

Bericht zur Flexitankuntersuchung des Germanischen Lloyds im Auftrag des GDV

Dieser Bericht wurde durch den GDV verfasst.

Der ISO-Container wurde in den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts aus dem Straßentrailer entwickelt. Sein ursprünglicher Zweck war der Transport von trockener Stückgutladung. Nach und nach wurden spezielle Container, wie z. B. Kühlcontainer für temperaturgeführte Ladung und Tankcontainer für Flüssigladung entwickelt. Der Standardcontainer war und blieb mit seinen Festigkeiten auf den Transport von trockener Stückgutladung konzipiert. Bei der Konzeption der Festigkeiten wurde immer die Reibung der Ladung auf dem Containerboden berücksichtigt.

Bei der Entwicklung der Sondercontainer wurden u. a. sogenannte Bulk-Container entwickelt, die besonders für den Transport von Massengut, wie z. B. Getreide geeignet waren. Bulk-Ladung, wie z. B. Getreide, wird aus hygienischen Gründen in Gewebesäcken transportiert, die so groß sind, dass sie den ganzen Container ausfüllen. Diese



Abbildung 1 : Bildquelle Hapag Lloyd

Gewebesäcke werden vor der Befüllung in den Container eingehängt, an der Tür des Containers muss ein Schott gebaut werden (siehe Abbildung 1), um den Türbereich derart zu entlasten, dass sich die Türen gefahrlos öffnen und schließen lassen. Von der Idee des Bulk-Transports im Container wurde der Flüssigmassenguttransport abgeleitet. Hierzu wurde aus dem Gewebesack ein „Plastik-schlauch“, der in den Standardcontainer eingelegt wurde und diesen somit zum „Tankcontainer“ werden ließ. Die Vorteile lagen auf der Hand: Leertransporte werden minimiert und Reinigungskosten der Tankcontainer komplett eingespart, da die eingelegten Plastikschräuche (Flexitanks) ein Einwegprodukt sind.

Bei der Dimensionierung ging man anfänglich mit Augenmaß vor. Da Flüssigkeiten i. d. R. keine nennenswerte innere Reibung haben, ließ man bei der Dimensionierung der Flexitanks die Reibung außer Acht. Da Container so gebaut sind, dass ihre Stirnwände das 0,4-fache des payloads und ihre Seitenwände das 0,6-fache des payloads sichern können, wurde das payload mit 0,6 multipliziert, da man die seitlichen Beschleunigungen des Seetransportes wohl als die größte Herausforderung ansah. Dadurch wurden die Flexitanks so dimensioniert, dass sie ein Fassungsvermögen bekamen, welches einem Gewicht zwischen 16 und 17 Tonnen entsprach. Schäden wurden nur bekannt, wenn ein Ventil oder der Flexitank selbst undicht war, oder bei der Bremsung auf der Straße oder einem Rangiervorgang während des Bahntransportes der „Tank“ geplatzt war. Im Großen und Ganzen verhielten sich die, in recht geringer Anzahl, eingesetzten Flexitanks, recht schadenunauffällig.



Abbildung 2: Bildquelle: Rainer Kexel INCASE AG

Nachdem die Flexitanktransporte offensichtlich ohne große Schadenbelastung durchgeführt werden konnten, wurden die physikalischen Grenzen immer weiter ausgereizt und letztlich überschritten. Das Volumen und damit die Massen der Flexitanks wurden vergrößert. Zuerst maßvoll auf 20 t, dann überzogen auf bis zu 28 t bzw. 28.000 Liter. Wenn ein Tank 28.000 Liter fasst und die Flüssigkeit, mit der er befüllt ist, ein spezifisches Gewicht von 1,1 t/m³ hat, hat der Container eine Ladungsmasse von 30,8 t zu tragen. Das macht ein Gesamtgewicht von nahezu 35 t.

Die Folgen ließen nicht lange auf sich warten. Immer dann, wenn das Wetter und die Stabilität des Schiffes die Beschleunigungen beim Seetransport anwachsen ließen, waren zunehmend Schäden an den Containern selbst festzustellen, von „bloßen“ Verformungen und Ausbeulungen bis zu strukturellen Schäden, die den Totalverlust des Containers und der Ladung zur Folge hatten.

