

Ladungssicherungs-
Informations-System

L-I-S

 **BAM**

VCI

VCH

BGL

DSL

Polizei

BGS



Ladungssicherung von Stückgut

Teil I: Schulungshandbuch

Stand: Oktober 2011

Inhaltsverzeichnis

Mitwirkende	5
Gewährleistungsausschluss	5
Impressum	5
Einleitung	6
Inhalt und Zielsetzung	7
Zielgruppe	9
Was Sie von diesem Schulungshandbuch nicht erwarten können.....	10
Modul 1: Notwendigkeit und Verantwortlichkeit.....	11
Wirtschaftliche Aspekte.....	12
Sicherheits- und Umweltaspekte.....	14
Rechtliche Aspekte	15
Haftung nach Öffentlichem Recht	17
Haftung nach Zivilrecht.....	18
Zusammenfassung	19
Fragen und Antworten	20
Modul 2: Versandbelastungen.....	23
Entstehung von Versandbelastungen	23
Straßentransport.....	24
Schienentransport	24
Seetransport.....	24
Umschlag	27
Zusammenfassung der Beschleunigungswerte.....	27
Transport- und Umschlag-Belastungen beim Containerversand	28
Mechanische Belastungen	28
Klimatische Belastungen	29
Biotische Belastungen	29
Kritische Versandbelastungen und Bewegung	30
Geschwindigkeit und Beschleunigung.....	31
Geschwindigkeit.....	31
Beschleunigung.....	31
Querbeschleunigung.....	32
Massen, Kräfte und Momente.....	34
Massenträgheitskraft	34
Gewichtskraft.....	35

Reibkraft	36
Kippvorgänge	39
Stapelstauchdruck.....	42
Zusammenfassung	43
Übungsaufgaben	44
Fragen und Antworten	50
Modul 3: Container, Ladegut und Containerbeladung	55
Container.....	56
Begriffsdefinition	56
Containertypen	57
Konstruktion und Bauweise.....	60
Belastbarkeit der Container	62
Kennzeichnung des Containers.....	65
Ladegut.....	70
Anforderungen an das Ladegut	70
Allgemeine Anforderungen an das Ladegut	70
Spezielle Anforderungen an Ladung auf Ladungsträgern	73
Verfahren zur Sicherung von Ladeeinheiten auf Ladungsträgern	76
Umreifen	76
Stretchen	77
Schrumpfen.....	77
Weitere Maßnahmen	78
Containerbeladung	79
Überprüfungen vor dem Packen	79
Äußere Kontrolle	79
Innere Kontrolle.....	82
Maßnahmen vor dem Packen	83
Erster Schritt	83
Zweiter Schritt: Stauplanung.....	83
Schwerpunktberechnung	91
Rechnergestützte Stauplanung.....	91
Maßnahmen zum Beenden des Packens.....	92
Modul 4: Ladungssicherungsmittel und Maßnahmen	93
Bauteile in geschlossenen 20'- und 40'-Containern für die Ladungssicherung von Ladegütern	94
Ladungssicherungsmaterial: Holz.....	95
Allgemeines.....	95

Bedeutung der Materialfeuchte für die Ladungssicherung mit Holz.....	95
Wichtige Exportanforderungen für Ladungssicherungsmaterial Holz	96
Das Verarbeiten/Nageln von Ladungssicherungsmaterial Holz.....	96
Ladungssicherungsmittel aus Holz – formschlüssig	97
Sperrbalken über Bodenblech.....	97
Abstützungen/Absteifungen – Oberer Bereich.....	100
Staugitter	101
Sonstige Ladungssicherungsmittel – formschlüssig	103
Staupolster	103
Sonstige Ladungssicherungsmittel – kraftschlüssig	106
Rutschhemmende Unterlagen (RHU): Gummimatten	106
Sonstige Ladungssicherungsmittel – form- und kraftschlüssig kombiniert.....	108
Zurrmittel	108
Allgemeines.....	108
Ladungssicherung durch Kraftschluss – Niederzurren	108
Berechnung der Ladungssicherungskräfte beim Zurren	110
Ladungssicherungskräfte beim Niederzurren – Praktische Vorgehensweise	110
Ladungssicherung durch Kraft- und Formschluss – Direktzurren.....	120
Direktzurren/Diagonalzurren	126
Anzahl der Zurrmittel zur Sicherung von Ladegütern im Container	130
Zurrgurte.....	131
Kombinationen verschiedener Ladungssicherungsmittel beim Containerversand	133
Fazit	134
Modul 5: Gefahrgut im Container.....	135
Allgemeine Anforderungen	136
Gesetze – Vorschriften	137
Trennvorschriften	139
Anhang	140
Quellenangaben	143
Normenverzeichnis.....	144
Tabellenverzeichnis.....	145
Abbildungsverzeichnis.....	146
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Einheiten	149

Mitwirkende

An der Erstellung des Ladungssicherungs-Informationen-System (L-I-S) haben mitgewirkt

- BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Unter den Eichen 87
12205 Berlin
- Verband der chemischen Industrie e.V. (VCI)
Karlstraße 21
60329 Frankfurt am Main
- Verband Chemiehandel (VCH)
Große Neugasse 6
50667 Köln
- Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL) e.V.
Breitenbachstraße 1
60487 Frankfurt am Main
- Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. (DSL) e.V. (DSL)
Weberstraße 77
53113 Bonn

Gewährleistungsausschluss

Die Inhalte dieses Schulungshandbuches sind mit größter Sorgfalt unter Berücksichtigung anerkannter Richtlinien, neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse sowie großen praktischen Erfahrungen erarbeitet worden. Dennoch kann weder ein Anspruch auf Vollständigkeit noch eine Garantie auf die Richtigkeit der Darstellung übernommen werden. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Ausführung zu den rechtlichen und gefahrgutspezifischen Aspekten.

Eine Gewährleistung seitens des Herausgebers ist in jeder Hinsicht ausgeschlossen.

Andere, mindestens gleichwertige Ladungssicherungstechniken, die hier nicht aufgeführt werden, sind ebenfalls zulässig.

Impressum

Ladungssicherungs-Informationen-System (L-I-S)
Herausgegeben von der
BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Unter den Eichen 87
12205 Berlin
Postanschrift: 12200 Berlin
Ansprechpartner: Dr.-Ing. Thomas Goedecke
Telefon: (030) 8104 – 1310
Telefax: (030) 8104 – 3967
Email: Thomas.Goedecke@bam.de
Internet: <http://www.bam.de>

Einleitung

Der reibungslose Versand von Waren und Wirtschaftsgütern stellt einen der wesentlichen Pfeiler in der heutigen Wirtschaft dar. In nahezu jeder Branche ist ein rationeller Warentransport die Voraussetzung zur Versorgung von Märkten und damit die Teilnahme am weltweiten Marktgeschehen. Dabei haben sowohl der Versender als auch der Empfänger den Anspruch, dass der Versandprozess ohne Qualitätseinbußen durchlaufen wird und die Waren den Transport ohne Beschädigung überstehen. Eine Beeinträchtigung der Warenqualität kann sowohl für den Versender als auch für den Empfänger mit erheblichen finanziellen Nachteilen verbunden sein. Beim Transport von Gefahrgut ist unbedingt der Schutz von Mensch und Umwelt vorrangig zu betrachten.

Um einen rationellen Warentransport auch bei unterschiedlichen Verkehrsträgern zu ermöglichen, hat sich längst der Container als Transporteinheit etabliert.

Der Schwerpunkt dieses Handbuchs liegt bei Containern, Gefahrgut und Stückgut, aber auch andere Ladegefäße und Nicht-Gefahrgut (Stückgut) werden behandelt.

Inhalt und Zielsetzung

Eine sachgerechte Ladungssicherung ist immer so auszulegen, dass sämtliche im normalen Versandprozess auftretenden Belastungen berücksichtigt werden. Dazu gehören sowohl Vollbremsungen und Ausweichmanöver im Straßenverkehr als auch schwere See, Rangierbelastungen oder Spitzenbelastungen beim Containerumschlag. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, sind für die mit der Beladung von Ladegefäßen betrauten Personen praxisrelevante Kenntnisse über die Auswirkungen von Versandbelastungen unentbehrlich.

Dieses Schulungshandbuch soll dazu beitragen, jenes praxisrelevante Wissen zu vermitteln, welches den mit der Beladung von Containern und anderen Ladegefäßen von Stückgut beauftragten Personen ein gezieltes und sachgerechtes Handeln ermöglicht. Dabei liegt es in der Natur dieses Handbuches, dass lediglich die theoretischen Grundlagen erarbeitet werden können, welche durch praktische Tätigkeiten und gezielte Übungen ergänzt werden müssen. Dazu werden diverse Kurse und praktische Übungen von unterschiedlichen Verbänden und Firmen angeboten.

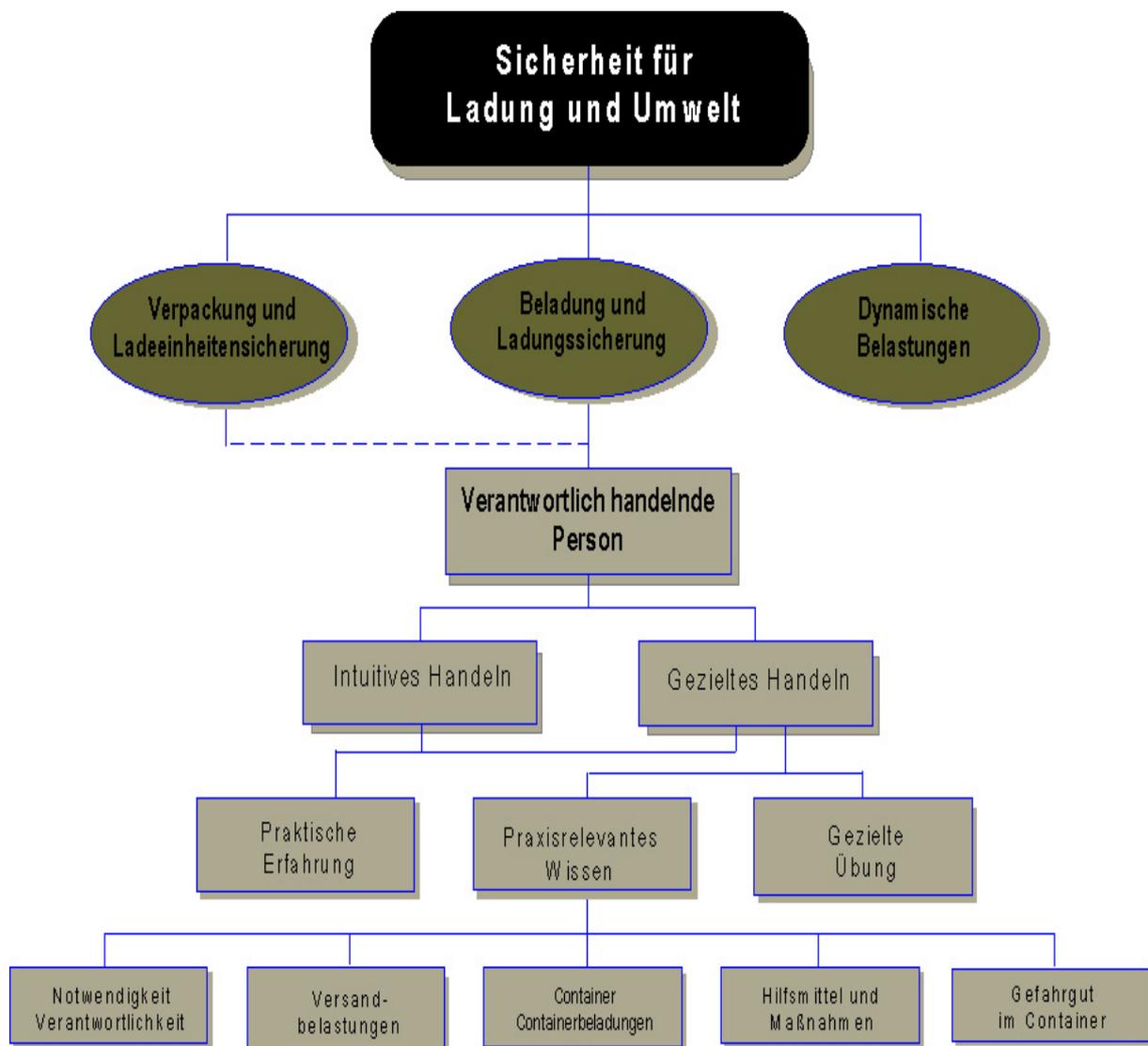


Abbildung 1 Überblick Sicherheit für Ladung und Umwelt

Die zu vermittelnden Schulungsinhalte sind thematisch in fünf unabhängige Module aufgeteilt, welche die Bausteine des praxisrelevanten Wissens darstellen, das für eine sachgerechte Ladungssicherung im Container erforderlich ist. In diesen Modulen werden die Themenbereiche „Versandbelastungen“, „Ladungssicherungsmittel und -maßnahmen“ sowie „Container und Containerbeladung“ behandelt. Darüber hinaus sind separate Module für die Verdeutlichung der (wirtschaftlichen) Notwendigkeit und der rechtlichen Verantwortlichkeiten und den Bereichen „Gefahrgutverpackungen im Container“ erarbeitet worden.

Die Inhalte des Schulungshandbuches sind in Anlehnung an anerkannte Richtlinien, insbesondere die CTU-Packrichtlinien (CTU= Cargo Transport Unit) [A], erarbeitet worden.

Zielgruppe

Das vorliegende Schulungshandbuch setzt bei dem oben beschriebenen Wissensbedarf an und ist in erster Linie zur theoretischen Aus- und Weiterbildung von Personen gedacht, die mit der Verladung von Waren im Versandprozess betraut sind und von deren Sorgfalt und Fachkompetenz täglich Millionenwerte unserer Volkswirtschaft sowie die Sicherheit von Verkehrsteilnehmern abhängen. Das Handbuch richtet sich daher in erster Linie als Schulungsunterlage an Verlader und Verpacker, die für die Zusammenstellung von Ladeeinheiten und die Beladung von Containern und anderen Ladegefäßen zuständig sind.

Was Sie von diesem Schulungshandbuch nicht erwarten können...

- Das Schulungshandbuch soll dazu beitragen, praxisrelevante Zusammenhänge auf dem Gebiet der Ladungssicherung zu verdeutlichen sowie erforderliches Fachwissen zu vermitteln. Der Anwender soll beim Thema Ladungssicherung zu eigenständigem und sachgerechten Handeln befähigt werden. In diesem Handbuch wird daher kein theoretisches Detailwissen vermittelt, welches keinen unmittelbaren Praxisbezug hat.
- Die Darstellung beschränkt sich auf Stückgut. Lose Stückgüter werden nicht berücksichtigt.
- Fragen der Kennzeichnung von Packgütern werden nicht behandelt.
- Die Sicherung der Transporteinheit Container wird nicht behandelt.
- Die Ausführungen des Handbuches können keinesfalls praktische Übungen ersetzen.
- Eine Liste mit weiterführender Literatur zum Thema Ladungssicherung ist im Anhang aufgeführt.

Modul 1: Notwendigkeit und Verantwortlichkeit

Die Notwendigkeit zur allgemeinen Ladungssicherung sowie zur Ladungssicherung im Container ergibt sich aus der offensichtlichen Anforderung, Ladegüter während des Transportes vor dem zerstörenden Einfluss von Versandbelastungen zu bewahren. Ladungssicherung ist aber nicht nur aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen notwendig. Darüber hinaus spielen auch Sicherheits- und Umweltaspekte sowie gesetzliche Anforderungen eine wichtige Rolle. Im folgenden werden diese Gesichtspunkte näher erläutert und vor allem die mit den gesetzlichen Anforderungen verbundenen Verantwortlichkeiten und die möglichen rechtlichen Sanktionen dargestellt. Nur wer sich der möglichen Folgen mangelhafter Ladungssicherung bewusst ist, kann auch von der Notwendigkeit einer sorgfältigen und sachgerechten Ladungssicherung überzeugt sein.

Lernziele:

- Aufzeigen der wirtschaftlichen und kostenseitigen Folgen mangelhafter Ladungssicherung
- Vermittlung von Bewusstsein für Sicherheits- und Umweltschutzaspekte bei der Ladungssicherung
- Erkennen von rechtlichen Vorschriften und Anforderungen an die Ladungssicherung
- Aufzeigen von möglichen rechtlichen Sanktionen

Wirtschaftliche Aspekte

Bei der wirtschaftlichen bzw. kostenseitigen Betrachtung mangelhafter Ladungssicherung ist es sinnvoll, Überlegungen anzustellen, welche über die reine Bezifferung des an den betroffenen Gütern aufgetretenen Schadens hinausgehen. Zum einen ist sicherlich die Unterscheidung zwischen einer volkswirtschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Sichtweise sinnvoll, zum anderen sollte sich der Anwender der zahlreichen „weichen Kostenfaktoren“ bewusst werden, die auch im Bereich der Ladungssicherung eine wichtige Rolle spielen.

Beim Versuch, die aus Transportschäden resultierenden volkswirtschaftlichen Kosten zu beziffern, muss festgestellt werden, dass diesbezüglich keine allgemeingültigen Versandstatistiken verfügbar sind. Einen Anhaltswert liefern Angaben des Gesamtverbandes der deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) und des Statistischen Bundesamtes, welche die gesamten Schadensaufwendungen in der Transportversicherung mit annähernd 1,2 Mrd. € jährlich beziffern. Diese Zahl kann allerdings nur einen groben Anhaltswert liefern, da diese Summe Schäden abdecken, welche aus besonderen Gefahren resultieren und nicht im normalen Verlauf eines Transportvorganges entstanden sind. Beispiel für von den Transportversicherern abgedeckte Schadensursachen sind Unfälle, Naturereignisse oder andere außergewöhnliche Transportbeanspruchungen. Zieht man die Ladungsschäden hinzu, welche nicht von der Transportversicherungsstatistik erfasst werden, so lassen sich die im Versandprozess aufgetretenen jährlichen Warenschäden auf ein Vielfaches von 1,2 Mrd. € hochrechnen. Dabei sollte man sich der seit langer Zeit bekannten Faustregel bewusst sein, dass etwa 70 % aller Transportschäden durch geeignete Ladungssicherungsmaßnahmen vermieden werden könnten.

Mangelhafte Ladungssicherung verursacht jährlich volkswirtschaftliche Schäden in Milliardenhöhe.

Auch wenn es schwierig ist, die finanziellen Folgen auf volkswirtschaftlicher Ebenen genau zu beziffern, so lässt sich doch auch anhand des Volumens des jährlich transportierten Warenaufkommens das enorme Einsparpotential erkennen, welches durch die Reduzierung von vermeidbaren Transportschäden erschlossen werden kann.

Welche Folgen hat mangelhafte Ladungssicherung für den einzelnen Betrieb?

Der einzelne Versender bzw. Empfänger nimmt aufgetretene Versandschäden natürlich in erster Linie auf der betrieblichen Ebene wahr. Sowohl bei der Suche nach der Ursache als auch bei der näheren Analyse der finanziellen Folgen rücken unterschiedliche Kostenfaktoren in den Blickpunkt.

Eine der wichtigsten Ursachen unzureichender Ladungssicherung ist sicherlich in dem innerbetrieblichen Termin- und Kostendruck zu sehen, welchem sich alle Unternehmen ausgesetzt sehen. Absatzmärkte sind in aller Regel dadurch geprägt, dass die Kunden bzw. der Handel die Bedingungen diktieren. Kunden zeichnen sich durch ein Höchstmaß an Kostenbewusstsein und Flexibilität aus. Sie reagieren daher häufig sensibel und schnell auf die Möglichkeit, Kosteneinsparungen durch den Wechsel zu günstigeren Herstellern zu realisieren. Hierdurch wird vom Absatzmarkt ein Termin- und Kostendruck erzeugt, welchem allzu häufig auch Schulungsmaßnahmen von Mitarbeitern im Versandbereich zum Opfer fallen.

Weiterhin spielt eine Rolle, dass der Warenproduktion in der Regel eine sehr viel höhere Bedeutung zugemessen wird als dem Warenversand. Auch Investitionen in die Weiterbildung von Mitarbeitern verursachen Kosten für Arbeitszeit, Material und oft auch externe Beratung. Wenn diese Investitionen getätigt werden, dann häufig im Management- oder Produktionsbereich; Weiterbildung und Schulungen im Versandbereich sind dagegen die Ausnahmen.

Termin- und Kostendruck führen dazu, dass Schulungsmaßnahmen im Versandbereich häufig unterbleiben.

Die Einstellung, dass Versandmaßnahmen zu den Routineaufgaben eines Betriebs gezählt werden, welche keinen besonderen Schulungsaufwand erfordern, verkennt die finanziellen Folgen, die unsachgemäße Ladungssicherung nach sich ziehen kann. Transportschäden bei Versandprozessen beschränken sich nicht nur auf den reinen Materialschaden, sondern ziehen in der Regel noch erhebliche Folgekosten nach sich. Beschädigungen an den Waren auf dem Transportweg führen dazu, dass die schon angefallenen Produktionskosten getragen werden müssen und darüber hinaus die Gewinnerwartung durch den Verkauf der Produkte nicht realisiert werden kann. Weiterhin muss die Ware nachgebessert bzw. erneut produziert, verpackt und transportiert werden.

Auf der anderen Seite sieht sich der Empfänger schadhafter Ware dazu gezwungen, die Lieferung zu reklamieren. Er hatte geplant die Waren in der Produktion zu verwenden oder weiterzuveräußern und muss nun seinerseits Mittel und Wege finden, seinen Verpflichtungen bzw. den Erwartungen seiner Kunden gerecht zu werden. Bei nicht beförderungsgerechter Verladung kann der Versender haftungsrechtlich in die Verantwortung genommen und zum Ersatz des Schadens verpflichtet werden. Weiterhin sollte bedacht werden, dass die Störung der Kundenbeziehungen leicht zu Schäden führen kann, deren Ausmaß den reinen Warenschaden um ein Vielfaches übertrifft.

Die betriebswirtschaftlichen Konsequenzen, welche durch mangelhafte Ladungssicherung im Zusammenhang mit dem Transport von Waren auftreten können, sind von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich. Hier sind große Schwankungen zu verzeichnen, je nach Branche, Firma, Versandaufkommen, Versandart und Produktempfindlichkeit. Gefährliche Güter, die bei mangelhafter Ladungssicherung ein erhebliches Gefährdungspotential für Mensch und Umwelt aufweisen, bergen auch ein erheblich höheres finanzielles Risiko als andere Waren. In jedem Fall aber stellt der Versand eine empfindliche Schnittstelle zwischen der Produktion und dem Kunden dar, in der es darauf ankommt, neu geschaffenen Werte (für welche in der Regel noch nicht die vereinbarte Gegenleistung entrichtet wurde) vor Schaden zu „sichern“. Die Ladungssicherung sollte dabei nicht als Gefühlssache betrachtet werden, sondern sollte basierend auf dem Verständnis der physikalischen Vorgänge unter der sachgerechten Anwendung geeigneter Ladungssicherungsmaßnahmen und Verfahren erfolgen. Investitionen, die in den Aufbau der hierfür erforderlichen Kenntnisse und Fertigkeiten getätigt werden, zahlen sich aus. Sie ermöglichen den wirtschaftlichen Einsatz von Ladungssicherungsmaßnahmen durch die richtige Auswahl und Handhabung der Ladungssicherungsmaterialien und garantieren damit den maximalen Schutz des Ladegutes.

Ladungssicherung ist keine Gefühlssache.

Investitionen in die sachgerechte Ladungssicherung sind Investitionen, die sich auch unter Kostengesichtspunkten rechnen. Schulungen für Mitarbeiter auf dem Gebiet sind die Voraussetzung für eine sachgerechte Ladungssicherung und die beste Versicherung gegen Ladungsschäden.

Sicherheits- und Umweltaspekte

Mangelhafte oder unsachgemäße Ladungssicherung stellt immer auch eine potentielle Gefährdung der Sicherheit von Mensch und Umwelt dar. Die mit der Sicherung der Ladung befassten Mitarbeiter tragen daher stets eine besondere Verantwortung gegenüber ihrer Ladung. So verlangt die Straßenverkehrsordnung (StVO) ausdrücklich, für eine verkehrssichere Beladung von Fahrzeugen Sorge zu tragen. Dieses Prinzip der verkehrssicheren Beladung und Ladungssicherung gilt verstärkt für den Containertransport, da der Verloader die letzte Person ist, welche vor dem Versand Zugang zu dem Inhalt des Containers hat. In diesem Zusammenhang können Faktoren wie beispielsweise eine ungleichmäßige Beladung gravierende Folgen für die Verkehrssicherheit nach sich ziehen, da eine Verschiebung der Ladung den Schwerpunkt des Containers beeinflusst und direkte Auswirkungen auf die Sicherheit beim Containertransport und –umschlag hat. Maßnahmen, die verhindern, dass sich die Ladung während des Transportes vor den Türen des Containers aufstaut und dem Entlader bei der Öffnung des Containers entgegenkommt, stellen einen wichtigen Beitrag zum Arbeitsschutz dar. Ebenso sollte die Ladungssicherung auch unter dem Aspekt des Arbeitsschutzes dafür sorgen, dass der Empfänger nicht mit beschädigter Ladung hantieren muss oder mit ausgetretenen Inhaltsstoffen konfrontiert wird. Dies ist insbesondere bei Gefahrguttransporten von größter Wichtigkeit.

Ladungssicherung bedeutet Verantwortung für Mensch und Umwelt wahrzunehmen.

Neben der Sicherheit für die mit der Ladung befassten Menschen führt eine sachgerechte Ladungssicherung natürlich auch dazu, die Verschmutzungsgefahr für die Umwelt zu minimieren. Verunreinigungen der Umwelt mit Gefahrstoffen ziehen für den Verursacher schnell Kosten in erheblichem Ausmaß nach sich. In diesem Zusammenhang sind vom Gesetzgeber für die fahrlässige Inkaufnahme oder tatsächliche Verschmutzung der Umwelt empfindliche Geldstrafen vorgesehen.

Rechtliche Aspekte

Für jeden mit der Verladung befassten Mitarbeiter ist es wichtig zu wissen, aus welchen Vorschriften und Gesetzen sich bestimmte Anforderungen und Verantwortlichkeiten im Zusammenhang mit der Ladungssicherung an ihn ableiten lassen. Es gibt eine Reihe von gesetzlichen Vorschriften, die unterschiedliche Personengruppen für die Sicherung der Ladung verantwortlich machen. Die Unterscheidung sog. „Normadressaten“ wird dabei anhand der von den Personen wahrgenommenen Funktion sowie anhand der zugeordneten Verantwortungsbereiche vorgenommen. So beziehen sich einzelne Vorschriften beispielsweise auf den Betriebsinhaber und den Fahrzeugführer, wobei es sich im konkreten Einzelfall um ein und dieselbe Person handeln kann. Als Pflichtinhaber im Rahmen der Ladungssicherung werden darüber hinaus konkret der Verlader, der KFZ-Halter sowie der Frachtführer bzw. Absender und Spediteur benannt. Ausgeweitet wird der Kreis der Normadressaten durch die Einbeziehung der sog. „beauftragten“ und „sonstigen verantwortlichen Personen“ sowie durch die allgemeine Regelung der StVO.

Welche gesetzlichen Vorschriften und Anforderungen hat der Verlader zu beachten?

Der Verlader fällt unter die Vorschriften der StVO, in der festgehalten wird, dass jeder, der in verantwortlicher Weise mit der Verladung von Gütern befasst ist, auch die Verantwortung für eine ordnungsgemäße Ladungssicherung trägt. So schreibt die StVO in § 22 vor, dass die

„... Ladung sowie Spannketten, Geräte und sonstige Ladeeinrichtungen ... verkehrssicher zu verstauen und gegen Herabfallen ... zu sichern [sind].“

Nach der handelsrechtlichen Vorschrift greift eine Pflichtenteilung (§ 412 Handelsgesetzbuch HGB), die zwischen betrieblicher Ladungssicherung und beförderungssicherer Ladungssicherung unterscheidet und sowohl den Absender bzw. Verlader als auch den Transporteur in die Verantwortung einbezieht. Die Sicherstellung der Betriebs- bzw. Verkehrssicherheit des Fahrzeuges auch in beladenem Zustand obliegt in der Regel dem Fahrzeugführer, während der Absender (bzw. Verlader) für die Beförderungssicherheit (d.h. die Sicherheit des Ladegutes) zuständig ist.

Die Ladung muss betriebs- und Beförderungssicher verladen und gesichert sein.

Während der Fahrzeugführer die Verantwortung zur Sicherstellung der Verkehrssicherheit bei der Verladung auf einem LKW zwar wahrnehmen kann, kommt dem Verlader beim Containertransport jedoch eine besondere Verantwortung zu. Da die am Versandprozess beteiligten Fahrzeugführer in der Regel nicht in der Lage sein werden, den Inhalt des Containers zu kontrollieren, muss der Verlader beim Containertransport auch für die verkehrssichere Stauung und Ladungsverteilung Sorge tragen. Die Anforderung der verkehrssicheren Stauung nach § 22 StVO schließt auch eine auf Ausnahmesituationen wie Ausweichmanöver und Notbremsungen abgestimmte Sicherung mit ein.

Im Containerverkehr sind darüber hinaus natürlich auch die sonstigen verkehrsträgerspezifischen Belastungen zu beachten. Hierzu gehören beispielsweise Rangierstöße beim Bahntransport sowie Belastungen beim Containerumschlag oder durch schwere See.

Im Bereich des Gefahrguttransportes wird der Verlader durch die Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn (GGVSE) in § 9 Abs. 14 Nr. 13 iVm Unterabschnitt 7.5.7.1 ADR verpflichtet, zusammen mit dem Fahrzeugführer bestimmte Vorschriften zur Ladungssicherung zu beachten. Diese schreiben vor:

„Die einzelnen Teile einer Ladung mit gefährlichen Gütern müssen auf dem Fahrzeug oder im Container so verstaut sein oder durch geeignete Mittel gesichert sein, dass sie ihre Lage zueinander sowie zu den Wänden des Fahrzeuges oder Containers nur geringfügig verändern können. Die Ladung kann z. B. durch Zurrgurte, Klemmbalken, Transportschutzkissen, rutschhemmende Unterlagen gesichert werden. Eine ausreichende Ladungssicherung im Sinne des ersten Satzes liegt auch vor, wenn die gesamte Ladefläche in jeder Lage mit Versandstücken vollständig ausgefüllt ist.“

Der Verlader hat also mit geeigneten Mitteln dafür Sorge zu tragen, dass für die Ladung nur ein geringfügiger Bewegungsspielraum bleibt.

Es dürfen nur Versandstücke verladen werden, die in einem einwandfreien Zustand sind. Beschädigte Verpackungen oder solche, die den Transportbeanspruchungen nicht mehr gerecht werden, dürfen von keinem Beteiligten verladen werden. Nicht nur in der GGVSE, im ADR/RID sondern auch in der Gefahrgutverordnung See (GGVSee §7 Abs. 3) wird speziell auf die Ladungssicherung eingegangen. Die internationalen Richtlinien für das Packen von Beförderungseinheiten (CTU-Packrichtlinien) wurden in der Bekanntmachung vom 17.02.1999 im Verkehrsblatt [B] und in der GGVSee § 5 Abs. 4 als rechtsverbindlich erklärt. In diesen Richtlinien wird gefordert, dass

„die Ladung in einer CTU so zu sichern [ist], dass die Ladung sich innerhalb der CTU nicht bewegen kann.“

Die CTU-Packrichtlinien erhalten Anregungen für die Stauung und Sicherung von Ladungen sowie spezielle Hinweise zum Packen und Sichern gefährlicher Güter, auf die ebenfalls im Abschnitt über Gefahrgutverpackung im Container eingegangen wird.

Welche Sanktionen drohen bei Missachtung der gesetzlichen Vorschriften?

Sämtlichen rechtlich relevanten Anforderungen ist gemeinsam, dass im wesentlichen das Ziel einer sachgerechten Ladungssicherung sowie der Personenkreis derjenigen, welche für die Ladungssicherung verantwortlich sind, festgeschrieben wird. Konkrete Anweisungen zur Durchführung der Ladungssicherung sind nur beispielhaft enthalten, so dass die Auswahl und Anwendung der geeigneten Maßnahmen dem verantwortlichen Verlader und Fahrzeugführer überlassen bleiben. Es wird aber erwartet, dass die Ladungssicherung unter Berücksichtigung anerkannter technischer Standards erfolgt, wie sie zum Beispiel von den VDI-Richtlinien 2700 ff. [C] gesetzt werden.

Die Einführung der technisch anerkannten Standards ist von der Ordnungsbehörde zu überprüfen. Die Nichtbeachtung dieser Standards wird in aller Regel als fahrlässiges Verhalten angesehen und begründet den Tatbestand einer Ordnungswidrigkeit bzw. Haftungsansprüche. Hierbei ist grundsätzlich die Haftung nach Öffentlichem Recht von der Haftung nach Zivilrecht zu unterscheiden.

Haftung nach Öffentlichem Recht

Im Bereich des Öffentlichen Rechts führen Verstöße zu Sanktionen des Gesetzgebers und zwar unabhängig davon, ob aufgrund der Rechtsverstöße Personen oder Sachgegenstände zu Schaden gekommen sind. Das Öffentliche Recht unterscheidet zwischen Ordnungswidrigkeiten, die mit Geldbußen geahndet werden, und Straftatbeständen, die Geld- oder Freiheitsstrafen nach sich ziehen.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang der Begriff der „beauftragten Person“ nach § 9 (2) Ordnungswidrigkeitengesetz (OWiG). Danach handelt jemand als „beauftragte Person“, der

„vom Inhaber eines Betriebes oder einem sonst dazu Befugten ... ausdrücklich beauftragt [ist], in eigener Verantwortung Aufgaben wahrzunehmen, die dem Inhaber des Betriebes obliegen ...“

„Beauftragte Personen“ nach § 9 OWiG können beispielsweise Versandleiter oder Disponenten sein. Sofern jemand als „beauftragte Person“ handelt, kann diese Person bei Rechtsverstößen auch nach Öffentlichem Recht belangt und mit Bußgeld oder Strafe belegt werden. Dies ist in der Regel bei den Personen der Fall, welche die Verantwortung für das Packen einer Beförderungseinheit oder eine TransportgefäÙes tragen.

Der Verantwortliche Verklager kann bei Rechtsverstößen nach Öffentlichem Recht zur Verantwortung gezogen werden.

Die Voraussetzung für das Handeln als beauftragte Person sind das Handeln im Auftrag des Betriebsinhabers und in eigener Verantwortung, d.h. mit eigenem Entscheidungsspielraum. Weiterhin ist erforderlich, dass der Betriebsinhaber seinen Sorgfaltspflichten bei der Auswahl der beauftragten Person nachgekommen ist und nachweisen kann, dass (beispielsweise durch Schulungen für den Gefahrgutbereich) bei dieser ein ausreichender Kenntnisstand vorhanden ist.

Der Fahrzeugführer, der auch im Auftrag eines Betriebsinhabers handelt, ist jedoch nicht „beauftragte Person“ im Sinne des OWiG, sondern durch seine besondere Stellung Erfüllungsgehilfe, dessen Verantwortlichkeit explizit in der StVO § 23 und GGvSE § 9 geregelt ist.

Rechtsverstöße können nach Öffentlichem Recht Sanktionen in unterschiedlichem Ausmaß nach sich ziehen. Verstöße gegen die allgemeinen Ladungssicherungspflicht in § 22 StVO können je nachdem, ob eine Gefährdung des Straßenverkehrs vorlag, eine Geldbuße bis 50 € oder empfindliche Geld- bzw. Freiheitsstrafen nach sich ziehen. In jedem Fall drohen Punkte im Verkehrszentralregister.

Wenn bei einer vorsätzlichen oder fahrlässigen Vernachlässigung der Ladungssicherungspflicht eine Gefährdung von Mensch oder Umwelt in Kauf genommen wird, können die Paragraphen des Abschnitts 29 des Strafgesetzbuches (StGB) zur Anwendung kommen. Dieser Abschnitt erfasst „Straftaten gegen die Umwelt“ und in diesem Zusammenhang u. a. die Straftatbestände der „Gewässerverunreinigung“ (§ 324), der „Bodenverunreinigung“ (§ 324a), der „Luftverunreinigung“ (§ 325) und des „Unerlaubten Umgangs mit radioaktiven Stoffen und anderen gefährlichen Stoffen und Gütern“ (§ 328).

Einer verantwortlich handelnden „beauftragten Person“ drohen bei Verstößen gegen den Abschnitt 29 StGB mehrjährige Freiheitsstrafen, ohne dass ein konkreter Schaden eingetreten sein muss.

Nach Öffentlichem Recht kann das Strafmaß zwischen einer geringen Geldbuße und einer mehrjährigen Freiheitsstrafe liegen.

Haftung nach Zivilrecht

Die Haftung nach Zivilrecht regelt die bei einem Schaden entstehenden Schadensersatzpflichten, wobei zwischen vertraglicher und außervertraglicher Haftung zu unterscheiden ist. Die vertragliche Haftung richtet sich nach den Paragraphen 412, 425 und 427 HGB, nach denen der Absender, sofern nichts anderes vereinbart wurde, für die beförderungssichere und der Frachtführer für die betriebssichere Verladung und Ladungssicherung zuständig ist. Für Güterschäden, die während des Transportes aufgrund mangelhafter Ladungssicherung aufgetreten sind, haftet demnach der für die Ladungssicherung verantwortliche Vertragspartner. Sofern die Schadensersatzpflicht den Verlader trifft, trägt der Betriebsinhaber das daraus entstandene Risiko. Die an der Beladung beteiligten Personen sind in diesem Fall als Erfüllungsgehilfen für ihre Arbeitgeber tätig und diesem lediglich bei vorsätzlicher Vernachlässigung ihrer Pflichten zum Ersatz seines Schadens verpflichtet.

Bei Schäden, die nicht den Vertragsgegenstand der zwei Vertragsparteien betreffen, greift die außervertragliche Schadensersatzpflicht nach § 823 Bürgerliches Gesetzbuch (BGB):

„[Wer] vorsätzlich oder fahrlässig das Leben, den Körper, die Gesundheit, die Freiheit, das Eigentum oder ein sonstiges Recht eines anderen widerrechtlich verletzt, [ist] dem anderen zum Ersatz des daraus entstehenden Schadens verpflichtet.“

Die Höhe des Schadensersatzes bemisst sich nach dem Aufwand, welcher erforderlich ist, um den ursprünglichen Zustand wieder herzustellen (§ 249 BGB). Werden bei einem Unfall aufgrund mangelhafter Ladungssicherung beispielsweise umstehende Fahrzeuge beschädigt, so ist dieser Schaden aufgrund der außervertraglichen Haftung nach § 823 BGB zu beheben.

Auch in diesem Fall haftet allerdings der Arbeitgeber für das Verschulden seiner Erfüllungsgehilfen.

Nach dem Zivilrecht sind dem Vertragspartner und anderen Geschädigten die aufgrund mangelhafter Ladungssicherung entstandenen Schäden zu ersetzen.

Im Gegensatz zu Rechtsverstößen nach Öffentlichem Recht greifen Schadensersatzpflichten nach dem BGB und HGB nur bei einem eingetretenen Schaden und nachgewiesenem rechtswidrigem Verhalten sowie Verschulden des Verursachers.

Zusammenfassung

- Transportschäden aufgrund mangelhafter Ladungssicherung können Folgekosten nach sich ziehen, die weit über den reinen Materialschaden hinausgehen. Hierzu gehören die Störung der Beziehungen zum Kunden, Nachbesserungen an der Ware oder auch Strafgerichte bei Gesetzesverstößen.
- Sachgerechte Ladungssicherung ist ein wichtiger Beitrag zur Arbeits- und Verkehrssicherheit sowie zum Umweltschutz.
- Nach § 22 StVO ist jeder, der in verantwortlicher Weise mit der Ladungssicherung betraut ist, auch gesetzlich zu einer ordentlichen Ladungssicherung verpflichtet.
- Der Verloader ist beim Containertransport sowohl für die Sicherung als auch für die Verteilung und die Verkehrssicherheit der Ladung verantwortlich.
- Im Bereich des Gefahrguttransportes ist der Verloader zur Beachtung von Vorschriften zur Ladungssicherung verpflichtet.
- Die Auswahl der Mittel für eine sachgerechte Ladungssicherung bleibt dem Verloader überlassen. Er hat sich an anerkannten technischen Standards und Richtlinien zu orientieren.
- Handelt jemand als „beauftragte Person“ im Sinne § 9 OWiG, so können Rechtsverstöße nach Öffentlichem Recht mit Geldbußen von bis zu 500 € oder sehr viel höheren Geld- bzw. Freiheitsstrafen belegt werden. Es ist nicht erforderlich, dass ein Schaden eingetreten ist, um nach dem Öffentlichem Recht belangt zu werden.
- Ansprüche nach Zivilrecht können erhebliche Schadensersatzforderungen nach sich ziehen. Das Schadensersatzrisiko trägt der Unternehmer, der seinerseits Schadensersatzansprüche gegen seinen Arbeitnehmer durchsetzen kann, sofern diese ihre Pflichten vorsätzlich vernachlässigt haben.

Fragen und Antworten

FRAGE 1: WAS SCHREIBT § 22 DER STVO VOR?

FRAGE 2: WER IST LAUT STVO FÜR DIE LADUNGSSICHERUNG VERANTWORTLICH?

FRAGE 3: WELCHE FOLGEN HAT DAS HANDELN ALS „BEAUFTRAGTE PERSON“, WENN DIE LADUNGSSICHERUNG VERNACHLÄSSIGT WURDE?

FRAGE 4: WER IST NACH DEM ZIVILRECHT FÜR SCHADENSERSATZ BEI MANGELHAFTER LADUNGSSICHERUNG VERANTWORTLICH?

FRAGE 5: WESHALB KOMMT DEM VERLADER BEI DER CONTAINERVERLADUNG EINE BESONDERE VERANTWORTUNG ZU?

FRAGE 6: WELCHE GESETZLICHEN VORSCHRIFTEN HAT DER VERANTWORTLICHE VERLADER NACH ÖFFENTLICHEM RECHT ZU BEACHTEN?

FRAGE 7: WELCHE VORAUSSETZUNG MUSS ERFÜLLT SEIN, DAMIT EINE „BEAUFTRAGTE PERSON“ NACH ÖFFENTLICHEM RECHT BELANGT WERDEN KANN?

FRAGE 8: WELCHES IST DAS MAXIMALE STRAFMASS, DAS NACH ÖFFENTLICHEM RECHT FÜR DIE VERNACHLÄSSIGUNG VON LADUNGSSICHERUNGSPFLICHTEN VERHÄNGT WERDEN KANN?

FRAGE 9: WELCHE REGELUNGEN ENTHÄLT ABSCHNITT 29 STGB?

FRAGE 10: WAS VERSTEHT MAN UNTER BETRIEBSSICHERER VERLADUNG?

FRAGE 11: WAS VERSTEHT MAN UNTER BEFÖRDERUNGSSICHERER VERLADUNG?

