisionsenergie ab, die durch die Schiffe repräsentiert werden, die auf das Kollisionsoffer einwirken können, sowie von dem Vermögen des getroffenen Schiffes, diese Kollisionsenergie ohne Ladetankriss zu absorbieren. Eine Reduzierung der Wahrscheinlichkeit „*P*“ lässt sich durch eine kollisions sicherere seitliche Außenhautkonstruktion des Schiffes erzielen.

Die Konsequenz „*C*“ der durch einen Ladetankriss ausgetretenen Ladung wird durch ein betroffenes Gebiet um das getroffene Schiff ausgedrückt.

- 9.3.4.2.3 Das Verfahren gemäß 9.3.4.3 zeigt, wie die Wahrscheinlichkeit eines Ladetankrisses zu berechnen ist und wie das Kollisionsenergie-Absorptionsvermögen der seitlichen Schiffsstrukturen und ein Anstieg der Konsequenz zu bestimmen ist.

9.3.4.3 *Berechnungsverfahren*

- 9.3.4.3.1 Das Berechnungsverfahren setzt sich aus 13 Schritten zusammen. Die Schritte 2 bis 10 sind sowohl für die alternative Konstruktion als auch für die Referenzkonstruktion durchzuführen. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Berechnung der gewichteten Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Ladetankrisses:

9.3.4.3.1.1 *Schritt 1*

9.3.4.3.1.1.1 Neben der alternativen Konstruktion, die für die Ladetanks, deren höchstzulässiger Inhalt überschritten wird, oder den geringeren Abstand zwischen Seitenwand und Ladetank sowie die kollisions sicherere Außenhautstruktur verwendet wird, ist eine Referenzkonstruktion eines Tankschiffes mit mindestens denselben Abmessungen (Länge, Breite, Seitenhöhe, Verdrängung) anzufertigen. Diese muss den Vorschriften des Kapitels 9.3.1 (Typ G), 9.3.2 (Typ C) oder 9.3.3 (Typ N) und den Mindestanforderungen einer anerkannten Klassifikationsgesellschaft entsprechen.

9.3.4.3.1.2 *Schritt 2*

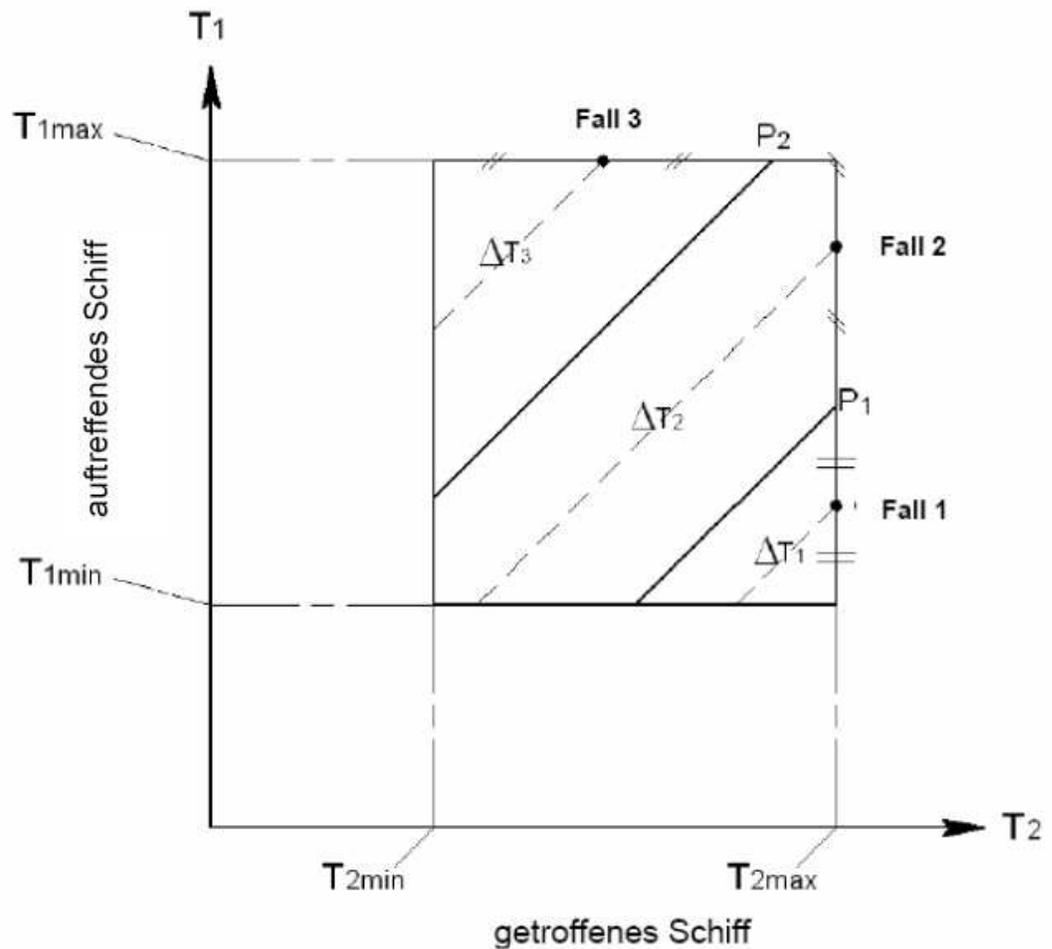
9.3.4.3.1.2.1 Die relevanten, typischen Kollisionsstellen $i=1$ bis n müssen festgestellt werden. Die Tabelle in 9.3.4.3.1 beschreibt den allgemeinen Fall, bei dem es „ n “ typische Kollisionsstellen gibt.

Die Anzahl der typische Kollisionsstellen ist abhängig von der Schiffskonstruktion. Die Annahme der Kollisionsstellen muss von der anerkannten Klassifikationsgesellschaft akzeptiert sein.