So beklagenswert der Verlust der Ladung und eines total beschädigten Containers ist, das größte Problem sind die Container, die in ihrer Struktur beschädigt und geschwächt sind, dies aber unentdeckt bleibt. Werden diese Container wieder zurück in den Service eingegliedert, können sie, aufgrund ihrer Vorschädigung, im entscheidenden Moment versagen. Ein Kollabieren einer Containerstruktur im Deckstau auf einem Schiff kann zur „Entsicherung“ eines ganzen Stapels führen. Container werden auf Schiffen mit Metallstangen (Lashstangen) und großen Spanschrauben diagonal niedergezurrt. Gibt die Struktur des Containers nach, sackt er in sich zusammen und die Lashstangen sind sofort lose. Der ganze Stapel ist ab diesem Moment ungesichert und taumelt wie ein Metronom im Seegang gegen seine Nachbarstapel. Die Ladungssicherung der Nachbarstapel ist aber nur für einen Stapel bemessen und nicht für einen Zweiten, der auch noch mit einer gewissen kinetischen Energie gegen ihn schlägt. So kann es zum „Dominoeffekt“ kommen und zum Verlust einer ganzen Bay.

Es gibt Flexitankhersteller, die die Verwendung von Containern nicht älter als drei oder fünf Jahre empfehlen bzw. fordern. Ihnen scheint bekannt zu sein, dass die Flexitanks die Container überfordern. Ihre Empfehlung ist allem Anschein nach mit der Hoffnung verbunden, dass neue Container der „planmäßigen“ Überlastung durch die Flexitanks eher standhalten als ältere Container, sie nehmen aber Schäden billigend in Kauf.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass jegliche Überlastung eines Containers ein Sicherheitsrisiko darstellt und grundlegend abzulehnen ist.

Seit dem Jahr 2000 sind die Flexitanktransporte kontinuierlich, mit zum Teil zweistelligen Zuwachsraten, angewachsen und mit Ihnen die Berichte über Schäden. Die Kommission Transportschadenverhütung des GDV sah Handlungsbedarf. Parallel haben sich die Verluste von Containern auf Containerschiffen saisonal gehäuft. Eine Ursache für den Verlust von Containern ist die Überlastung der Containerstruktur durch ihre eigene Ladung. Um den Missbrauch der Standardcontainer auf einer sachlichen und fachlich fundierten Basis

begegnen zu können, hat die Kommission Transportschadenverhütung den Germanischen Lloyd beauftragt, die Auswirkungen von Flexitanks auf die Stabilität eines Containers während des Seetransportes zu untersuchen.

Die Untersuchungen wurden in zwei Richtungen durchgeführt:

1. Untersucht wurden die dynamischen Belastungen, die auf den Container während des Seetransportes wirken.
2. Ferner wurden die statischen Belastungen, die durch die Flexitanks auf den Container wirken, überprüft.

Die dynamischen Belastungen durch Schwallbewegungen der Flüssigkeiten sind, im Gegensatz zum Straßen- und Bahntransport, zu vernachlässigen. Die Eigenfrequenz einer Flüssigkeit von der Viskosität, die vergleichbar mit Wasser oder wasserähnlichen Flüssigkeiten ist, in einem Tank, von den Abmessungen eines Containers, liegen zwischen 1,5 und 3 Sekunden. Die Eigenfrequenz eines rollenden Schiffes liegt zwischen 8 und 25 Sekunden. Daher ist eine grundsätzliche Belastung der Containerstruktur durch das Schwallen der Flüssigkeit (das sogenannte Sloshing) beim Seetransport nicht zu befürchten.