FRAGE 12: WANN KANN ABSCHNITT 29 STGB ZUR ANWENDUNG KOMMEN?

Frage 1: Was schreibt § 22 der StVO vor?

§22 StVO schreibt vor, dass Ladungen verkehrssicher zu verstauen sind. Es werden keine Angaben darüber gemacht, wie die Ladungen zu verstauen oder zu sichern sind.

Frage 2: Wer ist laut StVO für die Ladungssicherung verantwortlich?

Die Verantwortung für die Ladungssicherung trägt jeder, der in verantwortlicher Weise mit der Verladung von Gütern befasst ist.

Frage 3: Welche Folgen hat das Handeln als „beauftragte Person“, wenn die Ladungssicherung vernachlässigt wurde?

Eine nach § 9 OWiG eigenverantwortlich handelnde „beauftragte Person“ kann nach Öffentlichem Recht für Rechtsverstöße mit Bußgeld oder Strafe belegt werden. Dabei spielt es keine Rolle, ob aufgrund der Sicherungsmängel Schaden eingetreten ist oder nicht.

Frage 4: Wer ist nach dem Zivilrecht für Schadensersatz bei mangelhafter Ladungssicherung verantwortlich?

Nach dem Zivilrecht handeln Arbeitnehmer im Rahmen ihrer Tätigkeit als Erfüllungsgehilfen für den Arbeitgeber. Einen eventuellen Schadensersatzanspruch können Dritte nur gegen den Arbeitgeber geltend machen. Bei vorsätzlicher Schädigung kann sich der Arbeitgeber den Schaden von seinem Arbeitnehmer ersetzen lassen.

Frage 5: Weshalb kommt dem Verlader bei der Containerverladung eine besondere Verantwortung zu?

Nach der Beladung ist der Container anderen Personen in der Regel nicht mehr zugänglich. Diejenigen, die den Container bewegen, haben also keine Möglichkeit, die Sicherungsmaßnahmen oder die Beladung zu übernehmen.

Frage 6: Welche gesetzlichen Vorschriften hat der verantwortliche Verlader nach Öffentlichem Recht zu beachten?

Der verantwortliche Verlader ist nach StVO zur Ladungssicherung verpflichtet. Als „beauftragte Person“ treffen das StGB und das OWiG auf ihn zu. Darüber hinaus kommen gefahrgutrechtliche Vorschriften zur Anwendung. HGB und BGB regeln zivilrechtliche Aspekte und die Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO) ist für den Fahrzeughalter von Belang.

Frage 7: Welche Voraussetzung muss erfüllt sein, damit eine „beauftragte Person“ nach Öffentlichem Recht belangt werden kann?

Um eine „beauftragte Person“ mit Geldbuße oder Geld- bzw. Freiheitsstrafe zu belegen, muss ein Rechtsverstoß vorliegen. Es ist nicht erforderlich, dass Schaden eingetreten ist.

Frage 8: Welches ist das maximale Strafmaß, das nach Öffentlichem Recht für die Vernachlässigung von Ladungssicherungspflichten verhängt werden kann?

Bei einer vorsätzlichen oder fahrlässigen Vernachlässigung der Ladungssicherungspflicht, die eine Gefährdung von Mensch oder Umwelt in Kauf nimmt, kann Abschnitt 29 StGB zur Anwendung kommen. Es können dann mehrjährige Freiheitsstrafen drohen.

Frage 9: Welche Regelungen enthält Abschnitt 29 StGB?

Abschnitt 29 StGB erfasst Straftaten gegen die Umwelt. Hierzu zählen beispielsweise die „Gewässerverunreinigung“ (§ 324), die „Bodenverunreinigung“ (§ 324a), die „Luftverunreinigung“ (§ 325) und „unerlaubter Umgang mit radioaktiven Stoffen und gefährlichen Gütern“ (§ 328)

Frage 10: Was versteht man unter betriebssicherer Verladung?

Unter einer betriebssicheren Verladung versteht man die Sicherstellung der Verkehrssicherheit während des Transportes. Die Ladung ist beispielsweise so zu verteilen, dass die Sicherheit von Fahrzeugen nicht durch ungünstige Schwerpunktlage gefährdet wird.

Frage 11: Was versteht man unter beförderungssicherer Verladung?

Unter einer beförderungssicheren Verladung versteht man eine Verladung, die sicherstellt, dass das Ladegut unversehrt transportiert werden kann. Im Gegensatz zur betriebssicheren Verladung steht hier der Schutz des Ladegutes im Vordergrund.

Frage 12: Wann kann Abschnitt 29 StGB zur Anwendung kommen?

Eine vorsätzliche oder fahrlässige Vernachlässigung der Ladungssicherungspflicht, die eine Gefährdung von Mensch und Umwelt in Kauf nimmt, kann nach Abschnitt 29 StGB geahndet werden.

Modul 2: Versandbelastungen

LERNZIELE:

- Klärung physikalischer Grundbegriffe.
- Vermittlung der Grundlagen für das Verständnis der physikalischen Zusammenhänge, welche im Zusammenhang mit Versandbelastungen von Bedeutung sind.
- Befähigung des Anwenders, mögliche Belastung zu erkennen und ein Verständnis für die Ursachen und Wirkungsweise von Kräften zu entwickeln.
- Überschlägige Berechnungen der wirkenden Kräfte.
- Realistische Einschätzung der Größenordnung der zu erwartenden Belastungen in Abhängigkeit vom Verkehrsträger.

Entstehung von Versandbelastungen

Der kombinierte Verkehr zeichnet sich dadurch aus, dass Waren und Ladegüter von einem Versandort zu einem Bestimmungsort unter Ausnutzung unterschiedlicher Verkehrsträger transportiert werden. Damit ein rationeller Übergang zwischen den Verkehrsträgern sowie ein problemloser Transport gewährleistet werden können, ist die Verwendung standardisierter Transportbehälter erforderlich. Für den Transport von Stückgütern haben sich Frachtcontainer unterschiedlicher Bauart etabliert.

Auf diese Container und die darin befindlichen Ladegüter wirken während des Transportes dynamische Kräfte, die durch das Verkehrsverhalten der unterschiedlichen Verkehrsträger hervorgerufen werden und zu charakteristischen Versandbelastungen führen.

Beim kombinierten Verkehr sind Container und Ladung auf jedem Transportabschnitt Belastungen unterschiedlicher Intensität ausgesetzt. Um diejenigen Versandbelastungen abfangen zu können, die kritisch für die Sicherheit von Ladung und Umwelt werden könnten, sind bei der Auslegung der Ladungssicherung die einzelnen Versandabschnitte mit den jeweils höchstmöglichen Belastungen zu berücksichtigen.

Dynamische Belastungen während des Transportes durch charakteristische Bewegungen werden in Vielfachen der Erdbeschleunigung g ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$; auch Fallbeschleunigung) angegeben.

Im Folgenden sind neben den horizontalen Beschleunigungen auch vertikale Werte angegeben. Diese Werte werden bei den Berechnungen jedoch nicht beachtet. Experten weisen aber darauf hin, dass die vertikalen Beschleunigungen vorhanden sind und in extremen Situationen großen Einfluss haben können.

Straßentransport

Im Straßentransport werden die höchsten Belastungen durch scharfe Brems- und Ausweichmanöver (bzw. Kurvenfahrten) sowie durch Straßenunebenheiten hervorgerufen. In der Literatur sind unterschiedliche Angaben über die Höhe der maximal zu erwartenden Belastung zu finden (siehe Anhang). Verwendung finden folgende Werte. Beschleunigungen beim LKW-Transport liegen bei 0,8 g [C] in horizontaler Längsrichtung, bei 0,5 g [C] in horizontaler Querrichtung und 1,0 g [C] in vertikaler Richtung nach unten.

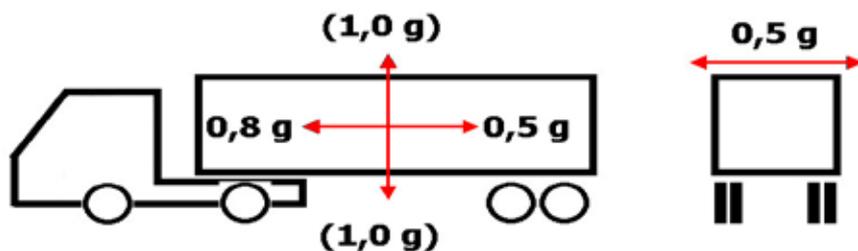


Abbildung 2 Beschleunigungen beim ausschließlichen Straßentransport

Schienentransport

Während des Schienentransportes können erhebliche Belastungen durch Vibrationen, Stöße und ruckartige Richtungsänderungen während der Fahrt über Schienenschwellen und Weichen auftreten. Beim Rangieren auf Bahnhöfen entstehen Rangierstöße als charakteristische Belastung des Schienentransportes. Zum Zusammenstellen von Zügen werden die Waggon über einen „Ablaufberg“ abgerollt. Hierbei werden beim Zusammenkuppeln mit normalen Puffern Beschleunigungen in horizontaler Längsrichtung von bis zu 4,0 g [L] verwendet. Beim Einsatz von Langhubstoßdämpfern wird die Stoßenergie auf einen längeren Zeitraum verteilt. Hier wird mit Belastungen von bis zu 1,0 g [L] gerechnet werden. Für den kombinierten Ladungsverkehr werden geringere Belastungswerte zugesichert. Diese Werte betragen für alle Formen des kombinierten Ladungsverkehrs sowie für den Fahrbetrieb 1,0 g [L] in horizontaler Längsrichtung, 0,5 g [L] in horizontaler Querrichtung und etwa 0,3 g [L] in vertikaler Richtung nach oben.

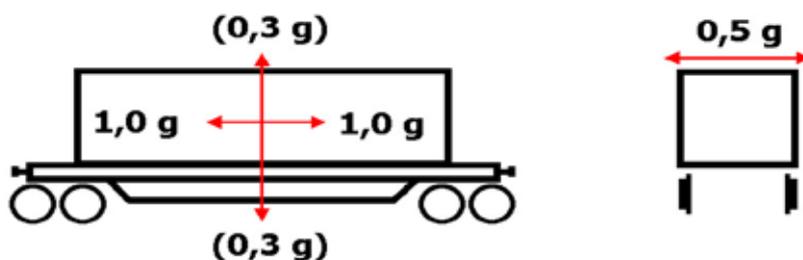


Abbildung 3 Beschleunigungen beim Containertransport auf der Schiene

Seetransport

Beim Seetransport sind die Belastungsmöglichkeiten noch vielfältiger und unberechenbarer als beim Straßen- oder Schienenverkehr. Ein Schiff kann sich im Gegensatz zur Bahn und zum LKW auch horizontal seitwärts bewegen, d.h. es kann „schwören“. Eine horizontale Bewegung in Längsrichtung wird als „wogen“ bezeichnet und die Längsbewegung entlang der vertikalen Achse wird „tauchen“ genannt.

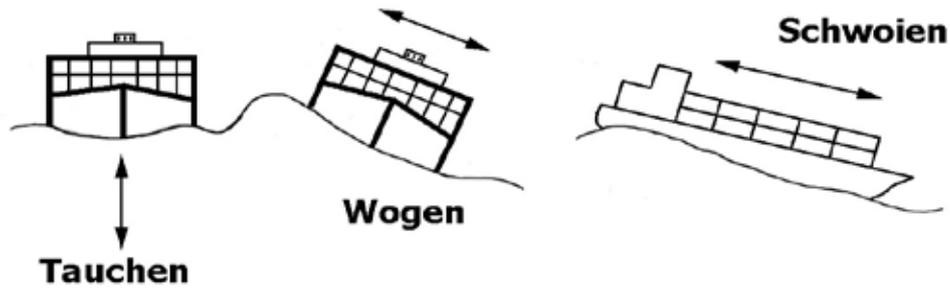


Abbildung 4 Bewegungsmöglichkeiten eines Schiffes 1

Ein Schiff kann aber nicht nur Längsbewegungen entlang der drei Raumachsen vollführen, sondern es führt auch Drehbewegungen um jeden Achse aus. Das Drehen um die Längsachse wird dabei als „rollen“ bezeichnet, das Drehen um die Querachse als „stampfen“ und das Drehen um die Hochachse als „gieren“.

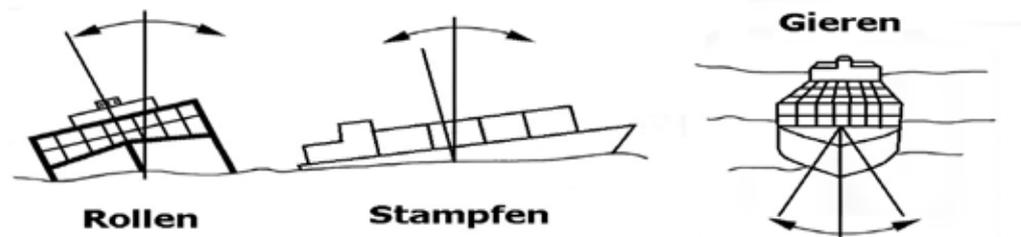


Abbildung 5 Bewegungsmöglichkeiten eines Schiffes 2

Für die Belastungen im Container sind Roll- und Stampfbewegungen am wichtigsten. Bei Schiffen mit hohem Wiederaufrichtvermögen liegen die Rollperioden bei 10 s und darunter. Dabei können Rollwinkel von 30° (im Extremfall bis 40°) erreicht werden. Für die Container und die darin befindliche Ladung bedeutet dies, dass die Ladung im 10 Sekunden-Takt von der linken auf die rechte Seite und wieder auf die linke Seite verschoben würde, wenn keine ausreichende Sicherung vorhanden wäre.

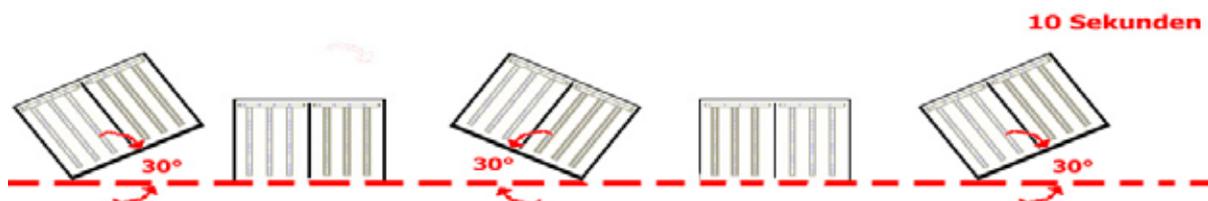


Abbildung 6 Bewegungsvorgang eines Containers beim Rollen eines Schiffes

Dieser Vorgang wiederholt sich in jeder Stunde 360 mal (pro Fahrttag also rund 8600 mal!)

Bei Stampfbewegungen werden Winkel von 5°-8° erreicht, wobei diese Winkel geringer sind, je länger ein Schiff ist, so dass sie bei großen Containerschiffen idR unter 5° liegen. Für den Container gilt, dass die Belastung um so höher ist, je weiter der Container von der Stampfachse entfernt gestaut ist. Ein Container, der in 140 m Entfernung von der Stampfachse gestaut ist, legt bei einem minimalen Stampfwinkel von nur 1° in jeder Stampfperiode von der Ausgangslage 2,4 m nach unten, anschließend 4,8 m nach oben und dann wieder 2,4 m nach unten in die Ausgangslage zurück.

Insgesamt werden schon bei diesem Stampfwinkel also fast 10 Höhenmeter pro Stampfperiode zurückgelegt. Bei einem Stampfwinkel von 3° wird dieser Container in jeder Stampfperiode gut 29 m nach oben und nach unten bewegt und bei einem Stampfwinkel von 5° erhöht sich dieser Wert auf fast 49 m!

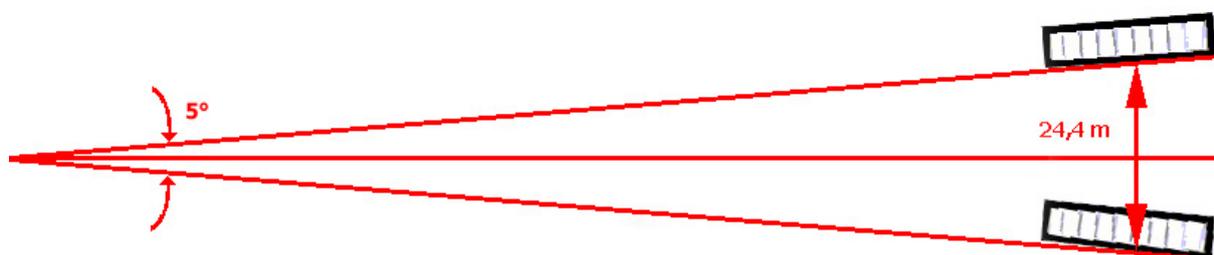


Abbildung 7 Bewegungsvorgang eines Containers beim Stampfen eines Schiffs

Belastungen während des Seetransportes sind also abhängig von der Größe des Schiffes sowie von dem Stauplatz der Container. Daneben spielen der Beladezustand und natürlich die Wetterbedingungen eine große Rolle. Der Verloader kann keine dieser Randbedingungen beeinflussen, daher muss von der ungünstigsten Annahme ausgegangen werden. Man sollte sich immer vor Augen halten, dass der Container während des Seetransportes nicht mehr zugänglich ist und Ladungssicherungsmaßnahmen daher auch nicht mehr nachgebessert werden können. Außerdem treten Belastungen wesentlich häufiger auf als bei anderen Verkehrsträgern.

Neben den oben beschriebenen Belastungen treten noch Vibrationen durch Maschinen- und Schiffsschrauben sowie Stöße durch „Wellenschlag“, d.h. durch das harte Einsetzen des Schiffes in die See, auf. Da die Belastung beim Seetransport wegen der vielen variierenden Randbedingungen weniger genau vorhersehbar sind als bei anderen Transportarten, sollte gerade bei der Beladung und Sicherung von Containern für den Seetransport immer von den ungünstigsten Voraussetzungen ausgegangen werden. Beim Transport wird mit Werten für die Beschleunigungen in den einzelnen Richtungen gerechnet, die in der folgenden Abbildung zu sehen sind:

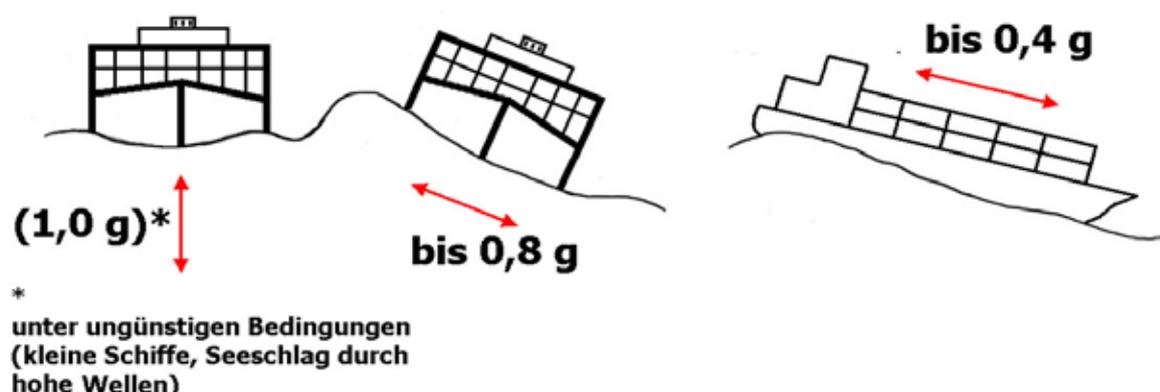


Abbildung 8 Beschleunigungen im Seeverkehr [A]

Die Anhaltswerte für die Beschleunigungen sind zwar in Richtung der Raumachse angegeben, sie werden aber nicht etwa durch die entsprechenden Längsbewegungen des Schiffes entlang dieser Achsen verursacht, sondern sind in erster Linie auf Rollen und Stampfen zurückzuführen.

Umschlag

Eine besondere Rolle kommt dem Containerumschlag im kombinierten Verkehr zu. Durch die Umsetzvorgänge der Container wird ein Transport mit unterschiedlichen Verkehrsträgern erst möglich gemacht. Zu Umschlagszwecken werden die Container mit Containerbrücken und Van-Carriern aufgenommen und verfahren. Beim Absetzen der Container auf dem Kaigelände oder im Schiffsrumpf treten Absetzstöße in vertikaler Richtung und beim Einfädeln in das Gestänge der Beladeschächte treten Stoßbelastungen in vertikaler und horizontaler Richtung auf. Weiterhin werden Container während des Aufnehmens mit der Brücke in vertikaler und horizontaler Richtung beschleunigt.

Abschließend soll betont werden, dass sämtliche Belastungen, die auf den Container wirken, in gleicher Weise auch auf das Ladegut wirken.

Zusammenfassung der Beschleunigungswerte

Zusammenfassend sind in der folgenden Tabelle noch einmal Anhaltswerte für maximale Belastungen dargestellt, die bei den einzelnen Versandabschnitten zu erwarten sind:

Transportmittel	Horizontale Beschleunigung			Vertikale Beschleunigung	
	In Fahrtrichtung	Entgegen der Fahrtrichtung	Quer zur Fahrtrichtung	Nach oben	Nach unten
Straßenfahrzeuge (LKW)	0,8 g	0,5 g	0,5 g	k.A.	1,0 g
Schienenfahrzeuge ¹	4,0 g	1,0 g	0,5 g	0,3 g	k.A.
Schienenfahrzeuge ²	1,0 g	1,0 g	0,5 g	0,3 g	k.A.
Seeschiff	0,4 g	0,4 g	0,8 g	k.A.	k.A.

Tabelle 1 Maximale Beschleunigung bei den einzelnen Verkehrsträgern

Vor der Beladung sollte bekannt sein, mit welchen Verkehrsträgern der Transport durchgeführt wird. Wenn dies nicht bekannt ist, muss die Ladung so gesichert sein, dass ein gefahrloser Transport mit allen Verkehrsträgern möglich ist.

Transport- und Umschlag-Belastungen beim Containerversand

Transport- und Umschlag-Belastungen (TU-Belastungen) sind ursächlich für Schäden an Ladegütern.

Man unterscheidet generell 3 Arten von Belastungen:

1. Mechanische Belastungen
2. Klimatische Belastungen
3. Biotische Belastungen (biotisch = lebenden Ursprungs)

Für die Ladungssicherung im Container sind die mechanischen und klimatischen Belastungen relevant.

Mechanische Belastungen

Mechanische Belastungen unterscheidet man in:

- Statische Belastungen
- Dynamische Belastungen

Statische Belastungen sind beim Containertransport Stapelstauchbelastungen der Ladegüter beim Übereinanderstapeln und für den Container Druckbelastungen auf den Containerboden. Statische Belastungen wirken nur im Zustand der Ruhe, d.h. bei Standzeiten der Container. Statische Belastungen werden bei Transport- und Umschlag-Belastungen durch dynamische Komponenten überlagert.

Dynamische Belastungen sind ursächlich für das Rutschen von Ladegütern und Veränderung der Druckbelastungen. Die Ursache für Schäden an Ladegütern sind Bewegungen dieser Ladegüter innerhalb des Containers. Ladungssicherung ist eine Maßnahme, um diese Bewegungen zu verhindern.

Dynamische Belastungen werden im mehrfachen der Erdbeschleunigung angegeben. Die Erdbeschleunigung beträgt $9,81 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ g}$.

Bei Transport- und Umschlag-Prozessen treten ebenfalls Geschwindigkeitsänderungen pro Zeit (also Beschleunigungen) auf.

LKW = Anfahren, Abbremsen, Kurvenfahrt

Bahn = Rangieren, Anfahren, Abbremsen, Kurvenfahrt

Schiff = Rollen, Stampfen, Gieren

Umschlag = Absetzen, Abbremsen, Anheben

Aus diesen Geschwindigkeitsänderungen resultieren Beschleunigungskräfte die auf den Container und die Ladegüter im Container einwirken. Die Beschleunigungskräfte wirken dann horizontal und/oder vertikal.

Nach neuen Messungen im Rahmen eines Forschungsvorhabens der BAM ergeben sich Eckwerte von Beschleunigungsbelastungen, für die beim kombinierten Containertransport in Frage kommenden Transportmittel, die die Angaben von Beschleunigungen für diese Transportmittel in einschlägigen Richtlinien/Empfehlungen, wie die VDI-Richtlinie 2700 [C] oder die CTU-Packrichtlinien [A], gut abdecken.

Richtung	g	m/s ²
In/entgegen Fahrtrichtung	1,0	9,81
Quer zur Fahrtrichtung	0,8	7,8
Vertikal nach oben/unten	0,8/1,8	7,8/17,66

Tabelle 2 Beschleunigungen beim kombinierten Containertransport

Klimatische Belastungen

Klimatische Belastungen im Container sind Temperatur- und Feuchtigkeitsbelastungen.

Klimatische Belastungen können einen Einfluss auf die Festigkeit von Ladungssicherungsmaßnahmen im Container haben.

Container sind geschlossene Transportgefäße. Ein Anspruch des Verladere an einen Container ist:

- Der Container muss regen- und seewasserdicht sein.

Diese Anforderung gilt für alle geschlossenen und unbelüfteten Standardcontainer. Im Umkehrschluss bedeutet diese Anforderung, dass Feuchte, die mit den hygroskopischen (wasseranziehenden) Packstoffen und mit dem Ladungssicherungsmaterial (Holz) in den Container eingepackt wird, während der gesamten Transport- und Lagezeit im Container wirken kann. Die Temperaturschwankungen hervorgerufen durch Tag-Nacht-Wechsel oder beim Durchfahren von Klimazonen führen zu Veränderungen der Materialfeuchten hygroskopischer Ladungssicherungsmittel und damit zu Änderungen von Abmessungen und Festigkeiten.

Biotische Belastungen

Biotische Belastungen sind für die eigentliche Ladungssicherung eher unbedeutend. Für die Auswahl und Qualität von Ladungssicherungsmaterialien aus Holz auch in Verbindung mit Temperaturen und Materialfeuchten sowie Einfuhrbeschränkungen verschiedener Staaten können Probleme entstehen.

Kritische Versandbelastungen und Bewegung

Von kritischer Versandbelastung kann gesprochen werden, wenn aufgrund der oben beschriebenen Belastungen während des Versandprozesses Kräfte wirken, die zu unkontrollierten Bewegungen des Ladegutes und in der Folge zu einer Beschädigung des Ladegutes oder zu einer Gefährdung für Mensch und Umwelt führen.

Daher spielt die Bewegungsmöglichkeit des Ladegutes im Versandprozess eine entscheidende Rolle. Die Bewegung wird dabei immer auf das direkte Umgebungssystem des Ladegutes bezogen.

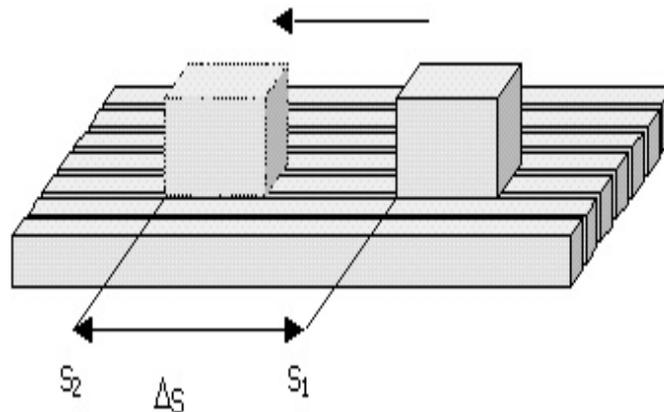


Abbildung 9 Bewegung eines Körpers

Im Fall des Containertransportes bedeutet das: Um die Auswirkungen von Versandbelastungen auf ein Ladegut zu erfassen, ist die Bewegung des Ladegutes relativ zum Container entscheidend und nicht etwa die Bewegung des Versandmittels, welches den Container transportiert. Eine Beschädigung des Ladegutes bzw. eine Gefährdung von Mensch und Umwelt kann von den Kräften ausgehen, welche wirken, wenn die Bewegung des Ladegutes abrupt zum Stillstand gebracht wird.

Anders ausgedrückt: Eine Beschädigung von Ladegütern aufgrund von Versandbelastungen entsteht durch Stoßkontakt mit der Containerwand bzw. dem Containerboden oder mit anderen Ladeeinheiten. Diese Stoßvorgänge können nur auftreten, wenn dem Ladegut genügend Bewegungsspielraum zur Verfügung steht.

DER BEWEGUNGSSPIELRAUM DES LADEGUTES MUSS GERING GEHALTEN WERDEN.

Insbesondere im Straßenverkehr ist außerdem zu berücksichtigen, dass die unkontrollierte Bewegung des Ladegutes zu einer gefährlichen Verlagerung des Schwerpunktes im Container und damit zu einer kritischen Beeinträchtigung der Fahrstabilität führen kann.

Geschwindigkeit und Beschleunigung

Geschwindigkeit

Die Durchschnittsgeschwindigkeit v beschreibt den Weg s (in Meter), der in einer bestimmten Zeit (t in Sekunden) zurückgelegt wird.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \text{ [m / s]}$$

Gleichung 1

Für die Umrechnung von km/h in m/s ist die Geschwindigkeit durch den Faktor 3,6 zu dividieren. Ein Fahrzeug, welches sich konstant mit 50 km/h fortbewegt, legt also

$$v = \frac{50}{3,6} = 13,9 \text{ [m / s]}$$

Gleichung 2

zurück.

Beschleunigung

Eine Beschleunigung bewirkt eine Veränderung der Geschwindigkeit in einem bestimmten Zeitraum.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ [m / s}^2\text{]}$$

Gleichung 3

Wenn das Fahrzeug in 5 Sekunden gleichmäßig von 0 auf 13,9 m/s (also 50 km/h) beschleunigt, so tritt eine Beschleunigung von

$$a = \frac{13,9}{5} = 2,8 \text{ [m / s}^2\text{]}$$

Gleichung 4

auf.

Würde das Fahrzeug 10 Sekunden lang mit 2,8 m/s² beschleunigen, dann wäre es am Ende mit 100 km/h natürlich doppelt so schnell.

In Bezug auf die Ladungssicherung heißt das: Je größer der Weg ist, den ein beschleunigtes Ladegut zurücklegt, desto größer ist die Geschwindigkeit des Ladegutes am Ende dieses Weges. Auch hier zeigt sich, dass der Bewegungsspielraum des Ladegutes gering gehalten werden sollte!

Änderungen der Geschwindigkeit sind natürlich auch in die anderen Richtungen möglich und spielen hier oft eine viel wichtigeren Rolle. Wenn das obige Fahrzeug in 5 Sekunden von 50 km/h auf 0 km/h abbremst, wirkt ebenfalls die Beschleunigung von 2,8 m/s². Wenn Ladegüter, die in Bewegung geraten sind, abgebremst werden, dann geschieht dies meist etwas unsanfter (z. B. durch die Containerwand) und in wesentlich kürzerer Zeit. Wird ein Körper aus der gleichen Geschwindigkeit (50 km/h) nicht in 5 Sekunden, sondern innerhalb von nur 0,1 Sekunden zum Stillstand gebracht, so wirkt eine Beschleunigung, die um den Faktor 50 höher ist (138 m/s² \approx 14 g) als die 2,8 m/s² aus dem Beispiel und die erhebliche Schäden hervorgerufen kann.

Querbeschleunigung

Beschleunigungen können nicht nur in Längsrichtung, sondern auch in Querrichtung an Körpern wirken. Obwohl jeder die Wirkung von Querbeschleunigung schon im täglichen Leben erfahren hat (beispielsweise in Fahrgeschäften auf Jahrmärkten), ist die Vorstellung davon, wie Querbeschleunigungen zustande kommen, etwas abstrakter, als bei Beschleunigungen in Längsrichtung. Sie ist aber hilfreich für das Verständnis von Ladungssicherung.

Querbeschleunigungen entstehen bei $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ [m/s] ung von Körpern, also etwa auch bei Kurvenfahrten von Fahrzeugen. Wenn $v = \frac{50}{3,6} = 13,9$ [m/s] auf einer Kreisbahn bewegt (man stelle sich eine an einem Seil befestigte Kugel auf einer sich drehenden Scheibe vor), so wird dieser Körper konstant zum Kreismittelpunkt hin beschleunigt. Diese Beschleunigung wird durch eine Kraft erzeugt, die in Richtung Kreismittelpunkt wirkt (im Beispiel der Kugel übt das befestigte Seil die Kraft aus). Von dem Moment an, von dem keine Beschleunigung zum Kreismittelpunkt hin stattfinden würde, würde sich die Kugel geradeaus bewegen und die Kugel wäre zum Zeitpunkt t_2 nicht mehr auf der Kreisbahn. Die Beschleunigung, die dieses Verhalten bewirkt, wird Zentripetalbeschleunigung genannt. Sie stellt keine Änderung des Geschwindigkeitsbetrages, sondern eine Änderung der Richtung der Geschwindigkeit dar.

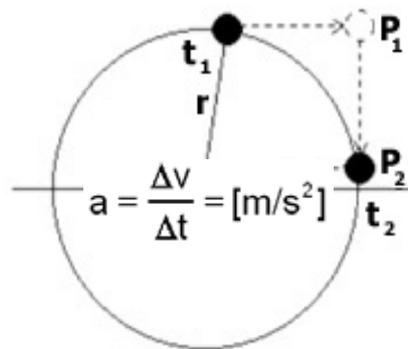


Abbildung 10 Kreisbewegungen

Die Zentripetalbeschleunigung $a_{\text{que}} = \frac{v^2}{r}$ [m/s²] berechnet sich nach der Formel $a = \frac{13,9}{5} = 2,8$ [m/s²].

$$a_{\text{quer}} = \frac{v^2}{r} \text{ [m / s}^2\text{]}$$

Gleichung 5

Auch bei der Kreisbewegung wirken Beschleunigungen in zwei Richtungen. Die der Zentripetalbeschleunigung entgegengesetzt wirkende Beschleunigung, die das Bestreben hat die Kugel nach außen zu drücken, wird Zentrifugalbeschleunigung genannt. Damit ein Körper auf einer Kreisbahn bleibt, muss also eine nach innen gerichtete Beschleunigung (die Zentripetalbeschleunigung) wirken, die ebenso groß sein muss, wie die nach außen gerichtete Beschleunigung (Zentrifugalbeschleunigung).

Das gleiche gilt natürlich auch für Fahrzeuge, die eine Kurve durchfahren oder für Ladeeinheiten, die auf einem solchen Fahrzeug transportiert werden. Hier ist es die Aufgabe der Ladungssicherung dafür zu sorgen, dass Zentripetalkräfte (zum Beispiel in Form von Reibkräften) wirken, die stark genug sind, um ein Verrutschen der Ladeeinheit bei Querschleunigung zu verhindern.

Wenn ein Fahrzeug beispielsweise eine Kurve mit einem Radius von 30 m mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit von 33 km/h durchfährt, dann kann die Beschleunigung wie folgt berechnet werden:

Die Geschwindigkeit von 33 km/h entspricht:

$$v = \frac{33}{3,6} = 9,17 \text{ [m / s]}$$

Gleichung 6

Damit wirkt eine Querschleunigung

$$a_{\text{quer}} = \frac{9,17^2}{30} = 2,8 \text{ [m / s}^2\text{]}$$

Gleichung 7

Dies ist der gleiche Beschleunigungswert wie bei der Beschleunigung in Längsrichtung aus dem vorigen Beispiel, wenn das Fahrzeug in 5 Sekunden von 0 auf 50 km/h beschleunigt.

In Abhängigkeit der Wirkrichtung der Beschleunigung zur Fahrtrichtung wird also zwischen Längsbeschleunigung und Querschleunigung unterschieden, außerdem treten Beschleunigungen (bei Stößen) auch in vertikaler Richtung auf. Zusammen mit der Masse lassen sich aus den Beschleunigungen die Kräfte berechnen, die am Ladegut angreifen.

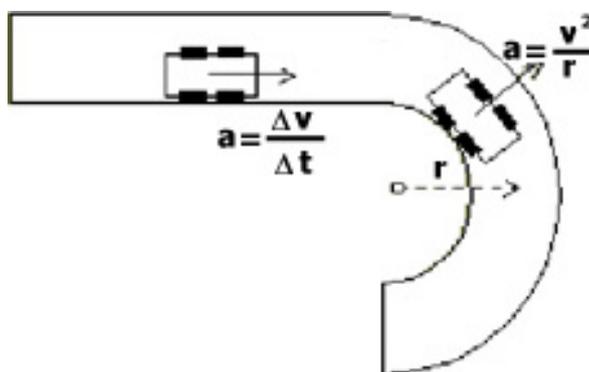


Abbildung 11 Beschleunigungen bei der Kurvenfahrt

Massen, Kräfte und Momente

Beschleunigungen werden von Kräften verursacht. Damit diese Kräfte an Körpern wirken können, müssen Massen vorhanden sein, an denen die Kräfte angreifen können. Als träge Masse wird die Eigenschaft von Körpern bezeichnet, sich einer Beschleunigung zu widersetzen.

Das Prinzip von Körpern, ihren Bewegungszustand beizubehalten, wird als Trägheitsprinzip bezeichnet und wurde von Sir Isaac Newton (1643-1727) in seinem ersten Newtonschen Axiom wie folgt formuliert:

„Ein Körper bleibt in Ruhe oder bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit weiter, wenn keine resultierende äußere Kraft auf ihn wirkt.“

Die Trägheit von Körpern ist die Ursache für die Notwendigkeit Ladungen zu sichern. Wenn sich beispielsweise ein Container mit Ladegut mit konstanter Geschwindigkeit fortbewegt und der Container abrupt abgebremst wird, so würde ohne träge Masse auch das Ladegut sofort zum Stillstand kommen. Aufgrund seiner Trägheit hat das Ladegut aber das Bestreben seine Bewegungsrichtung (die Vorwärtsbewegung) beizubehalten und es kommt zu einer Verschiebung in Fahrtrichtung. Die Vorwärtsbewegung wird lediglich gestoppt, weil der Trägheitskraft andere Kräfte entgegenwirken.

Massenträgheitskraft

Ein Körper mit einer trägen Masse ändert seine Geschwindigkeit also nur, wenn eine Kraft angreift. Daher bezeichnet man das Produkt aus Masse und Beschleunigung als Massenträgheitskraft

$$F_a = m \cdot a \text{ [N]}$$

Gleichung 8

Die Kraft F_a ist diejenige Kraft, welche die träge Masse m mit der Beschleunigung a beschleunigt. Die Einheit der Kraft (kg m/s^2) fasst man zu der Bezeichnung Newton (N) zusammen. Die Erkenntnis, dass sich die Beschleunigung einer Masse in dem Verhältnis ändert, in dem sich die resultierende Kraft ändert, wird auch als zweites Newtonsches Axiom bezeichnet. Die Einheit 1 Newton entspricht daher jener Kraft, die benötigt wird, um die Masse 1 kg auf 1 m/s^2 zu beschleunigen. Im Bereich der Ladungssicherung wird oft vereinfacht mit der Einheit Dekanewton (daN; deka (griech.) = zehn) gearbeitet, wenn auf die Gewichtskraft Bezug genommen wird.

Die obige Definition der Kraft ist allgemein gültig. Auch die Querbeschleunigungskraft F_{aq} lässt sich aus dem Produkt von Masse und Beschleunigung bestimmen. Hier ist lediglich die Querbeschleunigung einzusetzen:

$$F_{aq} = m \cdot \frac{v^2}{r} \text{ [N]}$$

Gleichung 9

Während des Versandprozesses wirken unterschiedliche Kräfte auf Ladegüter ein, deren Ursache die bereits besprochenen Versandbelastungen sind. Die wirksamen Kräfte unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Wirkungsrichtung und Intensität.

Wenn sich entgegengesetzt wirkende Kräfte gegenseitig aufheben, bleibt das Ladegut im Ruhezustand. Sofern sich entgegengesetzt wirkende Kräfte nicht gegenseitig aufheben, wirkt auf das Ladegut eine resultierende Kraft ein, welche eine Beschleunigung hervorruft. Wenn das Ladegut beschleunigt wird, ändert sich die Geschwindigkeit des Ladegutes vom Stillstand im Container auf einen Wert ungleich Null. Das Ladegut gerät in Bewegung.

DAMIT SICH EIN LADEGUT IN BEWEGUNG SETZEN KANN, MUSS EINE RESULTIERENDE KRAFT WIRKEN.

Diese aus den Newtonschen Axiomen folgenden Erkenntnisse sind auch für die Ladungssicherung von entscheidender Bedeutung, denn sie besagen im Umkehrschluss, dass die Bewegung des Ladegutes verhindert werden kann, wenn Kräfte aufgebracht werden, die den im Versandprozess angreifenden Kräften entgegenwirken. Nach ihrer Wirkungsweise können daher Beschleunigungskräfte und Ladungssicherungskräfte unterschieden werden. Beschleunigungskräfte haben das Bestreben, das Ladegut in Bewegung zu setzen, während Ladungssicherungskräfte dazu beitragen, eine Bewegung zu verhindern.

Gewichtskraft

Die in vertikaler Richtung wirkende Beschleunigungskraft wird Gewichtskraft (F_G) genannt und beschreibt die Kraft, die dadurch entsteht, dass jede Masse zum Mittelpunkt der Erde hin beschleunigt wird. Sie ist senkrecht zum Erdmittelpunkt gerichtet. Dabei wirkt die sog. Erdbeschleunigung g mit $9,81 \text{ m/s}^2$.

$$F_G = m \cdot g \text{ [N]}$$

Gleichung 10

Die in Gleichung 10 angegebene Masse ist charakteristisch für die Schwere des Körpers und wird daher als „schwere“ Masse bezeichnet.

Im Zusammenhang mit Versandbelastungen spielt die Erdbeschleunigung g eine wichtige Rolle. Um eine Vorstellung von der Größenordnung des Vergleichsmaßes $1 g$ zu erhalten, stelle man sich eine in horizontale Richtung wirkende Beschleunigung vor. Dann würde sich ein Wert von $1 g$ bei einer Beschleunigung eines Fahrzeuges von 0 km/h auf 100 km/h in weniger als 3 Sekunden ergeben.¹

Vereinfacht ist es zulässig mit einer Näherung der Erdbeschleunigung von 10 m/s^2 zu rechnen. Dabei stellt man fest, dass beispielsweise auf eine Masse von 100 kg eine Gewichtskraft von

$$F_G = 100 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1000 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1000 \text{ N}$$

Gleichung 11

wirkt.

Wenn anstelle der Einheit Newton die Einheit Dekanewton verwendet wird, so kann man sagen, dass auf die Masse von 100 kg eine Kraft von 100 daN ($= 10 \times 100 \text{ N}$) wirkt.

WIRD MIT DER FALLBESCHLEUNIGUNG GERECHNET, SO ENTSPRICHT DIE KRAFT IN DEKANEWTON DER MASSE IN KG.

In Zusammenhang mit der Fallbeschleunigung wird bei der Ladungssicherung oft mit der Einheit daN gerechnet.