9.3.4.3.1.2.2 *Senkrechte Kollisionsstellen*

9.3.4.3.1.2.2.1 Tankschiff Typ C und N

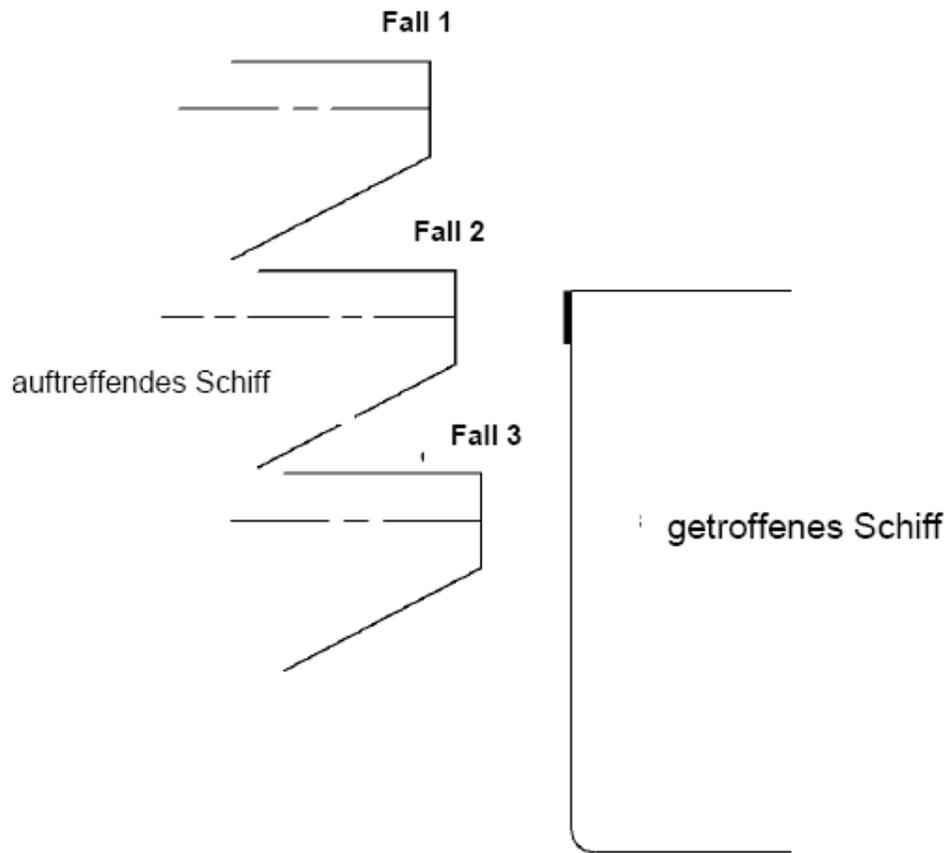
9.3.4.3.1.2.2.1.1 Die Festlegung der Kollisionsstellen in senkrechter Richtung hängt von den Tiefgangsdifferenzen zwischen dem auftreffenden und dem getroffenen Schiff ab, begrenzt durch den maximalen und minimalen Tiefgang der beiden Schiffe und die bauliche Gestaltung des getroffenen Schiffes. Dies kann graphisch durch eine rechteckige Fläche dargestellt werden, die von den Werten der maximalen und minimalen Tiefgänge des auftreffenden und des getroffenen Schiffes eingerahmt wird (siehe nachfolgende Abbildung).



Definition der Kollisionsstellen in senkrechter Richtung

934.3.1.22.1.2 Jeder Punkt in dieser Fläche stellt eine mögliche Kombination der Tiefgänge dar. T_{1max} ist der maximale Tiefgang und T_{1min} der minimale Tiefgang des auftreffenden Schiffes, während T_{2max} und T_{2min} der entsprechende maximale und minimale Tiefgang des getroffenen Schiffes sind. Jede Tiefgangskombination hat eine gleiche Eintrittswahrscheinlichkeit.

934.3.1.22.1.3 Die Punkte auf einer jeden schrägen Linie in der Abbildung in 9.3.4.3.1.2.2.1.1 zeigen dieselbe Tiefgangsdifferenz an. Jede dieser Linien stellt eine senkrechte Kollisionsstelle dar. In dem Beispiel in der Abbildung in 9.3.4.3.1.2.2.1.1 werden drei senkrechte Kollisionsstellen festgelegt, die durch drei Flächen graphisch dargestellt sind. Der Punkt P_1 ist der Punkt, in dem die untere Ecke des senkrechten Teils des Schubleichter- oder V-Bugs die Decksebene des getroffenen Schiffes berührt. Die Dreiecksfläche für den Kollisionsfall 1 ist durch den Punkt P_1 begrenzt. Dies entspricht der senkrechten Kollisionsstelle "Kollision über Deck". Der Punkt P_2 ist der Punkt, in dem der obere senkrechte Teil des Schubleichter- bzw. V-Bugs den oberen Teil der Bergplatte berührt. Die Fläche die durch die Punkte P_1 und P_2 begrenzt wird, entspricht der senkrechten Kollisionsstelle "Kollision auf Höhe Deck". Die dreieckige, obere linke Fläche des Rechtecks entspricht der senkrechten Kollisionsstelle "Kollision unter Deck". Die Tiefgangsdifferenz ΔT_i , $i=1,2,3$ ist in den Kollisionsberechnungen zu benutzen (siehe nachfolgende Abbildung):



Beispiele von senkrechten Kollisionsstellen

9343.1.22.14 Für die Berechnung der Kollisionsenergien müssen die maximal möglichen Massen für das auftreffende und das getroffene Schiff verwendet werden (höchster Punkt der jeweiligen Diagonalen ΔT_i).

9343.1.22.15 Abhängig von der Schiffskonstruktion können zusätzliche Kollisionsstellen durch die anerkannte Klassifikationsgesellschaft gefordert werden.

9343.1.22.2 Tankschiff Typ G

Für ein Tankschiff Typ G ist von einer Kollision auf halber Tankhöhe auszugehen. Zusätzliche Kollisionsstellen auf anderen Höhen können von der anerkannten Klassifikationsgesellschaft gefordert werden. Dies ist mit der anerkannten Klassifikationsgesellschaft abzustimmen.

9343.1.23 *Waagerechte Kollisionsstellen*

9343.1.23.1 Tankschiff Typ C und N

Es müssen mindestens die folgenden drei typischen Kollisionsstellen betrachtet werden:

- am Schott,
- zwischen den Rahmenspanten und
- am Rahmenspant.

9.3.4.3.1.2.3.2 Tankschiff Typ G

Für ein Tankschiff Typ G müssen mindestens die folgenden drei typischen Kollisionsstellen betrachtet werden:

- am Ladetankende,
- zwischen den Rahmenspanten und
- am Rahmenspant.

9.3.4.3.1.2.4 Anzahl der Kollisionsstellen

9.3.4.3.1.2.4.1 Tankschiff Typ C und N

Die Kombination der senkrechten und waagerechten Kollisionsstellen ergibt für das in 9.3.4.3.1.2.2.1.3 und 9.3.4.3.1.2.3.1 genannte Beispiel: $3 \cdot 3 = 9$ Kollisionsstellen.

9.3.4.3.1.2.4.2 Tankschiff Typ G

Die Kombination der senkrechten und waagerechten Kollisionsstellen ergibt für das in 9.3.4.3.1.2.2.2 und 9.3.4.3.1.2.3.2 genannte Beispiel: $1 \cdot 3 = 3$ Kollisionsstellen.

9.3.4.3.1.2.4.3 Zusätzliche Betrachtung für Tankschiffe Typ G, C und N mit unabhängigen Ladetanks

Zum Nachweis, dass die Tanksättel und die Aufschwimmsicherungen nicht der Grund für einen vorzeitigen Tankriss sind, müssen zusätzliche Berechnungen durchgeführt werden. Die hierfür erforderlichen Kollisionsstellen sind mit der anerkannten Klassifikationsgesellschaft abzustimmen.