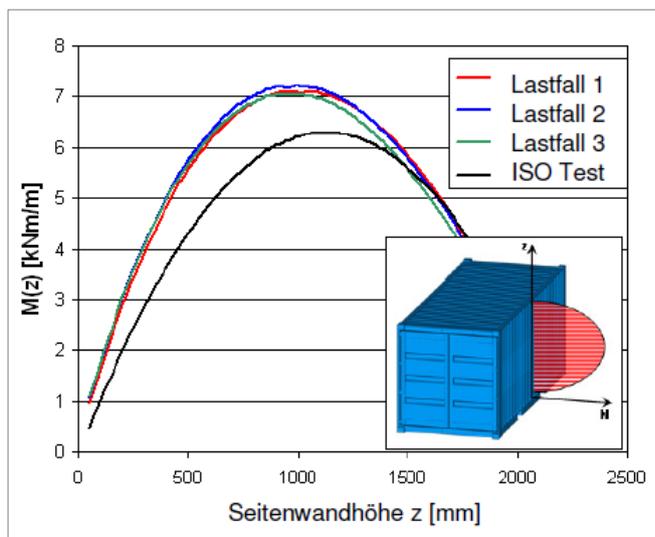


Abbildung 3 : Bildquelle Germanischer Lloyd

Bei der statischen Festigkeit spielt die seitliche Beulfestigkeit des Containers eine ausschlaggebende Rolle. Der ISO-Versuch stellt das geeignete Grenzkriterium zur Prüfung dar. Mit unterschiedlichen Beispielrechnungen wurden die Beulfestigkeitsgrenzen eines ISO – Standard – 20 – Fuß - Containers ermittelt (siehe Lastfall 1-3 in der Abbildung 3). Die Beulgrenzen lagen alle ca. 12 Prozent oberhalb der Belastungen, wie sie durch den ISO-Test generiert werden. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Belastung eines 20-Fuß-ISO-Containers über die im ISO-Test festgelegten Grenzen hinaus,

eine für den Container nicht geeignete Belastung darstellt und somit ein Sicherheitsrisiko ist bzw. zu unsicheren Transporten führt.

Auswirkungen des Flexitanks auf den Schwerpunkt der Ladung im Container

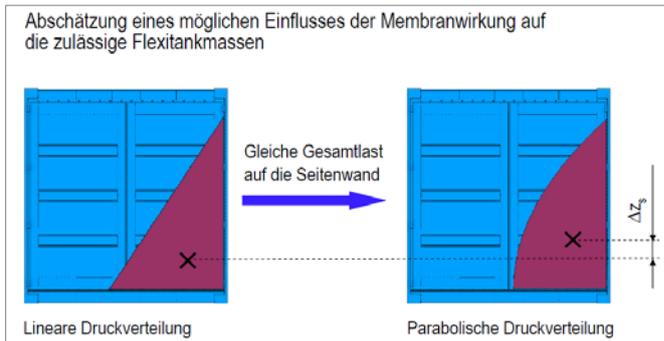


Abbildung 4 :Bildquelle Germanischer Lloyd

In der nebenstehenden Abbildung 4 werden die lineare und die parabolische Druckverteilung von Flüssigkeiten in einem Standard-20-Fuß-Container miteinander verglichen. Eine lineare Druckverteilung durch Flüssigkeiten stellt sich für den theoretischen Fall ein, dass sich die Flüssigkeit in einem „Tank“ mit den Abmessungen eines 20-Fuß-Containers frei bewegen kann. Eine para-

bolische Druckverteilung wird durch die schlauchartige Form des Flexitanks beeinflusst bzw. herbeigeführt. Der Schwerpunkt der Ladung wird in Abhängigkeit von der Form des Flexitanks zwischen drei bis sechs Prozent angehoben.

Maximal zulässige Flexitankmasse

In der nebenstehenden Abbildung 5 wird die maximal zulässige Flexitankmasse als Funktion der Querbeschleunigung a_q , für Flüssigkeitsdichten von einer t/m^3 abgebildet. Durch die parabolische Druckverteilung wird der Schwerpunkt angehoben. Dadurch liegt er etwas höher in der Seitenwand des Containers und übt hierdurch ein etwas größeres Moment auf den Längsträger des Containers aus.

Bei der Betrachtung der maximal zulässigen Flexitankmassen über der Querbeschleunigung ergibt sich ein nahezu paralleler Verlauf der Kurven. Die Differenz zwischen den beiden Kurven, wobei die parabolische Druckverteilung mit einem Delta von maximal 6 Prozent angenommen wurde, beträgt über die gesamte Kurvenlänge immer ca. eine Tonne.