¹ $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{100 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{2,83\text{s}} = \frac{100 \cdot 1000\text{m}}{2,83\text{s} \cdot 3600\text{s}} = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Reibkraft

Wenn man versucht ein Ladegut auf einer Fläche zu verschieben, so muss ein Mindestmaß an Kraft aufgebracht werden, damit sich die Ladung überhaupt in Bewegung setzt. Diese Kraft ist zur Überwindung der Haftreibung erforderlich. Auch wenn sich das Ladegut in Bewegung gesetzt hat, ist eine Reibungskraft zu überwinden, damit die Bewegung beibehalten wird. Diese Kraft ist geringer als die Haftreibungskraft und wird Gleitreibungskraft genannt.

Man kann sich die Entstehung der Haftreibungskraft erklären, indem man sich vor Augen hält, dass Oberflächen niemals ganz glatt sind, sondern sich bei stark vergrößerter Betrachtung ineinander verzahnen. Um die Körper gegeneinander zu verschieben, muss eine horizontale Kraft angreifen, die stark genug ist, um die Verzahnung so auseinander zu drücken, dass die Oberflächen übereinander gleiten können. Die Stärke dieser Verzahnung ist von der Gewichtskraft F_G abhängig, d.h. der Kraft, mit der die Oberflächen aufeinander gedrückt werden. Außerdem spielen die Berührungsmaterialien sowie der Zustand der Oberfläche eine Rolle. So verhält sich Holz auf Holz anders als Metall auf Beton. Es macht weiterhin einen Unterschied, ob die Berührungsflächen fettig, trocken, staubfrei, nass oder vereist sind.

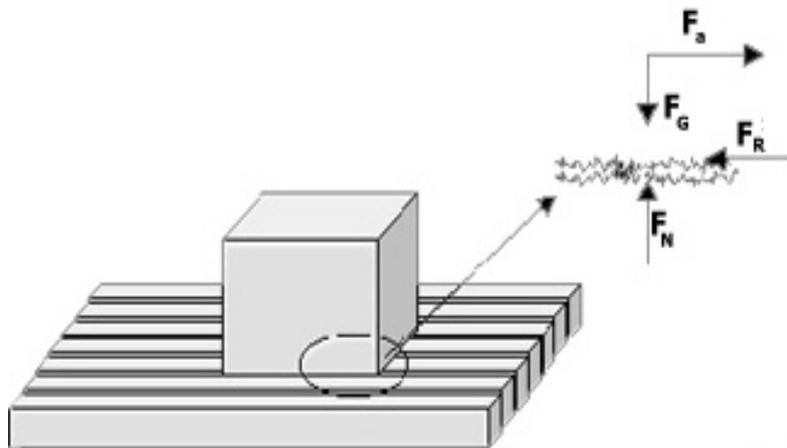


Abbildung 12 Reibkraft

Die Reibungskraft wirkt der Massenträgheitskraft und damit der Bewegung des Ladegutes entgegen. Sie wird daher zu den Ladungssicherungskräften gezählt.

EINE VERBESSERUNG DER LADUNGSSICHERUNG LÄSST SICH DURCH EINE ERHÖHUNG DER REIBKRAFT ERREICHEN.

Der Einfluss der Oberflächenstruktur und Oberflächenbeschaffenheit wird durch den Gleitreibungskoeffizient μ erfasst, der experimentell ermittelt werden kann und für den Anhaltswerte aus Tabellen entnommen werden können. Die Reibkraft F_R lässt sich daher leicht mit dem Gleitreibungskoeffizient μ und der Gewichtskraft berechnen:

$$F_R = \mu \cdot F_G = \mu \cdot m \cdot g \text{ [N]}$$

Gleichung 12

Bei der Ladungssicherung darf grundsätzlich nur der kleinere Gleitreibungskoeffizient in die Gleichung eingesetzt werden, da das Ladegut aufgrund vertikaler Beschleunigungen vibriert und nicht davon ausgegangen werden kann, dass eine feste Haftung zwischen Ladegut und Boden vorliegt. Gleitreibungskoeffizienten können für unterschiedlichste Materialpaarungen der Literatur entnommen werden. In Tabelle 3 sind die gängigsten Gleitreibungskoeffizienten

enthalten. Weitere Koeffizientenwerte sind im Anhang wiedergegeben (s. Anhang Tabelle 21). Die Größenordnung dieser Werte sollte jedem, der mit Ladungssicherung befasst ist, bekannt sein.

Reibpartner	Gleitreibungskoeffizient bei folgendem Oberflächenzustand der Reibpartner		
	trocken	nass	fettig
Holz ↔ Holz	0,20 – 0,50	0,20 – 0,25	0,05 – 0,15
Metall ↔ Holz	0,20 – 0,50	0,20 – 0,25	0,02 – 0,10
Metall ↔ Metall	0,10 – 0,25	0,10 – 0,20	0,01 – 0,10
Beton ↔ Holz	0,30 – 0,60	0,30 – 0,50	0,10 – 0,20

Tabelle 3 Gleitreibungskoeffizienten [D]

Die angegebenen Werte sind für die Berechnung anwendbar. Für genauere Ansätze oder für andere Materialien lassen sich die Gleitreibungskoeffizienten experimentell ermitteln.

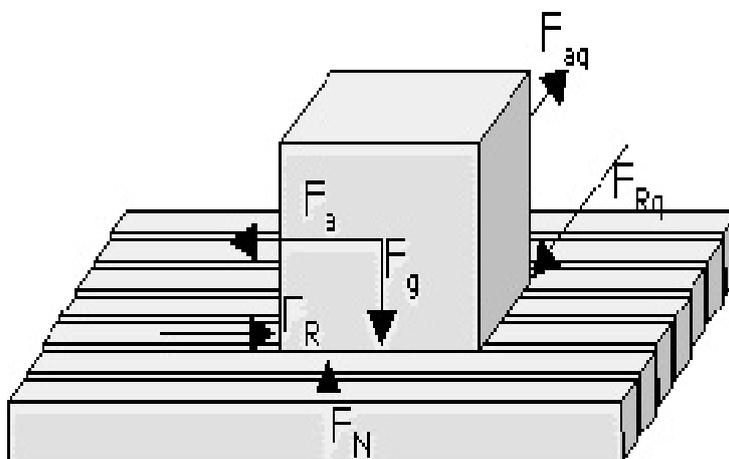


Abbildung 13 Kräfte an einem Körper

In Abbildung 13 sind die bisher behandelten Kräfte eingezeichnet. Aus der Abbildung geht hervor, dass Kräfte grundsätzlich paarweise angreifen (jede Kraft erzeugt eine Gegenkraft, die allerdings immer auf einen anderen Körper wirkt).

Sämtliche Beschleunigungskräfte greifen im Schwerpunkt des Körpers an. Der oben gezeigte Körper kann sich nur in Bewegung setzen, wenn die Massenträgheitskräfte F_a bzw. F_{aq} größer sind als F_R . Da es Aufgabe der Ladungssicherung ist, eine Bewegung der Ladung zu verhindern, muss die Differenz zwischen F_a und F_R von einer Sicherungskraft F_s abgefangen werden.

DIE DIFFERENZ ZWISCHEN DER MAXIMAL ZU ERWARTENDEN HORIZONTALEN BESCHLEUNIGUNGSKRAFT UND DER REIBKRAFT MUSS DURCH LADUNGSSICHERUNGSMITTEL AUFGEBRACHT WERDEN.

Um auszurechnen, welche Sicherungskräfte erforderlich sind, um eine Ladungssicherung gegen Verrutschen zu sichern, ist also wie folgt vorzugehen:

Eine Paletteneinheit mit einer Masse von 600 kg ist in einem Container für den Straßentransport in horizontaler Längsrichtung zu sichern. Hierfür sind Belastungen in Höhe von 1,0 g zu erwarten. Für den Gleitreibungskoeffizient wird $\mu = 0,2$ angenommen. Als Ladungssicherungskraft wirkt dann die folgenden Reibkraft:

$$F_R = m \cdot \mu \cdot g = 0,2 \cdot 600 \cdot 10 = 1200 \text{ [N]}$$

Gleichung 13

oder 120 daN.

Die maximale Beschleunigungskraft, die auf das Ladegut wirkt, beträgt:

$$F_a = m \cdot a = 600 \cdot 10 = 6000 \text{ [N]}$$

Gleichung 14

oder 600 daN.

Die Ladung ist also mit mindestens

$$F_S = F_a - F_R = 6000 - 1200 = 4800 \text{ [N]}$$

Gleichung 15

bzw. 480 daN zu sichern.

Für die Berechnung wurde 1,0 g mit 10 m/s² angesetzt. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass die erforderlichen Kräfte mit ein wenig Übung sehr leicht im Kopf auszurechnen sind. Somit sollte jeder, der mit der Verladung von Gütern betraut ist, in der Lage sein die erforderliche Sicherungskraft F_S überschlägig zu berechnen. Die überschlägige Rechnung mit 1,0 g = 10 m/s² ist vertretbar, da man sich bei diesem Ansatz bezüglich der erforderlichen Sicherungskräfte auf der „sicheren Seite“ befindet, wenn bei allen Kräften die Beschleunigungen in g angegeben werden.

Wie beeinflusst die Größe der Berührungsflächen die Reibung?

Als dargestellt wurde, dass die Reibung von der Größe der Gewichtskraft abhängig ist, wurde nicht weiter ausgeführt, dass die Größe der Reibung proportional zur Berührungsfläche und proportional zur Kraft pro Flächeneinheit ist. Die Größe der Oberfläche spielt daher keine Rolle, da das Produkt aus der Fläche A und der Kraft pro Flächeneinheit (F/A) unabhängig von der Fläche ist. Die Größe der Oberflächen beeinflusst die Reibung nicht.

EINE GROSSE BERÜHRUNGSFLÄCHE IST NICHT GLEICHBEDEUTEND MIT MEHR REIBUNG ZWISCHEN DEN FLÄCHEN.

Eine Reibkraftherhöhung lässt sich also durch eine Erhöhung des Gleitreibungskoeffizienten (z. B. trockene, fettfreie Oberflächen oder durch reibkraftherhöhende Zwischenlagen) sowie durch eine Erhöhung der vertikalen Kraftkomponenten erreichen. Entsprechende Ladungssicherungsmaßnahmen, wie z. B. das Niederzurren, dienen daher auch der Erhöhung der Reibkraft.

Um ein Verrutschen der Ladegüter zu verhindern, sind die horizontalen Beschleunigungskräfte maßgebend. Beschleunigungskräfte in vertikaler Richtung könnten in Form von Vibrationen beispielsweise ein Wandern der Ladegüter bewirken. Allerdings besteht eine ausreichende Sicherung gegen dieses Verhalten, sofern Ladungssicherungsmaßnahmen für horizontale Maximalkräfte ausgelegt sind (z. B. durch Niederzurren).

Kippvorgänge

Beschleunigungskräfte, die an Ladegütern angreifen, haben das Bestreben, die Ladegüter in Bewegung zu setzen. Sofern die Ladegüter ausreichend gegen Verrutschen gesichert sind, entsteht ein Kippmoment, welches dahin wirkt, den Körper um seine Kippkante zu kippen.

Insbesondere bei Kippvorgängen ist die Lage des Schwerpunktes eines Körpers von Bedeutung. Bei gleichmäßig gefüllten, homogenen Einheiten (beispielsweise bei aus Kisten einer Art bestehenden palettierten Ladeeinheiten) liegt der Schwerpunkt im geometrischen Mittelpunkt. Bei unregelmäßigen Körpern (z. B. Maschinenbauteil) liegt der Schwerpunkt in der Regel nicht im geometrischen Mittelpunkt. Da die als Kippkraft wirkende Massenträgheitskraft (F_a) im Schwerpunkt (S) eines Körpers angreift, entsteht senkrecht dazu in Richtung der Standfläche ein Hebelarm (h_k) der Kippkraft.

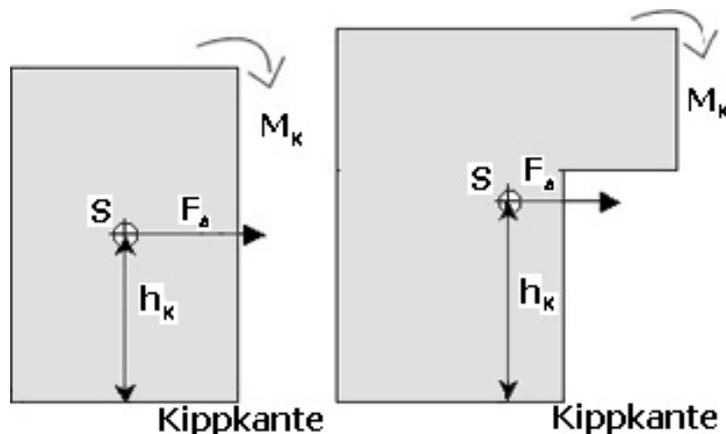


Abbildung 14 Kippmoment

Das Produkt aus Hebelarm h_k und Beschleunigungskraft F_a wird als Kippmoment M_k bezeichnet:

$$M_k = F_a \cdot h_k \text{ [Nm]}$$

Gleichung 16

Das Kippmoment ist um so größer, je größer die Beschleunigung ist und je höher der Schwerpunkt liegt.

JE HÖHER DER SCHWERPUNKT, DESTO GRÖßER IST DAS KIPPMOMENT.

Dem Kippmoment entgegengesetzt wirkt ein Standmoment M_s . Bei dem Standmoment wirkt die Gewichtskraft F_G als Beschleunigungskraft. Den Hebelarm (h_s) des Standmomentes bildet der Abstand des Schwerpunktes zu der an die Kippkante angrenzenden Seitenfläche.

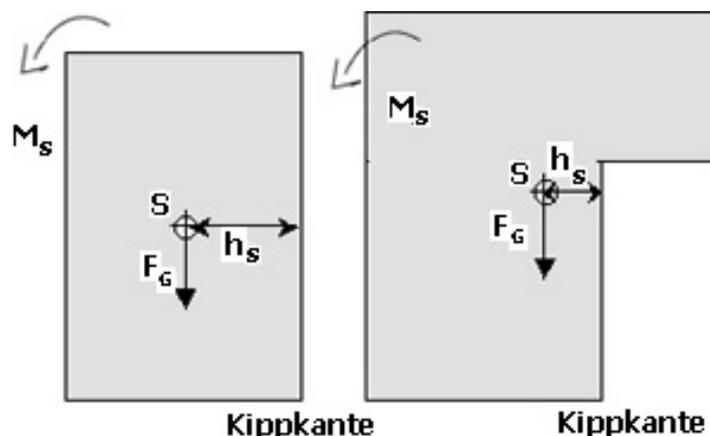


Abbildung 15 Standmoment

$$M_s = F_G \cdot h_s \text{ [Nm]}$$

Gleichung 17

Eine Kippgefahr für ein Ladegut besteht immer dann, wenn das Kippmoment größer ist als das Standmoment. Das Kippmoment ist von der Höhe des Schwerpunktes (dem Hebelarm) und von der Beschleunigungskraft abhängig. Für ein Ladegut ist der Hebelarm h_k in Längsrichtung der gleiche wie in Querrichtung, da sich der Abstand vom Boden nicht verändert. Insofern wirkt in Längs- und Querrichtung jeweils ein anderes Kippmoment, wenn sich die maximalen Beschleunigungskräfte unterscheiden.

Beim Standmoment ist dagegen die Beschleunigungskraft in Längs- und Querrichtung gleich (es wirkt jeweils die Gewichtskraft), es kann aber je nach Schwerpunktlage ein unterschiedlicher Hebelarm h_s wirken. Hier gilt:

JE KLEINER DER ABSTAND VON DER KIPPKANTE, DESTO GERINGER IST DAS STANDMOMENT.

Beispiel: Der Schwerpunkt eines Ladegutes ($m=1000 \text{ kg}$) liegt in $1,0 \text{ m}$ Höhe und in $0,5 \text{ m}$ Entfernung von der Kippkante. Ein Verrutschen sei nicht möglich. Besteht eine ausreichende Kippsicherung gegen eine maximale Beschleunigung von $0,8 \text{ g}$?

Für eine ausreichende Kippsicherung muss das Standmoment größer sein als das Kippmoment. Das Kippmoment errechnet sich zu:

$$M_k = F_a \cdot h_k = 1000 \cdot 0,8 \cdot 9,81 \cdot 1 = 7848 \text{ [Nm]}$$

Gleichung 18

Für das Standmoment gilt:

$$M_s = F_G \cdot h_s = 1000 \cdot 1,0 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 4905 \text{ [Nm]}$$

Gleichung 19

Für ein Ladegut mit der Masse von 1000 kg errechnet sich also ein Kippmoment in Höhe von etwa 7848 Nm bei einem Standmoment von etwa 4905 Nm .

Man erkennt aber auch ohne genaue Zahlenwerte, dass in diesem Fall das Ladegut stark kippgefährdet ist, da $0,8 \times m \times g$ einen höheren Wert ergibt als $0,5 \times m \times g$. Das Beispiel soll zeigen, dass die Masse eines Ladegute beim Vergleich zwischen dem Kippmoment und dem Standmoment keine Rolle spielt, da in beiden Fällen die gleiche Masse wirkt.

Auf diese Weise lassen sich bezüglich der Kippgefahr für bestimmte maximale Beschleunigungen sehr leicht Aussagen treffen, sofern der Abstand des Schwerpunktes vom Boden und von den Seitenflächen angegeben werden kann.

BEIM VERGLEICH ZWISCHEN KIPPMOMENT UND STANDMOMENT SPIELT DIE MASSE DER KÖRPER KEINE ROLLE.

Bei Querbeschleunigungen, die beispielsweise durch Kurvenfahrten während des Straßentransportes entstehen, wird ein kippgefährdetes Gut in der Regel Wankbewegungen um seine Längsachse ausführen, bevor es zum Kippen kommt. Durch diese Wankbewegung entstehen dynamische Kippmomente, welche die Kippgefahr nochmals erhöhen. Diese dynamischen Kippmomente werden durch einen Wankfaktor berücksichtigt, welcher zu der maximalen Querbeschleunigung hinzuzuaddieren ist. In VDI 2702 [E] wird dieser Term mit $0,2 \text{ g}$ angegeben. Bei einer maximalen Querbeschleunigung von $0,5 \text{ g}$ im Straßenverkehr muss als bezüglich der Kippgefahr mit $0,7 \text{ g}$ ($0,5 \text{ g} + 0,2 \text{ g}$) gerechnet werden.

Welchen Einfluss hat die Stapelung von Ladegütern auf die Kippgefahr?

Gestapelte Güter können als Einheit betrachtet werden, wenn die Güter so übereinander gestapelt sind, dass sie sich nicht gegeneinander verschieben können. Wenn gleichartige Güter mit mittigem Schwerpunkt gestapelt werden, dann verdoppelt sich bei zwei Einheiten die Masse und damit die Gewichtskraft bzw. das Standmoment.

$$M_{S\text{-doppelt}} = 2 \cdot m \cdot g \cdot h_S = 2 \cdot M_{S\text{-einzel}} \quad [\text{Nm}]$$

Gleichung 20

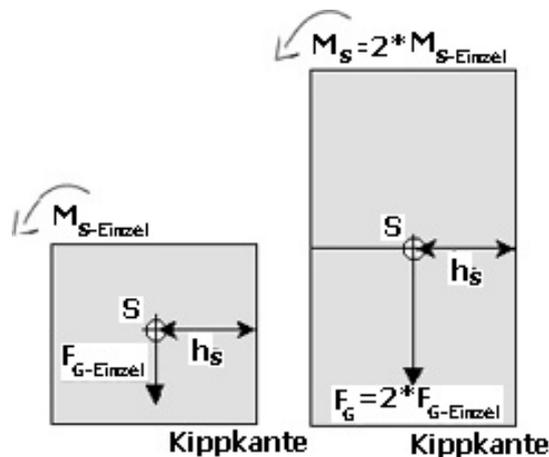


Abbildung 16 Standmoment im Vergleich (Einzelkörper ↔ Körper doppelter Höhe)

In gleicher Weise wird über den Masseneinfluss auch die Trägheitskraft und damit das Kippmoment verdoppelt. Zusätzlich verdoppelt sich bei zwei übereinander gestapelten Einheiten der Abstand zur Aufstandsfläche und damit der Hebelarm, so dass sich das Kippmoment bei zwei gestapelten Gütern insgesamt vervierfacht.

$$M_{K\text{-doppelt}} = 2 \cdot m \cdot g \cdot h_{K\text{-einzel}} = 4 \cdot M_{K\text{-einzel}} \quad [\text{Nm}]$$

Gleichung 21

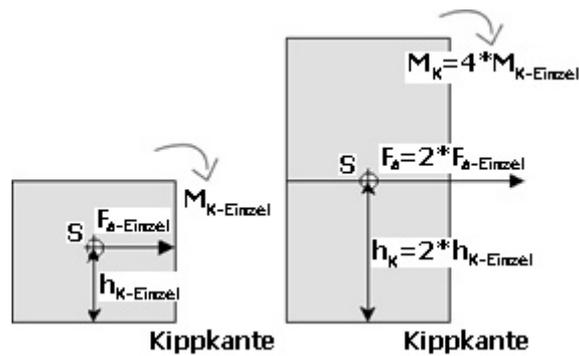


Abbildung 17 Kippmoment im Vergleich (Einzelkörper ↔ Körper doppelter Höhe)

Allgemein gilt für die Stapelung von gleichartigen Ladegütern, dass das Kippmoment stärker zunimmt als das Standmoment und zwar in dem Maße, in dem sich der Hebelarm h_K vergrößert. Bei Ladegütern mit mittigem Schwerpunkt entspricht dies der Anzahl der übereinander gestapelten Einheiten. Bei dreifacher Masse und dreifachem (Kipp-) Hebelarm h_K verdreifacht sich also das Standmoment, wogegen das Kippmoment sich verneunfacht (also 3-mal stärker zunimmt).

Stapelstauchdruck

Bei der Stapelung von Gütern erhöht sich auch der Druck auf die unteren Verpackungseinheiten. Dieser Druck nimmt bei Wankbewegungen erheblich zu, da deren Gewicht dann zusätzlich auf die Kippkante der untersten Lage einwirken. Bei der Stapelung von Gütern ist daher auf eine ausreichende Tragfähigkeit der unteren Ladeeinheiten zu achten. Gegebenenfalls ist für eine Gewichtsverteilung durch geeignete Maßnahmen während der Beladung zu sorgen.

Zusammenfassung

- Dynamische Versandbelastungen werden im kombinierten Verkehr durch unterschiedliche Versandvorgänge und Umschlagsoperationen ausgelöst. Dabei sollten je nach Verkehrsträger Belastungen von bis zu 1,0 g in horizontaler Richtung und von bis zu 1,0 g (Straße) bzw. 1,8 g (Schiff) in vertikaler Richtung nach unten einkalkuliert werden.
- Für eine wirksame Ladungssicherung ist es erforderlich, den Gütern keinen Bewegungsspielraum zu gewähren.
- Damit eine Ladungssicherung als ausreichend angesehen werden kann, müssen Ladungssicherungskräfte wirken, die mindestens den Beschleunigungskräften entsprechen.
- Wenn die Beschleunigung in g angegeben ist, dann entspricht die Kraft in daN der Masse in kg.
- Eine Erhöhung der Reibkraft trägt wesentlich zur Verbesserung der Ladungssicherung bei.
- Wenn ein Ladegut gegen Verrutschen gesichert ist, dann muss die Kippsicherheit des Ladegutes beachtet werden.
- Bei dynamischer Querbelastung ist nach VDI-2702 [E] ein zusätzlicher Wankfaktor von 0,2 zu berücksichtigen.

Übungsaufgaben

ÜBUNG 1

Eine Bierkiste ($m_{\text{Bier}} = 15 \text{ kg}$) und ein Betonklotz ($m_{\text{Beton}} = 15000 \text{ kg}$) sollen ohne zusätzliche Ladungssicherungsmaßnahmen in einem Container transportiert werden. Als Gleitreibungskoeffizient wird in beiden Fällen $\mu = 0,3$ angenommen. Vor der ersten roten Ampel bremst der Fahrer des Transportfahrzeuges in 4 Sekunden aus einer Geschwindigkeit von 50 km/h ab.

1a) Welche Beschleunigung entsteht dabei?

1b) Was passiert mit der Bierkiste?

1c) Was passiert mit dem Betonklotz?

1d) Welcher Gleitreibungskoeffizient wäre für die Bierkiste und welcher wäre für den Betonklotz erforderlich, um in diesem Fall ein Verrutschen zu vermeiden?

ÜBUNG 2

Ein Fahrzeug durchfährt eine Kurve vom Radius 30 m mit einer Geschwindigkeit von 35 km/h.

2a) Welche Querbeschleunigung entsteht dabei für die Ladegüter im Container?

2b) Im Container steht eine Europalette ($m = 600 \text{ kg}$) auf rauem Holzboden. Als Gleitreibungskoeffizient wird $\mu = 0,4$ angenommen. Mit welcher Kraft muss die Palette gesichert sein, damit sie sich nicht verschiebt?

2c) Durch hohe Luftfeuchtigkeit und Schweißwasserbildung verändert sich der Gleitreibungskoeffizient auf $\mu = 0,2$. Welche Sicherungskraft ist nun erforderlich?

2d) Die Ladeeinheit ist 1,80 m hoch mit mittigem Schwerpunkt. Ist die Europalette bei einer Querbeschleunigung von 0,3 g ausreichend gegen Kippen gesichert? Wie sieht das Ergebnis unter Berücksichtigung des Wankfaktors aus?

ÜBUNG 3

Ein Auto bremst in 5 Sekunden aus 50 km/h ab; während ein Ladegut, welches im Container mit einer Geschwindigkeit von 5 km/h rutscht, in 0,1 Sekunden gestoppt wird. Wo tritt die höhere Beschleunigung auf?

ÜBUNG 1

Eine Bierkiste ($m_{\text{Bier}} = 15 \text{ kg}$) und ein Betonklotz ($m_{\text{Beton}} = 15000 \text{ kg}$) sollen ohne zusätzliche Ladungssicherungsmaßnahmen in einem Container transportiert werden. Als Gleitreibungskoeffizient wird in beiden Fällen $\mu = 0,3$ angenommen. Vor der ersten roten Ampel bremst der Fahrer des Transportfahrzeuges in 4 Sekunden aus einer Geschwindigkeit von 50 km/h ab.

Lösung 1a)

Die Beschleunigung errechnet sich aus der Änderung der Geschwindigkeit im angegebenen Zeitintervall. Die 50 km/h müssen in die Einheit m/s umgerechnet werden.

$$v = \frac{50}{3,6} = 13,9 \text{ [m/s]}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{13,9}{4} = 3,5 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

Lösung 1b)

Die Bierkiste wird mit einer Reibkraft von

$$F_R = m \cdot \mu \cdot g = 0,3 \cdot 15 \cdot 9,81 = 44,1 \text{ [N]}$$

gehalten. Gleichzeitig wird die Masse mit einer Trägheitskraft in Höhe von

$$F_a = m \cdot a = 15 \cdot 3,5 = 52,5 \text{ [N]}$$

beschleunigt. Da die Beschleunigungskraft größer ist als die Sicherungskraft, setzt sich die Bierkiste bei diesem Bremsmanöver in Bewegung. Wenn diese Bewegung durch einen Aufprall auf die Containerwand gestoppt wird, sollte man sich ernsthafte Sorgen um den Zustand der Bierkiste machen

Lösung 1c)

Der Betonklotz wird mit einer Reibkraft von

$$F_R = m \cdot \mu \cdot g = 0,3 \cdot 15000 \cdot 9,81 = 44145 \text{ [N]}$$

gehalten. Gleichzeitig wird die Masse mit einer Trägheitskraft in Höhe von

$$F_a = m \cdot a = 15000 \cdot 3,5 = 52500 \text{ [N]}$$

beschleunigt. Auch hier ist die Beschleunigungskraft größer als die Sicherungskraft und die Ladung setzt sich in Bewegung. Im Gegensatz zur Bierkiste sollte man sich in diesem Fall allerdings weniger Sorgen um die Ladung machen, sondern eher um das Leben des Fahrers und um andere zufällig anwesende Verkehrsteilnehmer.

Lösung 1d)

Um ein Verrutschen zu vermeiden, muss die Reibkraft mindestens genauso groß sein wie die

Beschleunigungskraft. Für die Bierkiste heißt das:

$$F_R = m \cdot a \cdot g \geq 52,5 \text{ [N]}$$

Daraus errechnet sich ein Gleitreibungskoeffizient von

$$\mu = \frac{52,5}{15 \cdot 9,81} = 0,36$$

Für den Betonklotz ergibt die gleiche Rechnung

$$\mu = \frac{52500}{15000 \cdot 9,81} = 0,36$$

Die Gleitreibungskoeffizienten, die erforderlich sind, um ein Verrutschen zu verhindern, sind also gleich groß und völlig unabhängig von der Masse. Allgemein kann man sagen, dass der Gleitreibungskoeffizient mindestens der maximalen Beschleunigung in g entsprechen muss, um ein Verrutschen zu verhindern.² Damit lässt sich sehr leicht der erforderliche Gleitreibungskoeffizient bestimmen. (Für eine maximale Beschleunigung von 0,4 g wäre beispielsweise ein Gleitreibungskoeffizient von $\mu = 0,4$ erforderlich).

² $\frac{3,5}{9,81} = 0,36$

ÜBUNG 2

Ein Fahrzeug durchfährt eine Kurve vom Radius 30 m mit einer Geschwindigkeit von 35 km/h.

Lösung 2a)

Auch hier müssen die 35 km/h zuerst in die Einheit m/s umgerechnet werden.

$$v = \frac{35}{3,6} = 9,7 \text{ [m / s]}$$

Die Querbewegung kann dann aus der Geschwindigkeit und dem Kurvenradius errechnet werden.

$$a_{\text{quer}} = \frac{v^2}{r} = \frac{9,7^2}{30} = 3,1 \text{ [m / s}^2\text{]}$$

Lösung 2b)

Die Palette wird durch die Reibkraft gesichert:

$$F_R = m \cdot m \cdot g = 0,4 \cdot 600 \cdot 9,81 = 2354 \text{ [N]}$$

Gleichzeitig wird die Palette mit der Trägheitskraft

$$F_a = m \cdot a = 600 \cdot 3,1 = 1860 \text{ [N]}$$

beschleunigt. Da die Reibkraft größer ist als die Beschleunigungskraft, wäre in diesem Fall keine zusätzliche Sicherung gegen Verrutschen erforderlich. Aufgrund von Vertikalbeschleunigungen muss die Palette dennoch gesichert werden.

Lösung 2c)

Wenn sich der Gleitreibungskoeffizient halbiert, dann halbiert sich auch die Reibkraft, welche das Ladegut sichert:

$$F_R = 0,2 \cdot 600 \cdot 9,81 = 1177 \text{ [N]}$$

Da sich die Trägheitskraft nicht ändert, ist die Beschleunigungskraft plötzlich größer als die Ladungssicherungskraft. Der Unterschied muss von einer zusätzlichen Sicherungskraft aufgebracht werden.

$$F_S = F_a - F_R = 1860 - 1177 = 683 \text{ [N]}$$

Lösung 2d)

Bei einer Höhe von 1,80 m und mittigem Schwerpunkt wirkt ein Hebelarm von $h_K = 0,9$ m. Bei einer Querbewegung von 0,5 g wirkt ein Kippmoment von:

$$M_K = F_{\text{aquer}} \cdot h_K = 600 \cdot 0,5 \cdot 9,81 \cdot 0,9 = 2648,7 \text{ [Nm]}$$

In das Standmoment gehen die Gewichtskraft und der seitliche Hebelarm ein. Bei einer Europalette von 0,8 m Breite und mittigem Schwerpunkt beträgt der Hebelarm $h_s = 0,4$ m.

Das Standmoment berechnet sich damit zu:

$$M_s = F_G \cdot h_s = 600 \cdot 9,81 \cdot 0,4 = 2354 \text{ [Nm]}$$

Ohne Berücksichtigung des Wankfaktors ist das Standmoment kleiner als das Kippmoment. Von einer Kippgefährdung ist auszugehen.

Mit Berücksichtigung des Wankfaktors (0,2) erhöht sich die anzusetzende Querbeschleunigung auf 0,7 g. Das Kippmoment erhöht sich damit auf:

$$M_k = F_{\text{aquar}} \cdot h_k = 600 \cdot 0,7 \cdot 9,81 \cdot 0,9 = 3708,18 \text{ [Nm]}$$

Unter Berücksichtigung des Wankfaktors liegt das Kippmoment deutlich über dem Standmoment, so dass für diesen Fall von einer erhöhten Kippgefährdung auszugehen ist.

Zu diesen Aussagen hätte man ohne detaillierte Rechnung gelangen können:

Sofern die Masse und der g Wert nicht als Zahlenwert eingesetzt werden, kann man das Kippmoment auf

$$M_k = F_{\text{aquar}} \cdot h_k = m \cdot 0,5 \cdot g \cdot 0,9 = 0,45 \cdot m \cdot g \text{ [Nm]}$$

veranschlagen.

Das Standmoment ergibt sich unter gleicher Voraussetzung zu:

$$M_s = F_G \cdot h_s = m \cdot g \cdot 0,4 \text{ [Nm]}$$

Es kann sofort festgestellt werden, dass das Standmoment kleiner ist als das Kippmoment ($0,45 \cdot m \cdot g$).

Wenn der Wankfaktor berücksichtigt wird, erhält man mit:

$$M_k = m \cdot 0,7 \cdot g \cdot 0,9 = 0,63 \cdot m \cdot g \text{ [Nm]}$$

ein Kippmoment, welches wesentlich größer ist als das Standmoment M_s .

ÜBUNG 3

Ein Auto bremsst in 5 Sekunden aus 50 km/h ab; während ein Ladegut, welches im Container mit einer Geschwindigkeit von 5 km/h rutscht, in 0,1 Sekunden gestoppt wird. Wo tritt die höhere Beschleunigung auf?

Lösung 3)

Für das bereits im Text als Beispiel benutzte Auto ergibt sich eine Geschwindigkeitsänderung von

$$v = \frac{50}{3,6} = 13,9 \text{ [m / s]}$$

Daraus errechnet sich eine Beschleunigung von

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{13,9}{5} = 2,8 \text{ [m / s}^2\text{]}$$

Für das Ladegut mit einer Geschwindigkeit von

$$v = \frac{5}{3,6} = 1,39 \text{ [m / s]}$$

ergibt sich eine Beschleunigung beim Aufprall in Höhe von:

$$a = \frac{1,39}{0,1} = 13,9 \text{ [m / s}^2\text{]}$$

Die Beschleunigung beim Aufprall ist bei dieser geringen Rutschgeschwindigkeit rund fünfmal so hoch wie die Beschleunigung beim Abbremsen.

Fragen und Antworten

FRAGE 1: EINE PALETTE MIT GETRÄNKEDOSEN IST ETWA DOPPELT SO SCHWER WIE EINE PALETTE MIT WEINGLÄSERN. WIE GROSS MÜSSEN UMGEFÄHR DIE SICHERUNGSKRÄFTE BEI DEN GETRÄNKEDOSEN IM VERHÄLTNIS ZU DEN SICHERUNGSKRÄFTEN BEI DEN WEINGLÄSERN SEIN, WENN BEIDE PALETTEN GEGEN EINE HORIZONTALE BESCHLEUNIGUNG VON 1,0 G GESICHERT SIND?

FRAGE 2: IST EIN LADEGUT BEI EINEM GLEITREIBUNGSKOEFFIZIENT VON $\mu = 0,5$ AUSREICHEND GEGEN QUERBESCHLEUNIGUNGEN IM SCHIENENVERKEHR (MAX 0,5 G) GESICHERT?

FRAGE 3: WELCHE SICHERUNGSKRAFT IST UMGEFÄHR ERFORDERLICH, UM PALETTEN IM CONTAINER FÜR DEN STRASSENVERSAND AUSREICHEND ZU SICHERN?

FRAGE 4: WIE GROSS MUSS DER GLEITREIBUNGSKOEFFIZIENT SEIN, DAMIT EIN LADEGUT AUSREICHEND GEGEN BEWEGUNG GESICHERT IST?

FRAGE 5: WIE BEWERTEN SIE DIE AUSSAGE: JE SCHWERER DAS LADEGUT, DESTO BESSER IST ES GEGEN VERRUTSCHEN GESICHERT?

FRAGE 6: AUF DEM MOND IST DIE GEWICHTSKRAFT ETWA $1/6$ SO GROSS WIE AUF DER ERDE. WIE MÜSSTEN DIE LADUNGSSICHERUNGSKRÄFTE FÜR HORIZONTALE VERSCHIEBUNG IM VERGLEICH ZUR ERDE AUSGELEGT WERDEN?

FRAGE 7: WIE HOCH SIND ETWA DIE VERSANDBELASTUNGEN BEIM STRASSENVERKEHR IN HORIZONTALER UND IN VERTIKALER RICHTUNG?

FRAGE 8: WELCHE BEWEGUNGEN SIND BEIM SCHIFF BESONDERS KRITISCH?

FRAGE 9: WIE HOCH SIND ETWA DIE VERSANDBELASTUNGEN BEIM SCHIENENTRANSPORT IM KOMBINIERTEN VERKEHR IN HORIZONTALER UND VERTIKALER RICHTUNG?

FRAGE 10: WIE HOCH SIND ETWA DIE VERSANDBELASTUNGEN BEIM SEETRANSPORT IN HORIZONTALER UND IN VERTIKALER RICHTUNG?

FRAGE 11: WOVON IST DIE REIBKRAFT ABHÄNGIG?

FRAGE 12: WIE OFT BEWEGT SICH EIN CONTAINER AUF EINEM SCHIFF MIT EINER ROLLPERIODE VON 10 SEKUNDEN AN EINEM FAHRTAG VON EINER SEITE AUF DIE ANDERE?

FRAGE 13: WIEVIEL HÖHENMETER LEGT EIN CONTAINER IN GUT 100 M ENTFERNUNG VON DER STAMPFACHSE IN EINER STAMPFPERIODE UMGEFÄHR ZURÜCK?

FRAGE 14: WOVON IST DIE QUERBESCHLEUNIGUNG ABHÄNGIG?

FRAGE 15: WIE WIRD DIE REIBKRAFT BERECHNET?

FRAGE 16: WIE WIRD DIE BESCHLEUNIGUNGSKRAFT IN QUERRICHTUNG BERECHNET?

FRAGE 17: WIE WIRD DIE BESCHLEUNIGUNGSKRAFT IN LÄNGSRICHTUNG BERECHNET?

FRAGE 18: WIE HOCH IST IN ETWA DER GLEITREIBUNGSKOEFFIZIENT HOLZ AUF HOLZ IN NASSEM, TROCKENEM UND FETTIGEM ZUSTAND?

FRAGE 19: WIE HOCH IST IN ETWA DER GLEITREIBUNGSKOEFFIZIENT METALL AUF HOLZ IN NASSEM, TROCKENEM UND FETTIGEM ZUSTAND?

FRAGE 20: IN WELCHE RICHTUNG WIRKT AUF EINER GERADEN LADEFLÄCHE DIE REIBKRAFT IM VERHÄLTNIS ZUR MASSENTRÄGHEITSKRAFT?

FRAGE 21: IN WELCHE RICHTUNG WIRKT AUF EINER GERADEN LADEFLÄCHE DIE REIBKRAFT IM VERHÄLTNIS ZUR GEWICHTSKRAFT?

FRAGE 22: WIEVIEL BETRÄGT ÜBERSCHLÄGIG DIE GEWICHTSKRAFT (IN DEKA-NEWTON) FÜR EIN LADEGUT MIT DER MASSE $M = 1500 \text{ KG}$ BEI EINEM GLEITREIBUNGSKOEFFIZIENT VON $\mu = 0,2$ UND EINER BESCHLEUNIGUNG VON $1,0 \text{ G}$?

FRAGE 23: WIEVIEL BETRÄGT ÜBERSCHLÄGIG DIE REIBKRAFT (IN DEKA-NEWTON) FÜR EIN LADEGUT MIT DER MASSE $M = 1500 \text{ KG}$ BEI EINEM GLEITREIBUNGSKOEFFIZIENT VON $\mu = 0,2$ UND EINER BESCHLEUNIGUNG VON $1,0 \text{ G}$?

FRAGE 24: WIEVIEL BETRÄGT ÜBERSCHLÄGIG DIE BESCHLEUNIGUNGSKRAFT (IN DEKA-NEWTON) FÜR EIN LADEGUT MIT DER MASSE $M = 1500 \text{ KG}$ BEI EINEM GLEITREIBUNGSKOEFFIZIENT VON $\mu = 0,2$ UND EINER BESCHLEUNIGUNG VON $1,0 \text{ G}$?

FRAGE 25: WIEVIEL BETRÄGT ÜBERSCHLÄGIG DIE SICHERUNGSKRAFT (IN DEKA-NEWTON) FÜR EIN LADEGUT MIT DER MASSE $M = 1500 \text{ KG}$ BEI EINEM GLEITREIBUNGSKOEFFIZIENT VON $\mu = 0,2$ UND EINER BESCHLEUNIGUNG VON $1,0 \text{ G}$?

Frage 1: Eine Palette mit Getränkedosen ist etwa doppelt so schwer wie eine Palette mit Weingläsern. Wie groß müssen ungefähr die Sicherungskräfte bei den Getränkedosen im Verhältnis zu den Sicherungskräften bei den Weingläsern sein, wenn beide Paletten gegen eine horizontale Beschleunigung von 1,0 g gesichert sind?

Die Beschleunigungskraft errechnet sich aus Masse mal Beschleunigung. Wenn sich die Masse verdoppelt, verdoppelt sich auch die Beschleunigungskraft. Folglich muss sich auch die Sicherungskraft verdoppeln, um eine Bewegung des Ladegutes zu verhindern.

Frage 2: Ist ein Ladegut bei einem Gleitreibungskoeffizient von $\mu = 0,5$ ausreichend gegen Querbeschleunigungen im Schienenverkehr (max. 0,5 g) gesichert?

Die Sicherung ist ausreichend, sofern wirklich der Gleitreibungskoeffizient von $\mu = 0,5$ wirkt. Um ausschließlich durch die Reibungsverhältnisse zu sichern, muss der Gleitreibungskoeffizient der maximalen Beschleunigung in g (hier 0,5) entsprechen. Man muss aber beachten, dass sich der Gleitreibungskoeffizient verringert, sofern sich das Ladegut vertikal bewegen kann.

Frage 3: Welche Sicherungskraft ist ungefähr erforderlich, um Paletten im Container für den Straßenversand ausreichend zu sichern?

Wichtig ist es realistische Annahmen zu treffen. Zum Beispiel: Eine Palette wiegt etwa 600 kg, für den Gleitreibungskoeffizient (Holz auf Holz) kann 0,2 angenommen werden. Bei einer Beschleunigung von 1,0 g greifen 600 daN an der Palette an. Die Reibkraft beträgt etwa 120 daN ($0,2 \times 600$ daN). Damit beträgt die erforderliche Sicherungskraft ungefähr 480 daN ($600 - 120$ daN).

Frage 4: Wie groß muss der Gleitreibungskoeffizient sein, damit ein Ladegut ausreichend gegen Bewegung gesichert ist?

Damit sich das Ladegut nicht bewegt, muss die Reibkraft der Massenträgheitskraft entsprechen. Der Gleitreibungskoeffizient muss also so groß sein, wie die Trägheitsbeschleunigung in g.