9.3.4.3.1.3 **Schritt 3**

9.3.4.3.1.3.1 Für jede typische Kollisionsstelle muss ein Gewichtungsfaktor festgelegt werden, der die relative Wahrscheinlichkeit angibt, mit der eine solche Kollisionsstelle getroffen wird. In der Tabelle in 9.3.4.3.1 werden diese Faktoren als $w_{f_{loc(i)}}$ (Spalte J) bezeichnet. Die Annahme muss mit der anerkannten Klassifikationsgesellschaft abgestimmt werden.

Der Gewichtungsfaktor für jede Kollisionsstelle ist das Produkt aus dem Gewichtungsfaktor für die senkrechte Kollisionsstelle mit dem Gewichtungsfaktor für die waagerechte Kollisionsstelle.

9.3.4.3.1.3.2 *Senkrechte Kollisionsstellen*

9.3.4.3.1.3.2.1 Tankschiff Typ C und N

Die Gewichtungsfaktoren für die unterschiedlichen senkrechten Kollisionsstellen sind jeweils durch den Quotienten aus der Teilfläche für den entsprechenden Kollisionsfall und der gesamten Fläche des in der Abbildung in 9.3.4.3.1.2.2.1.1 gezeigten Rechtecks festgelegt.

Zum Beispiel ist für den Kollisionsfall 1 (siehe Abbildung in 9.3.4.3.1.2.2.1.3) der Gewichtungsfaktor der Quotient aus der dreieckigen, unteren rechten Fläche des Rechtecks und der Rechteckfläche, die mit den Werten der maximalen und minimalen Tiefgänge des auftreffenden und des getroffenen Schiffes begrenzt ist.

9.3.4.3.1.3.2.2 Tankschiff Typ G

Der Gewichtungsfaktor für die senkrechte Kollisionsstelle hat den Wert 1,0, wenn nur von einem senkrechten Kollisionsfall ausgegangen wird. Hat die anerkannte Klassifikationsgesellschaft weitere Kollisionsstellen gefordert, so muss der Gewichtungsfaktor analog zum Verfahren für Tankschiffe Typ C und N bestimmt werden.

9.3.4.3.1.3.3 *Waagerechte Kollisionsstellen*

9.3.4.3.1.3.3.1 Tankschiff Typ C und N

Der Gewichtungsfaktor für jede waagerechte Kollisionsstelle ist der Quotient aus der rechnerischen Spannweite und der Tanklänge.

Die rechnerische Spannweite für die jeweilige waagerechte Kollisionsstelle im Bereich des betrachteten Ladetanks muss wie folgt berechnet werden:

- Kollision am Schott:
0,2 • Abstand zwischen Rahmenspant und Schott, jedoch nicht mehr als 450 mm,
- Kollision am Rahmenspant:
Summe aus 0,2 • Rahmenspantabstand vor dem Rahmenspant, jedoch nicht mehr als 450 mm, und 0,2 • Rahmenspantabstand hinter dem Rahmenspant, jedoch nicht mehr als 450 mm, und
- Kollision zwischen den Rahmenspanten:
Ladetanklänge abzüglich der Länge „Kollision am Schott“ sowie abzüglich der Länge „Kollision am Rahmenspant“.

9.3.4.3.1.3.3.2 Tankschiff Typ G

Der Gewichtungsfaktor für jede waagerechte Kollisionsstelle ist der Quotient aus der "rechnerischen Spannweite" und der Länge des Aufstellungsraumes.

Die „rechnerische Spannweite“ für die jeweilige waagerechte Kollisionsstelle im Bereich des betrachteten Aufstellungsraumes muss wie folgt berechnet werden:

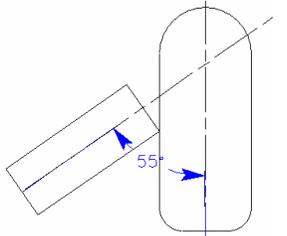
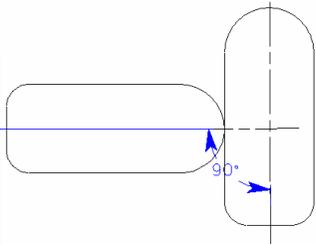
- Kollision am Ladetankende:
Abstand zwischen Schott und Anfang des zylindrischen Teils des Ladetanks,
- Kollision am Rahmenspant:
Summe aus 0,2 • Rahmenspantabstand vor dem Rahmenspant, jedoch nicht mehr als 450 mm, und 0,2 • Rahmenspantabstand hinter dem Rahmenspant, jedoch nicht mehr als 450 mm, und
- Kollision zwischen den Rahmenspanten:
Ladetanklänge abzüglich der Länge „Kollision am Ladetankende“ sowie abzüglich der Länge „Kollision am Rahmenspant“.

9.3.4.3.1.4 **Schritt 4**

9.3.4.3.1.4.1 Für jede Kollisionsstelle muss das Kollisionsenergie-Absorptionsvermögen berechnet werden. Dabei ist das Kollisionsenergie-Absorptionsvermögen die Menge der von der Schiffskonstruktion bis zum Beginn des Tankrisses absorbierten Kollisionsenergie (siehe Tabelle in 9.3.4.3.1, Spalte D: $E_{loc(i)}$). Hierzu ist eine finite Elementanalyse gemäß 9.3.4.4.2 zu verwenden.

9.3.4.3.1.4.2 Diese Berechnungen sind für zwei Kollisionsszenarien gemäß der nachfolgenden Tabelle durchzuführen. Kollisionsszenario I ist unter der Annahme einer Schubleichter-Bugform zu analysieren. Kollisionsszenario II ist unter der Annahme einer V-förmigen Bugform zu analysieren. Diese Bugformen sind in 9.3.4.4.8 definiert.

Tabelle: Geschwindigkeitsreduktionsfaktoren für Fall I oder II mit Gewichtungsfaktoren

Szenarien der ungünstigsten Fälle		Ursachen				
		Kommunikationsfehler und schlechte Sicht	Technische Fehler	Menschliches Verhalten		
		0,50	0,20	0,30		
I		Schubleichter-Bugform, Anfahrwinkel 55°	0,80	0,66	0,50	1,00
				0,30		1,00
II		V-förmiger Bug, Anfahrwinkel 90°	0,20	0,30		1,00

9.3.4.3.1.5 Schritt 5

9.3.4.3.1.5.1 Für jedes Kollisionsenergie-Absorptionsvermögen $E_{loc(i)}$ ist die damit zusammenhängende Wahrscheinlichkeit eines Tankrisses zu berechnen. Dazu muss die nachstehende Formel für die spezifizierte kumulative Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (Cumulative Probability Density Function, CPDF) angewendet werden. Die entsprechenden Koeffizienten sind aus der Tabelle in 9.3.4.3.1.5.6 für die effektive Masse des getroffenen Schiffs zu übernehmen.

$$P_{x\%} = C_1(E_{loc(i)})^3 + C_2(E_{loc(i)})^2 + C_3E_{loc(i)} + C_4$$

mit: $P_{x\%}$ Wahrscheinlichkeit eines Tankrisses,
 C_{1-4} Koeffizienten aus der Tabelle in 9.3.4.3.1.5.6,
 $E_{loc(i)}$ Kollisionsenergie-Absorptionsvermögen.