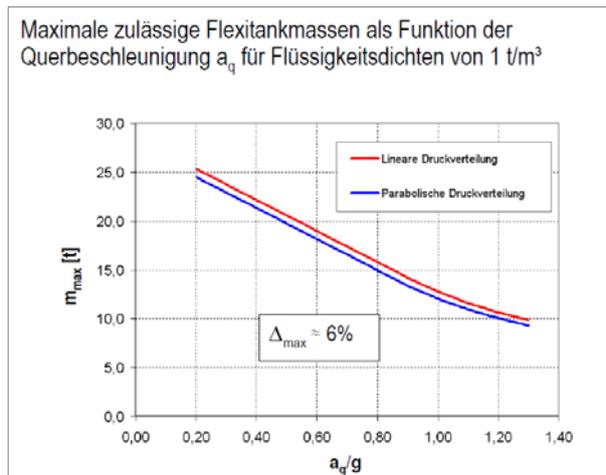


Abbildung 5 : Bildquelle Germanischer Lloyd

Zieht man diese Kurve für eine grundsätzliche Betrachtung der Flexitankmasse heran und setzt die Beschleunigung, wie sie in den international anerkannten CTU-Packrichtlinien ((Richtlinien für das Packen von Ladung außer Schüttgut in oder auf Beförderungseinheiten (CTUs) bei Beförderung mit allen Verkehrsträgern zu Wasser und zu Lande)) genannt werden, dürfte ein Flexitank eine maximale Masse von 15 t haben. In den o. g. Richtlinien wird für den Seetransport eine seitliche Beschleunigung von 0,8 g angenommen.

Beschleunigungen, die auf einem Seeschiff generiert werden, hängen von unterschiedlichen Parametern ab. Diese Parameter sind die Stabilität, die Stauposition des Containers und die Länge des Schiffes. Unter Stabilität versteht man das Vermögen des Schiffes, sich bei einer

von außen generierten Schräglage wieder in die aufrechte Schwimmposition zu bewegen. Ist die Stabilität groß, wird sich das Schiff schnell wieder aufrichten, ist die Stabilität gering, richtet sich ein Schiff langsam wieder auf. Die Beschleunigungen, die dadurch generiert werden, sind entsprechend höher oder geringer. Die Stabilität hängt zum einen von der Form und zum anderen von der Beladung des Schiffes ab und ist nur in gewissen Grenzen zu beeinflussen. Die Stauposition auf einem Schiff wird von der Beladungsplanung festgelegt. Da Flexitankcontainer nicht unter einer Staupositionsrestriktion gefahren werden (da jegliche Einschränkung/Restriktion Kosten verursachen würde), müssen die Beschleunigungen so gewählt werden, dass der Container auf dem gesamten Schiff geladen werden kann. Die Schiffslänge ist zwar schiffsspezifisch, aber da heute Linienverkehre von unterschiedlichen Reedereien in einer gemeinsamen Allianz organisiert werden, oder von Schiffsmaklern rein nach der Relation und Verfügbarkeit von Tonnage (Schiffsraum) gebucht werden, ist dies ein Parameter, der nicht oder nur minimal zu beeinflussen ist.

In der folgenden Abbildung 6 wird die maximal zulässige Flexitankmasse für Flüssigkeitsdichten von $0,8 \text{ t/m}^3$ für die uneingeschränkte Fahrt nach den Maßgaben des Germanischen Lloyds auf dem Wetterdeck dargestellt. In der Abbildung sind zwei Grafiken zu sehen. Die linke berücksichtigt eine hohe Stabilität mit entsprechend hohen Querbeschleunigungen und die rechte eine niedrige Stabilität mit entsprechend reduzierten Beschleunigungen. Die Stabilität eines Schiffes kann sich während der Reise, durch den Beladungszustand des Schiffes mehrfach, z. T. erheblich, ändern.