Frage 5: Wie bewerten sie die Aussage: Je schwerer das Ladegut, desto besser ist es gegen Verrutschen gesichert?

Wenn die Reibkraft mit der Beschleunigung verglichen wird, dann steht auf beiden Seiten der Gleichung dieselbe Masse (sie kürzt sich also raus). Allein der Gleitreibungskoeffizient und nicht die Masse ist entscheidend dafür, wie gut ein Ladegut gegen Verrutsche gesichert ist. Wenn die erforderliche Sicherungskraft berechnet werden soll, ist die Masse allerdings von entscheidender Bedeutung.

Frage 6: Auf dem Mond ist die Gewichtskraft etwa 1/6 so groß wie auf der Erde. Wie müssten die Ladungssicherungskräfte für horizontale Verschiebung im Vergleich zur Erde ausgelegt werden?

Wenn die Gewichtskraft nur 1/6 beträgt, dann ist auch die Reibkraft nur 1/6 so groß wie auf der Erde. Um Körper in horizontaler Richtung zu beschleunigen, muss allerdings die gleiche Kraft wirken wie auf der Erde. Die Sicherungskraft gegen Unfälle auf dem Mond müsste also erheblich höher sein als auf der Erde.

Frage 7: Wie hoch sind etwa die Versandbelastungen beim Straßenverkehr in horizontaler und in vertikaler Richtung?

Beim Straßenverkehr sind etwa 0,5 g in Querrichtung und 1,0 g in Längsrichtung zu erwarten.

Frage 8: Welche Bewegungen sind beim Schiff besonders kritisch?

Insbesondere Roll- und Stampfbewegungen des Schiffs können zu kritischen Belastungen im Containertransport führen.

Frage 9: Wie hoch sind etwa die Versandbelastungen beim Schienentransport im kombinierten Verkehr in horizontaler und vertikaler Richtung?

Beim Schienenverkehr sind etwa 0,5 g in Querrichtung und 1,0 g in Längsrichtung zu erwarten. In vertikaler Richtung nach oben muss mit 0,3 g gerechnet werden.

Frage 10: Wie hoch sind etwa die Versandbelastungen beim Seetransport in horizontaler und in vertikaler Richtung?

Beim Seetransport sind etwa 0,8 g in Querrichtung und 0,4 g in Längsrichtung zu erwarten. In vertikaler Richtung muss mit 1,8 g nach unten gerechnet werden.

Frage 11: Wovon ist die Reibkraft abhängig?

Die Reibkraft ist von dem Oberflächenzustand (trocken, nass, fettig, vereist), von der Oberflächenbeschaffenheit (Material, Oberflächenstruktur) und von der Masse abhängig, aber nicht von der Größe der Oberflächen.

Frage 12: Wie oft bewegt sich ein Container auf einem Schiff mit einer Rollperiode von 10 Sekunden an einem Fahrtag von einer Seite auf die andere?

Bei einer Rollperiode von 10 Sekunden bewegt sich ein Container an einem Fahrtag rund 8600 mal von einer Seite auf die andere.

Frage 13: Wie viel Höhenmeter legt ein Container in gut 100 m Entfernung von der Stampfachse in einer Stampfperiode ungefähr zurück?

Der Weg, den der Container zurücklegt, hängt neben der Entfernung von der Stampfachse natürlich auch vom Stampfwinkel ab. Für eine komplette Stampfperiode (Auslenkung aus der Mittellage nach oben hinunter ins Tal und wieder in die Mittellage) sind 30 m ein realistischer Wert.

Frage 14: Wovon ist die Querschleunigung abhängig?

Die Querschleunigung ist von der Geschwindigkeit (v) und dem Kurvenradius (r) abhängig. Die Formel zur Berechnung der Querschleunigung lautet:

$$a = \frac{v^2}{r}$$

Frage 15: Wie wird die Reibkraft berechnet?

Die Reibkraft ist vom Gleitreibungskoeffizient μ und von der Gewichtskraft abhängig. Die Formel lautet:

$$F_R = m \cdot m \cdot g$$

Frage 16: Wie wird die Beschleunigungskraft in Querrichtung berechnet?

Die Beschleunigungskraft in Querrichtung ist von der Querschleunigung und von der Masse abhängig. Die Formel zur Berechnung der Beschleunigungskraft lautet:

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

Frage 17: Wie wird die Beschleunigungskraft in Längsrichtung berechnet?

Die Beschleunigungskraft in Längsrichtung ist von der Beschleunigung und von der Masse abhängig. Die Formel zur Berechnung der Beschleunigungskraft lautet:

$$F = m \cdot a$$

Frage 18: Wie hoch ist in etwa der Gleitreibungskoeffizient Holz auf Holz in nassem, trockenem und fettigem Zustand?

Der ungefähre Gleitreibungskoeffizient liegt in nassem Zustand zwischen 0,20 und 0,25, im trockenen Zustand zwischen 0,20 und 0,50 und bei fettigen Oberflächen zwischen 0,05 und 0,15.

Frage 19: Wie hoch ist in etwa der Gleitreibungskoeffizient Metall auf Holz in nassem, trockenem und fettigem Zustand?

Der ungefähre Gleitreibungskoeffizient liegt im nassen Zustand zwischen 0,20 und 0,25, im trockenen Zustand zwischen 0,20 und 0,50 und bei fettigen Oberflächen zwischen 0,02 und 0,10.

Frage 20: In welche Richtung wirkt auf einer geraden Ladefläche die Reibkraft im Verhältnis zur Massenträgheitskraft?

Die Reibkraft wirkt immer entgegengesetzt zur Massenträgheitskraft.

Frage 21: In welche Richtung wirkt auf einer geraden Ladefläche die Reibkraft im Verhältnis zur Gewichtskraft?

Die Reibkraft wirkt senkrecht zur Gewichtskraft.

Frage 22: Wie viel beträgt überschlägig die Gewichtskraft (in Dekanewton) für ein Ladegut mit der Masse $m = 1500 \text{ kg}$ bei einem Gleitreibungskoeffizient von $\mu = 0,2$ und einer Beschleunigung von $1,0 \text{ g}$?

Die Gewichtskraft in daN entspricht der Masse in kg, sie beträgt also ungefähr 1500 daN. Der Gleitreibungskoeffizient und die Beschleunigung sind für die Gewichtskraft bedeutungslos.

Frage 23: Wie viel beträgt überschlägig die Reibkraft (in Dekanewton) für ein Ladegut mit der Masse $m = 1500 \text{ kg}$ bei einem Gleitreibungskoeffizient von $\mu = 0,2$ und einer Beschleunigung von $1,0 \text{ g}$?

Die Reibkraft in daN entspricht dem Produkt aus Gleitreibungskoeffizient und der Masse in kg, sie beträgt also ungefähr $0,2 \cdot 1500 = 300 \text{ daN}$.

Frage 24: Wie viel beträgt überschlägig die Beschleunigungskraft (in Dekanewton) für ein Ladegut mit der Masse $m = 1500 \text{ kg}$ bei einem Gleitreibungskoeffizient von $\mu = 0,2$ und einer Beschleunigung von $1,0 \text{ g}$?

Die Beschleunigungskraft in daN entspricht dem Produkt aus der Masse in kg und der Beschleunigung in g, sie beträgt also ungefähr 1500 daN. Der Gleitreibungskoeffizient ist für die Beschleunigungskraft bedeutungslos.

Frage 25: Wie viel beträgt überschlägig die Sicherungskraft (in Dekanewton) für ein Ladegut mit der Masse $m = 1500 \text{ kg}$ bei einem Gleitreibungskoeffizient von $\mu = 0,2$ und einer Beschleunigung von $1,0 \text{ g}$?

Die Beschleunigungskraft in daN entspricht dem Produkt aus der Masse in kg und der Beschleunigung in g, sie beträgt also ungefähr 1500 daN. Die Reibkraft in daN entspricht dem Produkt aus Gleitreibungskoeffizient und der Masse in kg, sie beträgt also ungefähr $0,2 \cdot 1500 = 300 \text{ daN}$. Die erforderliche Sicherungskraft muss die Differenz aus Beschleunigungskraft und Gleitreibungskoeffizient abdecken. Sie beträgt $1500 - 300 = 1200 \text{ daN}$.

Modul 3: Container, Ladegut und Containerbeladung

LERNZIELE:

- Was verbirgt sich hinter dem Begriff (ISO-) Container? (allgemeine Definition)
- Welche Arten von Containern gibt es? (allgemeine Einteilung, Besonderheiten, Abmessungen etc.)
- Wie ist ein Container konstruiert? Welchen Belastungen hält er stand?
- Welche Daten müssen außen am Container sichtbar angebracht werden?
- Was bedeutet CSC und ACEP?
- Welche Anforderungen werden an das Ladegut gestellt?
- Welche Verfahren zur Sicherung von Ladeeinheiten gibt es?
- Wie ist ein Container vor dem Packen zu kontrollieren?
- Was ist vor dem Stauen zu beachten? Wie ist das Stauen zu planen?
- Was muss nach dem Stauen beachtet werden?

Ein reibungsloser Transport-, Umschlag- und Lagerprozess erfordert eine Standardisierung im Schnittstellenbereich der Verkehrsträger (Straße, Bahn, Binnen- und Seeschifffahrt): D.h. die Abmessungen von Behältern, Umschlag- und Transportmitteln müssen exakt zusammenpassen. Die Grundvoraussetzung hierfür liefern genormte Beförderungseinheiten. Die Umschlag- und Transportmittel können dann auf diese Normbehälter abgestimmt werden. Diese Anforderung wird durch nationale und internationale Normung erfüllt.

Container

Begriffsdefinition

Der Container (aus dem Englischen: Behälter im weitesten Sinne) ist ein genormter Großbehälter für den kombinierten (Ladungs-) Verkehr. Der Norm-Entwurf ISO 830 [1] „ISO-Container Terminologie“ beschreibt den Container wie folgt.

„Der Container ist ein Transportbehälter, der

- a) von dauerhafter Beschaffenheit und daher genügend widerstandsfähig für den wiederholten Gebrauch ist,
- b) besonders dafür gebaut ist, den Transport von Gütern mit einem oder mehreren Transportmitteln ohne Umpacken der Ladung zu ermöglichen,
- c) für den mechanischen Umschlag geeignet ist,
- d) so gebaut ist, dass er leicht be- und entladen werden kann,
- e) einen Rauminhalt von mindestens 1 m³ hat.

Fahrzeug und Verpackungen sind nicht Container.

ISO-Container: ein Container, der alle zutreffenden, zur Zeit seiner Herstellung bestehenden ISO-Normen erfüllt.“

Der Norm-Entwurf ISO 830 [1] differenziert im Folgenden zwischen dem ISO-Container, dem Binnen-Container und dem Wechselbehälter; auf die beiden letzteren soll hier aber nicht explizit eingegangen werden.

DER CONTAINER IST EIN EINHEITLICHER TRANSPORTBEHÄLTER FÜR GÜTER UNTERSCHIEDLICHER FORM UND GRÖSSE.

Die ersten Großbehälter der noch heute gängigen Art wurden in den 50er Jahren von US-Firmen auf dem amerikanischen Kontinent eingesetzt. Im Interkontinentalverkehr nach Europa setzte 1965 die Reederei SeaLand die ersten American Standards Association (ASA) Container ein. Nicht viel später waren 35'-Container³ auf Europas Straßen ein gewohnter Anblick. In anderen Ländern wurden vorrangig 27'-Container und andere ASA-Abmessungen eingesetzt. Reeder aus Europa und Japan zogen rasch nach. Da diese die US-Norm nicht so einfach übernehmen wollten, einigte man sich nach zähen Verhandlungen mit den Amerikanern schließlich auf die ISO-Normung. Diese schreibt u. a. Längen von 10', 20', 30' und 40', eine Breite von 8' sowie Höhen von 8' und 8'6" vor. Im europäischen Landverkehr ist der Binnen-Container mit einer Breite von 2,50 m im Einsatz, der hauptsächlich im kombinierten Ladungsverkehr Schiene/ Straße verwendet wird. Die meisten der weltweit eingesetzten Container entsprechen der ISO-Norm. Am häufigsten sind die Längen 20' und 40' anzutreffen. Allerdings verlangen die Verlader aufgrund immer größerer Staufaktoren der Güter zunehmend geänderte Container: höher und/oder breiter und/oder länger. Nicht wenige Reeder beugen sich diesem Druck. Die Zahl jener Container, deren Abmessungen über die der ISO-Norm hinausgehen, nimmt deshalb stetig zu. Mittlerweile gibt es „Jumbo“-Container mit einer Länge von 45' und 48', einer Breite von 8'6" (2,59 m) sowie einer Höhe von 9'6" (2,90 m). Ein Trend zu noch größeren Behältern kommt aus den USA und geht zu Abmessungen von 24' (7,32 m) oder 49' (14,94 m) Länge bei einer Breite von 2,60 m und einer Höhe von 2,90 m. In Europa führen diese Abmessungen zu Problemen auf schmalen Straßen. Für die Entwicklungsländer entsteht ein anderes Problem: Das Umstellen auf einen neuen Containertyp würde einen großen Kapitalaufwand mit sich bringen.

³ ' ist das Zeichen für die Einheit Fuß.

" ist das Zeichen für die Einheit Inch (Zoll)

1 Fuß entspricht 12 Inch. 1 Inch sind 2,54 cm. Damit sind 1 Fuß 30,48 cm oder 0,3048 m

DIE GEBRÄUCHLICHSTEN CONTAINER SIND DIE 20'- UND DIE 40'-CONTAINER. AUS DEN USA KOMMT JEDOCH EIN TREND ZU GRÖßEREN CONTAINERN.

Containertypen

Die Normung der Container ist die grundlegende Voraussetzung für ihren Einsatz im kombinierten Verkehr.

Containerbauarten werden gemäß Norm-Entwurf ISO 830 [1] nach folgenden Kriterien klassifiziert:

- verwendbare Transportmittel
- transportierbare Güter
- Aufbau des Containers

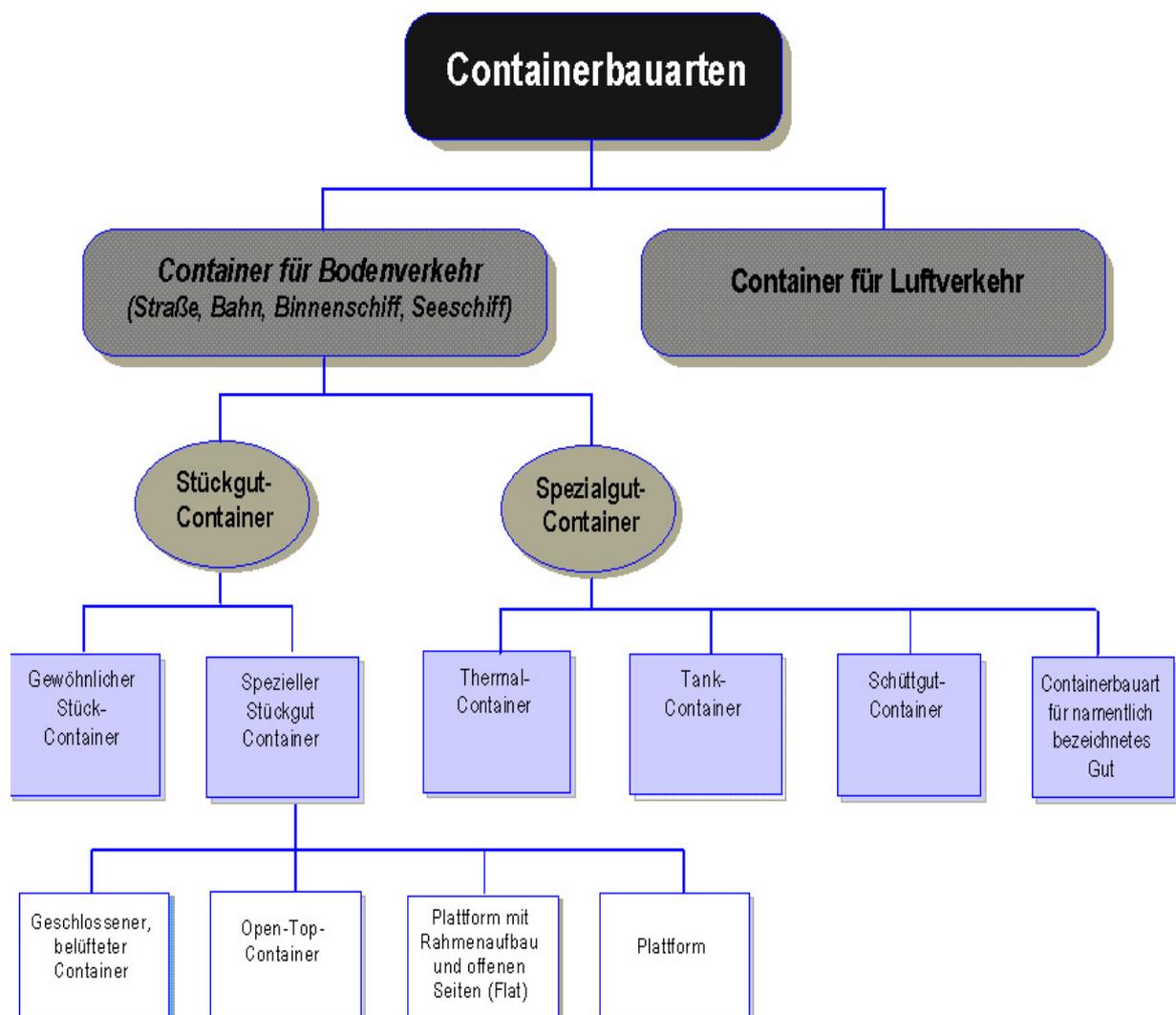


Abbildung 18 Containerbauarten

Diese in Abbildung 18 aufgeführten Container werden auch als „Container der Reihe 1“ bezeichnet.

Im Rahmen dieses Handbuches wird die Ladungssicherung von Stückgut im Container betrachtet. Der am häufigsten eingesetzte Containertyp hierbei ist der gewöhnliche Stückgut-Container. Aus diesem Grund spielt für die weitere Betrachtung in diesem Handbuch dieser die Hauptrolle.

Der Oberbegriff „Stückgut-Container“ beschreibt alle Containertypen, die weder im Luftverkehr noch für Spezialgut (z. B.: temperaturempfindliche Güter, flüssige oder gasförmige Güter, Schüttgüter, Lebewesen etc.) eingesetzt werden.

Der gewöhnliche Stückgut-Container ist durch folgende Konstruktionsmerkmale zu beschreiben:

- Rundum geschlossen
- Feste Bauteile: Dach, Boden, Seiten- und Stirnwände
- Mindestens eine Stirnwand hat Türen

Gemäß DIN ISO 668 [2] sind die Container der Reihe 1 wie folgt nach ihren Außenabmessungen unterteilt:

Container- bezeichnung	Außenabmessungen									Max. zul. Bruttomasse [kg]
	Länge			Breite			Höhe			
	Einheit mm	Einheit ft	Einheit in	Einheit mm	Einheit ft	Einheit in	Einheit mm	Einheit ft	Einheit in	
1AAA	12192	40		2438	8		2896	9	6	30480
1AA							2591	8	6	
1A							2438	8		
1AX							<2438	<8		
1BBB	9125	29	11,25	2438	8		2896	9	6	25400
1BB							2591	8	6	
1B							2438	8		
1BX							<2438	<8		
1CC	6058	19	10,5	2438	8		2591	8	6	24000
1C							2438	8		
1CX							<2438	<8		
1D	2991	9	9,75	2438	8		2438	8		10160
1DX							<2438	<8		

Tabelle 4 Containerbezeichnung und Außenabmessungen

Bei den in Tabelle 4 grauhinterlegten Typen handelt es sich um die üblicherweise als 40'- bzw. 20'-Container bezeichneten Transportbehälter.

In der DIN ISO 668 [2] (auch in der ISO 1496 Teil 1 [3]) sind die Mindestinnenmaße für die ISO-Container der Reihe 1 erläutert. Diese Abmessungen sind für die gewöhnlichen Stückgut-Container verbindlich; bei speziellen Stückgut-Containern sind ggf. Abweichungen zulässig.

Gemäß DIN ISO 668 [2] sind den Containern der Reihe 1 wie folgt Mindestinnenabmessungen zugeordnet:

Container- bezeichnung	Innenabmessungen								
	Mindestlänge			Mindestbreite			Mindesthöhe		
	Einheit mm	Einheit ft in		Einheit mm	Einheit Ft in		Einheit mm	Einheit ft in	
1AAA	11998	39	4,375	2330	0	91,75	Nennaußenhöhe des Containers minus 241 mm (9,5 in)		
1AA									
1A									
1BBB	8931	29	3,625						
1BB									
1B									
1CC	5867	19	3						
1C									
1D	2802	9	2,3125						

Tabelle 5 Containerbezeichnungen und Innenabmessungen

Auch die Mindestabmessungen der Türöffnungen sind vorgeschrieben:

Container- bezeichnung	Mindestabmessungen für Türöffnungen					
	Mindesthöhe			Mindestbreite		
	Einheit mm	Einheit ft in		Einheit mm	Einheit ft in	
1AAA	2566	8	5	2286	7	6
1AA	2261	7	5			
1A	2134	7				
1BBB	2566	8	5			
1BB	2261	7	5			
1B	2134	7				
1CC	2261	7	5			
1C	2134	7				
1D	2134	7				

Tabelle 6 Containerbezeichnungen und Türabmessungen

Die DIN ISO 668 [2] macht weiterhin Angaben über maximal zulässige Gesamtmasse = Bruttomasse der ISO-Container. Diese sind ebenfalls obiger Tabelle zu entnehmen. Tara und Nutzlast sind nicht definiert. Sie ergeben sich aus der jeweiligen Bauweise des einzelnen Containers und sind abhängig vom jeweils verwendeten Material (Stahl, seltener Aluminium) sowie von der konstruktiven Ausgestaltung (verschiedene Formen von Bodenträgern etc.).

Brutto-, Netto- und Taramasse werden wie folgt definiert:

$$R = P + T$$

Gleichung 22

Hierbei gilt:

R – maximal zulässige Gesamtmasse (Bruttomasse) des Containers

P – maximal zulässige Ladungsmasse/Zuladung/Nutzlast (Nettomasse)

T – Masse des leeren Containers oder die durchschnittliche Taramasse einer Containerserie, wenn der Streubereich der Serie nicht größer als 1% ist. Ausrüstungsteile (z. B. Zurrelemente, Kühlaggregate), die normalerweise auch bei Leerfahrten am Container verbleiben, sind in T enthalten.

Zwei weitere Hinweise sind für den Verloader und das Transportunternehmen noch besonders wichtig:

- Die aus R und T errechneten tatsächlich zulässigen Nutzlasten P sind nur dann auszuschöpfen, wenn die Ladung gleichmäßig über die gesamte Ladefläche verteilt wird. Es ist deshalb bei der Verladung besonders schwerer Packstücke darauf zu achten, dass eine hohe Punktbelastung bzw. Streckenlast (s. auch „Belastbarkeit der Container“) des Containerbodens vermieden wird. Gegebenenfalls sind lastverteilende Unterlagen zu benutzen.
- Bei der Beladung von Containern sind die zulässigen Lastgrenzen der Straßen- und Schienenfahrzeuge zu berücksichtigen. So ist z. B. in der Bundesrepublik Deutschland die zulässige Gesamtmasse eines LKW durch die StVO § 34 auf 40 t beschränkt. Für Fahrzeuge, die ausschließlich Container befördern, gilt die Obergrenze von 44 t Gesamtmasse. Die Fahrzeuge dürfen dazu nur im kombinierten Verkehr Schiene/Straße bzw. Seeschiff/Straße oder Binnenschiff/Straße auf dem Weg zwischen Verloader und nächstem geeigneten Terminal eingesetzt werden.

Konstruktion und Bauweise

Der Standard-Stückgut-Container setzt sich aus zwei rechteckigen Rahmenkonstruktionen zusammen. Diese werden aus den Boden- bzw. Dachlastträgern sowie den unteren bzw. oberen stirnseitigen Querträgern gebildet. Über die vier Ecksäulen werden die beiden Rahmen zu einem selbsttragenden Quader verbunden. Alle acht Ecken des Quaders sind mit den sogenannten Eckbeschlägen versehen (s. hierzu DIN ISO 668 [2] und DIN ISO 1161 [4]). Die Eckbeschläge weisen Öffnungen auf, die als Anschlagpunkte zum Heben des Containers, zur Befestigung auf Fahrgestellen, anderen Containern (beim Stapeln) etc. dienen.

Dieses Quadergrundgerüst trägt die Seiten- und Stirnwände. Mindestens eine der Stirnwände ist ausgestattet mit einer zweiteiligen, in Scharnieren beweglichen Tür mit robusten Verschlusseinrichtungen.

Der Boden des Containers besteht aus den unteren Seitenlängs- und Stirnseitenquerträgern. Die Auflagefläche bilden in der Regel robuste Siebdruckplatten. Mit dem Rahmen fest verbundene zusätzliche Querträger erhöhen die Tragfähigkeit des Bodens.

Analog den Bodenquerträgern können dachseitig ebenfalls Querträger installiert sein. Auf diesen ruht das fest mit dem Rahmen verbundene Dach. So ausgestattet ist der Container dann witterungsdicht (eventuelle Lüftungseinrichtungen sind so gestaltet, dass diese Eigenschaft erhalten bleibt).

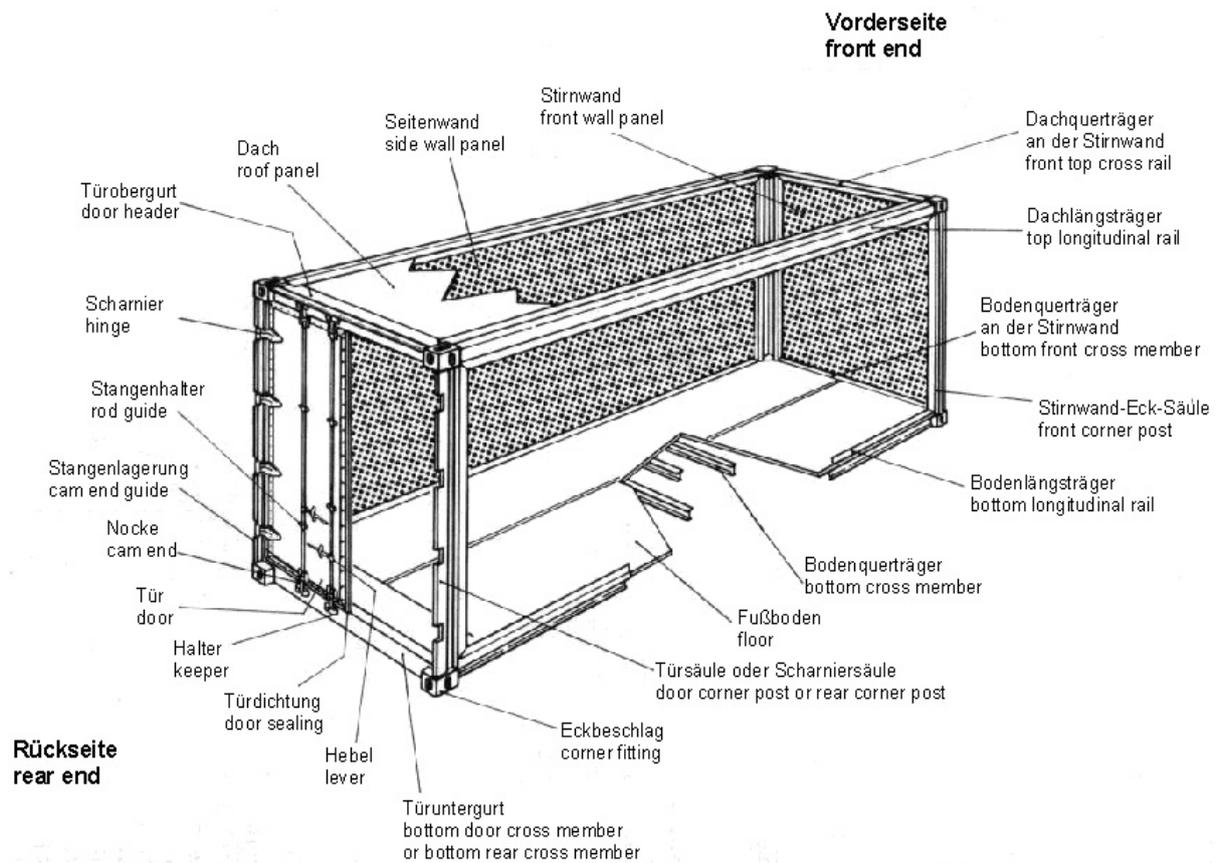


Abbildung 19 Bauteile eines Containers [H]

Die Eckbeschläge als Hilfsmittel zur Handhabung können durch Gabelstaplertaschen und Greifkanten an den unteren Seitenlängsträgern ergänzt werden.

DIE GABELSTAPLERTASCHEN DÜRFEN ZUM ANHEBEN DES CONTAINERS NUR GENUTZT WERDEN, SOEERN DIESER UNBELADEN IST!



Abbildung 20 Standard-Stückgut-Container mit Gabelstaplerlaschen

Wegen des Kostenvorteils wird für die Wände vorwiegend Stahlblech verwendet. Der Boden ist meist aus Holz gefertigt (Plywood oder Siebdruckplatten). Die höheren Kosten macht der Werkstoff Holz durch seine wesentlichen Vorzüge wett: Er ist widerstandsfähig und elastisch, verbeult nicht, lässt sich bei Reparaturen leicht austauschen und hat bei entsprechender Beschaffenheit einen zufriedenstellenden Gleitreibungskoeffizient.

Belastbarkeit der Container

Gemäß des internationalen Übereinkommens über sichere Container (CSC = Container Safety Convention) [F] hat der Containerhersteller die Möglichkeit der Baumuster-Zulassung. D.h. alle gefertigten Container einer Baureihe entsprechen – bei geringen zulässigen Toleranzen – einem geprüften Baumuster. Um eine Baumuster-Zulassung zu erhalten muss der Containerhersteller das entsprechende Baumuster nach bestimmten Kriterien prüfen lassen. Diese Prüfungen umfassen das Heben (an Eckbeschlägen, Gabelstaplerlaschen etc.), die Stapelung, die Flächenbelastung (des Bodens und des Daches), die Querwindung (Stirnwände), die Ladungsbeanspruchung (Seitenwände), die Belastbarkeit der Stirnwände und der Seitenwände.

Mit Blick auf die Ladungssicherung im Container sind hiervon besonders wichtig (Die Anforderungen und zugehörigen Prüfungen sind in ISO 1496 Teil 1 [3] beschrieben):

1. Flächenbelastung des Bodens

Die ermittelten zulässigen Belastungen des Bodens spielen eine große Rolle beim Beladen des Containers. Zum Einen beim Befahren des Containers mit Gabelstapler oder Hubwagen, zum Anderen beim Abstellen des Packstücks im Container. Es ist zu beachten, dass die Masse des Packstücks auf eine genügend große Aufstandsfläche verteilt wird, da sonst der

Boden brechen kann. Gleiches gilt für das Befahren mit beispielsweise einem Gabelstapler. Containerböden können von gummibereiften Gabelstaplern mit Achslasten von bis zu 5460 kg (12040 lbs) bei einer Radaufstandsfläche von mindestens 142 cm² pro Rad befahren werden. Das entspricht in etwa pro Rad der Größe einer Postkarte. Gabelstapler von 2 t Tragfähigkeit bleiben bzgl. der Achslasten etwas unter 5000 kg. Üblicherweise sind Stapler mit einer Hubkraft von 2,5 t für eine solche o.g. maximal zulässige Achslast ausgelegt. Einige akkubetriebene 2,5 t-Stapler erreichen jedoch im beladenen Zustand Achslasten, die über 6000 kg hinausgehen! Solange diese Stapler nicht voll beladen sind, ist es möglich mit solch „schwerem Gerät“ die Containerböden zu befahren.

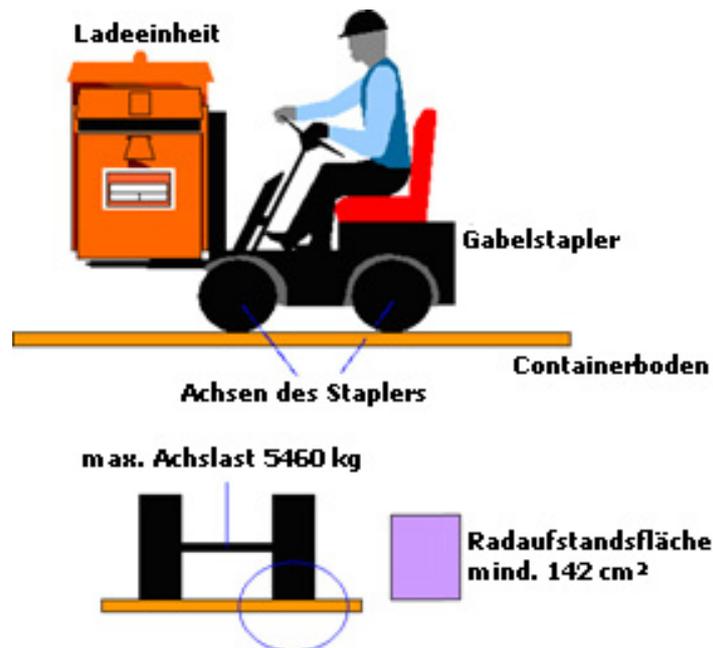


Abbildung 21 Zulässige Flächenbelastung des Containerbodens

2. Belastbarkeit der Stirnwände

Die Stirnwände müssen einer großflächig aufgebrachten Belastung von mindestens dem 0,4-fachen der maximal zulässigen Nutzlast (Payload) widerstehen, also 40 % des Payloads. Bei einer solchen Belastung dürfen keine Schäden am Container entstehen, die die Funktion oder Handhabung einschränken. Sofern eine Stirnwand Türen besitzt gilt dieser Wert auch für die Türen.

Um Punktbelastungen zu vermeiden und die Last gleichmäßig zu verteilen, sind geeignete Hilfsmittel zwischen Wand und Ladegut einzusetzen. Zu diesem Zweck eignen sich z. B. Paletten, Hartfaserplatten o. ä..

DIE STIRNWÄNDE SOWIE DIE TÜREN IN DEN STIRNWÄNDEN DÜRFEN MIT MAXIMAL 40 % DES PAYLOADS BELASTET WERDEN.

3. Belastbarkeit der Seitenwände

Für die Seitenwände gilt, dass sie einer großflächigen Belastung, die das 0,6-fache der maximal zulässigen Nutzlast beträgt, widerstehen müssen.

Zur Vermeidung von Punktbelastungen der Seitenwände gilt dasselbe wie unter Punkt 2 genannt.

DIE SEITENWÄNDE SOWIE DIE TÜREN IN DEN SEITENWÄNDEN DÜRFEN MIT MAXIMAL 60 % DES PAYLOADS BELASTETE WERDEN.

4. Belastbarkeit des Daches

Das Dach darf auf einer Fläche von 600 mm × 300 mm mit einer Last von 300 kg belastet werden.

DIE BELASTUNG DES DACHES DARF 300 KG AUF EINER FLÄCHE VON 600 MM × 300 MM NICHT ÜBERSCHREITEN.

5. Belastbarkeit des Containers im Stapel

Ein voll beladener Container muss mindestens fünf weitere voll beladenen Container der gleichen Länge und des gleichen zulässigen Gesamtgewichts tragen. In der Praxis sind meist höhere Stapel zulässig. Die tatsächlich zulässige Stapellast muss auf der CSC-Plakette vermerkt sein und muss immer berücksichtigt werden.

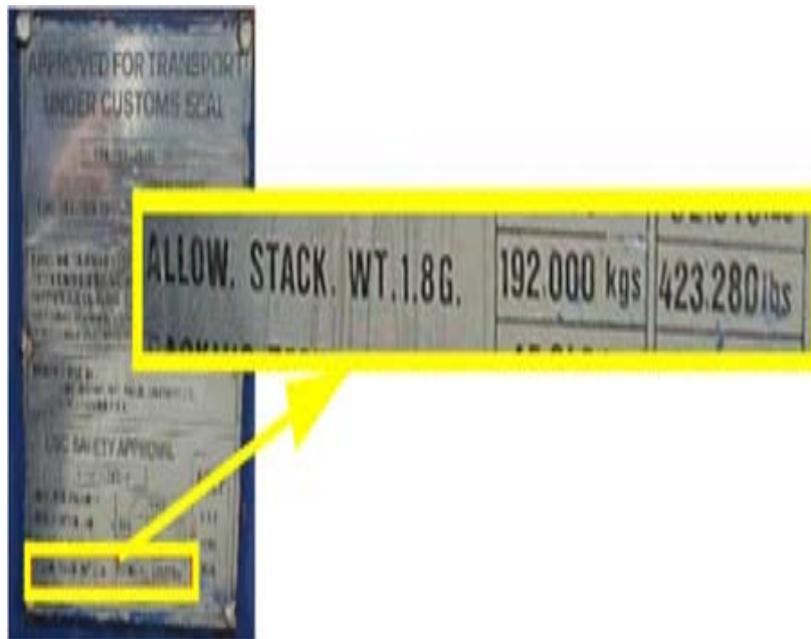


Abbildung 22 Angabe der zulässigen Stapellast auf einer CSC-Plakette

EIN VOLL BELADENER CONTAINER TRÄGT MINDESTEN FÜNF WEITERE VOLL BELADENE CONTAINER.

Die Belastungsfähigkeit der Container und Containererelemente im Überblick:

Belastungsfähigkeit von ...	
Seitenwand	0,6 × Payload
Stirnwand	0,4 × Payload
Tür in der Stirnwand	0,4 × Payload
Dach	300 kg auf einer Fläche von (600 × 300) mm ²
Container im Stapel	Container muss 5 vollbeladene Container tragen

Tabelle 7 Belastungsfähigkeit von Containern



Abbildung 23 Stapelung (Ein Container muss 5 vollbeladenen Container tragen)

Kennzeichnung des Containers

ISO-Container sind an der Tür, der Tür gegenüberliegenden Stirnwand und den Seitenwänden gekennzeichnet. Die ausführliche Kennzeichnung befindet sich auf der rechten Seite der Tür. Die Angaben sind folgendermaßen zu lesen:

Oberste Zeile:

Die ersten drei Buchstaben identifizieren den Container-Eigentümer (die Registrierorganisationen sind in Anhang G der DIN EN ISO 6346 [5] nachzulesen). Der vierte Buchstabe steht für die Produktgruppe (U = Container; J = am Container angebrachte Ausrüstung; Z = Fahrgestelle und Anhänger). Die sechs folgenden Ziffern sind die individuelle Registrierungsnummer des betreffenden Containers. Am Ende der Zeile befindet sich die eingerahmte einstellige Prüfziffer (Erläuterung siehe Anhang A der DIN EN ISO 6346 [5]).

Zweite Zeile:

Diese Ziffern-/Buchstabenkombination definiert die Containergröße und -bauart. Die erste Ziffer, die auch ein Buchstabe sein kann, macht Angaben zur Länge des Containers. Die zweite Ziffer, die ebenfalls ein Buchstabe sein kann, informiert über die Kombination Containerbreite/-höhe. Die folgenden Ziffern bzw. Buchstaben weisen auf die Bauart hin (Aufschlüsselung in Anhang D und E der DIN EN ISO 6346 [5]). Zusätzlich kann das Eigner-Registriertland mit bis zu drei Buchstaben vor dieser Ziffern-/Buchstabenkombination angegeben sein.

Max. Gross:

Angabe des höchstzulässigen Container-Gesamtgewichts

Tare:

Masse des leeren Containers

(optional) NET (auch „Max. Payload“ oder „CAP.WT.“):

maximal zulässige Zuladung (Differenz aus Max. Gross und Tare)

(optional) Cube (auch „CU.CAP.“):

Rauminhalt des Containers

Lediglich der Eigentümer- und Produktschlüssel, die Registriernummer sowie die Prüfziffer sind an der der Tür gegenüberliegenden Stirnseite, den Seitenwänden (jeweils rechte obere Ecke) und dem Dach (jeweils an der Stirnseite) angebracht.

EIN ISO-CONTAINER IST AN ALLEN VIER AUSSENWÄNDEN MIT SEINEN WICHTIGSTEN DATEN GEKENNZEICHNET.



Abbildung 24 Containerkennzeichnung im Detail 1

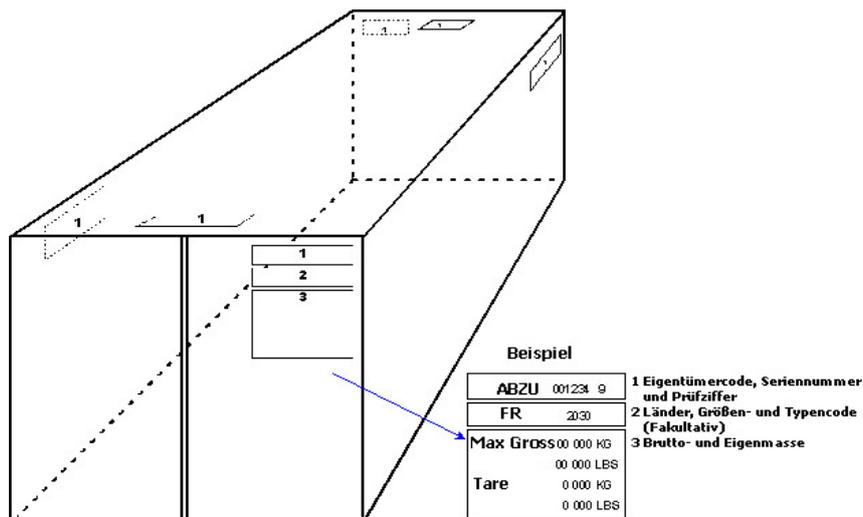


Abbildung 25 Containerbezeichnung im Detail 2

Sobald die Containerhöhe 8,5 ft (2,60 m) überschreitet, muss an den Seitenwänden unterhalb der vorgenannten Kennzeichnung ein Hinweis auf die Höhe angebracht sein.