9.3.4.3.1.5.2 Die effektive Masse muss der Maximalverdrängung multipliziert mit 1,4 entsprechen. Beide Kollisionsszenarien (Tabelle in 9.3.4.3.1.4.2) sind in Betracht zu ziehen.

9.3.4.3.1.5.3 Im Falle von Kollisionsszenario I (Schubleichter-Bugform bei 55°) sind folgende CPDF-Formeln zu verwenden:
 CPDF 50% (Geschwindigkeit 0,5 V_{max}),
 CPDF 66% (Geschwindigkeit 2/3 V_{max}) und
 CPDF 100% (Geschwindigkeit V_{max}).

9.3.4.3.1.5.4 Im Falle von Kollisionsszenario II (V-förmiger Bug bei 90°) sind die beiden folgenden CPDF-Formeln zu verwenden:
 CPDF 30% (Geschwindigkeit 0,3 V_{max}) und
 CPDF 100% (Geschwindigkeit V_{max}).

9.3.4.3.1.5.5 In der Tabelle in 9.3.4.3.1, Spalte F werden diese Wahrscheinlichkeiten $P50\%$, $P66\%$, $P100\%$ beziehungsweise $P30\%$, $P100\%$ genannt.

9.3.4.3.1.5.6 **Tabelle** : Koeffizienten für die CPDF-Formel

Effektive Masse des getroffenen Schiffes in Tonnen	Geschwindigkeit = 1 x V _{max}				Gültigkeitsbereich
	Koeffizienten				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
14000	4,106E-05	-2,507E-03	9,727E-03	9,983E-01	4<E _{loc} <39
12000	4,609E-05	-2,761E-03	1,215E-02	9,926E-01	4<E _{loc} <36
10000	5,327E-05	-3,125E-03	1,569E-02	9,839E-01	4<E _{loc} <33
8000	6,458E-05	-3,691E-03	2,108E-02	9,715E-01	4<E _{loc} <31
6000	7,902E-05	-4,431E-03	2,719E-02	9,590E-01	4<E _{loc} <27
4500	8,823E-05	-5,152E-03	3,285E-02	9,482E-01	4<E _{loc} <24
3000	2,144E-05	-4,607E-03	2,921E-02	9,555E-01	2<E _{loc} <19
1500	-2,071E-03	2,704E-02	-1,245E-01	1,169E+00	2<E _{loc} <12

Effektive Masse des getroffenen Schiffes in Tonnen	Geschwindigkeit = 0,66 x V _{max}				Gültigkeitsbereich
	Koeffizienten				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
14000	4,638E-04	-1,254E-02	2,041E-02	1,000E+00	2<E _{loc} <17
12000	5,377E-04	-1,427E-02	2,897E-02	9,908E-01	2<E _{loc} <17
10000	6,262E-04	-1,631E-02	3,849E-02	9,805E-01	2<E _{loc} <15
8000	7,363E-04	-1,861E-02	4,646E-02	9,729E-01	2<E _{loc} <13
6000	9,115E-04	-2,269E-02	6,285E-02	9,573E-01	2<E _{loc} <12
4500	1,071E-03	-2,705E-02	7,738E-02	9,455E-01	1<E _{loc} <11
3000	-1,709E-05	-1,952E-02	5,123E-02	9,682E-01	1<E _{loc} <8
1500	-2,479E-02	1,500E-01	-3,218E-01	1,204E+00	1<E _{loc} <5

Effektive Masse des getroffenen Schiffes in Tonnen	Geschwindigkeit = 0,5 x V _{max}				Gültigkeitsbereich
	Koeffizienten				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
14000	2,621E-03	-3,978E-02	3,363E-02	1,000E+00	1<E _{loc} <10
12000	2,947E-03	-4,404E-02	4,759E-02	9,932E-01	1<E _{loc} <9
10000	3,317E-03	-4,873E-02	5,843E-02	9,878E-01	2<E _{loc} <8
8000	3,963E-03	-5,723E-02	7,945E-02	9,739E-01	2<E _{loc} <7
6000	5,349E-03	-7,407E-02	1,186E-01	9,517E-01	1<E _{loc} <6
4500	6,303E-03	-8,713E-02	1,393E-01	9,440E-01	1<E _{loc} <6
3000	2,628E-03	-8,504E-02	1,447E-01	9,408E-01	1<E _{loc} <5
1500	-1,566E-01	5,419E-01	-6,348E-01	1,209E+00	1<E _{loc} <3

Effektive Masse des getroffenen Schiffes in Tonnen	Geschwindigkeit = 0,3 x V _{max}				Gültigkeitsbereich
	Koeffizienten				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
14000	5,628E-02	-3,081E-01	1,036E-01	9,991E-01	1<E _{loc} <3
12000	5,997E-02	-3,212E-01	1,029E-01	1,002E+00	1<E _{loc} <3
10000	7,477E-02	-3,949E-01	1,875E-01	9,816E-01	1<E _{loc} <3
8000	1,021E-02	-5,143E-01	2,983E-01	9,593E-01	1<E _{loc} <2
6000	9,145E-02	-4,814E-01	2,421E-01	9,694E-01	1<E _{loc} <2
4500	1,180E-01	-6,267E-01	3,542E-01	9,521E-01	1<E _{loc} <2
3000	7,902E-02	-7,546E-01	5,079E-01	9,218E-01	1<E _{loc} <2
1500	-1,031E+00	2,214E-01	1,891E-01	9,554E-01	0,5<E _{loc} <1

- Der Gültigkeitsbereich ist in der Spalte 6 angegeben. Liegt der Wert für die Energie (E_{loc}) unterhalb des Gültigkeitsbereichs, so ist P_{x%} gleich 1,0. Liegt der Wert oberhalb, so ist P_{x%} gleich 0.

9.3.4.3.1.6 *Schritt 6*

Die gewichteten Wahrscheinlichkeiten eines Ladetankrisises $P_{wx\%}$ (Tabelle in 9.3.4.3.1, Spalte H) müssen durch Multiplikation jeder Wahrscheinlichkeit eines Ladetankrisises $P_{\#\%}$ (Tabelle in 9.3.4.3.1, Spalte F) mit den Gewichtungsfaktoren $wf_{x\%}$ gemäß nachfolgender Tabelle berechnet werden:

Tabelle: Gewichtungsfaktoren für Kollisionsgeschwindigkeiten

			<i>Gewichtungsfaktor</i>
Szenario I	CPDF 50%	wf50%	0,2
	CPDF 66%	wf66%	0,5
	CPDF 100%	wf100%	0,3
Szenario II	CPDF 30%	wf30%	0,7
	CPDF 100%	wf100%	0,3

9.3.4.3.1.7 *Schritt 7*

Die aus 9.3.4.3.1.6 (Schritt 6) resultierenden Gesamtwahrscheinlichkeiten eines Ladetankrisises $P_{loc(i)}$ (Tabelle in 9.3.4.3.1, Spalte I) müssen als Summe aller gewichteten Wahrscheinlichkeiten eines Ladetankrisises $P_{wx\%}$ (Tabelle in 9.3.4.3.1, Spalte H) für jede untersuchte Kollisionsstelle berechnet werden.