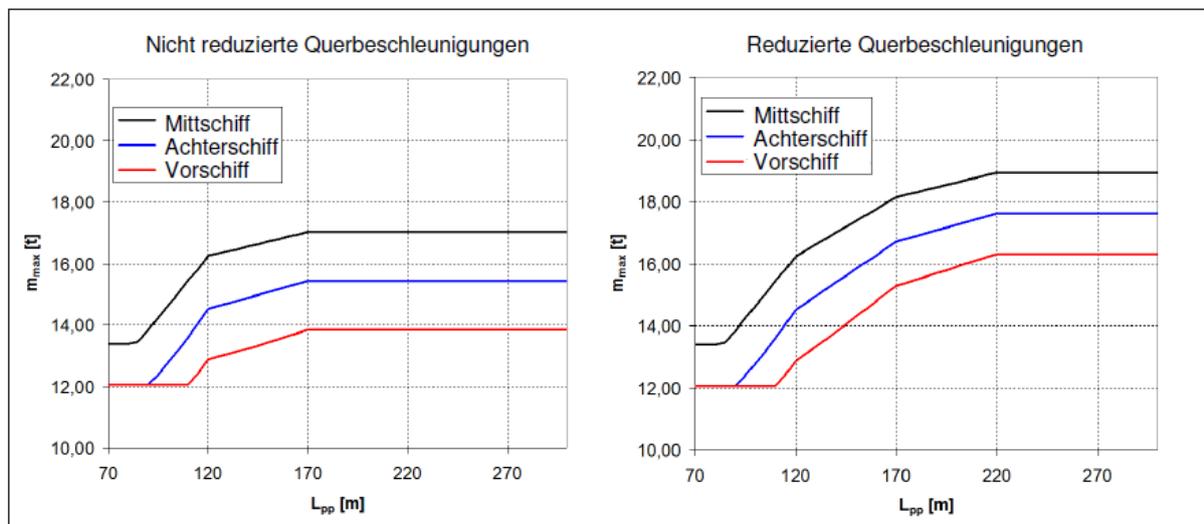


Abbildung 6: Bildquelle Germanischer Lloyd

In der oben stehenden Abbildung 6 ist der Einfluss der Stauposition (Mittschiff, Achterschiff, Vorschiff) gut zu entnehmen. Auch hat die Schiffgröße einen entscheidenden Einfluss auf die Stabilität des Schiffes.

Die Auswirkung einer Unterdeckverladung, bei der ein Container dichter an der Rollachse des Schiffes geladen ist und somit geringeren Beschleunigungen ausgesetzt wird, ist den folgenden Grafiken (Abbildung 7) zu entnehmen. Dargestellt werden die Beschleunigungen erneut - unter der Berücksichtigung von einer hohen und einer geringen Stabilität - die unterschiedlichen Staupositionen auf unterschiedlich langen Schiffen bei uneingeschränkter Fahrt.

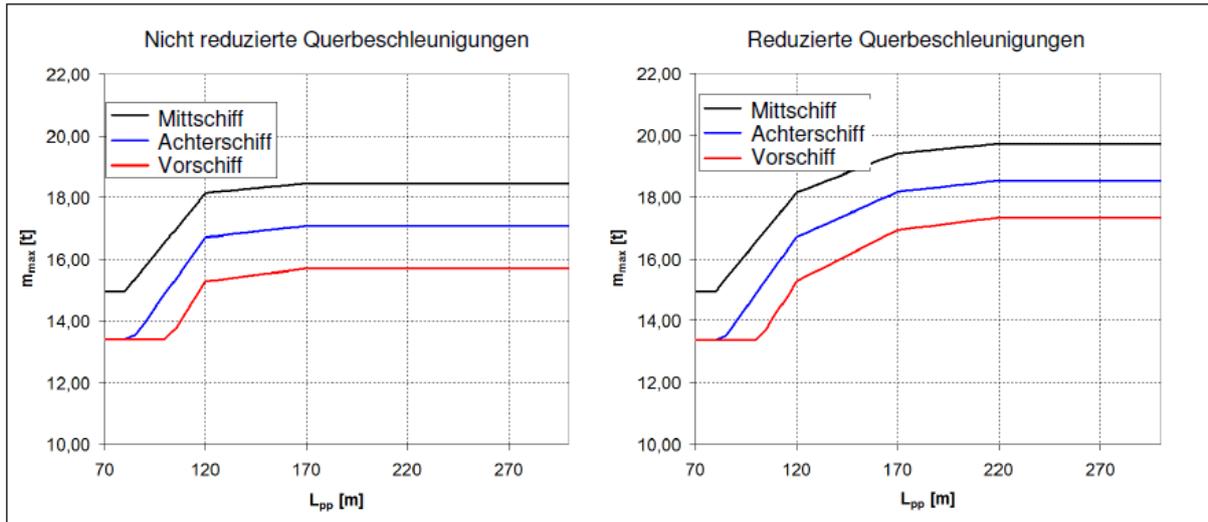


Abbildung 7 : Bildquelle Germanischer Lloyd

Fahrtgebietsbetrachtung

Seitliche Beschleunigungen auf einem Schiff werden von außen verursacht. Das bedeutet auf einem Schiff durch Dünung, Windsee und den Wind selbst. Im Zusammenhang mit den o. g. Grafiken wurde immer wieder die Definition „uneingeschränkte Fahrt“ erwähnt. Uneingeschränkte Fahrt bedeutet weltweite Fahrt, u. a. auch die Fahrt im Nordatlantik. In der folgenden Grafik (Abbildung 8) sind die nordatlantischen Seegebiete 8, 9, 15 und 16 entsprechend gekennzeichnet. Werden Container in anderen Relationen befördert, kann von eingeschränkter Fahrt gesprochen werden.