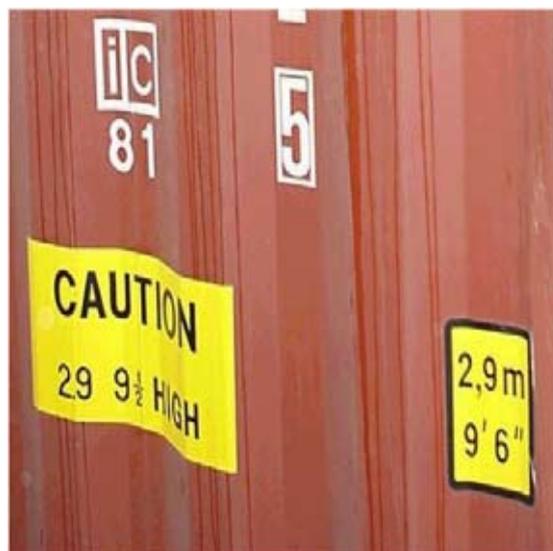


Abbildung 26 Kennzeichnung eines Containers mit $h > 8,5$ ft (2,60 m)

Zusätzlich kann an den Seitenwänden unterhalb der o.g. Beschriftungen ein Vermerk angebracht sein, der über die Zulassung Auskunft gibt:

Abkürzung	Zulassung nach der Bauartprüfung ...
ic	für den Überseeverkehr
it	für den Überlandverkehr
70	durch die britische Eisenbahnverwaltung
80	durch die Deutsche Bahn
87	durch die nationale Gesellschaft der Französischen Eisenbahn

Tabelle 8 Abkürzungen zur Bauartprüfung

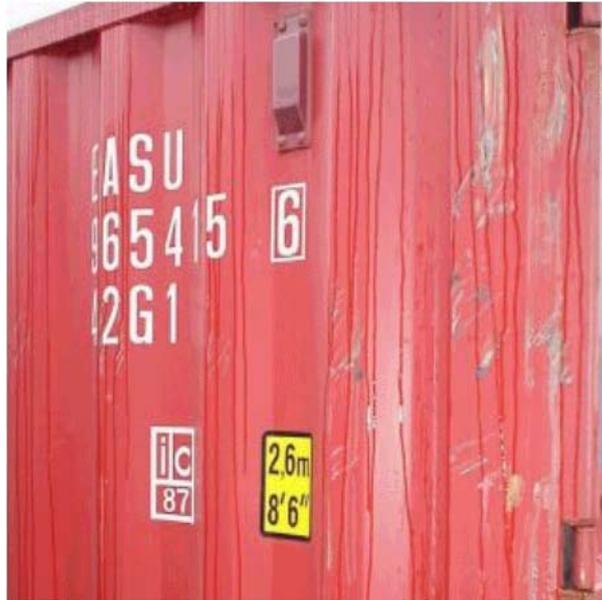


Abbildung 27 ic-Markierung (und andere) an der Seitenwand

Sofern es sich um einen baumusterzugelassenen Container handelt, ist dieser mit einem Sicherheits-Zulassungsschild „CSC Safety Approval“ zu kennzeichnen. Dieses Schild muss den Anforderungen nach Dauerhaftigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Feuerfestigkeit entsprechen. Es muss rechteckig sein und mindestens die Maße 200 mm × 100 mm haben. Da die Baumusterprüfung keine Garantie dafür bietet, dass sich der Container während der Zeit seines Gebrauches in einwandfreiem Zustand befindet, ist der Container wiederkehrenden Prüfungen zu unterziehen. Die erste Überprüfung muss spätestens 5 Jahre nach der Herstellung erfolgen. Das Datum, bis zu welchem diese Prüfung durchgeführt sein muss, muss auf dem CSC-Schild ausgewiesen sein. Erneute Prüfungen sind alle 30 Monate durchzuführen. Das zugehörige Datum muss auch jeweils auf der CSC-Plakette vermerkt sein. Diese wiederkehrenden Prüfungen kann der Containerbesitzer in Eigenregie von im Umgang mit Containern erfahrenen Personal durchführen lassen. Die Prüfungen müssen selbstverständlich dokumentiert werden.

Zu den wiederkehrenden Prüfungen gibt es eine Alternative:

ACEP (Approved Continuous Examination Programme)⁴

Der Containerbesitzer ist berechtigt zu dem CSC-Schild zusätzlich ein ACEP-Schild am Container anzubringen, wenn er der zuständigen Behörde nachweisen kann, dass seine innerbetriebliche Routine (Besichtigungs-/Reparaturprogramm) in der Lage ist, die 30-monatige Prüfung zu ersetzen. Damit braucht der Eigner das Datum für die nächste Prüfung nicht mehr auf dem CSC-Schild aufführen.

BAUMUSTERGEPRÜFTE CONTAINER SIND MIT EINEM CSC-SCHILD GEKENNZEICHNET. SIE SIND IN REGELMÄSSIGEN ABSTÄNDEN ZU PRÜFEN.

CSC-ACEP-GEKENNZEICHNETE CONTAINER UNTERLIEGEN EINEM KONTINUIERLICHEN KONTROLLPROGRAMM.

⁴ Container, die nach dem ACEP-Übereinkommen überwacht werden, tragen in der CSC-Plakette kein nächstes Prüfdatum.



Abbildung 28 CSC-Plakette mit ACEP-Zusatzschild

Ladegut

Anforderungen an das Ladegut

Um ein ordnungsgemäßes Stauen und Sichern im Container zu ermöglichen, hat das Ladegut einige Anforderungen zu erfüllen.

Allgemeine Anforderungen an das Ladegut

1. Modul-Abmessungen

Die Abmessungen sollen möglichst auf das Verpackungsmodul und die Containerladeflächenmaße abgestimmt sein.

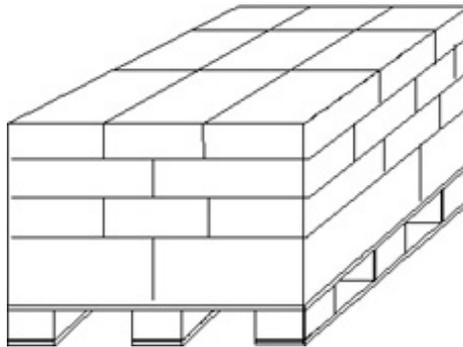


Abbildung 29 Modulabmessungen

2. Stapelbarkeit

Das Ladegut soll eine standsichere und druckfeste Oberfläche bieten, um das Stapeln der erforderlichen Lagenzahl zu ermöglichen.



Abbildung 30 Beschädigung des Ladeguts durch Stapelung

Beim Übereinanderstapeln von beladenen Paletten ist es ggf. sinnvoll, Zwischenlagen zur Lastverteilung einzusetzen.



Abbildung 31 Druckfeste, standsichere Oberfläche zum Stapeln

3. Druckfestigkeit der Seitenflächen

Die Seitenflächen müssen genügend druckfest sein, um Druckkräften, die während des Transportes auf sie wirken, standzuhalten. Aber auch solche Druckkräfte müssen ausgehalten werden, die in dem Fall auftreten, dass Gabelstapler mit Klammer o. ä. zum Einsatz kommen.

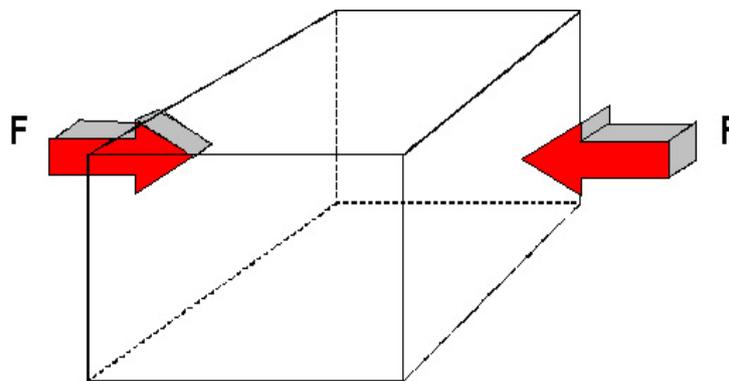


Abbildung 32 Druckfeste Seitenflächen

4. Druckfestigkeit der Kanten

Um das Ladegut niederzurren zu können, ist es unerlässlich, dass die Kanten des Packstücks eine entsprechend große hohe Druckfestigkeit aufweisen. Gegebenenfalls müssen hier die Kantenschützer/-gleiter eingesetzt werden.

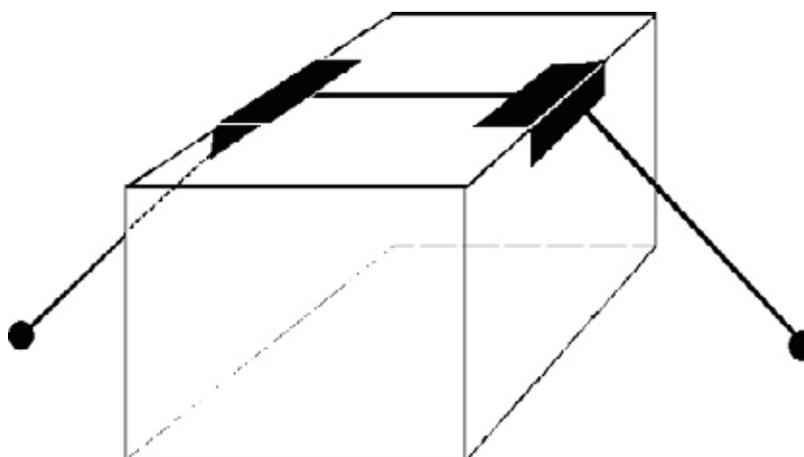


Abbildung 33 Druckfeste Kanten (Kantengleiter)

5. Standsicherheit

Die Standfläche des Ladeguts soll so dimensioniert sein, dass ein sicherer Stand gewährleistet ist.

6. Niedriger, mittiger Schwerpunkt

Der Schwerpunkt soll möglichst tief und mittig über der Grundfläche des Ladeguts liegen. Die Ladeinheit ist so zu packen, dass sich ihre Schwerpunkt (S) im – besser unterhalb – des Schnittpunktes der Stirn- und Längsseitendiagonalen befindet. Je tiefer S liegt, desto stabiler steht die Ladeinheit. Sollte S einseitig verschoben sein (z. B. bei gewichtsasymmetrischen Packstücken), so ist die Schwerpunktlage auf allen 4 Seiten der Ladeinheit deutlich zu kennzeichnen.



Abbildung 34 Schwerpunktsymbol nach DIN 55402

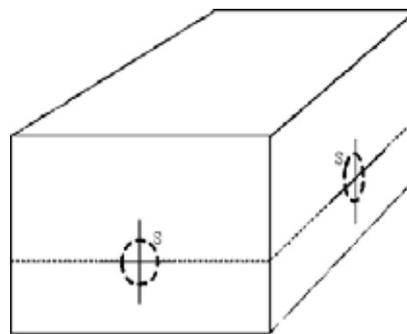


Abbildung 35 Optimale Schwerpunktlage

7. Unterfahrbarkeit

Das Ladegut soll mit Hubwagen, Gabelstapler o. ä. unterfahrbar sein.

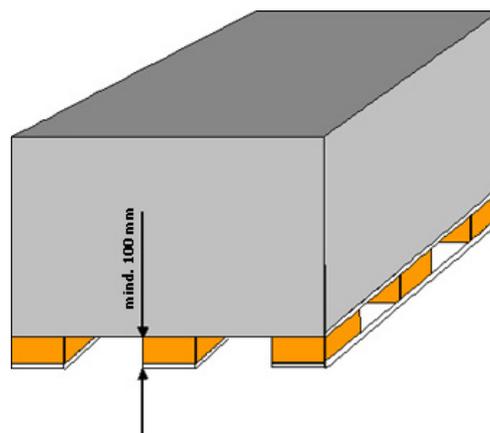


Abbildung 36 Mindesthöhe zur Unterfahrbarkeit

Um die 7. Forderung (Unterfahrbarkeit) zu erfüllen, kommen Ladungsträger zum Einsatz. U. a. dienen Ladungsträger dazu, Ladeinheiten aus mehreren Packstücken zu bilden. Die Zusammenfassung von einzelnen Packstücken zu Ladeinheiten bringt eine erhebliche Vereinfachung und damit Zeitersparnis mit sich. Es muss nun nicht mehr jedes Packstück einzeln behandelt werden.

Spezielle Anforderungen an Ladung auf Ladungsträgern

Voraussetzung um Ladeeinheiten auf Ladungsträgern unfallfrei transportieren und im Container ordnungsgemäß stauen und sichern zu können ist, dass die Ladeinheit „Packstücke/Packstück auf Ladungsträger“ in sich ordentlich gesichert ist. Die Ladeeinheiten-Sicherung (mittels Bändern, Umhüllungen, Umschrumpfungen etc.) hat die Aufgabe die Packstücke sicher im Stapel zu halten und mit dem Ladungsträger zu verbinden.

Da als Ladungsträger größtenteils die „Palette“ eingesetzt wird, wird im Folgenden der Begriff „Palette“ stellvertretend für die Gesamtheit der Ladungsträger verwendet.

Bei der Bildung und Sicherung von Ladeeinheiten auf Ladungsträgern sind einige wesentliche Punkte zu berücksichtigen:

1. Bei der Bildung von Ladeeinheiten und bei der Auswahl der Ladungsträger sind unbedingt besondere Vorschriften des jeweiligen Bestimmungslandes zu berücksichtigen. Diese Vorschriften sind in dem „Export-Nachschlagewerk – Konsulats- und Mustervorschriften (K und M)“ nachzulesen und werden alle zwei Jahre aktualisiert. Zu beziehen ist dieses von der Handelskammer Hamburg⁵. Solche besonderen Bestimmungen existieren beispielsweise in bezug auf Holz, das hier im Fall der Palette als Ladungsträger eingesetzt wird. (s. Modul 4)
2. Palettierte Ladeeinheiten müssen in sich so stabil sein, dass sich durch Belastungen während des Transports (Bremsungen, Kurvenfahrten, Stöße etc.) keine Ladungsteile lösen können oder die Einheit auseinander fällt.
3. Beim Stapeln von Packstücken auf der Palette ist sicherzustellen, dass die unteren Packungsstücke stabil genug sind den entstehenden Druckkräften (Stapeldruck) standzuhalten.
4. Die Verbundstapelung ist im Hinblick auf die Stabilität der Ladeinheit immer der Säulenstapelung vorzuziehen.
5. Der Palettennutzungsgrad soll möglichst 100 % betragen. Ist der Palettennutzungsgrad kleiner als 100 %, spricht man vom sog. „Rücksprung“. Das bedeutet, dass Packstücke hinter der Seitenkante der Palette zurückstehen. Ist der Palettennutzungsgrad größer als 100 %, spricht man vom „Überhang“. „Überhang“ bezeichnet den Fall, dass Packstücke über die Grundfläche der Palette hinausragen. Ist Überhang nicht zu vermeiden, so soll er nur in einer Richtung der Palette auftreten, damit die Ladeinheit in der anderen Richtung formschlüssig im Container gestaut werden kann. Rücksprung verhindert das formschlüssige, gegenseitige Abstützen der Ladeeinheiten. Hier muss mit zusätzlichen raumfüllenden Ladungssicherungshilfsmitteln der freibleibende Raum über der ungenutzten Palettenfläche ausgefüllt werden, d.h. der Aufwand für Ladungssicherung im Container steigt.

5 Online auch zu beziehen über www.zoll.de

Der Palettennutzungsgrad in % errechnet sich wie folgt:

$$\text{Palettennutzungsgrad} = \frac{L_{\text{Verp}} \cdot B_{\text{Verp}} \cdot n}{L_{\text{Palette}} \cdot B_{\text{Palette}}} \cdot 100\%$$

Gleichung 23

mit

L_{Verp} = Länge der Transportverpackung

B_{Verp} = Breite der Transportverpackung

n = Anzahl der Transportverpackungen pro Lage

L_{Palette} = Länge der Palette

B_{Palette} = Breite der Palette

Beurteilung des Palettennutzungsgrades:

100 % : optimal

95-99,99 % : gut

90-94,99 % : befriedigend

<90 % : unbefriedigend

Beispiel:

Auf einer Europalette sollen Schachteln mit den Maßen 400 mm × 200 mm gestapelt werden. Aus wie vielen Schachteln kann eine Lage maximal bestehen, wenn kein Überhang vorhanden sein soll? Wie groß ist der Palettennutzungsgrad?

Lösung:

Gegeben: $L_{\text{Verp}} = 400 \text{ mm}$; $B_{\text{Verp}} = 200 \text{ mm}$; $L_{\text{Palette}} = 1200 \text{ mm}$; $B_{\text{Palette}} = 800 \text{ mm}$

Gesucht: a) n b) Palettennutzungsgrad in %

Zeichnerische Darstellung:

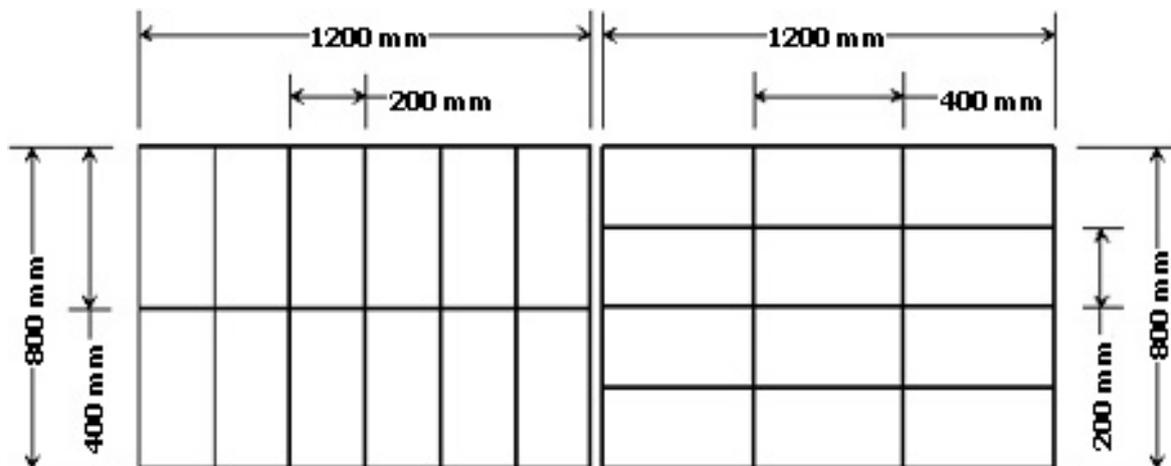


Abbildung 37 Möglichkeiten der Verteilung auf einer Palette

Antwort zu a)

Auf die Europalette passen in jeweils einer Lage zwölf Schachteln. Es gibt, wie in den Zeichnungen dargezeigt, die Palettennutzungsgrade auf der Palettengrundfläche zu verteilen.

Antwort zu b)

$$\text{Palettennutzungsgrad} = \frac{400\text{mm} \cdot 200\text{mm} \cdot 12}{1200\text{mm} \cdot 800\text{mm}} \cdot 100\% = \frac{960000\text{mm}^2}{960000\text{mm}^2} \cdot 100\% = 100\%$$

Der Palettennutzungsgrad beträgt 100 % und ist somit optimal.

JE KLEINER DER PALETTENNUTZUNGSGRAD IST, DESTO GRÖßER WIRD DER AUFWAND ZUR LADUNGSSICHERUNG IM CONTAINER.

EBENSO KANN DER AUFWAND FÜR LADUNGSSICHERUNGSMASSNAHMEN STEIGEN, WENN DER PALETTENNUTZUNGSGRAD ÜBER 100 % STEIGT.

Verfahren zur Sicherung von Ladeeinheiten auf Ladungsträgern

Umreifen

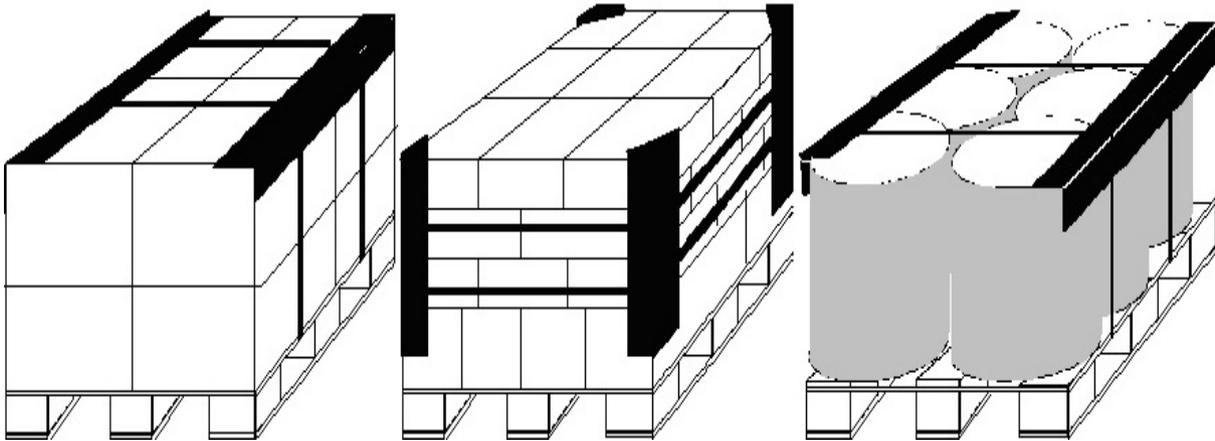


Abbildung 38 vertikales Umreifen (li) – horizontales Umreifen (mi) – vertikales Umreifen von palettierten Fässern (re)

Beim Umreifen wird die Ladeeinheit mit einem Umreifungsband gesichert. Dieses Band ist üblicherweise aus Kunststoff oder Metall. Es ist möglich vertikal, horizontal oder in beiden Richtungen zu umreifen. Der Zusammenhalt des Packstücks/der Packstücke mit der Palette wird über die vertikale Umreifung hergestellt. Das Umreifungsband bringt Druckkraft auf das Packstück/die Packstücke auf und verhindert dadurch das Verrutschen auf der Palette. Um die Kanten der äußeren Packstücke beim horizontalen oder vertikalen Umreifen nicht zu beschädigen, sind Kantenschützer einzusetzen. Eine andere Möglichkeit ist der Einsatz von druckverteilenden Paletten, die auf die oberen Packstücklage/das Packstück aufgelegt werden und mit den Packstückkanten abschließen oder etwas über diese überstehen. Sie verteilen so die auftretenden Druckkräfte gleichmäßig.

Bei der vertikalen Umreifung von Fässern sind stabile Kantenschützer zu verwenden, die auf allen Fässern einer Reihe aufliegen und dazu dienen, dass das Umreifungsband nicht vom runden Fass abrutschen kann. Alternativ können spezielle Kantenschützer mit Führung für das Umreifungsband eingesetzt werden. Diese lassen sich auf jeweils einem Fass verrutschsicher fixieren.

Das horizontale Umreifen dient dazu, das Packstück/die Packstücke auf der Palette zu einem Block zu vereinen. Sie stellt aber keinen Zusammenhalt des Packstücks/der Packstücke mit der Palette her.

Umreifungsbänder aus Stahl weisen hohe Zugfestigkeiten auf, jedoch nahezu keine Elastizität. Das führt dazu, dass das Stahlband seine Vorspannung verliert und abrutscht, sobald sich die Packstücke setzen. Kunststoffbänder dagegen sind genügend elastisch und dehnbar, so dass sie beim Setzen der Packstücke ausreichende Vorspannung behalten können. Allerdings besteht – besonders bei Polypropylenbändern – die Gefahr, dass sie sich bei langer Lagerdauer der umreiften Ladeeinheit dehnen und so ihre Vorspannung teilweise verlieren.

Stretchen



Abbildung 39 Stretchapparat

Das Stretch-Verfahren wird vornehmlich zur Sicherung von Ladeeinheiten mit regelmäßigen Konturen und geringem bis mittlerem Gewicht angewandt. Es ist für temperaturempfindliche Güter geeignet und für solche, die sich hauptsächlich in horizontaler Richtung verformen. Dieser Verformung wirken die Rückstellkräfte der Folie entgegen. Diese Rückstellkräfte werden von der Folie entwickelt, wenn sie beim Stretchen bis zu 300 % gedehnt und anschließend um die Ladeeinheiten gewickelt oder über sie gestülpt wird. Verarbeitet werden Stretchfolien entweder manuell oder maschinell von der Rolle oder es kommen Stretchhauben zum Einsatz, die maschinell über die Ladeinheit gestülpt werden. Um eine geschlossene Schutzhülle zu erhalten, ist es bei Verwendung der Stretchfolie von der Rolle notwendig vor dem Stretchen ein Deckblatt auf die Ladeinheit aufzulegen. Wichtig zu beachten ist, dass die Temperatur einen großen Einfluss auf die Folieneigenschaften hat. Durch Wärmewirkungen können sich Stabilitätsverluste der gestreckten Ladeinheit ergeben. Die Erwärmung der Folie führt dazu, dass sich die Rückstellkräfte der Folie verringern.

Schrumpfen

Besonders für Ladeeinheiten, die unregelmäßig geformt und sperrig sind und für homogene Ladeeinheiten, die einen vollflächigen Schutz benötigen, bietet die Verwendung von Schrumpffolie zur Sicherung Vorteile. Grundsätzlich gibt es zwei Arten von Schrumpffolie: Zum einen die in lediglich einer Richtung schrumpfende, zum anderen die in zwei Richtungen schrumpfende. Die speziell gefertigten Folien verringern ihre ursprüngliche Länge und/oder Breite unter Einfluss von Wärme. Die Ladeinheit wird entweder mit Schrumpffolie von der Rolle umwickelt oder es wird ein Schlauch oder eine vorgefertigte Haube übergestülpt. Wenn Schrumpffolie von der Rolle eingesetzt wird, muss vorher ein Deckblatt aufgelegt werden, um die Einheit nach oben abzuschließen. Anschließend wird die Folie manuell oder automatisch erhitzt. Durch das Schrumpfen wird die Ladeinheit eng von der Folie umschlossen. Die Kraft, die die schrumpfende Folie dabei auf die Ladeinheit ausübt wird Schrumpfkraft genannt. Sie hält die Ladeinheit formschlüssig zusammen und stabilisiert sie. Gleichzeitig ist die eingeschrumpfte Ladeinheit vor Verschmutzung, Feuchtigkeit und unberechtigter Entnahme von Packstücken geschützt. Der Zusammenhalt des Packstücks/der Packstücke mit der Palette

kann nur erreicht werden, wenn die Palette unterschumpft wird; d.h. die Folie muss die Palette umschließen. Besonders wichtig ist dies bei der Verwendung von Folie, die in zwei Richtungen schrumpft, denn nur dann kann die vertikale Schrumpfkraft auch genutzt werden.

Weitere Maßnahmen

Neben den oben aufgeführten Sicherungsverfahren gibt es weitere Maßnahmen, von denen einige hier kurz erwähnt werden sollen.

Formschlüssige Maßnahmen:

- Palette mit Aufsetzrahmen

Kraftschlüssige Maßnahmen:

- Reibungserhöhende Zwischenlagen (z. B. Papierbögen mit rauer Oberfläche, Gummimatten oder -netze)
- Spezieller Klebstoff
- Aufrauen oder Anfeuchten der Verpackungsoberfläche

Mit Ausnahme der o. g. Palette mit Aufsetzrahmen beschränkt sich die Wirkung dieser Sicherungsmaßnahmen auf die Sicherung gegen Verrutschen. In der Regel ist eine zusätzliche Sicherung gegen Kippen notwendig; dies gilt insbesondere im Fall der Säulenstapelung.

Containerbeladung

Überprüfungen vor dem Packen

Vor dem Beladen eines Containers ist es unerlässlich, diesen einer routinemäßigen visuellen äußeren und inneren Kontrolle zu unterziehen. Bei der Kontrolle eines angemieteten ACEP-zertifizierten Containers sollte das Ergebnis dieser Kontrolle das Feststellen des einwandfreien Zustandes sein.

Äußere Kontrolle

- Ist der Container in tadellosem Zustand? Sobald die konstruktive Festigkeit durch Mängel an Längsträgern, Querträgern, Eckpfosten oder Eckbeschlägen bzw. den verbindenden Schweißnähten etc. beeinträchtigt ist, so ist der Container auszusondern.



Abbildung 40 Stark beschädigter Containerrahmen

- Sind die Wände, der Boden oder das Dach nennenswert verformt? Nennenswerte Deformationen sind in diesem Fall solche, die das Stauen der Container nebeneinander, das Stapeln, die Standsicherheit der Container bzw. das Stauen im Container beeinträchtigen.

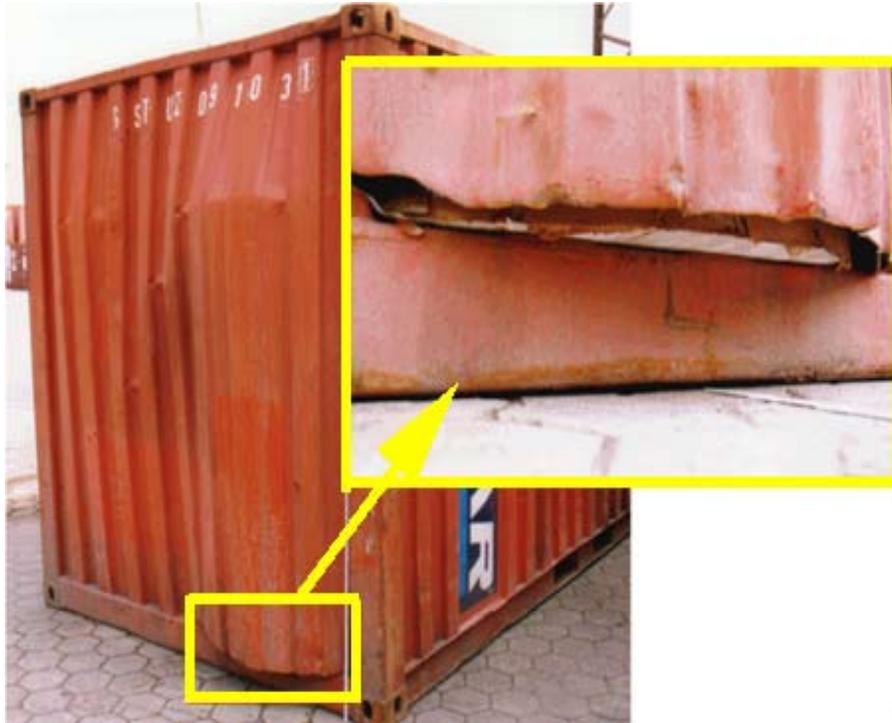


Abbildung 41 Starke Beschädigung der Containerstirnseite (Ursache: unsachgemäß gesicherte Papierrolle)

- Lassen sich die Türen ordnungsgemäß und mit normalem Kraftaufwand bedienen? Sind sie verformt? Schließen sie wie vorgeschrieben? Lassen sie sich vorschriftsmäßig verplomben? Sind Türdichtungen und Wetterschutzstreifen in gutem Zustand und weisen keine ausgerissenen Stücke etc. auf? Sind die Einrichtungen vorhanden, die es erlauben die Türen während des Beladens in geöffneter Stellung zu fixieren/sichern? Bitte sichern Sie zu ihrer eigenen Sicherheit die Türen.



Abbildung 42 Verformte, defekte Containertür



Abbildung 43 Defekte Türdichtung

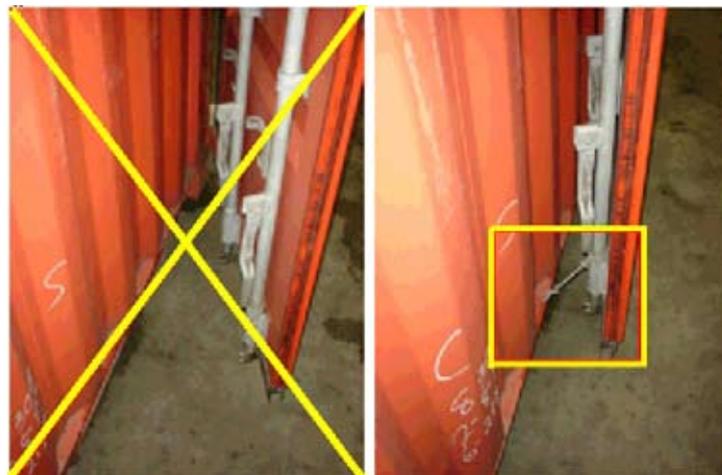


Abbildung 44 Sichern der Containertür beim Beladen (li.: Falsch, re.: Richtig)

- Ist das CSC-Sicherheits-Zulassungsschild am Container vorhanden und in einwandfreiem Zustand? Das Vorhandensein des Schildes ist für den Transport ins Ausland zwingend notwendig.



Abbildung 45 Unkenntliche CSC-Plakette

- Sind alle Markierungen, Warnzeichen, Placards etc., die zur Kenntlichmachung der vorherigen Ladung dienten, entfernt? Solche irreführenden Informationen müssen besonders im Hinblick auf unvorhersehbare Zwischenfälle unbedingt entfernt werden.

Innere Kontrolle

- Ist der Container noch ganz dicht? Am einfachsten ist das zu überprüfen, indem man beobachtet, ob bei geschlossenem Container durch undichte Stellen Licht einfällt. Diese Prüfung ist mit zwei Personen vorzunehmen, um zu verhindern, dass die im Inneren kontrollierende Person versehentlich eingeschlossen wird (Kein Scherz!).
- Ist der Boden in gutem Zustand und an keiner Stelle gebrochen? Ist der Boden frei von hervorstehenden Nägeln, Schrauben oder ähnlichem? Zur schnellen Kontrolle auf Nägel etc. hat sich ein einfacher scharfkantiger Metallschieber (s. Abbildung 46) bewährt, der beim Schieben über den Containerboden bereits teilweise hervorstehende Teile mitreißt. Gegebenenfalls sollte der Boden mit durchstoßsicherem Material abgedeckt werden.



Abbildung 46 Metallschieber zur Bodenkontrolle

- Sind die Wände auch von innen in einwandfreiem Zustand?
- Sind die entsprechenden Befestigungselemente (Laschringe etc.) vorhanden, in gutem Zustand und fest verankert? Sofern schwere Ladeeinheiten gesichert werden müssen, ist zu klären, mit welchen Kräften die Befestigungselemente beaufschlagt werden dürfen.
- Ist der Container sauber, trocken und frei von Gerüchen, die von früherer Ladung stammen und ggf. die jetzige Ladung beeinträchtigen können?

DER CONTAINER IST VOR DEM BELADEN EINER ÄUSSEREN UND INNEREN KONTROLLE ZU UNTERZIEHEN.

Im Anhang ist eine Checkliste (a. Anhang Tabelle 20) entsprechend den CTU-Packrichtlinien wiedergegeben, die bei der Kontrolle behilflich ist.

Maßnahmen vor dem Packen

Erster Schritt

Grundsätzlich vor dem Beginn des Beladeprozesses ist immer zuerst sicherzustellen, dass der zu beladende Container einen festen Stand hat. Besonders wichtig ist dies natürlich, wenn der Container nicht direkt auf dem Boden steht, sondern sich auf einem Fahrgestell (z. B. Sattelanhänger, Lastwagen, Bahnwaggon) befindet. Das Fahrgestell muss gegen Wegrollen und Kippen gesichert sein. Gegebenenfalls muss z. B. ein Sattelanhänger zusätzlich zu seinen vorhandenen Stützbeinen mit einem Unterstellbock abgestützt werden. Dies ist besonders zu berücksichtigen beim Beladen mit Gabelstaplern!

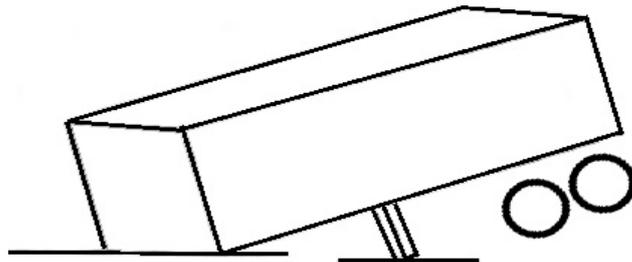


Abbildung 47 Kopflastiger, nicht ausreichend abgestützter Container auf Trailer

Kommt eine mobile Auffahrrampe zum Einsatz, ist auch diese zunächst auf sicheren Stand und angezogene Bremsen bzw. eingesetzte Unterlegkeile hin zu überprüfen.

ZUERST MÜSSEN CONTAINER UND LADERAMPE SICHER UND FEST STEHEN.

Zweiter Schritt: Stauplanung

Das Packen eines Containers ist vor Beginn des Beladens zu planen. Wenn am Ende des Beladens eines Containers festgestellt wird, dass nicht alle kommissionierten Packstücke im Container untergebracht werden können, geht viel Zeit verloren. In diesem Fall ist dann ein zeitraubendes Umpacken und Neuordnen der Ladung erforderlich. Auch bei Mischladung wird häufig der Fehler gemacht, dass zunächst die großen und/oder schweren Güter gestaut werden. Zum Türbereich hin werden dann die kleineren/leichteren Güter untergebracht. Die Folge ist eine Schwerpunktverschiebung, die den Container im schlimmsten Fall nicht mehr handhabbar macht.

Um den Container optimal auszunutzen und das Be- und Entladen zu vereinfachen und damit zu beschleunigen empfiehlt es sich zeichnerisch einen Stauplan zu erstellen bzw. ein Stauprogramm zu verwenden. Das ist besonders empfehlenswert für immer wieder vorkommende Ladungen bzw. Ladekombinationen. Eine einfachere Variante als die Zeichnung ist aber ebenso praktikabel – das Vorstauen: Man markiert auf dem Hallenboden die bekannten

Container-Innenabmessungen und staut in diesem gedachten Container die kommissionierten Waren schon einmal vor.

Die zeichnerischen Staupläne sind am besten in der Draufsicht und der Seitenansicht zu erstellen.

ALS ZWEITER SCHRITT IST DAS STAUEN ZU PLANEN.

Wichtig ist die Beachtung folgender Grundregeln der Ladungsstauung:

a) Allgemein

- Das Gewicht der Ladung darf die zulässige Nutzlast des Containers nicht überschreiten. (Bei Überschreitung wird die Containerkonstruktion überbelastet, außerdem gibt es Umschlagplätze, an denen kein Umschlaggerät für überschwere Lasten vorhanden ist).
- Die Gewichtsobergrenze kann durch besondere Rechtsvorschriften oder Umstände (z. B. in den Transport-Umschlag-Lager-Prozess (TUL-Prozess) eingeplante Umschlagsgeräte, Hebezeuge, Beschaffenheit der Beförderungswege) herabgesetzt werden.
- Das Gewicht der Ladung muss gleichmäßig über die gesamte Bodenfläche des Containers verteilt werden.
- Grundsätzlich ist eine kompakte Stauung anzustreben. Das bedeutet, dass möglichst die gesamte Fläche des Containers genutzt und die Ladung gleich hoch verteilt werden soll.



Abbildung 48 Homogene Ladung

- Es ist darauf zu achten, dass die Packstücke der Ladung beim Stauen nicht ineinander verkeilt werden. Der Empfänger muss die Entladung ohne Schwierigkeiten vornehmen können.
- Stauplanung beinhaltet auch die Auswahl der geeigneten Ladungssicherungsmittel. Hierbei ist u. a. der Platzbedarf des Ladungssicherungsmittels selbst mit einzuplanen (z. B. beim Einsatz von Trennwänden o. ä.; s. Modul 4). Wird Holz als Ladungssicherungsmittel eingesetzt ist zu klären, ob das Bestimmungsland diesbezüglich besondere Bestimmungen hat:

- Die Anforderungen an das bei der Ladung bzw. Ladungssicherung/Stauung verwendete Holz sind den „K und M“-Vorschriften (vgl. S.74) zu entnehmen. Die Qualität/Behandlung der im Container verbauten Hölzer (z.B. Boden) sind von der Reederei bzw. vom Containereigner zu testieren (i.d.R. Kennzeichnung am/im Container).

<u>CERTIFICATE OF TREATMENT</u>	
Permanent Immunisation	
This is to certify that the timber described was treated on: In accordance with AQIS requirements.	„Datum“
Name of preservative treatment:	„Handelsname des Behandlungsmittels“
Name and chemical composition of preservative:	„Chemische Bezeichnung des Behandlungsmittels“
Loading of preservative:	„eingebrachte Masse des Behandlungsmittel pro m³“
Charge retention in the wood:	„eingebrachte Masse des Behandlungsmittel in %“
Type of wood (species):	„Holzart“
Method of application:	„Behandlungsart“
Treatment Provider Signature:	„Unterschrift“

Abbildung 49 Muster eines Behandlungszertifikats für Holz

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG/AFFIDAVIT

Wir erklären hiermit an Eides Statt, daß sämtliche Kistenteile/Paletten des Versandauftrages Nr.
We herewith declare in lieu of oath that all box parts/pallets of Shipping Order No.

„XXX“

entsprechend den australischen Quarantänebestimmungen behandelt worden sind.
have been treated in accordance with Australian quarantine regulations.

Das Material für die o. g. Kistenteile/Paletten wurde entnommen aus der Lieferung der Firma:
The origin material of the above mentioned box parts/pallets was taken from the delivery of the company:

„Lieferant des behandelten Holzes“

Die Behandlung wird durch das beigefügte „Certificate of Treatment“ (Ausfertigungsdatum: „YYY“) bescheinigt.
The treatment is certified by the enclosed “Certificate of Treatment“ (date of certificate: “YYY”).

und Lieferschein Nr. vom „Datum“
and Delivery Note No. date: „Datum“

Für die Behandlung wurde „Bezeichnung des Behandlungsmittels“ eingebracht.
The chemical used for protective treatment was „Bezeichnung des Behandlungsmittels“.

Hamburg, „Datum“ „Unterschrift“

Abbildung 50 Muster einer eidesstattlichen Erklärung über die Schutzbehandlung von verwendetem Holz

b) Konkret gilt für die Packstücke:

- Schweres nach unten – Leichtes nach oben.

Die zulässige Auflast darf beim Aufeinanderstapeln von (palettierten) Packstücken nicht überschritten werden.