9.3.4.3.1.8 *Schritt 8*

Für beide Kollisionsszenarien müssen jeweils die gewichteten Gesamtwahrscheinlichkeiten eines Ladetankrisises $P_{wloc(i)}$ durch Multiplikation der Gesamtwahrscheinlichkeiten eines Ladetankrisises $P_{loc(i)}$ jeder Kollisionsstelle mit dem zu der jeweiligen Kollisionsstelle gehörenden Gewichtungsfaktor $wf_{loc(i)}$ (siehe 9.3.4.3.1.3 (Schritt 3) und Tabelle in 9.3.4.3.1, Spalte J) berechnet werden.

9.3.4.3.1.9 *Schritt 9*

Durch Addition der gewichteten Gesamtwahrscheinlichkeiten eines Ladetankrisises $P_{wloc(i)}$ müssen die szenariospezifischen Gesamtwahrscheinlichkeiten eines Ladetankrisises P_{scenI} und P_{scenII} (Tabelle in 9.3.4.3.1, Spalte L), jeweils für die Kollisionsszenarien I und II, berechnet werden.

9.3.4.3.1.10 *Schritt 10*

Abschließend ist der gewichtete Wert der umfassenden Gesamtwahrscheinlichkeit eines Ladetankrisises P_w mit Hilfe folgender Formel zu ermitteln (Tabelle in 9.3.4.3.1, Spalte O):

$$P_w = 0,8 \cdot P_{scenI} + 0,2 \cdot P_{scenII}$$

9.3.4.3.1.11 *Schritt 11*

Die umfassende Gesamtwahrscheinlichkeit eines Ladetankrisises P_w für die alternative Konstruktion wird als P_n bezeichnet. Die umfassende Gesamtwahrscheinlichkeit eines Ladetankrisises P_w für die Referenzkonstruktion wird als P_r bezeichnet.

9.3.4.3.1.12 **Schritt 12**

9.3.4.3.1.12.1 Das Verhältnis (C_n/C_r) der Konsequenz (Schadensausmaß) C_n eines Ladetankrisises der alternativen Konstruktion zu der Konsequenz C_r eines Ladetankrisises in der Referenzkonstruktion muss mit nachstehender Formel ermittelt werden:

$$C_n/C_r = V_n / V_r$$

Darin sind: C_n/C_r das Verhältnis der mit der alternativen Konstruktion verbundenen Konsequenz zu der mit der Referenzkonstruktion verbundenen Konsequenz,

V_n der Gesamtinhalt des größten Ladetanks der alternativen Konstruktion,

V_r der Gesamtinhalt des größten Ladetanks der Referenzkonstruktion.

9.3.4.3.1.12.2 Die Formel wurde für repräsentative Stoffe laut nachfolgender Tabelle abgeleitet.

Tabelle: Repräsentative Stoffe

	UN	Beschreibung
Benzen	1114	Entzündbare Flüssigkeit Verpackungsgruppe II gesundheitsgefährdend
Acrylnitril ACN	1093	Entzündbare Flüssigkeit Verpackungsgruppe I giftig, stabilisiert
n-Hexan	1208	Entzündbare Flüssigkeit Verpackungsgruppe II
Nonane	1920	Entzündbare Flüssigkeit Verpackungsgruppe III
Ammoniak	1005	giftiges, ätzendes Gas unter Druck verflüssigt
Propan	1978	Entzündbares Gas unter Druck verflüssigt

9.3.4.3.1.12.3 Für Ladetankinhalte zwischen 380 m³ und 1000 m³ kann für entzündbare, giftige und ätzende Flüssigkeiten bzw. Gase angenommen werden, dass für einen zweimal größeren Ladetank mit doppelt so großen Auswirkungen wie bei dem Referenzschiff gerechnet werden kann (Proportionalitätsfaktor 1,0).

9.3.4.3.1.12.4 Sollen in Tankschiffen, die nach diesem Berechnungsverfahren analysiert werden, Stoffe befördert werden, bei denen ein größerer Proportionalitätsfaktor als 1,0, wie im vorhergehenden Absatz angenommen, zwischen dem Gesamtinhalt des Ladetanks und dem betroffenen Gebiet zu erwarten ist, ist für diese Stoffe die Größe des betroffenen Gebietes neu zu bestimmen. In diesem Fall ist der Vergleich gemäß 9.3.4.3.1.13 (Schritt 13) mit diesem abweichenden Wert für die Größe des betroffenen Gebietes durchzuführen.

9.3.4.3.1.13 **Schritt 13**

Abschließend muss das Verhältnis $\frac{P_r}{P_n}$ der umfassenden Gesamtwahrscheinlichkeit eines Ladetankrisises P_r für die Referenzkonstruktion zu der umfassenden Gesamtwahrscheinlichkeit eines Ladetankrisises P_n für die alternative Konstruktion mit

dem Verhältnis $\frac{C_n}{C_r}$ der mit der alternativen Konstruktion verbundenen Konsequenz zu der mit der Referenzkonstruktion verbundenen Konsequenz verglichen werden. Wenn $\frac{C_n}{C_r} \leq \frac{P_r}{P_n}$ erfüllt ist, dann ist der Nachweis gemäß 9.3.4.1.3 für die alternative Konstruktion erbracht.

9.3.4.4 Ermittlung des Kollisionsenergie-Absorptionsvermögens

9.3.4.4.1 *Allgemeines*

9.3.4.4.1.1 Die Ermittlung des Kollisionsenergie-Absorptionsvermögens muss mittels der Finiten Elementanalyse (Finite Element Analysis, FEA) durchgeführt werden. Die Analyse ist mittels eines gebräuchlichen Finiten -Elemente-Programms durchzuführen (z. B. LS-DYNA¹, PAM-CRASH², ABAQUS³), mit dem sowohl geometrische als auch materielle, nichtlineare Effekte sowie eine realistische Rissimulation von Elementen dargestellt werden können.

9.3.4.4.1.2 Das verwendete Programm und das Niveau der zu berücksichtigten Details in den Berechnungen müssen mit der anerkannten Klassifikationsgesellschaft vereinbart werden.

9.3.4.4.2 *Erzeugen der Finiten Elementmodelle (FE-Modelle)*

9.3.4.4.2.1 Zuerst sind FE-Modelle für die kollisions sicherere Konstruktion und für die Referenzkonstruktion herzustellen. Mit jedem FE-Modell müssen sämtliche relevanten plastischen Verformungen für alle in Betracht kommenden Kollisionsfälle erfasst werden können. Die zu modellierenden Ausschnitte aus dem Bereich der Ladung sind mit der anerkannten Klassifikationsgesellschaft abzustimmen.