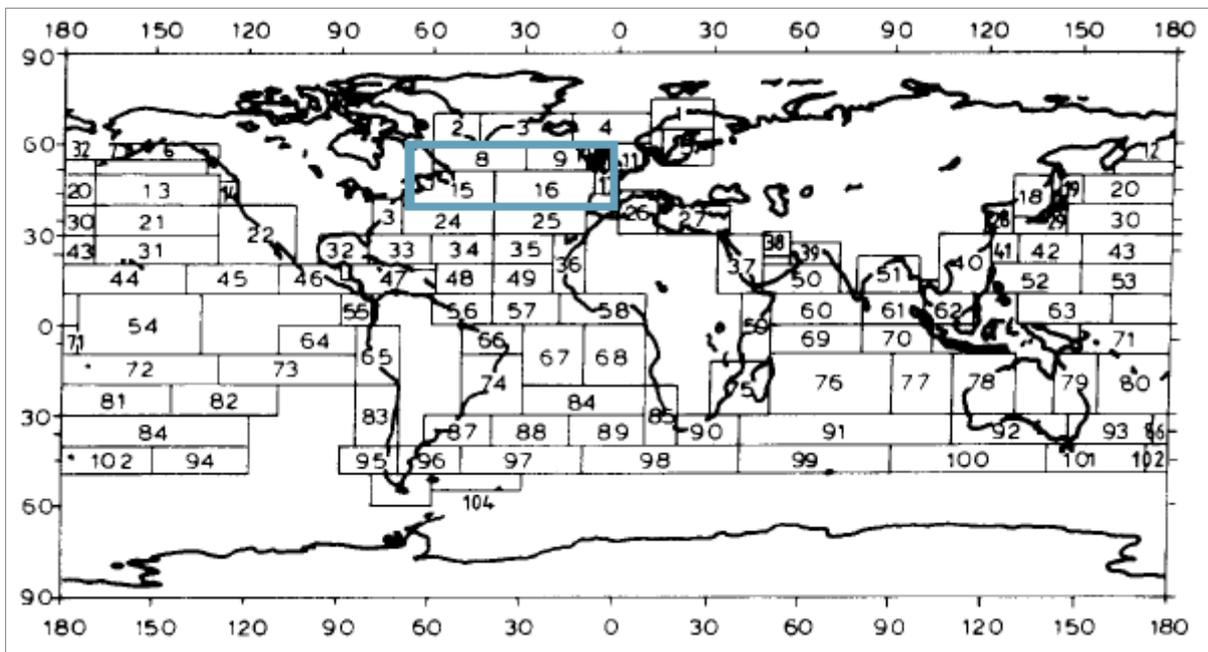


Abbildung 8 : Bildquelle Germanischer Lloyd

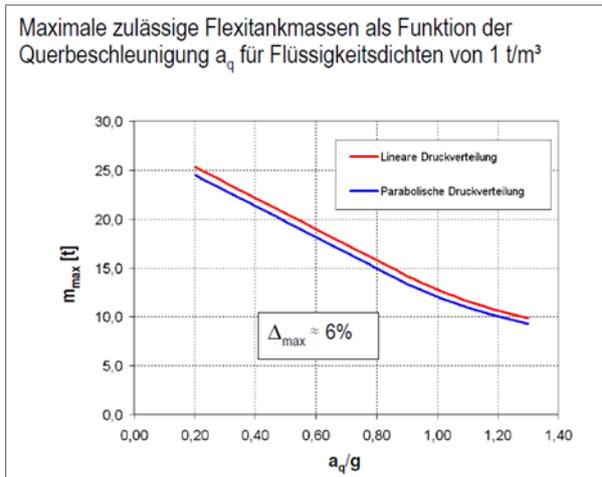


Abbildung 9 : Bildquelle Germanischer Lloyd

Der Germanische Lloyd hat uns davon in Kenntnis gesetzt, dass er sich zurzeit mit der Untersuchung von Querbeschleunigungen auf Containerschiffe in der eingeschränkten Fahrt beschäftigt. So eine eingeschränkte Fahrt würde z. B. eine Reise von Hamburg nach Tokio beinhalten. Ohne den endgültigen Ergebnissen des Germanischen Lloyds vorgehen zu wollen, kann an dieser Stelle gesagt werden, dass die seitlichen Beschleunigungen wahrscheinlich bis auf $0,6 \text{ g}$ reduziert werden können. Betrachtet man nun die nebenstehende Abbildung 9, könnten für die eingeschränkte Fahrt