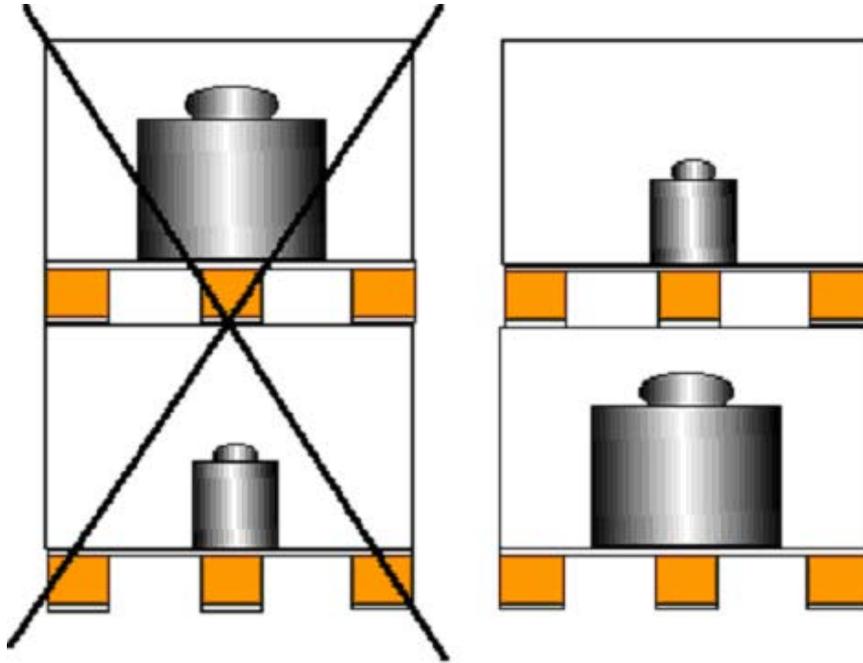


Abbildung 51 Schweres nach unten, Leichtes nach oben

- Verpackungen für Flüssigkeiten nach unten – Verpackungen für Feststoffe nach oben

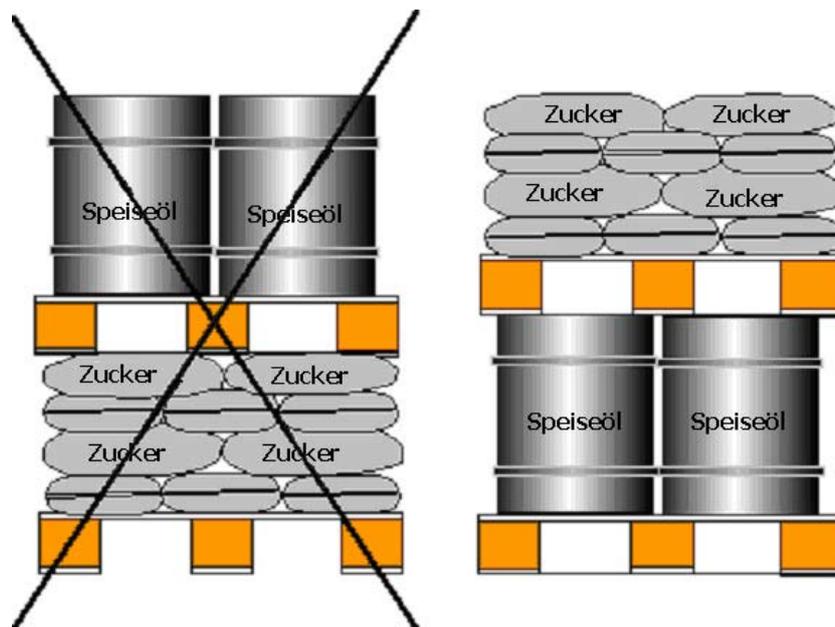


Abbildung 52 Flüssigkeiten nach unten, Feststoffe nach oben

- Feste Packstücke nach unten – flexible/wenig feste nach oben

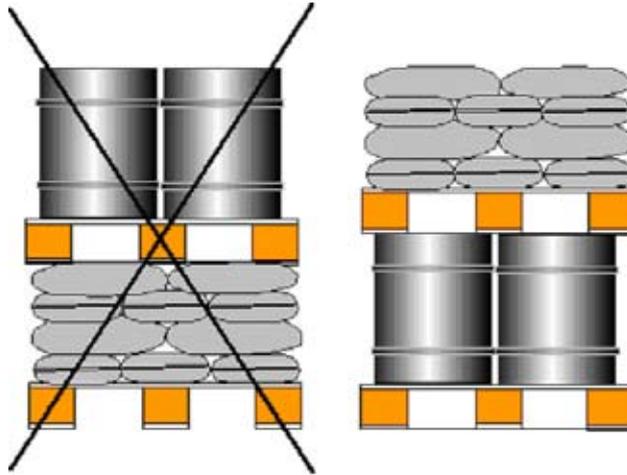


Abbildung 53 Festes nach unten, Flexibles nach oben

- Fässer und Trommeln nur stehend stauen (Verschluss nach oben)

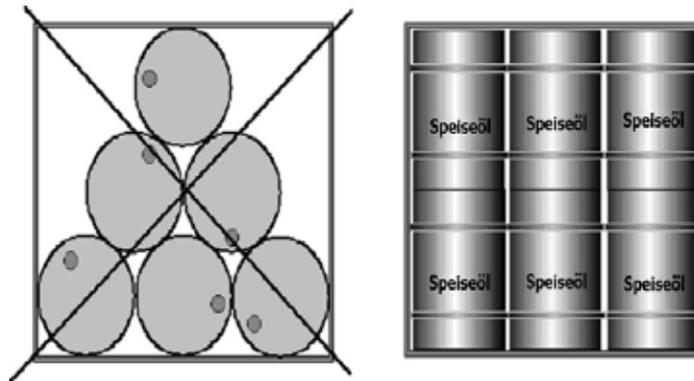


Abbildung 54 Fässer und Trommeln stehend stauen.

- Frostempfindliche Packstücke nicht an den Wänden stauen

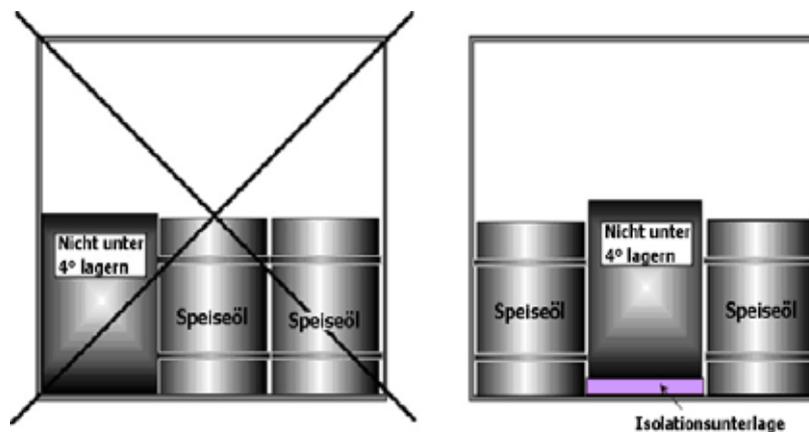


Abbildung 55 Frostempfindliche Ware temperaturisoliert stauen

- Güter mit folgenden Eigenschaften sollten nicht zusammen im Container gestaut werden:
 - Geruchserzeugende nicht mit geruchsempfindlichen,

- staubende nicht mit staubempfindlichen,
- feuchte nicht mit feuchtigkeitsempfindlichen,
- scharfkantige nicht mit schnitt- oder durchstoßempfindlichen.
- Die eventuell vorgeschriebene Transportlage von Packstücken ist zu beachten (Ausrichtungspfeile).



Abbildung 56 Angabe der Transportlage auf einem Packstück

- Wird ein schweres, sperriges Packstück in einen Container verladen, so ist unbedingt auf die zulässige Punktbelastung des Bodens zu achten! Falls erforderlich muss die Belastung unter Zuhilfenahme von Kanthölzern o. ä. auf eine größere Fläche verteilt werden.

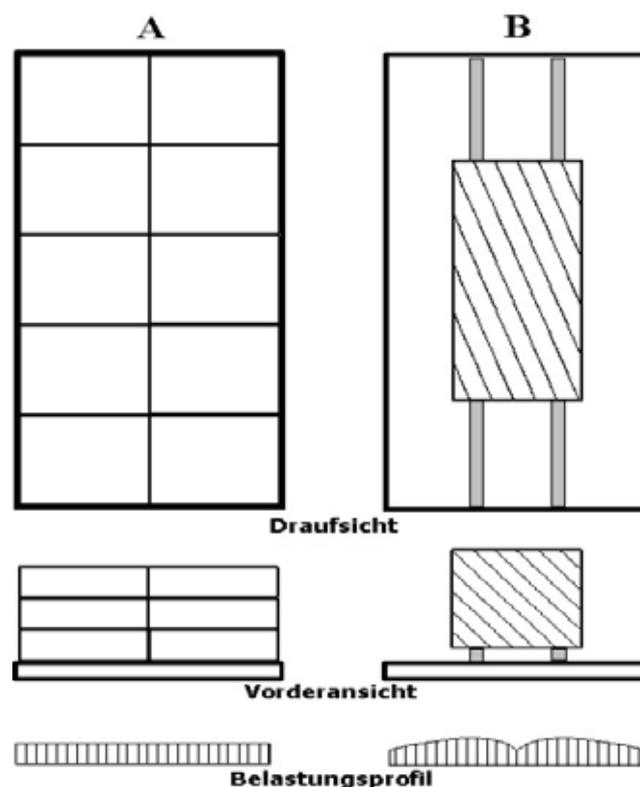


Abbildung 57 Möglichkeiten der Lastverteilung

- A) Beste Lastverteilung durch vollflächige Auflage (ABER: nicht unterfahrbar)
 B) Schwere Ladeinheit auf Kanthölzern zur Lastverteilung

- Der Schwerpunkt des beladenen Containers muss unterhalb seiner halben Innenhöhe liegen. Außerdem muss er sich auf der Längsachse befinden und darf in Längsrichtung nicht weiter vom geometrischen Mittelpunkt abweichen als
 - beim 20'-Container: ± 60 cm,
 - beim 40'-Container: ± 90 cm.

Weitere Ausführungen zur Schwerpunktberechnung und Lastverteilung siehe auch folgenden Abschnitt „Schwerpunktberechnung“.

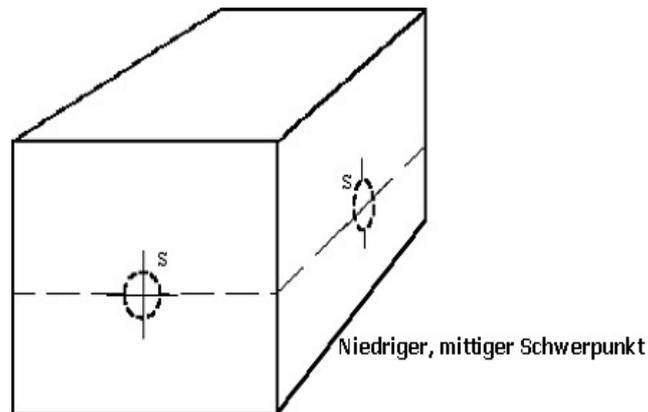


Abbildung 58 Optimale Schwerpunktlage im Container

- Es ist zu berücksichtigen, dass die Personen, die den Container auspacken, in keiner Weise gefährdet werden. Die Ladung muss beispielsweise am Türabschluss so gesichert sein, dass sie beim Öffnen der Türen nicht herausfallen kann.
- Werden steile Auffahrampen benutzt, muss das eingesetzte Flurförderzeug (meist Gabelstapler) eine genügend große Bodenfreiheit aufweisen. Weiteres zum Thema Gabelstapler siehe auch „Belastbarkeit der Container“.

Beispiele und Anregungen für Staupläne gibt das vom Verband der Chemischen Industrie e.V. [G] herausgegebene „Ladungssicherungshandbuch für verpackte Ware“. Folgende Empfehlungsblätter beschäftigen sich mit dem Stauen im Container:

Empfehlungsblatt Nr.	Packstückart	Ladungstyp
001 ... 010	Fässer unpalettiert	Komplettlading
031 ... 040	Fässer palettiert	
060 + 061	Kisten unpalettiert	
065 + 066	Kiste palettiert	
070 + 071	Säcke unpalettiert	
075 + 076	Säcke palettiert	
081 + 082	Feinstblechverpackungen unpalettiert	
086 + 087	Feinstblechverpackungen palettiert	
131 ... 140	Fässer palettiert/unpalettiert	Teillading
160 + 161	Kisten unpalettiert	
165 + 166	Kiste palettiert	
170 + 171	Säcke unpalettiert	
175 + 176	Säcke palettiert	
201 + 202	Diverse	Sammellading

Tabelle 9 Empfehlungsblätter und Staupläne

Schwerpunktberechnung

Damit ein Container sicher transportiert und umgeschlagen werden kann, muss sich der Schwerpunkt des beladenen Containers in einem bestimmten Bereich befinden.

Wie oben erwähnt ist dieser Bereich wie folgt beschrieben:

Der Schwerpunkt des beladenen Containers muss unterhalb seiner halben Innenhöhe liegen. Außerdem muss er sich auf der Längsachse befinden und darf in Längsrichtung nicht weiter vom geometrischen Mittelpunkt abweichen als

- beim 20'-Container: ± 60 cm,
- beim 40'-Container: ± 90 cm.

Sofern es sich bei der Containerbeladung um eine Komplettlading, d.h. ein einziges Produkt und eine Verpackungsart handelt, die gleichmäßig über die Fläche verteilt ist, liegt der Schwerpunkt genau in der Mitte. Schwieriger ist es, wenn die Ladeeinheiten ungleichmäßig verteilt sind. Gänzlich unübersichtlich wird es, sobald in einem Container ein Produkt in verschiedenen Verpackungsarten oder mehrere Produkte in verschiedenen Verpackungsarten gestaut werden. Hier ist eine sehr große Verladeerfahrung gefragt, die aber auch nur ein Abschätzen des Schwerpunktes erlaubt. So können lediglich grobe Fehler verhindert werden. Die weitaus größere Sicherheit bietet die Berechnung des Schwerpunktes mit Hilfe eines EDV-Programms (z. B. Tabellenkalkulationsprogramme).

Rechnergestützte Stauplanung

Die gesamte Stauplanung kann auch mit Hilfe entsprechender Software durchgeführt werden. Als Basis geht ein entsprechendes Programm von den tatsächlichen Abmessungen und dem Gewicht der Ladeeinheit bzw. Packstücke aus. Die Software errechnet für den zu beladenden Container die bestmögliche Ladeeinheitenanordnung hinsichtlich Raumausnutzung und Schwerpunktlage unter Berücksichtigung der zulässigen Nutzlast des Containers. Hierbei ist es möglich, Stapelbarkeit der Ladeeinheiten, Zusammenladeverbote etc. zu berücksichtigen.

Die Ergebnisdarstellung kann in Tabellenform oder auch grafisch (zwei- bzw. dreidimensional) erfolgen.

Solche Programme sind in ihrer Leistungsfähigkeit nicht nur auf den Containerstauraum beschränkt, sondern können z. B. auch für LKW, Bahn-Waggons und zur Optimierung der Ladeeinheitenbildung eingesetzt werden.

Maßnahmen zum Beenden des Packens

Da einige Maßnahmen zum Beenden des Packens bereits während des Stauens und Sicherns der Ladung berücksichtigt werden müssen, wird hier bereits auf diese wichtigen Punkte eingegangen.

Um zu verhindern, dass beim Öffnen der Türen beim Empfänger Ladungsteile herausfallen, ist es besonders wichtig, eine stabile Ladungsfront im Türbereich zu gewährleisten. Es ist zu bedenken, dass

- ... der Container, wenn er auf einem Sattelanhänger transportiert wird, im Normalfall gegen die Türseite geneigt ist.
- ... die Ladung infolge von Stößen, Vibrationen etc. während des Transports gegen die Türseite verrutschen kann.

Fordert das Bestimmungsland die Einhaltung von Quarantänebestimmungen für Holz, so ist es sinnvoll, eine Kopie der Holzbehandlungsbescheinigung an einem auffälligen Platz im Inneren des Containers anzubringen, so dass sie gleich beim Öffnen der Türen sichtbar ist.

Wenn die Ladungsfront ordnungsgemäß gesichert ist, werden die Türen geschlossen und verriegelt. Anschließend wird die Verriegelung gesichert. Im Normalfall wird der Container verplombt. Das Verplomben ist sehr sorgfältig durchzuführen.

Modul 4: Ladungssicherungsmittel und Maßnahmen

LERNZIELE:

- Welche Transport-Umschlag-Belastung treten beim Containerversand auf?
- Welche Ausrüstungen haben geschlossene 20'- und 40'-Container für die Ladungssicherung von Packstücken?
- Wie hoch ist die zuverlässige Belastbarkeit dieser Ladungssicherungseinrichtungen?
- Welche Arten von Ladungssicherungsmitteln sind für geschlossene Container geeignet?
- Welche Eigenschaften haben diese Ladungssicherungsmittel?
- Welche Belastungen übt der Einsatz dieser Ladungssicherungsmittel auf die Ladung und auf die Container aus?
- Wie werden diese Ladungssicherungsmittel durch klimatische Belastungen beeinflusst?
- Welche Besonderheiten sind beim Einsatz von Ladungssicherungsmitteln zu beachten?
- Was ist eine formschlüssige Ladungssicherung?
- Was ist eine kraftschlüssige Ladungssicherung?
- Kombinationen aus form- und kraftschlüssigen Ladungssicherungsmaßnahmen

Bauteile in geschlossenen 20'- und 40'-Containern für die Ladungssicherung von Ladegütern

Im Folgenden werden Bauteile in geschlossenen 20'- und 40'-Containern genannt, die für die Aufnahme oder Ablenkung von Ladungssicherungsmitteln oder Kräften genutzt werden können. Diese belastbaren Bauteile sind in der unteren Darstellung in einem Container zusammenfassend gezeigt, müssen aber nicht zwangsläufig in dieser Zusammenstellung in jedem Container vorhanden sein.

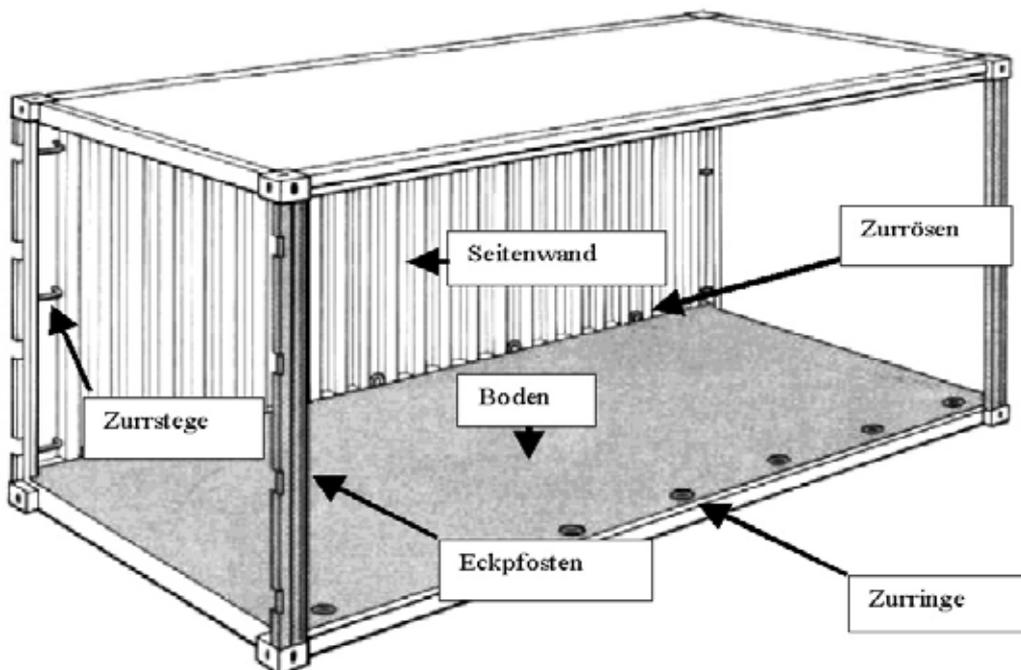


Abbildung 59 Ladungssicherungsmöglichkeiten im Container [H]

Bauteil	Ladungssicherung
Zurrstege an Eckpfosten, Dach- und Bodenbeläge bzw. Zurringe, Zurrösen am Boden	Belastbarkeit: 1000 daN
Gesickte Stahl-Seitenwände	Zur Sicherung der Ladung in Längsrichtung können in die Sicken querlaufende Balken eingepasst werden.
Eckpfosten	Zur Aufnahme hoher Punktbelastungen z. B. durch Stempelung
Containerboden	Festlegehölzer, aber keine Keile: Der Containerboden ist nicht geeignet, um Keile festzunageln!

Tabelle 10 Bauteile eines Containers und deren Anteil bei der Ladungssicherung [H]

Die Seitenwände, Stirnwand und die Tür sind nur zur Aufnahme großflächiger Belastungen geeignet.

Ladungssicherungsmaterial: Holz

Allgemeines

Holz ist ein hygroskopischer Werkstoff, d.h. der Wassergehalt des Holzes ist abhängig von dem Feuchtegehalt der Umgebungsluft, in der das Holz lagert.

Holz kann also Feuchte aufnehmen und Feuchte abgeben, je nach Feuchteangebot der Umgebungsluft.

- Lagert trockenes Holz in einem Feuchtklima, wird es Feuchtigkeit aufnehmen, d.h. die Materialfeuchte steigt. Mit steigender Materialfeuchte wird sich das Holz in Faserrichtung ausdehnen. Faserrichtung ist die Längsrichtung von Kanthölzern/Brettern.
- Lagert nasses Holz in einem Trockenklima, so wird es Feuchte abgeben, d.h. die Materialfeuchte sinkt. Mit sinkender Materialfeuchte wird sich das Holz in Faserrichtung zusammenziehen.

Die Materialfeuchte (Wassergehalt) wird in % angegeben.

Beispiel:

Hat Holz eine Materialfeuchte von 20 % bedeutet das, dass in einer Masse von 1 kg Holz 0,2 kg (200 ml) Wasser enthalten sind.

Bedeutung der Materialfeuchte für die Ladungssicherung mit Holz

Werden Ladungssicherungen aus Holz unter Spannung in den Container eingebaut, wie z. B. Sperrbalken zwischen den gesickten Wänden von Containern, Absteifungen und Kantholzkonstruktionen, so ist es wichtig, dass diese Spannungen beibehalten werden, damit die Ladungssicherungsmaßnahme nicht ihre Wirksamkeit verliert.

Setzt man Holz mit zu hohem Feuchtegehalt ein, so kann es durch Austrocknen seine Spannung verlieren und wird in seinem Sitz lose. Während der Reise oder bei Standzeiten der Container an Land, insbesondere in den Tropen, kann sich die Luft über der Ladung durch Sonneneinstrahlung stark (bis auf 60°/70° C) erwärmen. Warme Luft ist in der Lage sehr viel mehr Feuchte aufzunehmen als kalte Luft. Diese Feuchte wird sich die warme Luft aus dem Verpackungs- und dem Ladungssicherungsmaterial holen. Die Folgen sind neben Beeinträchtigungen an der Ladung auch eine „Trocknung“ der Ladungssicherungsmaterialien aus Holz und damit eine Schrumpfung in Faserrichtung. Ehemals auf Spannung sitzende Ladungssicherungseinrichtungen werden lose. Über dem Boden sitzende in die Containersicken geklemmte Sperrbalken können herunterfallen, wenn sie nicht zusätzlich gesichert sind.

WIRD HOLZ FÜR LADUNGSSICHERUNGSMASSNAHMEN IN GESCHLOSSENE CONTAINER EINGESETZT, SO SOLLTE ES MÖGLICHST TROCKEN SEIN.

Nach den HPE-Richtlinien (Bundesverband Holzpackmittel-Paletten-Exportverpackungen e.V.) wird für Verpackungsholz eine Holzfeuchte „halbtrocken“ nach DIN 4074- T1 [6] und DIN 4047- T2 [6] gefordert.

Halbtrocken bedeutet nach DIN,

„wenn es eine mittlere Holzfeuchte von über 20 % und von höchstens 30 % hat.“

Die Qualität des Holzes wird ebenfalls nach DIN 4074- T1 und T2 [6] beschrieben.

Diese Qualitätsbeschreibungen gelten für Nadelholz, das üblicherweise für Ladungssicherungsmaßnahmen benutzt wird.

EINE SCHLECHTE HOLZQUALITÄT BEDEUTET GERINGE FESTIGKEIT.

Beispiel: „Sperrbalken zwischen gesickten Containerwänden“

Der Sperrbalken wird auf Biegung beansprucht. Befindet sich z.B. in der Mitte des Sperrholzbalkens ein Ast, ist der Sperrbalken an dieser Stelle geschwächt (Sollbruchstelle). Der Balken wird schon bei geringer Druckbelastung brechen.

Wichtige Exportanforderungen für Ladungssicherungsmaterial Holz

Einige Länder haben Importbestimmungen für die Einfuhr von Holz. Als Beispiel sei hier die erforderliche Behandlung von rohem Holz gegen „Sirex“ bei der Einfuhr nach Australien und Neuseeland genannt. Auch Ladungssicherungsmaterial aus Holz unterliegt diesen Bestimmungen. Es ist angeraten, sich vor dem Versand über vorhandene Einschränkungen/ Bestimmungen zu informieren.

Eine Möglichkeit bietet das „Export-Nachschlagewerk – Konsulats- und Mustervorschriften (K und M)“ herausgegeben von der Handelskammer Hamburg und www.zoll.de.

Auskünfte erteilen auch die zuständigen Pflanzenschutzämter, insbesondere wo und auf welche Art die Imprägnierung stattzufinden hat. Die Pflanzenschutzämter erteilen dann auch die notwendigen Zertifikate.

Das Verarbeiten/Nageln von Ladungssicherungsmaterial Holz

Das Verbinden von hölzernem Ladungssicherungsmaterial untereinander geschieht durch Nagelung und dient der Ladungssicherung indirekt.

Nagelung als indirekte Sicherungsmaßnahme dient zum Fixieren/Zusammenfassen von einzelnen Holzbauteilen wie z. B. bei Staugittern, Absteifungen, Abstützungen und Kantholzkonstruktionen. Hier wird die Ladungssicherung hauptsächlich durch die Biege- und Knickfestigkeit der belasteten und auf Spannung sitzenden Holzbauteile gewährleistet. Die Nagelung garantiert hier die Positionierung und Zuordnung der Einzelbauteile zueinander.

Betrachtet man z. B. die sechs Flächen eines Kantholzes, zwei Stirn- und vier Seitenflächen, so ergeben sich für die Nagelung unterschiedliche Festigkeiten.

Das Nageln in die Seitenflächen (quer zur Faserrichtung) ergibt einen wesentlich höheren Auszieh Widerstand des Nagels, als das Nageln in die Stirnflächen (in Faserrichtungen).

Das Nageln in die Stirnflächen lässt sich allerdings beim Zusammenfügen von einzelnen Holzbauteilen nicht vermeiden, wie z. B. beim Herstellen von Absteifungen zum Ausfüllen von Freiräumen. Da die Nagelung hier indirekt zur Ladungssicherung beiträgt, ist das kein Nachteil.

Um das Spalten von Keilen durch Nagelung zu vermeiden, kann man die Spitzen der Nägel leicht anschlagen und damit stumpfer machen.

Beim Verbinden von Brettern sollte die Nagellänge so ausgelegt werden, dass die durchgenagelte Spitze mindestens 5 mm umgelegt werden kann.

Die Nagellänge von Nägeln, die durch zu verbindende Holzteile nicht hindurchgehen, ist so zu wählen, dass die Eindringtiefe s in das zu verbindende Holzteil mindestens dem 12-fachen des Nagelschaftdurchmessers d entspricht.

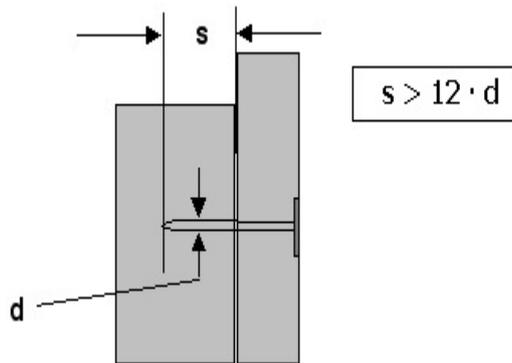


Abbildung 60 Mindesteindringtiefe von Nägeln

Ladungssicherungsmittel aus Holz – formschlüssig

Sperrbalken über Bodenblech

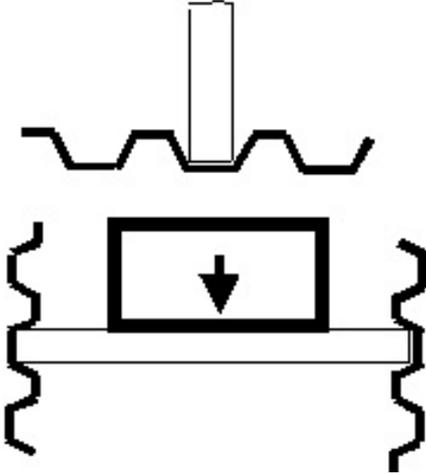
A	Bezeichnung	Sperrbalken über Bodenbereich (Balken maximal belastbar bis 300 daN, abhängig von der Befestigung an der Längsseite des Transportgefäßes)	
B Werkstoff			Holz, Sortierklasse S7/MS7 DIN 4072 T2, halbtrocken
C Verschluss/ Spannen			
D Befestigung am Container			In den Sicken der Containerwände
E Befestigung an der Ladung			
F Einflüsse durch:			Feuchte

Abbildung 61 Sperrbalken

Abbildung 62 Sperrbalken in Sicken

G	M a ß n a h m e : formschlüssig	Der Sperrbalken ist so einzusetzen, dass er fest an der Ladung anliegt. Bei Ladung, die nicht teilflächig belastet werden darf, muss zwischen Sperrbalken und Ladung eine Druckverteilung vorgenommen werden, z. B. durch Plattenmaterial. Ergeben sich zwischen Sperrbalken und Ladung Zwischenräume, so sind diese auszufüllen. Das kann durch Hinterlegen mit Kanthölzern oder Brettern in senkrechter oder waagerechter Anordnung oder auch mittels hochkant aufgestellter Paletten geschehen. Der Sperrbalken ist zum Containerboden hin abzustützen.
H	M a ß n a h m e : kraftschlüssig	Entfällt

Tabelle 11 Sperrbalken über Bodenblech

Anmerkungen zum Sperrbalken:

Sperrbalken, die über dem Containerboden angebracht werden, sollten möglichst waagrecht sitzen, d.h. sie sollten exakt eingepasst werden. Gegen das Herunterfallen, z. B. bei Austrocknung des Holzes, müssen Sicherungen angebracht werden. Diese sind im einfachsten Fall zwei senkrecht an den Sperrbalken genagelte Latten oder Bretter, die bis auf den Containerboden reichen. (s. Abb. 63)

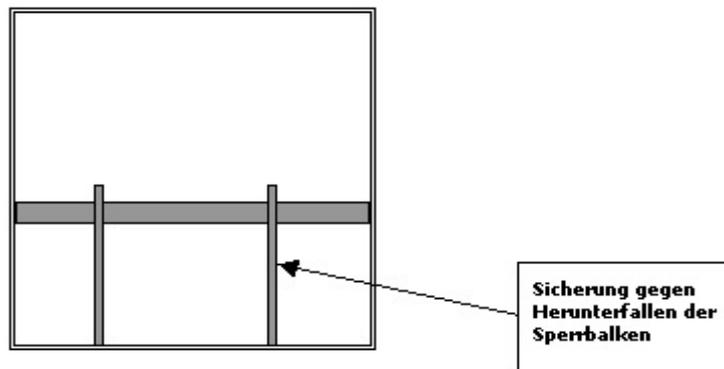


Abbildung 63 Sicherung eines Sperrbalken

Das Einpassen in die Sicken der Containerwände muss sorgfältig geschehen. Diese Anlenkstellen sind die Gegenlager zur Ladungsbelastung.

Die Qualität der formschlüssigen Verbindungen Sperrbalken – Containerwand ist auch abhängig von den Winkeln der Sicken. Bei sehr flachen Sicken ist mit verringertem Widerstand gegen Schubbelastung zu rechnen.

Die Festigkeit solcher formschlüssigen Verbindungen ist bisher weder rechnerisch noch experimentell bestimmt worden. Die einzige Möglichkeit ist die Berechnung des Sperrbalkens auf Biegung, wobei die Anlenkstellen an den Wänden als feste Gegenlager angenommen werden müssen. Die Druckverteilung durch die Ladung sollte hierbei möglichst über die gesamte Fläche des Sperrbalkens erfolgen. Das bedeutet, dass stark strukturierte Ladungsfronten (Ladung bestehend aus mehreren Teilen) im Frontbereich so ausgeglichen werden müssen, dass eine ebene Ladungsfront entsteht, die dann den Sperrbalken über seine Breite gleichmäßig belastet.

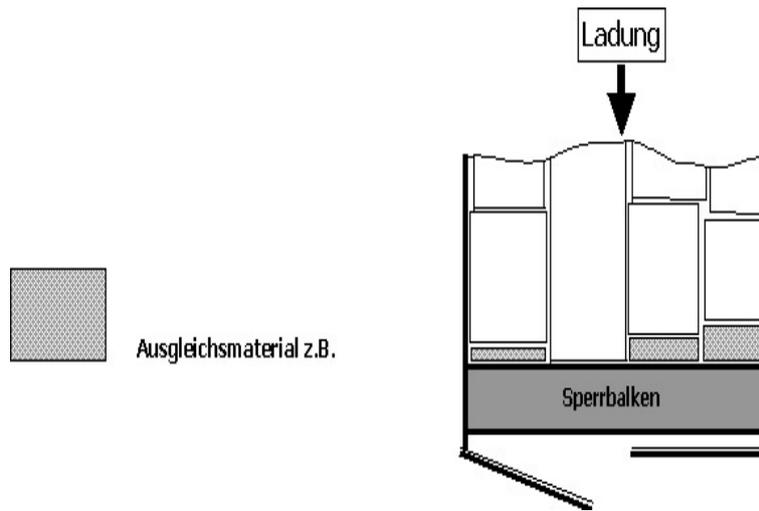


Abbildung 64 Draufsicht auf einen Container (Türbereich)

Die folgende Abbildung zeigt die möglichen Ausgestaltungen der Anlegepunkte:

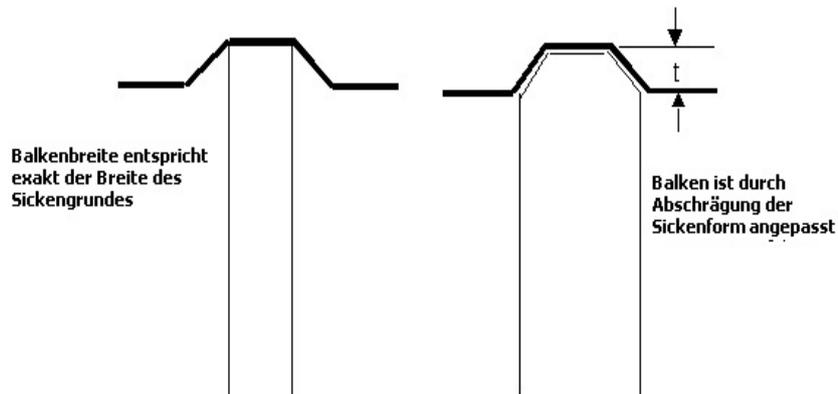


Abbildung 65 Einarbeiten von Sperrbalken in Sicken

BEI NEUEREN CONTAINERN IST AUFGRUND DER VORTEILHAFTEN GRÖßEREN INNENBREITE DIE SICKENTIEFE t REDUZIERT. DAS KANN ZU PROBLEMEN BEZÜGLICH DER FESTIGKEIT DER VERBINDUNG SPERRBALKEN/SICKEN FÜHREN.

Abstützungen/Absteifungen – Oberer Bereich

A	Bezeichnung	Abstützungen/ Absteifungen Oberer Bereich	
B	Werkstoff	Holz, Sortierklasse S7/MS7 DIN 4072 T2, halbtrocken	
C	Verschluss/ Spannen		
D	Befestigung am Container	Nur Anlage; zusätzliche Sicherung durch Bänder/Gurte befestigt an den Zurringen	
E	Befestigung an der Ladung	Nur Anlage	Abbildung 66 Abstützung (Prinzipdarstellung)
F	Einflüsse durch:	Feuchte	
G	Maßnahme: formschlüssig	Die Abstützungen und Absteifungen sichern Freiräume zwischen Ladungen insbesondere auch kippgefährdeter Packstücken. Liegen die Abstützungen auf den Packstücken auf, ist es angebracht diese Absteifungen durch Bänder/Gurte (a) oder durch Anheften an die Packstücke (c) gegen Herausdrücken zu sichern. Die einzelnen Absteifungen sind in Abständen untereinander so zu positionieren (b, c), dass alle Packstücke erfasst werden.	
H	Maßnahme: kraftschlüssig		

Tabelle 12 Abstützungen/Absteifungen – Oberer Bereich

Staugitter

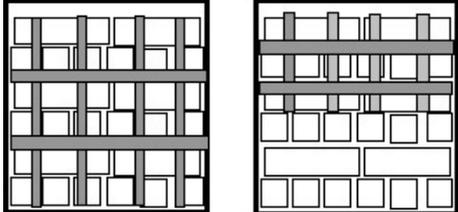
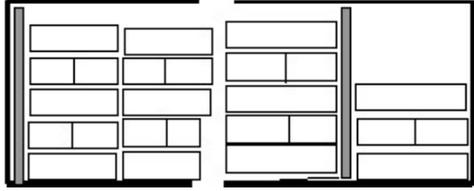
A	Bezeichnung	Staugitter	 <p style="text-align: center;">Abbildung 67 Staugitter</p>
B	Werkstoff	Holz, Sortierklasse S7/MS7 DIN 4072 T2, halbtrocken	
C	Verschluss/ Spannen		<p style="text-align: center;">Ansicht Türseite</p> 
D	Befestigung am Container	Keine Ggf. in den Sicken der Containerwände	
E	Befestigung an der Ladung	Nur Gegenlager im Türbereich oder fest zwischen Ladung geklemmt. Zum Sichern der oberen Lage	<p style="text-align: center;">Seitenansicht</p>  <p style="text-align: center;">Abbildung 68 Staugitter (Prinzipdarstellung)</p>
F	Einflüsse durch	Feuchte	
G	Maßnahmen: formschlüssig	<p>Staugitter sind einzusetzen, wenn der Container mehrlagig mit Ladung ausgefüllt ist, insbesondere dann, wenn es sich um viele Packstücke mit kleineren Abmessungen handelt. Staugitter können im Türbereich Ladung gegen Herausfallen beim Öffnen der Container sichern oder auch als Druckverteiler im Türbereich eingesetzt werden.</p> <p>Haben die oberen Lagen aus Gründen der Lage des Schwerpunktes des Containers Freiräume zum Stirn- und Türwandbereich, können Staugitter zwischen die Ladung geklemmt oder in die Sicken eingepasst werden.</p>	
H	Maßnahmen: kraftschlüssig	Entfällt	

Tabelle 13 Staugitter

Anmerkungen zum Staugitter:

Staugitter sind mindestens aus 24 mm dicken und 100 oder 120 mm breiten Holzbrettern gefertigt. Sie werden vor dem Containerpacken hergestellt und sind in ihren Außenabmessungen den Containerinnenmaßen angepasst.

Bei Containern mit glatten Wänden und vorstehenden Eckpfosten sowie bei Containern mit

gesickten Wänden können Staugitter auch als Sicherung im Türbereich eingesetzt werden. Hier müssen sie fest gegen die Ladungsfront gesetzt werden, z. B. durch Stempel im Boden- und Deckenbereich des Containers. Diese Stempel leiten die entstehenden Druckkräfte in die Eckpfosten ab. Auch querlaufende Sperrbalken, die in den Sicken oder vor den Eckpfosten fixiert sind, können eingesetzt werden. Eventuell vorhandenen Freiräume zwischen Sperrbalken und Staugitter müssen ausgefüllt werden.

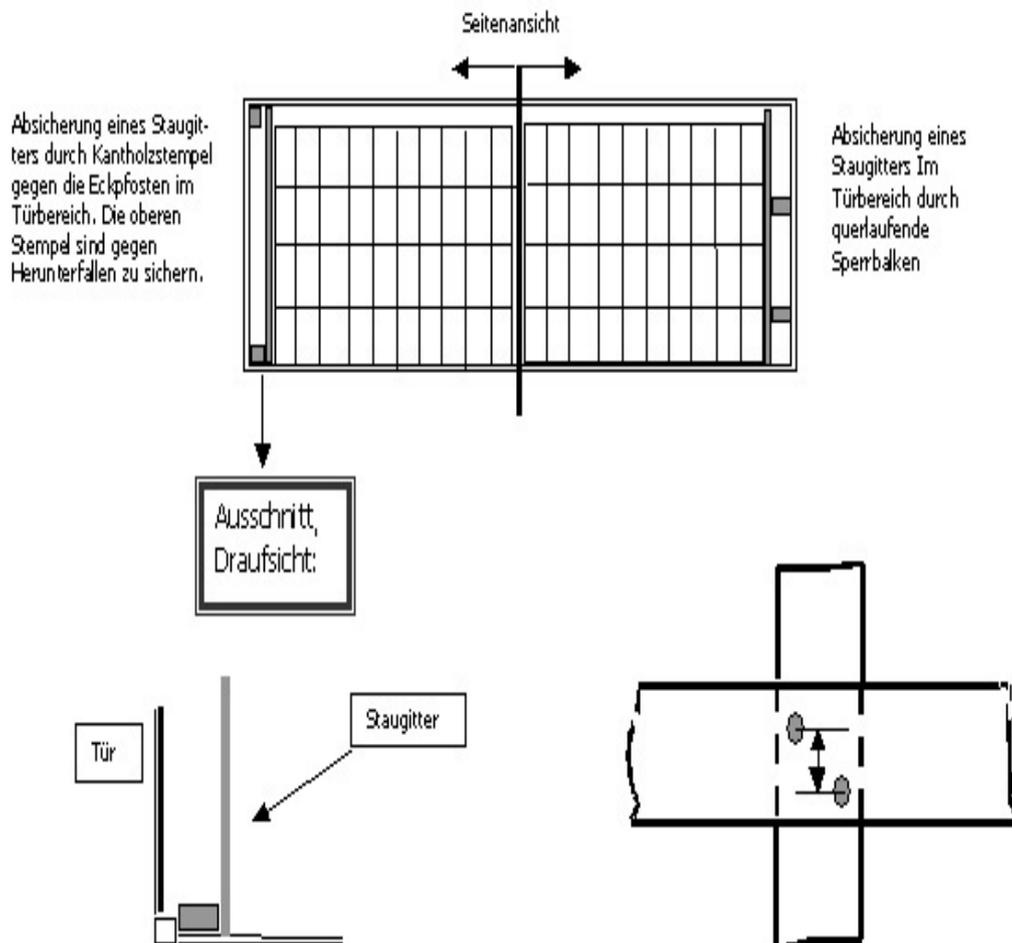


Abbildung 69 Einsatz von Staugittern im Türbereich

BEIM NAGELN DER STAUGITTER MUSS VERSETZT GENAGELT WERDEN, WEIL SONST DIE GEFAHR BESTEHT, DASS SICH DIE BRETTEN SPALTEN.

Sonstige Ladungssicherungsmittel – formschlüssig

Staupolster

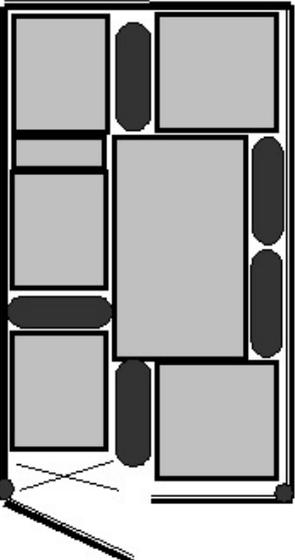
A	Bezeichnung	Staupolster	 <p style="text-align: center;">Abbildung 70 Staupolster</p>
B	Werkstoff	Kraftpapier, PE-Folieninnensack, PE-Foliensack	
C	Verschluss/ Spannen		<p style="text-align: center;">Container: Draufsicht</p>  <p style="text-align: center;">Mögliche Anordnung von Staupolstern</p> <p style="text-align: center;">Keine Staupolster im Türbereich </p> <p style="text-align: center;">Abbildung 71 Staupolster (Prinzipdarstellung)</p>
D	Befestigung am Container	Nur Anlage Druck auf die Seitenflächen der Packstücke	
E	Befestigung an der Ladung	Nur Anlage Druck auf die Stirnseite und die Längsseite der Container	
F	Einflüsse durch:	Temperatur	
G	Maßnahmen: formschlüssig	Ausfüllen von Zwischenräumen zwischen einzelnen Ladungsteilen oder Ladung und Containerwand	
H	Maßnahmen: kraftschlüssig	Entfällt	

Tabelle 14 Staupolster

Anmerkungen zu Staupolstern:

Staupolster (Airbags) werden in unterschiedlichen Abmessungen angeboten. Sie bestehen z. B. aus Beuteln/Säcken mit mehreren Lagen Kraftpapier und einem innenliegenden Folienbeutel/-sack aus Polyethylen.