9.3.4.4.2.2 An beiden Enden des zu modellierenden Ausschnittes werden alle drei Freiheitsgrade der Verschiebungen unterdrückt. Da in den meisten Kollisionsfällen die globale horizontale Biegung des gesamten Schiffskörpers für die Bewertung der plastischen Verformungsenergie nicht von signifikanter Bedeutung ist, reicht es aus, nur die halbe Breite des Schiffes in Betracht zu ziehen. In diesen Fällen muss die Querverschiebung an der Mittellängsachse (Centre Line, CL) unterdrückt werden. Nach der Fertigstellung des FE-Modells ist versuchsweise eine Kollisions-berechnung durchzuführen, um sicherzustellen, dass keine plastischen Verformungen in der Nähe der Begrenzungen auftreten. Ansonsten muss der modellierte FE-Bereich vergrößert werden.

9.3.4.4.2.3 Die bei Kollisionen in Mitleidenschaft gezogenen konstruktiven Bereiche sind ausreichend feinmaschig zu modellieren, während andere Bereiche grobmaschiger modelliert werden können. Die Feinheit der Vernetzung muss für eine angemessene Beschreibung lokaler Faltungsverformungen sowie zur Bestimmung realistischer Risse von Elementen ausreichen.

¹ LSTC, 7374 Las Positas Rd, Livermore, CA 94551, USA
Tel : +1 925 245-4500

² ESI Group, 8, Rue christophe Colomb, 75008 Paris, France
Tel: +33 (0)1 53 65 14 14, Fax: +33 (0)1 53 65 14 12, Email: info@esi-group.com

³ SIMULIA, Rising Sun Mills, 166 Valley Street, Providence, RI 02909-2499 USA
Tel: +1 401 276-4400, Fax: +1 401 276-4408, E-mail: info@simulia.com

- 9.3.4.4.2.4 Die Berechnung der Rissbildung muss auf geeigneten Bruchkriterien für die verwendeten Elemente basieren. Die maximale Elementgröße in den Kollisionsbereichen muss kleiner als 200 mm sein. Das Seitenverhältnis zwischen der größeren und der kleineren Seite von Schalenelementen darf nicht größer als drei sein. Die Elementlänge L für ein Schalenelement ist definiert als die größere Länge der beiden Seiten des Elements. Der Quotient aus Elementlänge und Elementdicke muss größer als fünf sein. Andere Werte sind mit der anerkannten Klassifikationsgesellschaft abzustimmen.
- 9.3.4.4.2.5 Plattenstrukturen wie beispielsweise Außenhaut, Innenhülle (Tankwand im Falle von Gastanks), Rahmen und Träger können als Schalenelemente und Versteifungen als Balkenelemente modelliert werden. Ausschnitte und Mannlöcher in Kollisionsbereichen sind bei der Modellierung zu berücksichtigen.
- 9.3.4.4.2.6 Bei der FE-Berechnung ist für die „contact option“ die „the node on segment penalty“ Methode zu verwenden. Dazu müssen die nachfolgenden Optionen in den genannten Programmen aktiviert werden:
- „contact_automatic_single_surface“ bei LS-DYNA,
 - „self impacting“ bei PAMCRASH und
 - vergleichbare Optionen bei anderen FE-Programmen.

9.3.4.4.3 *Materialeigenschaften*

- 9.3.4.4.3.1 Wegen des bei einer Kollision auftretenden extremen Verhaltens von Material und Struktur mit geometrischen und materiellen, nichtlinearen Effekten müssen wahre Spannungs- Dehnungs-Beziehungen verwendet werden:

$$\sigma = C \cdot \varepsilon^n,$$

Darin sind

$$n = \ln(1 + A_g)$$

$$C = R_m \cdot \left(\frac{e}{n}\right)^n$$

A_g = die maximale Gleichmaßdehnung, die bei der maximalen Zugspannung R_m auftritt und

e = die Eulersche Zahl.

- 9.3.4.4.3.2 Die Werte A_g und R_m sind durch Zugversuche zu ermitteln.
- 9.3.4.4.3.3 Ist nur die maximale Zugspannung R_m verfügbar, darf für Schiffbaustahl mit einer Streckgrenze R_{eH} bis höchstens 355 N/mm² folgende Näherung verwendet werden, um den A_g -Wert aus dem bekannten R_m [N/mm²] -Wert zu erhalten:

$$A_g = \frac{1}{0,24 + 0,01395 \cdot R_m}.$$

- 9.3.4.4.3.4 Sind die Materialeigenschaften aus Zugversuchen zum Beginn der Berechnungen nicht verfügbar, sind stattdessen die Mindestwerte für A_g und R_m , wie sie in den Bauvorschriften der anerkannten Klassifikationsgesellschaft definiert sind, zu verwenden. Für Schiffbaustahl mit einer Streckgrenze R_{eH} größer 355 N/mm² oder anderen Materialien als Schiffbaustahl sind die Materialeigenschaften mit der anerkannten Klassifikationsgesellschaft abzustimmen.

9.3.4.4.4 *Bruchkriterien*

9.3.4.4.4.1 Der erste Riss eines Elementes in einer FEA ist durch die kritische Bruchdehnung definiert. Wenn die in diesem Element errechnete Dehnung, wie plastische effektive Dehnung, Hauptdehnung oder für Schalenelemente die Dehnung in Dickenrichtung, ihre definierte Bruchdehnung überschreitet, muss das Element aus dem FE-Modell gelöscht und die Verformungsenergie in diesem Element in den folgenden Berechnungsschritten konstant gehalten werden.

9.3.4.4.4.2 Für die Berechnung der Bruchverformung ist folgende Formel zu verwenden:

$$\varepsilon_f(l_e) = \varepsilon_g + \varepsilon_e \cdot \frac{t}{l_e}$$

wobei

ε_g = Gleichmaßdehnung

ε_e = Einschnürung

t = Plattendicke

l_e = individuelle Elementlänge

9.3.4.4.4.3 Die Werte der Gleichmaßdehnung und der Einschnürung für Schiffbaustahl mit einer Streckgrenze R_{eH} bis höchstens 355 N/mm² enthält die folgende Tabelle:

Tabelle

Spannungszustand	1-D	2-D
ε_g	0,079	0,056
ε_e	0,76	0,54
Element Typ	Stab, Balken	Schalenelement

9.3.4.4.4.4 Andere ε_g und ε_e -Werte aus Dickenmessungen von modellhaften Havariefällen und Experimenten, können in Abstimmung mit der anerkannten Klassifikationsgesellschaft verwendet werden.

9.3.4.4.4.5 Andere Bruchkriterien können von der anerkannten Klassifikationsgesellschaft akzeptiert werden, wenn in ausreichenden Tests deren Eignung nachgewiesen wurde.