Flexitanks mit einer maximalen Masse von 18 t zum Einsatz kommen. Voraussetzung hierfür ist, dass zwingend Schiffe mit einer Länge größer 170 Meter zum Einsatz kommen. Dies ist auf einer derartigen Relation allerdings sehr wahrscheinlich.

Zusammenfassung

Zur Durchführung eines sicheren Transportes über See, in der uneingeschränkten Fahrt, kann aufgrund der vorliegenden Untersuchung des Germanischen Lloyds nur eine maximale Masse von 15 t eine sinnvolle Größe sein. Für Flexitanks in der eingeschränkten Fahrt (exklusive der Seegebiete 8, 9, 15 und 16, siehe Abbildung 8) kann laut der vorgenannten Untersuchung ein sicherer Transport maximal mit 18 t durchgeführt werden. Diese Werte beziehen sich ausschließlich auf Schiffe größer 170 Meter .

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass die Stabilität des Schiffes sowie die Stauposition Vorschiff, Mittschiff, Achterschiff sowie die Stauposition an Deck und unter Deck maßgeblichen Einfluss auf die seitlichen Beschleunigungen während des Seetransports haben. Auf die Stabilität eines Schiffes kann von außen kein Einfluss genommen werden. Sie ist vom Beladungs-, Ballastzustand und von der Bauform des Schiffes abhängig. Die Stauposition an Deck und unter Deck, genauso wie die Stauposition Vorschiff, Mittschiff und Achterschiff wären ausschließlich durch Restriktionen zu beeinflussen. Sofern die Seefrachtführer diese Restriktionen überhaupt annehmen, wären sie mit zusätzlichem finanziellen Aufwand verbunden. Aus unserer Sicht wird die Bereitschaft der Flexitanknutzer hierzu eher als gering eingeschätzt.

Falls Flexitanks mit höheren Massen als $15 \text{ bzw. } 18 \text{ t}$ Verwendung finden und diese nicht unter den o. g. Restriktionen gefahren werden, sollten jedenfalls die in dieser Untersuchung dafür zugrunde gelegten Parameter (Stauposition, Schiffslänge, ggf. Stabilität und eingeschränkte Fahrt) eingehalten werden. Ansonsten ist ein sicherer Seetransport von Flexitanks nicht möglich. Sollen Flexitanks auf kleineren Schiffen ohne Stauplatz bezogene Restriktionen transportiert werden, ist ein Transport nur mit den in der Abbildung 6 zu entnehmenden Massen in Flexitanks sicher durchführbar.

Schlusswort:

Bislang waren die Erkenntnisse über die Nutzbarkeit von Containern für untypische Warenarten vorrangig durch die Praxis und das Prinzip "Try and Error" gekennzeichnet. Die damit einhergehenden Risiken von Schäden und Verlusten, nicht nur für das transportierte Gut selber, sondern häufig auch für das Transportmittel und nicht zuletzt auch für die mit dem Umgang betrauten Menschen, machen es erforderlich, dass wir zu einer "planbaren und sicheren Nutzung" auch für ungewöhnliche oder zukünftige Einsatzarten kommen.

Die Flexitankuntersuchungen des Germanischen Lloyds im Namen des GDV und im Auftrag der Transportversicherungswirtschaft wurden auf Basis objektivierte Vorgehens als wissenschaftliche Grundlage für alle beteiligten Wirtschaftskreise angestellt. Entscheidend wichtig ist, dass die Nutzung der Container in den Grenzen des physikalisch Vertretbaren geschieht. Mit unseren Erkenntnissen möchten wir den Dialog mit allen Beteiligten anstoßen, um in der Folge einen Konsens über zukünftige Standards für den sicheren Transport, insbesondere von Flexitankcontainern zu erreichen.