Staupolster eignen sich zum Ausfüllen von Freiräumen zwischen Ladung oder der Ladung und den Containerwänden. Der Einsatz von Staupolstern ist abhängig von der Art der Ladung. Diese sollte eine ausreichende Seitendruckstabilität haben, wie sie z. B. bei Verpackungen aus Schwerwellpappe (nassfeste, für den Seeversand geeignete Qualität), Paletteneinheiten, Holzkisten, Fässern oder Papierrollen gegeben ist. Die Seitenflächen der Packstücke sollten möglichst eben sein, hervorstehende Ecken, Kanten oder Spitzen können die Staupolster – und damit die Ladungssicherungsmaßnahme – bei Belastung unbrauchbar machen.

Des Weiteren sollten bezüglich der Befüllung der Staupolster die Herstellerangaben beachtet werden. Auf keinen Fall sollte der vorgeschriebene Befüllungsdruck überschritten werden, da sonst Beeinträchtigungen an der Ladung oder sogar dem Container möglich sind.

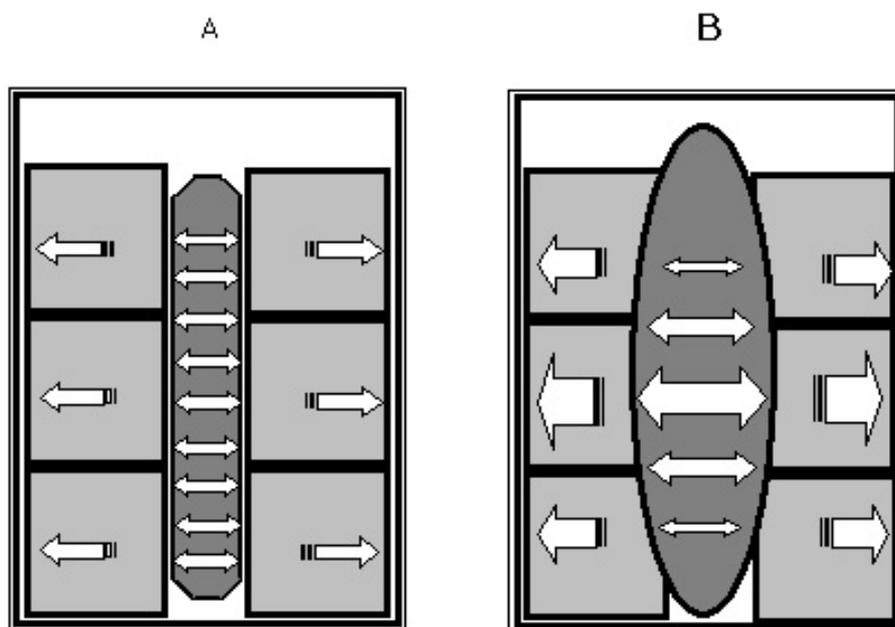


Abbildung 72 Container mit Ladung und Staupolster (Ansicht: Türseite)

A
Staupolster mit vorgeschriebenem Befülldruck. Die Ladung und die Containerwand werden gleichmäßig, sachgerecht belastet (Angaben zum Befülldruck lt. Hersteller z. B. 30kPa)

B
Staupolster mit zu hohem Innendruck. Die Ladung wird deformiert, die Containerwände werden nicht gleichmäßig und zu hoch belastet.

Bei Einsatz von Staupolstern ist darauf zu achten, dass die Breite der Freiräume mit entsprechend dimensionierten Staupolstern ausgefüllt werden.

Bei „weicher“ Ladung bzw. Ladung, die sich leicht verformen lässt, ist es sinnvoll mittels Platten (z. B. Spanplatten, OSB-Platten, Sperrholzplatten), die zwischen Ladung und Staupolster gestellt werden, für eine gute und gleichmäßige Druckverteilung zu sorgen. Die stark strukturierte Oberfläche der Ladung hat keinen Einfluss auf das Staupolster.

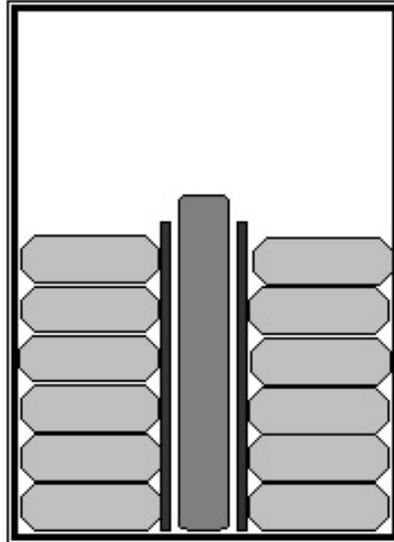


Abbildung 73 Container mit Ladung; Staupolster und Zwischenlagen (Ansicht: Türseite)

STAUPOLSTER SOLLTEN NICHT IM TÜRBEREICH DER CONTAINER EINGESETZT WERDEN.

Staupolster sollten nicht im Türbereich der Container eingesetzt werden. Der Grund hierfür sind Temperaturerhöhungen wie sie beim Transport aus kälteren in wärmere Zonen, z. B. in die Subtropen oder Tropen, auftreten. Die Luft über der Ladung im Container kann sich hierbei bis auf 60° C aufheizen. Selbst in unseren Breiten erreichen die Innentemperaturen bei intensiver Sonneneinstrahlung Werte bis 50° C (gemessen im August, Standort Hamburg, brauner Standardcontainer). Durch diese Temperaturerhöhung steigt auch der Innendruck der Staupolster. Werden Staupolster im Türbereich eingesetzt, werden die Türen unter Spannung gesetzt und lassen sich dann nur mit Mühe öffnen.

Hinzu kommt, dass die Türen dann beschleunigt aufspringen und Personen zu Schaden kommen können. Aus diesem Grund sei noch einmal auf den von den Lieferanten angegebenen max. Befülldruck hingewiesen.

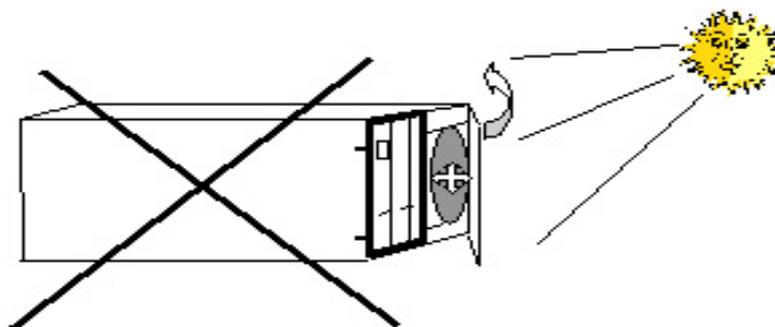


Abbildung 74 Staupolster nicht im Türbereich einsetzen!

Staupolster sind beim Exportversand in der Regel „verlorene“ Ladungssicherungen. In seltenen Fällen werden die Staupolster auch mehrfach verwendet.

Eine entsprechende ortsunabhängige Ausrüstung zum befüllen ist erforderlich.

- Kompressor/Energiequelle
- Befüllpistole mit Zuleitung

Sonstige Ladungssicherungsmittel – kraftschlüssig

Rutschhemmende Unterlagen (RHU): Gummimatten

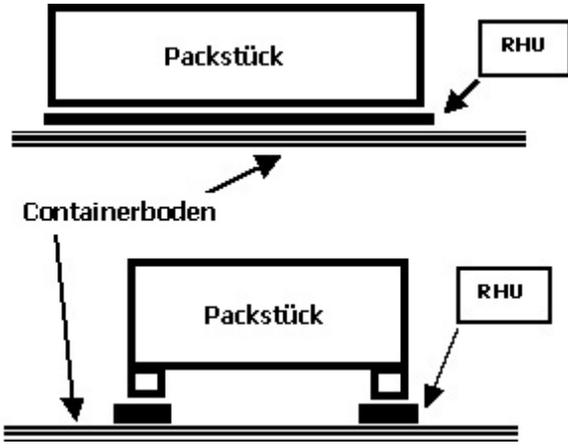
A	Bezeichnung	Rutschhemmende Unterlage (RHU): Gummimatten	 <p>Abbildung 75 Rutschhemmende Unterlage (RHU)</p>
B	Werkstoff	Gummi	
C	Verschluss/ Spannen		 <p>Abbildung 76 Rutschhemmende Unterlage (RHU) (Prinzipdarstellung)</p>
D	Befestigung am Container	Keine	
E	Befestigung an der Ladung	Keine	
F	Einflüsse durch:	Feuchte, Verunreinigung	
G	M a ß n a h m e : formschlüssig	Entfällt	
H	M a ß n a h m e : kraftschlüssig	Gummimatte zwischen Containerboden und Packstück oder Packstück und Packstück. Erhöhung des Gleitreibungskoeffizienten μ durch Änderung der Reibpartner. Siehe Tabelle 3	

Tabelle 15 Rutschhemmende Unterlagen (RHU): Gummimatten

Anmerkungen zu rutschhemmenden Unterlagen:

Containerböden aus Plywood haben relativ glatte Oberflächen und bieten dadurch wenig Reibungswiderstand. Um die Reibung zwischen Containerboden und Packstück zu erhöhen ist eine andere Paarung der Reibpartner erforderlich. Diese erreicht man durch die Verwendung von Zwischenlagen zwischen Containerboden und Packstück, die gegenüber dem Containerboden und dem Packstück einen höheren Reibwert garantieren.

Eine Ladungssicherung im Container ausschließlich über einen höheren Gleitreibungskoeffizient zu garantieren ist in der Praxis selten möglich und in der Regel immer in Kombination mit anderen Ladungssicherungsmaßnahmen zu sehen. Da rutschhemmende Unterlagen meist für große und auch schwere Packstücke eingesetzt werden, ist durch Berechnung immer zu prüfen, ob die Packstücke zusätzlich gegen Rutschen und Kippen gesichert werden müssen.

Rutschhemmende Unterlagen reduzieren allerdings diesen zusätzlich erforderlichen Aufwand beträchtlich.

Nach Herstellerangaben werden diese rutschhemmenden Unterlagen (Matte aus Gummi) in verschiedenen Dicken und Breiten geliefert, wobei unterschiedliche Zuschnitte angeboten werden.

Rutschhemmende Unterlagen müssen nicht die gesamte Auflagefläche des Packstücks abdecken, sie können auch teilflächig eingesetzt werden. Es muss jedoch beachtet werden, dass der Auflagedruck nicht so groß wird, dass die rutschhemmende Unterlage beschädigt (zerdrückt) wird.

Auch bei einer teilflächigen, sachgerechten Anwendung ergibt sich gegenüber einer ganzflächigen Unterlage nach der Beziehung

$$F_R = \mu \cdot F_N$$

Gleichung 24

keine Änderung der Reibungskraft F_R , da μ und F_N konstant bleiben.

Die in Tabelle 3 angegebenen Gleitreibungskoeffizienten μ nach VDI-Richtlinie 2702 [E] für verschiedene Reibpartner zeigen für unterschiedliche Randbedingungen erhebliche Spannweiten und Überlagerungen, die in Verbindung mit der subjektiven Einschätzung des Ladungssicherungsausführenden je nach vorhandenem Ist-Zustand zu Fehlbeurteilungen führen könnte.

Bei Verwendung von rutschhemmenden Unterlagen geben die Hersteller unabhängig einen Gleitreibungskoeffizient von $\mu = 0,6$ an.

Rutschhemmende Unterlagen sollten, um als verwendungsfähig zu gelten, folgende Anforderungen erfüllen:

- Dicke ca. 8 mm
- Gleitreibungskoeffizient $\mu = 0,6$ unter definierten Verhältnissen
- Beständigkeit gegenüber: Korrosionsschutzmitteln, Öl, Fett
- Beständigkeit gegenüber UV-Strahlung
- Hohe Einreiß- und Druckfestigkeit (Durchdringungsfestigkeit)

Als Beurteilungsgrundlage, ob trotz Ladungssicherung über Reibung noch zusätzlich andere Maßnahmen erforderlich sind, kann gelten:

$\mu < (g - \text{Beschleunigung in oder quer zur Fahrtrichtung}) = \text{weiterer Ladungssicherungsbedarf}$

Wenn $\mu \geq g$, sollten Maßnahmen gegen Kippen geprüft werden.

Sonstige Ladungssicherungsmittel – form- und kraftschlüssig kombiniert

Zurrmittel

Allgemeines

Zurrgurte sind flexible Ladungssicherungshilfsmittel, d.h. um eine Sicherungsfunktion zu erfüllen, müssen die Ladungssicherungsmittel unter Spannung gebracht und gehalten werden.

Da es sich bei Containertransporten in der Regel um Exportversand handelt, werden Zurrgurte betrachtet, die für den Einmalgebrauch konzipiert sind.

Homogene Ladungssicherung

Unter homogener Ladungssicherung versteht man das Aufeinanderabstimmen der einzelnen Ladungssicherungskomponenten hinsichtlich ihrer Einsatzfestigkeiten.

Beim Containerversand sind das die Anlenkpunkte (Zurringen, Zurrstege), das Zurrmittel sowie die entsprechenden Verschluss- und Spannmittel.

DAS SCHWÄCHSTE GLIED IN DIESER KOMBINATION BESTIMMT DIE EINSATZFESTIGKEIT DER LADUNGSSICHERUNGSMASSNAHME.

Beispiel:

Ausgehend von der angegebenen zulässigen Belastbarkeit der im Container vorhandenen Sicherungseinrichtungen von 1000 daN, wählt man ein angepasstes Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft im geraden Zug von mindestens 1500 daN und damit mindestens 3000 daN in der Umreifung.

DIE VERWENDUNG VON ZURRMITTELN MIT HÖHEREN ZULÄSSIGEN ZUGKRÄFTEN BRINGT KEINE GRÖßERE SICHERHEIT.

Die Ladungsarten

Mit Zurrmitteln lässt sich form- und kraftschlüssige Ladungssicherung durchführen. Man unterscheidet zwei Sicherungsarten:

- Niederzurren
- Direktzurren – mit den Untergruppen Schrägzurren und Diagonalzurren

Ladungssicherung durch Kraftschluss – Niederzurren

Niederzurren bedeutet, dass durch das Herunterspannen der Ladung eine fiktive Erhöhung der Ladungsmasse und damit der Normalkraft F_N erreicht wird. Dadurch wiederum erhöht sich nach folgender Beziehung die Reibungskraft F_R , die dem Verrutschen entgegenwirkt.

$$F_R = m \cdot F_N$$

Gleichung 25

Der Gleitreibungskoeffizient μ bleibt unverändert, da die Reibpartner gleich bleiben.

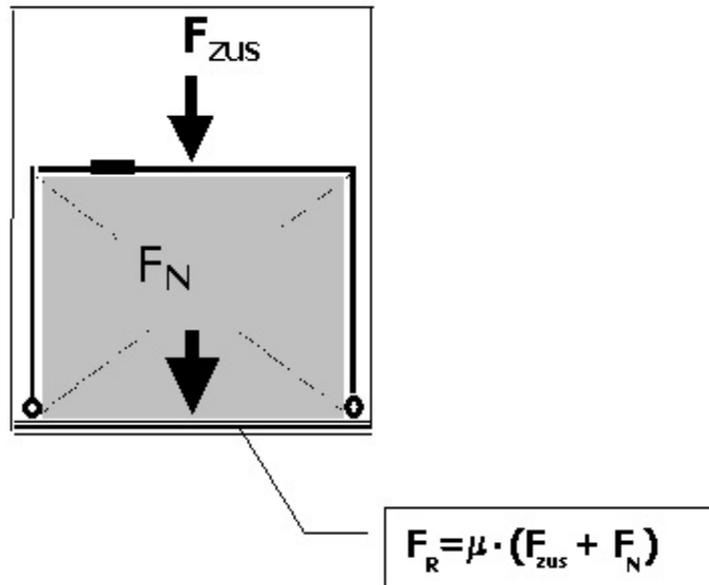


Abbildung 77 Wirkweise beim Niederzurren

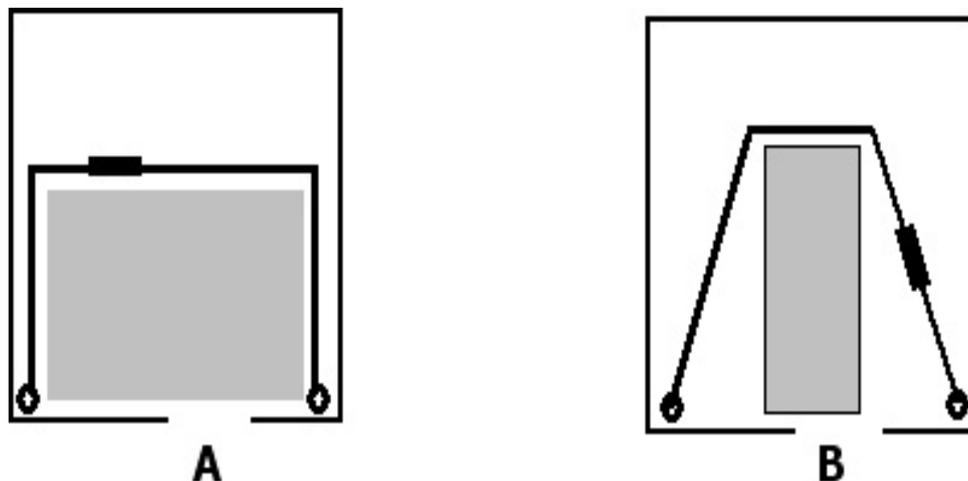


Abbildung 78 Möglichkeiten der Anordnung der Zurrmittel beim Niederzurren im Container

Zu Abbildung 78A: Eine optimale kraftschlüssige Sicherung von Ladung in Containern setzt voraus, dass die Zurrmittel senkrecht, d.h. parallel zu den Ladegutwänden verlaufen. Dieses bedeutet aber auch, dass die Breite des Packstücks nahezu die Containerbreite haben muss. Ein Spannen der Ladungssicherungsmittel ist dann nur auf der Oberseite des Packstücks möglich.

Zu Abbildung 78B: Werden Zurrmittel im Winkel abgespannt, so reduziert sich der Kraftanteil, der die Reibung erhöht, in Abhängigkeit von der Größe des Winkels, d.h. bei exakt senkrecht verlaufendem Zurrmittel (Abb. 78A) wird die gesamte Vorspannung für die Reibungserhöhung wirksam, bei schräg abgespanntem Zurrmittel ist die wirksame Kraft für die Reibungserhöhung kleiner (<) als die Vorspannung.

Berechnung der Ladungssicherungskräfte beim Zurren

Die Berechnung der folgenden Beispiele geschieht jeweils durch 2 Verfahren

- Praktische Vorgehensweise
- Berechnung mit Hilfe der Winkelfunktionen

Für beide Verfahren werden die einzelnen Schritte beschrieben. Auf große zusammenfassende Formeln wird verzichtet. Das Ziel dieser Vorgehensweise ist es, den Anwender und hier vornehmlich den Praktiker schrittweise an die Berechnung heranzuführen, Hintergründe zu erläutern und Vorgehensweisen aufzuzeigen.

Ladungssicherungskräfte beim Niederzurren – Praktische Vorgehensweise

Beispiel Abbildung 78A:

Ein Packstück mit einer Masse (Gewicht) von 1000 kg wird in einem Container durch zwei Gurte niedergespannt. Das Packstück ist eine Holzbox, der Containerboden besteht ebenfalls aus Holz und ist trocken und sauber. Die Gurte sind jeweils mit einer Kraft von 400 daN vorgespannt.

Berechnet wird nur ein Gurt. Die gesamte zusätzliche kraftschlüssige Ladungssicherung ergibt sich dann durch eine Multiplikation der Anzahl der Gurte (hier zwei) mit der ermittelten Reibkraftenerhöhung pro Gurt.

Vorgehensweise:

1. Bestimmung des Gleitreibungskoeffizienten μ
2. Bestimmung der Normalkraft F_N resultierend aus der Packstückmasse
3. Bestimmung der Normalkraft $F_{N_{zur}}$ resultierend aus dem Niederzurren
4. Zusammenfassung von F_N und $F_{N_{zur}}$ zu $F_{N_{ges}}$
5. Bestimmung der Reibkraft F_R
6. Vergleich: Transport- und Umschlag-Belastung <-> Ladungssicherungskräfte
7. Bewertung

Zu 1.:

Der Gleitreibungskoeffizient μ ist ein Wert, der durch die beiden Reibpartner Packstück – Containerboden gebildet wird. Der Gleitreibungskoeffizient μ ist dimensionslos und idR kleiner (<) als 1. Im vorliegenden Beispiel soll sich der Wert μ aus den folgenden Randbedingungen ergeben:

- Reibpartner: Holz auf Holz
- Zustand der Reibpartner: trocken und sauber

Die Gleitreibungskoeffizienten sind für verschiedene Reibpartner ermittelt und in Tabellen zusammengestellt. Siehe Tabelle 3.

Für das vorliegende Beispiel ergibt sich damit ein Gleitreibungskoeffizient μ zwischen 0,20 und 0,50. Gewählt wird ein Gleitreibungskoeffizient von 0,2.

Ein höherer Wert als 0,2 ist durch Versuch nachzuweisen.

Zu 2. und 3.:

Resultierend aus der Ladegutmasse und dem Niederzurren lässt sich F_N und F_{Nzur} bestimmen.

Ladegut:

Das Ladegut hat eine Masse von $m = 1000 \text{ kg}$. Mit dieser Masse drückt es auf den Containerboden und übt damit eine Kraft F_N (Normalkraft) aus.

Die Normalkraft wirkt immer senkrecht zur Erdoberfläche und berechnet sich wie folgt:

$$F_N = m \cdot g$$

Gleichung 26

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (Erdbeschleunigung)

Damit ergibt die Normalkraft für das Beispiel:

$$F_N = 1000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9810 \text{ N} = 981 \text{ daN}$$

Gleichung 27

Ergebnis:

Das Ladegut übt aufgrund seiner Masse von 1000 kg eine Kraft von $F_N = 981 \text{ daN}$ auf den Containerboden aus.

Zurrigurt:

Die Vorspannkraft pro Zurrigurt beträgt 400 daN . Die auf das Ladegut einwirkende Kraft pro Zurrigurt ergibt sich dann mit $400 \text{ daN} \times 1,5 = 600 \text{ daN}$. (Der Wert $1,5$ wird festgelegt, wenn die nachfolgende Betrachtung berücksichtigt wird. Es handelt sich dabei um einen Erfahrungswert.)

Idealfall:

Die Vorspannkraft wirkt zu 100% auf beiden Seiten nur bei folgenden Randbedingungen:

- Der Zurrigurt wird reibungsfrei, z. B. über Kantengleiter, über das Ladegut gespannt
- Das gesamte System befindet sich im Gleichgewicht, d.h. auf jeder Seite im senkrecht verlaufenden Zurrigurt wirken je 400 daN .

Dieses lässt sich gut mit folgender Prinzipdarstellung erklären, die sowohl für das Nieder- und Direktzurren gilt.

Annahme: Das Ladegut sei eine Rolle, über die der Zurrigurt gelegt ist. An einem Ende des Zurrigurtes werden 400 daN Last angehängt (Vorspannung). Um das Ganze im Gleichgewicht zu halten und um zu verhindern, dass der Gurt nicht über die Rolle abläuft, muss an das andere Ende des Gurtes ebenfalls eine Masse von 400 daN angehängt werden. Die Rolle (unser Ladegut) wird also mit $400 \text{ daN} \times 2 = 800 \text{ daN}$ belastet.

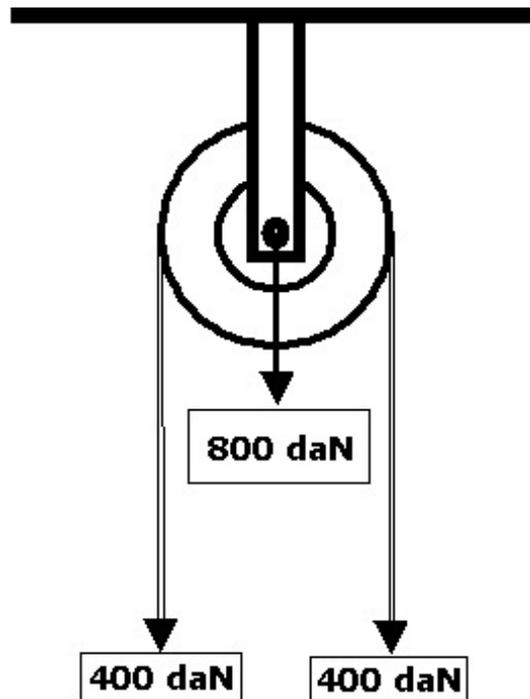


Abbildung 79 Prinzipskizze (Beispiel)

Berechnung von $F_{N_{zus}}$

Die zusätzliche Normalkraft, die durch einen Zurrigurt erreicht wird, beträgt pro Zurrigurt 600 daN. Das Ladegut wird durch zwei Zurrigurte niedergespannt. Damit beträgt die gesamte Erhöhung der Normalkraft

$$F_{N_{zus}} = 1200 \text{ daN}$$

Gleichung 28

Zu 4.: Zusammenfassung der Normalkräfte F_N und $F_{N_{zus}}$ zu $F_{N_{ges}}$

$$\begin{aligned} F_{N_{ges}} &= F_N + F_{N_{zus}} \\ F_{N_{ges}} &= 981 \text{ daN} + 1200 \text{ daN} \\ F_{N_{ges}} &= 2181 \text{ daN} \end{aligned}$$

Gleichung 29

Zu 5.: Bestimmung der Reibkraft F_R

Die Reibkraft $F_{R_{ges}}$ ergibt sich aus der Normalkraft $F_{N_{ges}}$ multipliziert mit dem Gleitreibungskoeffizient μ .

$$\begin{aligned} F_{R_{ges}} &= m \cdot F_{N_{ges}} \\ F_{R_{ges}} &= 0,2 \cdot 2181 \text{ daN} \\ F_{R_{ges}} &= 436,2 \text{ daN} \end{aligned}$$

Gleichung 30

Zu 6.: Vergleich „Transportbelastung ↔ Ladungssicherungskräfte“

Nun muss nachgeprüft werden, ob die ermittelten Ladungssicherungskräfte aus dem Niederzurren ausreichen, um das Ladegut gegen Rutschen zu sichern.

Vorgehensweise:

- Bestimmung der Beschleunigungskräfte aus den Transport- und Umschlag-Belastungen in Längs- (Fahrtrichtung) und Querrichtung des Containers
- Vergleich der Transport- und Umschlag-Belastung ↔ Ladungssicherungskraft

Die dynamischen Transportbelastungen sind Beschleunigungskräfte. Manchmal ist es rechnerisch vorteilhaft, ihre Beschleunigungen als x-faches der Erdbeschleunigung anzugeben.

Merke:

Die Erdbeschleunigung $1\text{ g} = 9,81\text{ m/s}^2$ definiert sich als Geschwindigkeit pro Zeit und ist immer zum Erdmittelpunkt gerichtet. Beschleunigungen aus Transport- und Umschlag-Belastungen resultieren ebenfalls aus Geschwindigkeitsänderungen pro Zeit. Beispiel: das Abbremsen eines LKW von 80 km/h auf 0 km/h in 10 Sekunden (Die Beschleunigung ist hier dann $2,22\text{ m/s}^2$).

Die hierbei auftretenden Beschleunigungskräfte wirken dann nicht zum Erdmittelpunkt, sondern parallel zur Lauffläche/Containerboden in Fahrtrichtung.

Beim Kurvenfahren resultieren die Beschleunigungskräfte aus der Fliehkraft, die dann in Querrichtung der Ladefläche/Containerboden auf das Ladegut einwirken.

In allen Fällen bewirken die Transport- und Umschlag-Beschleunigungskräfte ein Verschieben der Ladegüter im Container.

Die Werte für Transport- und Umschlag-Belastungen für den kombinierten Transport von Containern nach aktuellen Messungen entnimmt man Tabellen (s. Tabelle 1).

Die Transport- und Umschlag- Beschleunigungskräfte für das Beispiel ergeben sich dann in Längsrichtung/Fahrtrichtung und entgegen der Fahrtrichtung aus der

- Ladegutmasse $m = 1000\text{ kg}$
- Längsbeschleunigung $a_l = 1\text{ g} = 9,81\text{ m/s}^2$

$$F_l = m \cdot a_l = m \cdot 1\text{ g} = 1000\text{ kg} \cdot 9,81\text{ m/s}^2 = 8810\text{ N} = 981\text{ daN}$$

Die Transport- und Umschlag-Beschleunigungskräfte ergeben sich in Querrichtung aus der

- Ladegutmasse $m = 1000 \text{ kg}$
- Längsbeschleunigung $a_q = 0,8 \text{ g} = 7,8 \text{ m/s}^2$

$$F_q = m \cdot a_q = m \cdot 0,8 \text{ g} = 1000 \text{ kg} \cdot 7,8 \text{ m/s}^2 = 7800 \text{ N} = 780 \text{ daN}$$

Ergebnis: Das Ladegut wird in Fahrtrichtung/Containerlängsrichtung mit einer Beschleunigungskraft von 981 daN, in Querrichtung mit einer Beschleunigungskraft von 780 daN belastet.

Zu 7.: Bewertung

Die Beschleunigungskräfte von 981 daN und 780 daN greifen im Massenschwerpunkt des Ladegutes an und erwirken ein Verschieben, dem allerdings die Reibkraft $F_R = 436,2 \text{ daN}$ entgegenwirkt.

Die Reibkraft ist kleiner (<) als die Längs- und Querbeschleunigungskraft.

Das Ladegut ist damit nach allen Seiten nicht ausreichend gegen Rutschen gesichert.

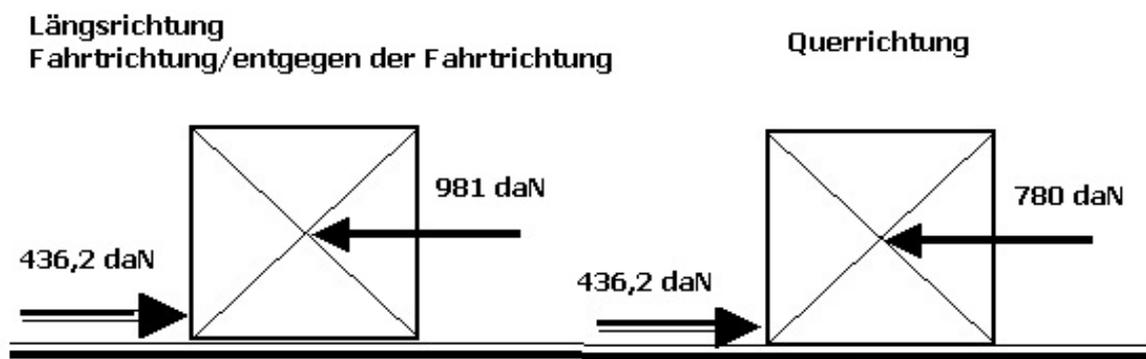


Abbildung 80 Wirkweise der Sicherungs- und TU-Beschleunigungskräfte

Beispiel, Abbildung 78B:

Randbedingungen:

- Ladegutmasse = 1000 kg
- Vorspannung Zurrigurt = 400 daN
- Anzahl der Zurrigurte = 2
- Gleitreibungskoeffizient $\mu = 0,4$ (Vorgehensweise 1. wie im Beispiel; Abb. 78A)
- Normalkraft = 981 daN (Vorgehensweise 2. wie im Beispiel; Abb. 78A)
- Beschleunigungskraft = 981 daN in und entgegen der Fahrtrichtung
= 780 daN in Querrichtung

Allgemeines:

Da Kräfte im Zurrmittel nur in Richtung des Zurrmittels wirken können, das Zurrmittel aber in einem Winkel zum Containerboden schräg abgespannt ist, muss durch eine Zerlegung der Vorspannkraft der Kraftanteil ermittelt werden, der zur Reibungserhöhung beiträgt.

Hierzu wird die schräg verlaufende Kraft in einen senkrechten und einen waagerechten Kraftanteil zerlegt. Der senkrechte Kraftanteil F_s wirkt parallel zu den Ladegutwänden und ist für die Reibungserhöhung beim Niederzurren verantwortlich.

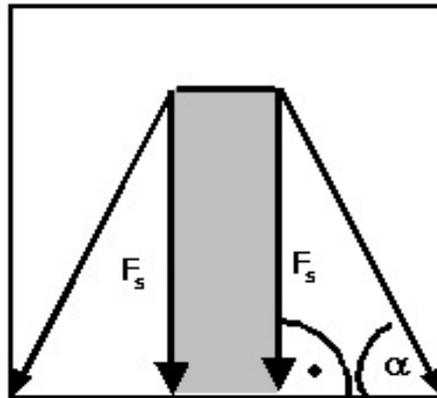


Abbildung 81 Darstellung des reibungserhöhenden Kraftanteils beim Niederzurren bei schräg gespanntem Zurrmittel

Betrachtet man die Anordnung des Zurrmittels am Ladegut und Zurring, so bilden bei quaderförmigen Ladegütern Ladegutwand, Containerboden und Zurrmittel ein rechtwinkliges Dreieck.

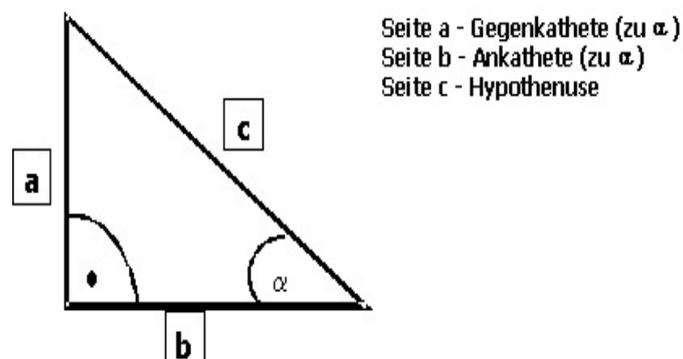


Abbildung 82 Bezeichnung der Seiten im rechtwinkligen Dreieck

Für die Reibungserhöhung durch Niederzurren ist der Kraftanteil in der Gegenkathete a von Bedeutung. Die Wirkrichtung dieser Kraft verläuft senkrecht.

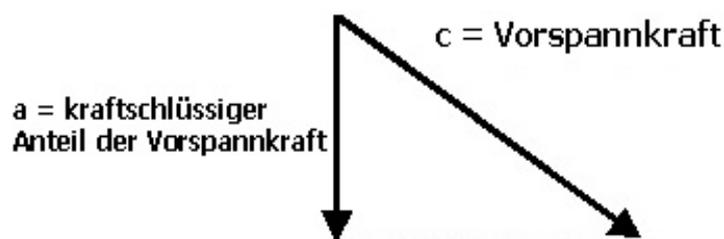


Abbildung 83 Wirkrichtung des kraftschlüssigen Anteils und der Vorspannung

Berechnung

Praktische Vorgehensweise

Ist die Größe der Vorspannkraft F_V bekannt, z. B. durch Vorspannkraftanzeiger, so lässt sich der „kraftschlüssige“ Anteil der Vorspannkraft wie folgt ermitteln:

Vorgehensweise:

1. Bestimmung des Gleitreibungskoeffizienten, siehe Randbedingungen
2. Bestimmung der Länge des gespannten Zurrmittels L_c
3. Bestimmung der Länge zwischen der Anlenkung des Zurrmittels am Ladegut bis zum Containerboden L_a (vertikal)
4. Länge des Zurrmittels L_c gleichsetzen mit der Vorspannkraft F_V
5. Bestimmung der Normalkraft F_N resultierend aus der Ladegutmasse (siehe Randbedingungen)
6. Bestimmung der zusätzlich zur Normalkraft erforderlichen Kraft F_{Nzus}
7. Zusammenfassung von F_N und F_{Nzus}
8. Bestimmung der Reibkraft F_{Rges}
9. Vergleich der Transport- und Umschlag-Belastung \leftrightarrow Ladungssicherungskräfte
10. Bewertung

Zu 1.: Bestimmung des Gleitreibungskoeffizienten

Gleitreibungskoeffizient $\mu = 0,2$ gemäß Tabelle 3 und Randbedingung

Zu 2. und 3.: Bestimmung der Längen des gespannten Zurrmittels (Länge Zurring \leftrightarrow Anlenkung Ladegut (Seite c)) und der Länge zwischen Anlenkung am Ladegut \leftrightarrow Containerboden (Seite a).

Mit einem Gliedermessstab lässt sich problemlos die Länge des Zurrmittels (Seite c im rechtwinkligen Dreieck) bestimmen.

Beispiel:

Länge Seite c, $L_c = 200$ cm (gemessen)

Länge Seite a, $L_a = 146$ cm (gemessen)

Zu 4.: Länge des Zurrmittels gleichsetzen mit der Vorspannkraft

Die Länge des Zurrmittels L_c wird mit der Vorspannkraft von 400 daN gleichgesetzt.

Länge L_c 200 cm = 400 daN

Zu 5.: Bestimmung der Normalkraft F_N resultierend aus der Ladegutmasse.

Siehe Randbedingungen

$$F_N = 981 \text{ daN}$$

Gleichung 33

Zu 6.: Bestimmung des zusätzlich zur Normalkraft wirkenden Kraftanteils F_{Nzus}
Länge Seite a, L_a gemessen 146 cm

$$F_a = \frac{F_V}{L_C} \cdot L_a$$
$$F_a = \frac{400 \text{ daN}}{200 \text{ cm}} \cdot 146 \text{ cm} = 292 \text{ daN}$$

Gleichung 34

Die Vorspannkraft bewirkt eine Erhöhung der Normalkraft F_N um 292 daN pro Zurrurt auf der Ratschenseite, plus 50 % auf der gegenüberliegenden Seite der Ratsche. Für zwei Zurrurte ergibt sich damit eine wirksame Vorspannkraft von insgesamt

$$F_{Nzus} = F_a \cdot 2 \cdot 1,5$$
$$F_{Nzus} = 292 \text{ daN} \cdot 2 \cdot 1,5 = 876 \text{ daN}$$

Gleichung 35

Zu 7.: Zusammenfassung von F_N und F_{Nzus} zu F_{Nges}

$$F_{Nges} = F_N + F_{Nzus}$$
$$F_{Nges} = 981 \text{ daN} + 876 \text{ daN} = 1857 \text{ daN}$$

Gleichung 36

Die Ladegutmasse und die zwei Zurrmittel üben eine Normalkraft F_{Nges} von insgesamt 1857 daN auf den Containerboden aus.

Zu 8.: Bestimmung der Reibkraft F_{Rges}

$$F_{Rges} = F_{Nges} \cdot m$$
$$F_{Rges} = 0,2 \cdot 1857 \text{ daN} = 371,4 \text{ daN}$$

Gleichung 37

Ladegutmasse und Zurrmittel ergeben für das Ladegut einen Gesamtreibungswiderstand von 371,4 daN

Zu 9.: Vergleich Transport- und Umschlag-Belastung ↔ Ladungssicherungskräfte

In Längs-/Fahrtrichtung des Containers:

Auf das Ladegut wirkt in seinem Schwerpunkt eine Beschleunigungskraft von 981 daN, die das Ladegut verschiebt. Dem entgegen wirkt eine Reibungskraft von 371,4 daN.

$$371,4 \text{ daN} < 981 \text{ daN}$$

In Querrichtung des Containers:

Auf das Ladegut wirkt in seinem Schwerpunkt eine Beschleunigungskraft von 780 daN, die das Ladegut verschiebt. Dem entgegen wirkt eine Reibungskraft von 371,4 daN.

$$371,4 \text{ daN} < 780 \text{ daN}$$

Zu 10.: Bewertung

In Fahrtrichtung und entgegen der Fahrtrichtung sowie in Querrichtung muss das Ladegut zusätzlich gesichert werden. Die Beschleunigungskraft ist größer als die Gesamtreibungskraft aus dem Niederzurren.

Berechnung der erforderlichen Zurrmittel

- Ladungsmasse = 1000 kg
- Gleitreibungskoeffizient μ = 0,2
- Vorspannkraft F_V der Ratsche auf der Ratschenseite = 400 daN
- Beschleunigung auf dem LKW in Fahrtrichtung = 0,8 g
- Zurrmittellänge L_c = 200 cm
- Vertikalmaß L_a = 146 cm

Berechnung der erforderlichen Gesamtvorspannkraft

$$F_{V_{ges}} = m \cdot g \cdot \frac{L_c}{L_v} \cdot \frac{0,8}{(m-1)}$$
$$F_{V_{ges}} = 1000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{200 \text{ cm}}{146 \text{ cm}} \cdot \frac{0,8}{(0,2 - 1)} = 4032 \text{ daN}$$

Gleichung 38

Maximale Vorspannkraft des Zurrgurtes in der Umreifung

Gemäß DIN EN 12195-2 [7] müssen die Zurrgurte mit der möglichen Vorspannkraft im geraden Zug S_{TF} bei 50 daN Handkraft (S_{HF}) gekennzeichnet werden.

Im vorliegenden Fall errechnet sich die Gesamtvorspannkraft des Zurrgurtes in der Umreifung:

$$F_{V_{Zurrgurt}} = S_{TF} \cdot 1,5 = 400 \text{ daN} \cdot 1,5 = 600 \text{ daN}$$

Gleichung 39

Die Anzahl der erforderlichen Zurrgurte errechnet sich:

$$\text{Anzahl der erforderl. Zurrgurte} = \frac{F_{V_{ges}}}{F_{V_{Zurrgurt}}} = \frac{4032 \text{ daN}}{600 \text{ daN}} = 6,72 = 7$$

Gleichung 40

Es müssen 7 Zurrgurte mit einer Vorspannkraft von je 600 daN in der Umreifung eingesetzt werden. Dies ist in der Praxis wohl eher nicht durchführbar. Mit Erhöhung des Gleitreibungskoeffizienten kann die erforderliche Gesamtvorspannkraft und damit auch die Anzahl der einzusetzenden Zurrgurte deutlich reduziert werden.

Rutschhemmende Unterlage, Gleitreibungskoeffizient $\mu = 0,6$

Berechnung der erforderlichen Gesamtvorspannkraft:

$$F_{V_{ges}} = m \cdot g \cdot \frac{L_c}{L_v} \cdot \frac{0,8}{(m-1)}$$
$$F_{V_{ges}} = 1000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{200 \text{ cm}}{146 \text{ cm}} \cdot \frac{0,8}{(0,6-1)} = 448 \text{ daN}$$

Gleichung 41

Die Anzahl der erforderlichen Gurte errechnet sich :

$$\text{Anzahl der erforderl. Zurrgurte} = \frac{F_{V_{ges}}}{F_{V_{Zurrgurt}}} = \frac{448 \text{ daN}}{600 \text{ daN}} = 0,75 = 1$$

Gleichung 42

Es muss nur noch ein Gurt mit einer Vorspannkraft von 600 daN in der Umreifung eingesetzt werden.