9.3.4.4.4.6 Tankschiff Typ G

Für ein Tankschiff Typ G muss das Bruchkriterium für den Drucktank auf der äquivalenten plastischen Dehnung basieren. Der bei der Anwendung des Bruchkriteriums einzusetzende Wert für die Bruchdehnung ist mit der anerkannten Klassifikationsgesellschaft abzustimmen. Äquivalente plastische Dehnungen verbunden mit Stauchungen sind zu ignorieren.

9.3.4.4.5 *Berechnung des Kollisionsenergie-Absorptionsvermögens*

9.3.4.4.5.1 Das *Kollisionsenergie-Absorptionsvermögen* ist die Summe der inneren Energie (Energie aufgrund der Verformung von Material) und der Reibungsenergie.

Der Reibungskoeffizient μ_c ist wie folgt definiert:

$$\mu_c = FD + (FS - FD) \cdot e^{-DC|v_{rel}|}$$

mit

FD	=	0,1,
FS	=	0,3,
DC	=	0,01
$ v_{rel} $	=	Relative Reibungsgeschwindigkeit.

Bem.: Die angegebenen Werte sind Standardwerte für Schiffbaustahl.

9.3.4.4.5.2 Die aus der FE-Modellrechnung resultierenden Kurven die den Zusammenhang aus Kollisionskraft und Eindringtiefe darstellen, sind der anerkannten Klassifikationsgesellschaft vorzulegen.

9.3.4.4.5.3 Tankschiff Typ G

9.3.4.4.5.3.1 Um für das Tankschiff Typ G die gesamte Menge an aufgenommener Energie zu erhalten, muss die Energie, die aufgrund der Gaskompression während der Kollision aufgenommen wird, berechnet werden.

9.3.4.4.5.3.2 Die Energie E , die durch das Gas aufgenommen wird, ist wie folgt zu berechnen:

$$E = \frac{p_1 \cdot V_1 - p_0 \cdot V_0}{1 - \gamma}$$

mit: γ 1,4
(Bem.: Der Wert 1,4 ist als Standardwert angegeben c_p/c_v , wobei grundsätzlich gilt:
 c_p = spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck [J/(kgK)],
 c_v = spezifische Wärmekapazität bei konstantem Volumen [J/(kgK)])

p_0	Druck zu Beginn der Kompression [Pa]
p_1	Druck am Ende der Kompression [Pa]
V_0	Volumen zu Beginn der Kompression [m ³]
V_1	Volumen am Ende der Kompression [m ³]

9.3.4.4.6 *Begriffsbestimmungen für das auftreffende Schiff und den auftreffenden Bug*

9.3.4.4.6.1 Es sind mindestens zwei Arten von Bugformen des auftreffenden Schiffs für die Berechnung der Kollisionsenergie-Absorptionsvermögen zu verwenden:

- Bugform I: Schubleichter-Bug (siehe 9.3.4.4.8).
- Bugform II: V-förmiger Bug ohne Wulst (siehe 9.3.4.4.8).

9.3.4.4.6.2 Da in den meisten Kollisionsfällen der Bug des auftreffenden Schiffs im Vergleich zur Seitenkonstruktion des getroffenen Schiffs nur leichte Deformationen aufweist, wird ein auftreffender Bug als starr definiert. Ausschließlich in speziellen Situationen, in denen das getroffene Schiff über eine äußerst feste Seitenstruktur im Vergleich zum auftreffenden Bug verfügt, und das strukturelle Verhalten des getroffenen Schiffs durch die plastische Deformation des auftreffenden Bugs beeinflusst wird, ist der auftreffende Bug als verformbar anzusehen. In diesem Falle muss die Struktur des auftreffenden Bugs ebenfalls modelliert werden. Dies ist mit einer anerkannten Klassifikationsgesellschaft abzustimmen.

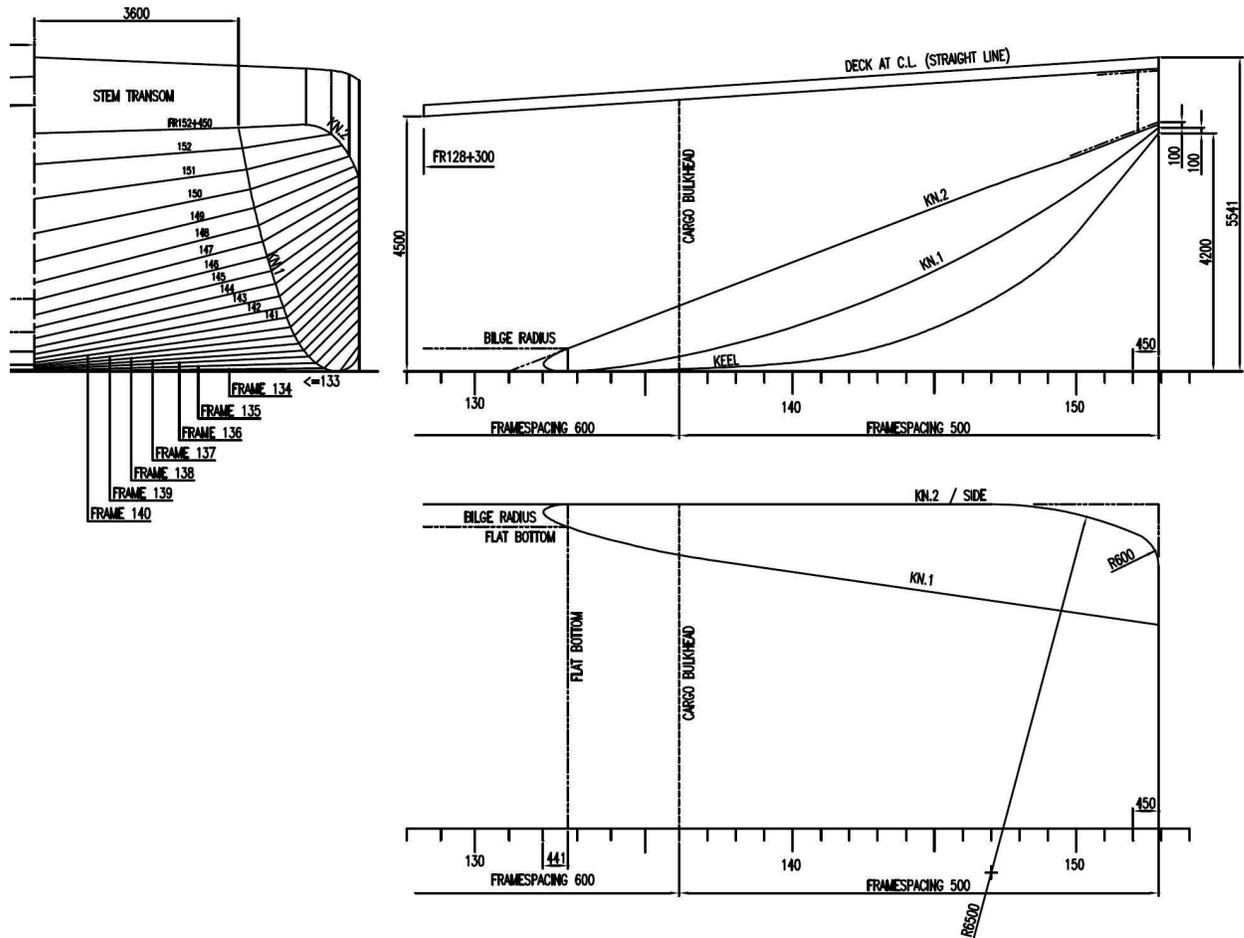
9.3.4.4.7 *Annahmen für Kollisionsfälle*

Für die Kollisionsfälle werden folgende Annahmen getroffen:

- (a) Als Kollisionswinkel zwischen auftreffendem und getroffenerm Schiff werden 90° bei V-förmigem Bug und 55° bei einem Schubleichterbug zugrunde gelegt; und
- (b) Das getroffene Schiff macht keine Fahrt, während das auftreffende Schiff die Seite des getroffenen Schiffs bei einer konstanten Geschwindigkeit von 10 m/s anfährt. Die Kollisionsgeschwindigkeit von 10 m/s ist ein angenommener Wert für die FE-Analyse.

9.3.4.4.8 Zeichnungen

9.3.4.4.8.1 Schubleichterbug

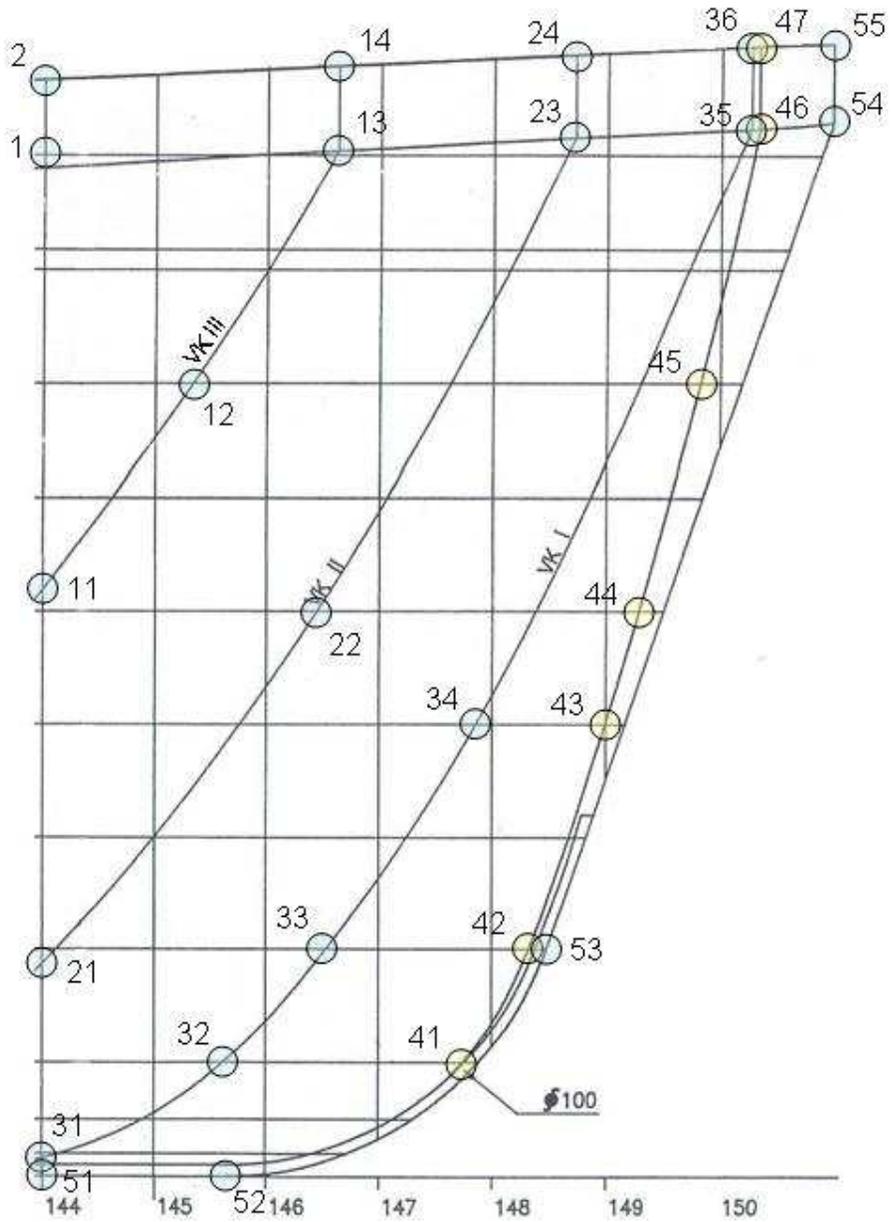


Die Abmessungen sind in nachstehender Tabelle enthalten.

fr	half breadths			heights			
	knuckle 1	knuckle 2	deck	stem	knuckle 1	knuckle 2	deck
145	4.173	5.730	5.730	0.769	1.773	2.882	5.084
146	4.100	5.730	5.730	0.993	2.022	3.074	5.116
147	4.028	5.730	5.730	1.255	2.289	3.266	5.149
148	3.955	5.711	5.711	1.559	2.576	3.449	5.181
149	3.883	5.653	5.653	1.932	2.883	3.621	5.214
150	3.810	5.555	5.555	2.435	3.212	3.797	5.246
151	3.738	5.415	5.415	3.043	3.536	3.987	5.278
152	3.665	5.230	5.230	3.652	3.939	4.185	5.315
transom	3.600	4.642	4.642	4.200	4.300	4.351	5.340

9.3.4.4.8.2 V-förmiger Bug

Der V-förmige Bug ist in nachstehender Abbildung gezeigt



Die Abmessungen sind in nachstehender Tabelle enthalten.

reference number	x	y	z
1	0.000	3.923	4.459
2	0.000	3.923	4.852
11	0.000	3.000	2.596
12	0.652	3.000	3.507
13	1.296	3.000	4.535
14	1.296	3.000	4.910
21	0.000	2.000	0.947
22	1.197	2.000	2.498
23	2.346	2.000	4.589
24	2.346	2.000	4.955
31	0.000	1.000	0.085
32	0.420	1.000	0.255
33	0.777	1.000	0.509
34	1.894	1.000	1.997
35	3.123	1.000	4.624
36	3.123	1.000	4.986
41	1.765	0.053	0.424
42	2.131	0.120	1.005
43	2.471	0.272	1.997
44	2.618	0.357	2.493
45	2.895	0.588	3.503
46	3.159	0.949	4.629
47	3.159	0.949	4.991
51	0.000	0.000	0.000
52	0.795	0.000	0.000
53	2.212	0.000	1.005
54	3.481	0.000	4.651
55	3.485	0.000	5.004