JE HÖHER DER GLEITREIBUNGSKOEFFIZIENT, UM SO GERINGER IST DER ERFORDERLICHE SICHERUNGSaufWAND.

Ladungssicherung durch Kraft- und Formschluss – Direktzurren

Kraft-formschlüssige Ladungssicherung mit Zurrmitteln bedeutet, dass in Verbindung mit dem Niederzurren zusätzlich eine Sicherung gegen Rutschen der Ladung durch Spannen der Zurrmittel in einem Winkel zum Containerboden und Packstück vorhanden ist. Die einfachste Art der Ladungssicherung ist das sogenannte Schrägzurren.

Schrägzurren in Containern bedeutet, dass das Zurrmittel in einem Winkel vom Ladegut exakt in Querrichtung des Ladegutes abgespannt wird. Hierbei ist zu beachten, dass die Anlenkpunkte am Ladegut so ausgelegt sind, dass sie eine feste Verbindung mit dem Zurrmittel gewährleisten.

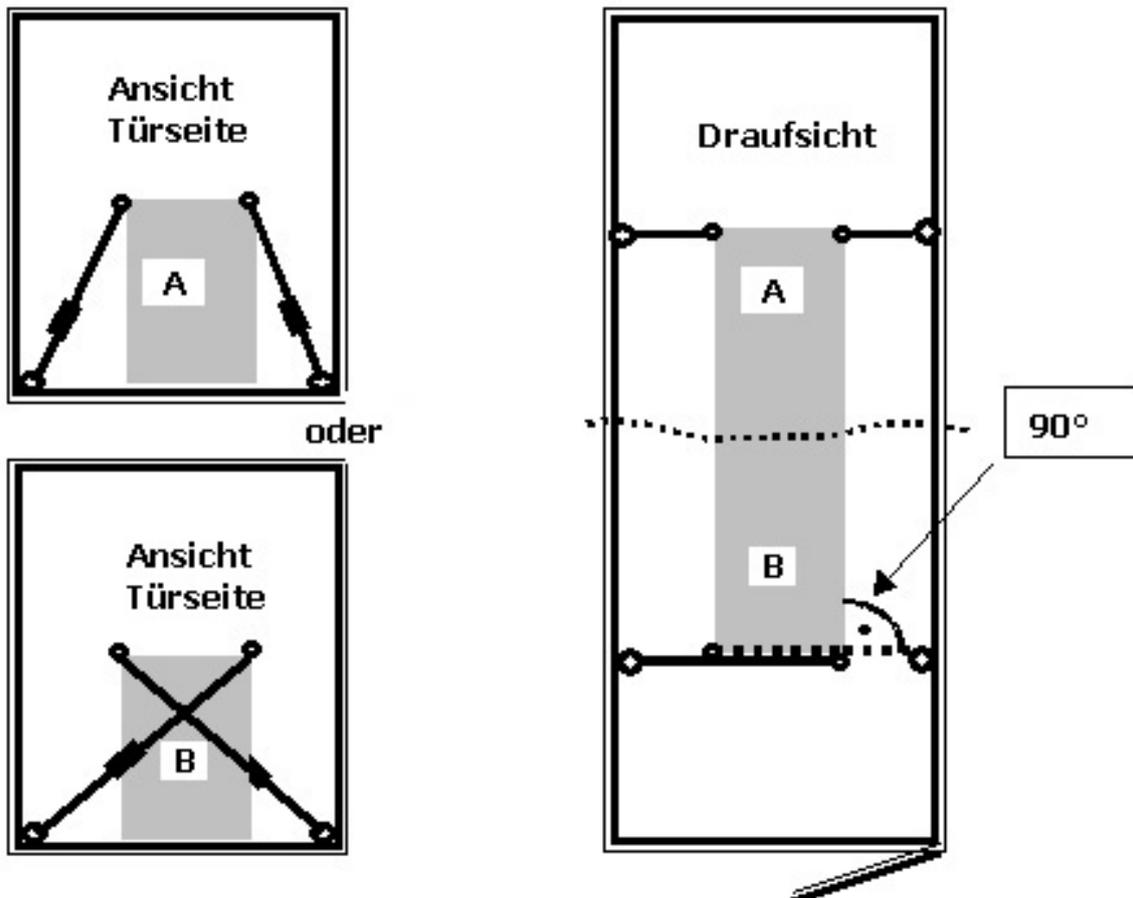
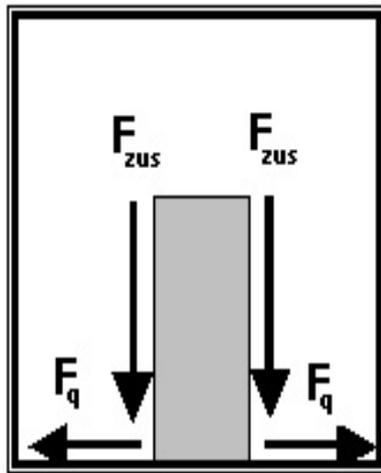


Abbildung 84 Mögliche Ausführungen von Schrägzurren im Container

Da Zurrkräfte immer nur in Richtung des Zurrmittels wirken können, beim Schrägzurren die Zurrmittel aber in einem Winkel zu den Längsseiten des Ladegutes gespannt sind, ergeben sich für die Ladungssicherung zwei Winkelrichtungen dieser Spannkraften. Diese teilen sich auf in eine senkrechte Wirkrichtung F_{Nz} und eine waagerechte Wirkrichtung F_q .



F_{zus} = kraftschlüssig
 F_q = formschlüssig

Abbildung 85 Wirkrichtung der Ladungssicherungskräfte beim Schrägzurren

- Die parallel zu den Seitenwänden des Ladegutes in Containerbodenrichtung wirkende Kraft F_{Nzul} ist der kraftschlüssige Anteil des Ladungssicherungsmaßnahme Schrägzurren.
- Die in einem Winkel von 90° zu den Längsseiten des Ladegutes wirkende bodenparallele Kraft F_q bildet dann den formschlüssigen Anteil beim Schrägzurren.

Betrachtet man die Anordnung der Zurrmittel am Ladegut und Containerboden, so bilden Ladegutwand, Containerboden und Ladungssicherungsmittel bei quaderförmigen Ladegütern ein rechtwinkliges Dreieck. Bei unregelmäßig geformten Ladegütern bilden die Lotrechte unter dem Anlenkpunkt des Zurrmittels, der Containerboden und das Zurrmittel das rechtwinklige Dreieck.

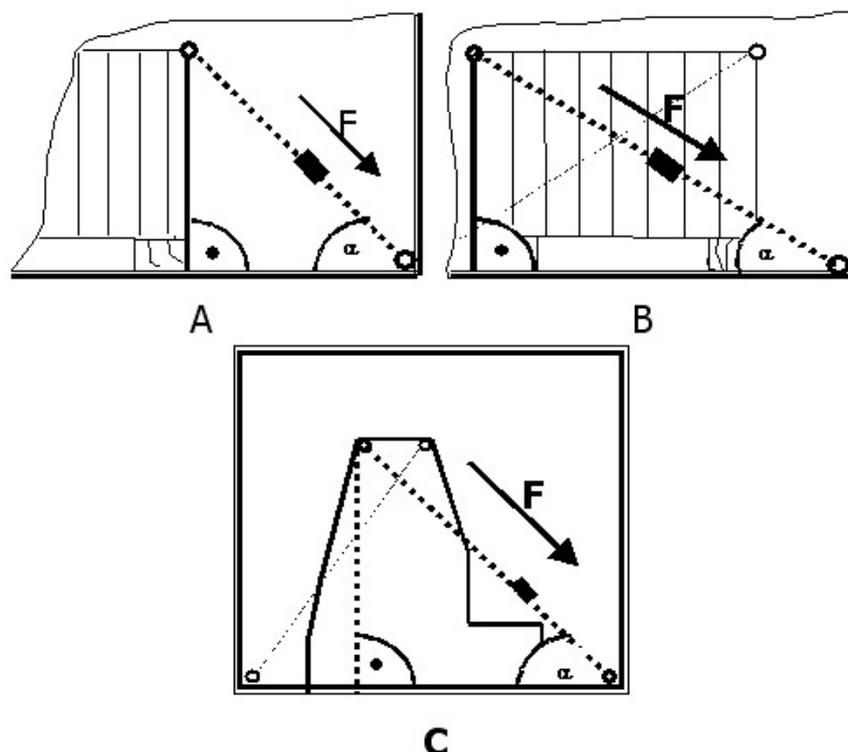


Abbildung 86 Möglichkeiten der Anordnung der Zurrmittel

A und B = quaderförmiges Ladegut

C = unregelmäßig geformtes Packstück

Der Winkel zwischen dem Zurrmittel und dem Containerboden bezeichnet man mit α . Die Vorspannkraft F_v wirkt dann immer in der Richtung des Zurrmittels.

Berechnung der Ladungssicherung durch Schrägzurren.

Berechnung der form- und kraftschlüssigen Anteile der Vorspannkraft:

Die Berechnung der kraft- und formschlüssigen Anteile der Sicherungskraft des Zurrmittels geschieht durch Zerlegen der Vorspannkraft im schräg gespannten Zurrmittel in eine senkrecht zum Containerboden wirkende und eine parallel zum Containerboden wirkende Kraft resultierend aus der zulässigen Zugkraft des Zurrmittels und des eingesetzten Zurrpunktes, wobei der kleinere Wert maßgebend ist (s. Abb. 87).

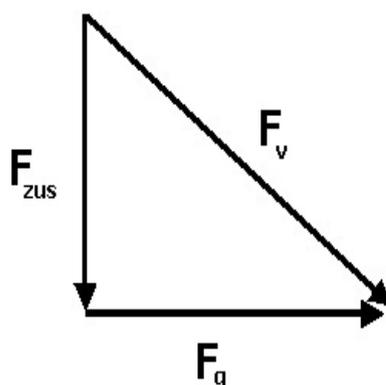


Abbildung 87 Wirkrichtung des kraftschlüssigen Anteils, der Vorspannung und des formschlüssigen Anteils

Die Berechnung der anteiligen Kräfte in a und b, die die eigentliche Ladungssicherung darstellen, lässt sich wie folgt durchführen:

Berechnung der erforderlichen Zurrmittel

Praktische Vorgehensweise

Ist die Größe der Vorspannkraft bekannt, z. B. durch Vorspannkraftanzeiger, so lassen sich die form- und kraftschlüssigen Anteile wie folgt ermitteln.

Randbedingungen:

- Ladegutmasse = 1000 kg
- Vorspannkraft Zurrgurt F_v = 400 daN
- Anzahl Zurrgurte = 4
- Gleitreibungskoeffizient μ = 0,2 (Vorgehensweise 1. wie Beispiel Abb. 78A)
- Normalkraft F_N = 981 daN (Vorgehensweise 2. wie Beispiel Abb. 78A)
- Beschleunigungskraft = 981 daN in und entgegen der Fahrtrichtung
780 daN in Querrichtung
- Zulässige Zugkraft des Zurrmittels 1500 daN einfach direkt. Zulässige Zugkraft des einzelnen Zurrpunktes im Container 1000 daN

Vorgehensweise:

1. Bestimmung der Länge L_c des gespannten Zurrmittels

2. Bestimmung der Länge a zwischen dem Anlenkpunkt des Zurrmittels am Packstück lotrecht zum Containerboden
3. Bestimmung der Länge b zwischen dem Zurring und dem Punkt auf dem Containerboden, der lotrecht unter dem Anlenkpunkt des Zurrmittels am Packstück liegt
4. Berechnung der zulässigen Zugkraft des Zurrmittels bei Einsatz quer zur Fahrtrichtung

Zu 1., 2. und 3.: Bestimmung der Längen des rechtwinkligen Dreiecks

Mit z. B. einem Gliedermessstab lassen sich problemlos die Längen der einzelner Seiten dieses rechtwinkligen Dreiecks bestimmen

$$L_c = 141 \text{ cm}$$

$$L_a = 100 \text{ cm}$$

$$L_b = 100 \text{ cm}$$

Zu 4.: Berechnung der zulässigen Zugkraft des Zurrmittels bei Einsatz quer zur Fahrtrichtung

$$F_{zul} = m \cdot g \cdot \frac{(f - \mu)}{(\mu \cdot \frac{L_a}{L_c} + \frac{L_b}{L_c})}$$

$$F_{zul} = 1000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{(0,8 - 0,2)}{(0,2 \cdot \frac{100 \text{ cm}}{141 \text{ cm}} + \frac{100 \text{ cm}}{141 \text{ cm}})} = 691,6 \text{ daN}$$

Gleichung 43

Es müssen 4 Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft von mindestens 691,6 daN eingesetzt werden. Übersteigt die erforderliche Sicherungskraft des einzelnen Zurrmittels die zul. Zugkraft des Zurrpunktes, sind entsprechend mehr Zurrmittel einzusetzen.

In Fahrtrichtung/Längsrichtung ist eine weitere Ladungssicherung durch z. B. Formschluss zur Stirnwand erforderlich.

Berechnung der Ladungssicherung durch Schrägzurren nur als Rückhalte-zurrung für die Blockbildung.

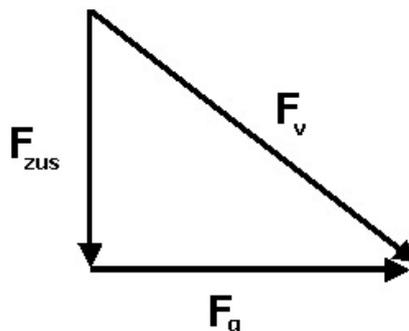


Abbildung 88 Wirkrichtung des kraftschlüssigen Anteils, der Vorspannung und des formschlüssigen Anteils

Die Berechnung der Rückhaltekraft lässt sich wie folgt durchführen:

Die maximale Rückhaltekraft des Zurrmittels ist begrenzt durch die zulässige Zugkraft des Zurrpunktes und des Zurrmittels. Der jeweils geringere Wert ist maßgebend. Im folgenden Beispiel verläuft das Zurrmittel parallel zur Containerlängsseite.

Randbedingungen:

- Ladegutmasse = 1000 kg
- Zul. Zugkraft je Zurrurt = 1500 daN
- Zul. Zugkraft je Zurrpunkt = 1000 daN
- Gleitreibungskoeffizient μ = 0,2 (Vorgehensweise 1. wie Beispiel Abb. 78A)
- Normalkraft F_N = 981 daN (Vorgehensweise 1. wie Beispiel Abb. 78A)
- Beschleunigungskraft = 981 daN

Vorgehensweise:

1. Bestimmung der Länge L_c des gespannten Zurrmittels
2. Bestimmung der Länge a zwischen dem Anlenkpunkt des Zurrmittels am Packstück lotrecht zum Containerboden
3. Bestimmung der Länge b zwischen dem Zurring und dem Punkt auf dem Containerboden, der lotrecht unter dem Anlenkpunkt des Zurrmittels am Packstück liegt
4. Berechnung der Rückhaltekraft des Zurrmittels
5. Berechnung der erforderlichen Rückhaltekraft
6. Bewertung der Sicherung

Zu 1., 2. und 3.: Bestimmung der Längen des rechtwinkligen Dreiecks

Mit z. B. einem Gliedermesstab lassen sich problemlos die Längen der einzelnen Seiten dieses rechtwinkligen Dreiecks bestimmen.

$$L_c = 141 \text{ cm}$$

$$L_a = 100 \text{ cm}$$

$$L_b = 100 \text{ cm}$$

Zu 4.: Berechnung der Rückhaltekraft des Zurrmittels

In diesem Beispiel ist die zul. Zugkraft des Zurrmittels größer als die zul. Zugkraft des Zurrpunktes, wodurch in der Berechnung der Zurrpunkt als schwächster Punkt der Sicherung das Maximum vorgibt.

Im geraden Zug:

$$F_b = F_{zul} \cdot \frac{L_b}{L_c}$$

$$F_b = 1000 \text{ daN} \cdot \frac{100 \text{ cm}}{141 \text{ cm}} = 709 \text{ daN}$$

Gleichung 44

In der Umreifung (Kopflashing mit zwei Zurrmittelsträngen):

$$F_b = F_{zul} \cdot \frac{L_b}{L_c}$$

$$F_b = 1000 \text{ daN} \cdot \frac{100 \text{ cm}}{141 \text{ cm}} = 709 \text{ daN} \cdot 2 = 1418 \text{ daN}$$

Gleichung 45

Zu 5.: Berechnung der erforderlichen Rückhaltekraft

Die erforderliche Rückhaltekraft errechnen sich aus:

$$F_{rück} = m \cdot g - m \cdot g \cdot m$$

$$F_{rück} = 1000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 1000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,2 = 785 \text{ daN}$$

Gleichung 46

Zu 6.: Bewertung der Sicherung

Die erforderliche Sicherungskraft beträgt insgesamt 785 daN. Die Sicherungskraft des Zurrmittels in der Umreifung beträgt 1418 daN

$$785 \text{ daN} < 1418 \text{ daN}$$

Die Ladungssicherungsmaßnahme ist ausreichend.

Direktzurren/Diagonalzurren

Ein weiteres kraft-formschlüssiges Verfahren ist das Diagonalzurren.

Hierbei werden die Ladungssicherungsmittel nicht wie beim Schrägzurren quer zum Packstück, sondern diagonal vom Packstück abgespannt. Genauso wie beim Schrägzurren ergeben sich bei dieser Anordnung Sicherungskräfte, die kraftschlüssig und solche die formschlüssig wirken.

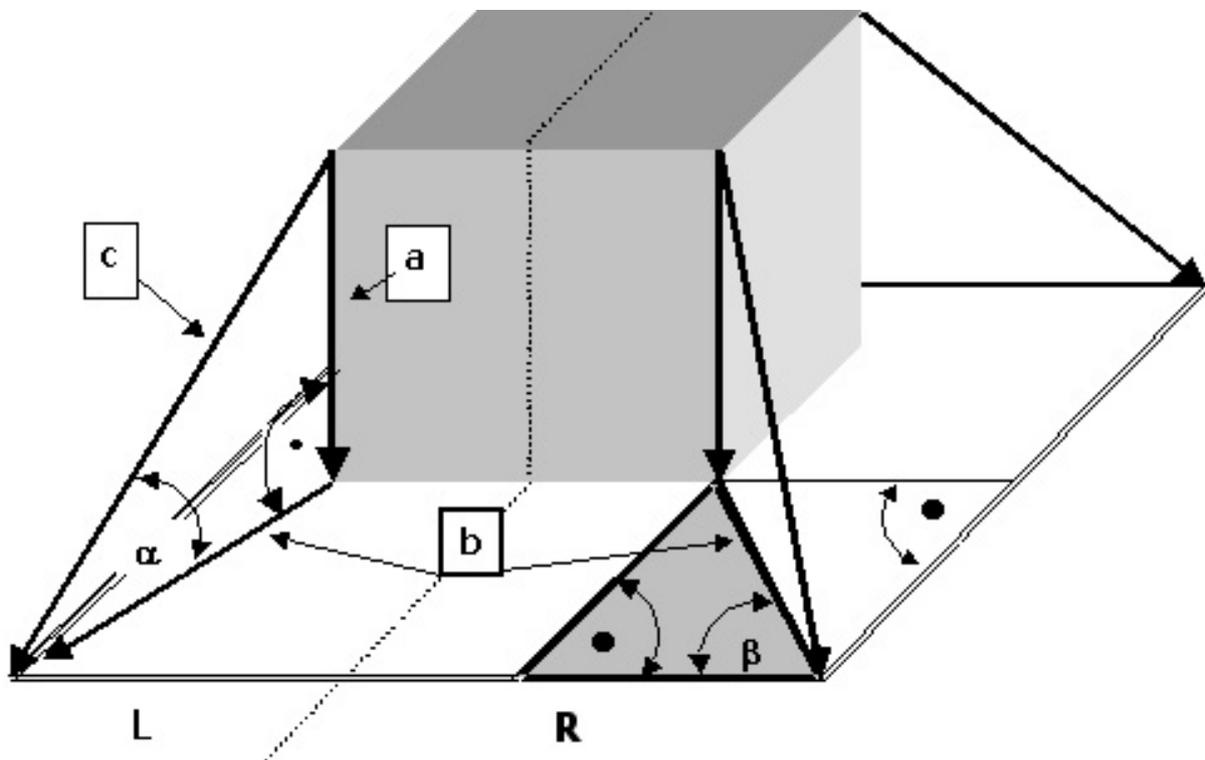


Abbildung 89 Direktzurren/Diagonalzurren (Prinzipdarstellung)

Betrachtet man die linke Seite L der Abbildung 89, so erkennt man die gleiche Anordnung wie beim Schrägzurren.

Die Hypotenuse c ist das flexible Ladungssicherungsmittel, die Gegenkathete a ist der kraftschlüssige Ladungssicherungsanteil, die Ankathete b ist der formschlüssige Ladungssicherungsanteil.

Der formschlüssige Anteil in der Ankathete b wirkt aber im Gegensatz zum Schrägzurren in diagonaler Richtung, d.h. um die formschlüssigen Anteile zu ermitteln, die exakt in Längs- und Querrichtung des Ladegutes/Container wirken, muss der Anteil in der Seite b noch einmal in eine Längskomponente d und in eine Querkomponente e zerlegt werden.

Dargestellt ist dieses in der Abbildung 89; R – rechte Seite, dunkles Dreieck und in der Draufsicht auf das Dreieck in der Abbildung 90.

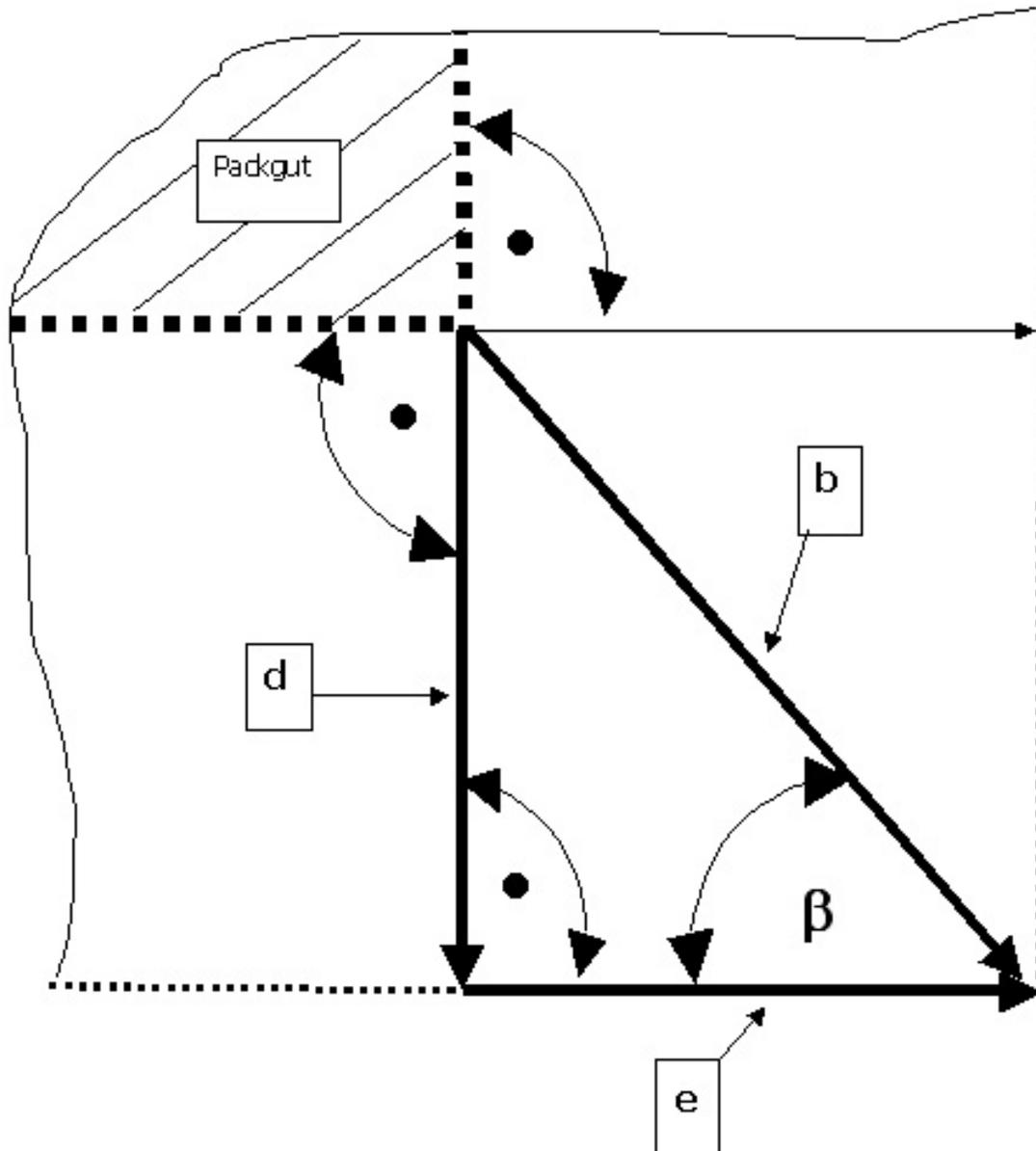


Abbildung 90 Direktzurren/Diagonalzurren (Prinzipdarstellung, Draufsicht)

Die Kraftanteile, die beim Diagonalzurren ermittelt werden sollen sind:

Seite a: kraftschlüssiger Anteil

Seite b: formschlüssiger Anteil in Längsrichtung

Seite c: formschlüssiger Anteil in Querrichtung

Berechnung der Sicherungskraft des einzelnen Zurrmittels:

Randbedingungen:

- Ladegutmasse = 1000 kg
- Anzahl der Zurrgurte = 4
- Gleitreibungskoeffizient μ = 0,2
- Beschleunigung in und entgegen der Fahrtrichtung = 1,0 g
- Beschleunigung in Querrichtung = 0,8 g
- Länge des Zurrgurtes L_c = 180 cm
- Länge der Seite a, L_a = 136 cm
- Länge der Seite b, L_b = 115 cm

Vorgehensweise

1. Bestimmen des Gleitreibungskoeffizienten μ
2. Bestimmen der Längen L_c und L_a
3. Berechnung der erforderlichen Sicherungskraft in Längsrichtung
4. Bewertung

Zu 1. und 2.: Bestimmung des Gleitreibungskoeffizienten μ und der Längen L_c und L_a

Die Werte entnimmt man den entsprechenden Tabellen für Gleitreibungskoeffizienten bzw. hier den Randbedingungen.

$$\mu = 0,2$$

$$L_c = 180 \text{ cm}$$

$$L_a = 136 \text{ cm}$$

Zu 3.: Berechnung der erforderlichen Sicherungskraft in Längsrichtung

Bei der Berechnung wird in diesem Beispiel von einer symmetrischen Anbringung der Zurrmittel ausgegangen.

Gesucht wird die zulässige Zugkraft F_{zul} des einzelnen Zurrmittels in Längsrichtung.

$$F_{zul} = m \cdot \frac{g}{2} \cdot \frac{(f - \mu)}{\left(\mu \cdot \frac{L_a}{L_c} + \frac{L_d}{L_c}\right)}$$
$$F_{zul} = 1000 \text{ kg} \cdot \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2} \cdot \frac{(1,0 - 0,2)}{\left(0,2 \cdot \frac{136 \text{ cm}}{180 \text{ cm}} + \frac{100 \text{ cm}}{180 \text{ cm}}\right)} = 555 \text{ daN}$$

Gleichung 47

Gesucht wird die zulässige Zugkraft F_{zul} des einzelnen Zurrmittels in Querrichtung.

$$F_{zul} = m \cdot \frac{g}{2} \cdot \frac{(f - \mu)}{\left(\mu \cdot \frac{L_a}{L_c} + \frac{L_e}{L_c}\right)}$$
$$F_{zul} = 1000kg \cdot \frac{9,81 \frac{m}{s^2}}{2} \cdot \frac{(0,8 - 0,2)}{\left(0,2 \cdot \frac{136cm}{180cm} + \frac{58cm}{180cm}\right)} = 622daN$$

Gleichung 48

Zu 4.: Bewertung

Aufgrund der vorgegebenen Zurrwinkel ergibt die Berechnung, dass für die Sicherung quer zur Fahrtrichtung eine höhere Sicherungskraft erforderlich wäre. Da beide Werte unterhalb der zul. Zugkraft des einzelnen Zurrpunktes im Container liegen, kann die Ladung so verzurrt werden. Die zul. Zugkraft des Zurrmittels muss hierbei mindestens 622 daN betragen.

Anzahl der Zurrmittel zur Sicherung von Ladegütern im Container

Die mögliche Anzahl von Zurrmitteln im Container wird durch die Anzahl der Zurringe oder Zurrösen am Containerboden bestimmt.

Beim Niederzurren ergibt sich die Anzahl in Abhängigkeit von der Länge des Ladegutes und der auf dieser Länge vorhandenen Zurringe oder Zurrösen auf einer Containerseite.

Beim Direktzurren, hier beim Schrägzurren, ergibt sich die Anzahl der Zurrmittel aus den möglichen Anlenkpunkten am Ladegut, von der Länge des Ladegutes und der auf dieser Länge auf beiden Seiten vorhandenen Zurringe/Zurrösen.

Beim Direktzurren, hier Diagonalzurren, ergeben sich aufgrund der Anlenkpunkte der Zurrmittel am Ladegut (an allen vier oberen Ecken des Ladegutes) zwangsläufig vier Zurrmittel.

Aus der Anzahl der Zurrmittel errechnen sich dann die Ladungssicherungskräfte.

Die Ergebnisse dieser Berechnung werden mit den Transport- und Umschlag-Belastungen verglichen und ggf. ein weiterer Ladungssicherungsbedarf festgestellt.

Zurrgurte

A	Bezeichnung	Zurrgurte	
			Abbildung 91 Zurrgurt
B	Werkstoff	Polyester, thermofixiert, PU-imprägniert	
C	Verschluss/ Spannen	Verschlussklemmen Spezielle Spann- vorrichtungen	
D	Befestigung am Container	Zurringe, Zurrösen oder Zurrstege	
E	Befestigung an der Ladung	Niederzurren: Nur Anlage Direktzurren: Anlage oder direkte Verbindung mit dem Ladegut	
			Abbildung 92 Spannvorrichtung und Verschluss
F	Einflüsse durch:		
G	M a ß n a h m e : formschlüssig	Direktzurren	
H	M a ß n a h m e : kraftschlüssig	Niederzurren	

Tabelle 16 Zurrgurte

Anmerkung zu Zurrgurten:

Die unter dem Gesichtspunkt einer homogenen Ladungssicherung in den Containern eingesetzten Zurrgurte für eine Einmalverwendung haben bei Bandbreiten von ca. 25 bis 50 mm unterschiedliche Banddicken.

Das Spannen und Verbinden dieser Gurte geschieht mit speziellen Spannvorrichtungen und Spanschlössern. Die max. Vorspannung der Gurte sollte 50 % der zulässigen Einsatzfestigkeit der verwendeten Gurte nicht überschreiten. Hierbei ist zu beachten, dass die Einsatzfestigkeit der Zurringe/Zurrstege/Zurrösen im Container bei max. 1000 daN liegt. Die Anlenkung der Gurte an die Sicherungseinrichtungen im Container kann durch angepasste Haken oder mittels Durchziehen der Gurte durch die Zurringe/Zurrstege und Zurrösen erfolgen.

Eine Kontrolle und Ermittlung der Vorspannungskraft (wichtig bei Berechnung der Ladungssicherungskräfte) kann über sog. Vorspannmessanzeigen erfolgen. Diese

Vorspannmessanzeigen können eine mechanische oder elektronische Messwerterfassung haben und sind für unterschiedliche Gurtbreiten anwendbar.

Entsprechend auf die geforderte Einsatzfestigkeit abgestimmte Systeme Zurrgurt – Spanner – Verschluss – Haken – Vorspannmessanzeige werden von verschiedenen Herstellern angeboten und bieten entsprechende Sicherheit.

Zurrgurte finden nicht nur Einsatz beim Nieder- und Direktzurren, sondern auch als Zusammenfassung von mehreren Ladegütern zu größeren Einheiten wie z. B. beim Zusammenfassen von Fassladungen zu Ladungsblöcken.

Des Weiteren können Zurrgurte auch als Sicherung von Ladung im Türbereich von Containern eingesetzt werden.

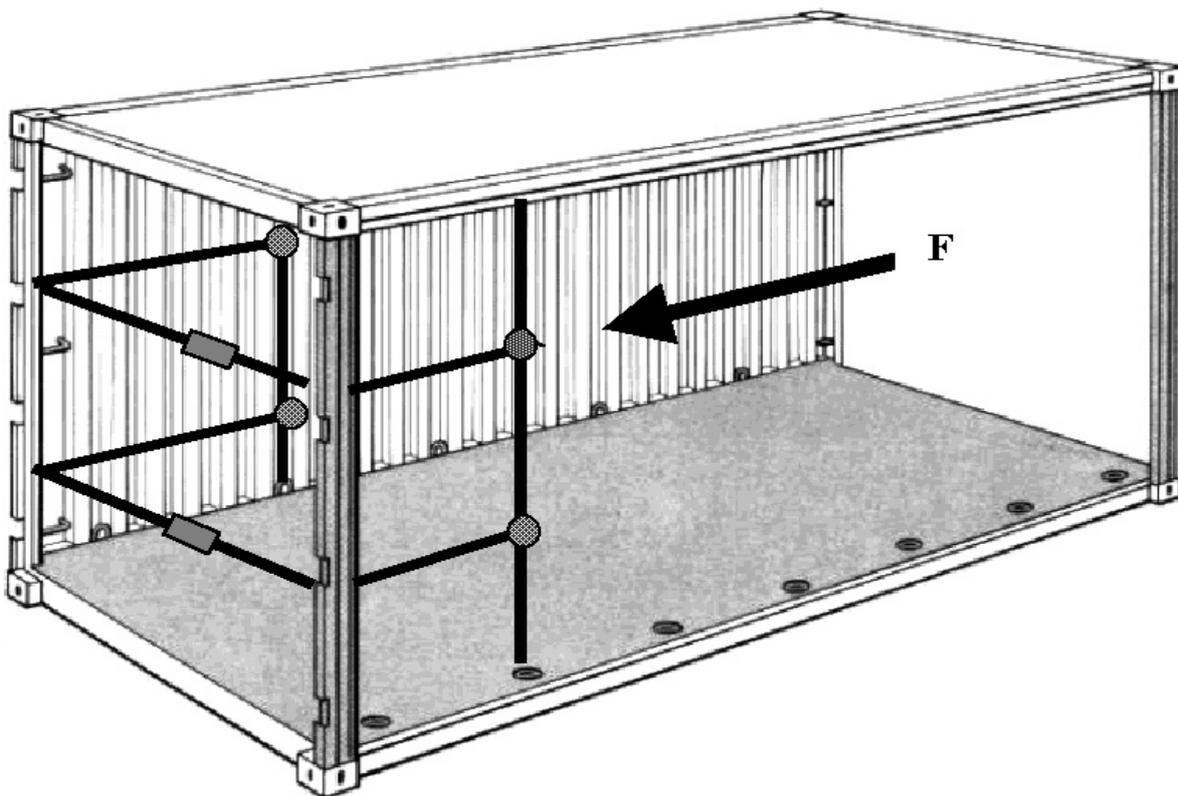


Abbildung 93 Kreuzweises Spannen von Zurrgurten (Prinzipdarstellung)

Eine weitere Sicherung zur Containertür ist das kreuzweise Spannen von Zurrgurten oder eines Herkules. Diese Sicherungsart ist allenfalls für das Absichern von leichten Ladegütern geeignet, vorzugsweise in Verbindung mit großflächigem Plattenmaterial, um die Dehnung der Gurte oder des Herkules zu mindern und so die Containertüren nicht zu belasten.

Kombinationen verschiedener Ladungssicherungsmittel beim Containerversand

Warum Kombinationen?

Kombinationen aus form- und kraftschlüssigen Ladungssicherungsmaßnahmen sind beim Containerversand oft die einzige Möglichkeit Ladegüter so abzusichern, dass ein Rutschen oder Kippen der Ladung bei normalen Transport- und Umschlag-Belastungen verhindert wird. Formschlüssige Ladungssicherung findet dort ihre Grenzen, wo die Belastbarkeit der Containerbauteile, die für Lastaufnahmen geeignet sind, erreicht und überschritten wird. Zurringe, Zurrösen und Zurrstege können mit Kräften bis zu 1000 daN belastet werden, Containerlängs- und Stirnwände sind nur großflächig druckbelastbar, die Tür sollte möglichst unbelastet bleiben. Das Einsetzen von Kanthölzern in die Sicken von Seitenwänden ist eine sichere Maßnahme bei tiefen Sicken (Sickentiefe 4 cm) mit entsprechenden flachen Seitenwinkeln. Über die Festigkeit von Sperrbalken, insbesondere über deren Anlenkung an die Containerwände, liegen keine oder kaum gesicherte Daten vor.

Die einzigen berechenbaren Ladungssicherungen sind zur Zeit das Niederzurren und das Direktzurren. Die Berechnungsbeispiele haben aber auch gezeigt, wo die Grenzen dieser beiden Methoden beim Containerversand liegen, nämlich in der Festigkeit der Zurrösen, Zurringe und Zurrstege und deren Verfügbarkeit im Container. Bei Ladegütern mit großen Massen wird z. B. beim Nieder- und Direktzurren mit Sicherheit weiterer Ladungssicherungsbedarf erforderlich sein.

Eine Kombination von verschiedenen Ladungssicherungsmaßnahmen ist aus all diesen Gründen oft erforderlich, um eine entsprechende Sicherheit beim Transport zu erhalten und möglichst auch quantitativ zu belegen. Des Weiteren ergeben sich oft erst aus Kombinationen wirtschaftlich vertretbare Lösungen.

Maßnahmen:

Alle Ladegüter, die in Containern transportiert werden, sollen während der gesamten Transportzeit innerhalb der Container ihre Lage nicht verändern, unabhängig davon ob sie den Container volumenmäßig ausfüllen oder nicht.

Die erste Maßnahme einer Ladungssicherung ist das vernünftige Stauen im Container oder das Ausstauen des Containers. Ladungsverschiebung ist in allen Fällen abhängig von den Reibungskräften zwischen Ladung und dem Containerboden. Je höher die Reibung ist, desto geringer sind die Kräfte, die auf Containerbauteile und Ladungssicherungsmittel wirken.

Fazit

- Alle Ladungssicherungsmaßnahmen möglichst in Kombination mit hohen Reibungswerten (reibungserhöhende Zwischenlagen oder Niederzurren).
- Container möglichst gut austauen, Freiräume vermeiden oder ausfüllen.
- Für die Ladungssicherung verfügbare Einrichtungen im Container nicht überlasten.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über verschiedene Ladungssicherungsmittel und deren Einsatz- und Kombinationsmöglichkeiten.

		Maßnahmen					
		Abstützen Druck ableiten	Ladung abschnitts- weise sichern	Leerräume ausfüllen	Ladung trennen	Niederzurren Direktzurren	Reibung erhöhen
Mittel	Holzbalken Kantholz Bretter Staugitter						
	Leerpaletten Staupolster						
	Holzverbinder						
	Zurrgurt						
	Gummimatten						

Tabelle 17 Einsatzmöglichkeiten der Ladungssicherungsmittel

Modul 5: Gefahrgut im Container

LERNZIELE:

- Die Ladungssicherung hat für den Transport von Gefahrgut einen hohen Stellenwert.
- Unterscheiden sich die Ladungssicherungsmaßnahmen für Gefahrgut von denen für Nicht-Gefahrgut?
- Welche Besonderheiten sind bei Gefahrgut-Ladungen zu beachten?
- Welche Gesetze und Vorschriften gilt es zu beachten?
- Was ist der Unterschied zwischen Zusammenpacken und Zusammenladen?

Anmerkung:

Grundlage für Modul 5 sind die Gesetze und Vorschriften in der für das Jahr 2011 gültigen Fassung.

Allgemeine Anforderungen

Bei der Beförderung gefährlicher Güter geht es nicht darum, den Verlust von Ware auf ein wirtschaftlich sinnvolles oder tragbares Maß zu begrenzen. Der Anspruch ist weitaus höher: Menschen, Umwelt und Transportmittel müssen vor dem Gefahrgut geschützt werden! Die Umschließungen müssen gewährleisten, dass kein Inhalt austritt und nichts von außen eindringt, womit das Gefahrgut kritisch reagiert. Ein Verlust darf unter normalen Versandbedingungen überhaupt nicht eintreten! Hier kommt natürlich der Ladungssicherung ein hoher Stellenwert zu, ABER:

DIE LADUNGSSICHERUNGSMASSNAHMEN FÜR GEFAHRGUT UNTERSCHIEDEN SICH NICHT VON DENEN FÜR NICHT-GEFAHRGUT!

Grundsätzlich gibt es keine Unterschiede zwischen Ladungssicherungsmaßnahmen für Gefahrgut und Nicht-Gefahrgut. Für den Transport von Gefahrgut in Containern gelten die in vorangegangenen Moduln aufgeführten und erläuterten Hinweise. Modul 5 ist als Ergänzung zu den vorangegangenen Moduln zu betrachten.

Der Tatsache, dass es sich um gefährliches Packgut handelt, wird dadurch besonders Rechnung getragen, dass das Beladen von Containern mit Gefahrgut unter Aufsicht eines Verantwortlichen erfolgen muss. Dieser muss eine Qualifikation für die Aufgabe nachweisen können.

Für Container, die für den Seetransport gepackt werden, gilt:

Seit dem 01.01.1994 ist die für das Packen von Gefahrgut in einen Container verantwortliche Person verpflichtet, ein unterzeichnetes Containerpackzertifikat auszustellen. Darin wird bestätigt, dass die Ladung im Container ordnungsgemäß gepackt und gesichert ist und dass die Beladung des Containers nach den Vorschriften des IMDG-Codes erfolgt ist. Ein Beispiel für den Wortlaut eines solchen Containerpackzertifikates liefert der IMDG-Code und darauf verweisend die 5.4.2.1 35-10.Amdt. 12/2010. [M]

Für Container, die ausschließlich auf Straße, Schiene und/oder Binnenstraßen befördert werden, gilt:

Ein Containerpackzertifikat ist nicht erforderlich.

Gesetze – Vorschriften

Die Beförderung eines Gefahrgutes ist im Grundsatz verboten und wird erst unter bestimmten Bedingungen erlaubt. Diese Bedingungen sind Bestandteil umfangreicher Vorschriften. Was ein Gefahrgut im Sinne der Gefahrgutbeförderungsvorschrift ist, hat jeder Verkehrsträger für sich definiert und aufgelistet.

Diese Regelwerke müssen – in der zum Zeitpunkt des Packens gültigen Fassung – während des gesamten Packvorgangs in greifbarer Nähe sein, um im Zweifelsfall nachschlagen zu können!

Die Verantwortlichkeit für die Einhaltung der einzelnen Vorschriften ist geregelt. Sie liegen hauptsächlich beim Versender bzw. Absender.

DIE AKTUELL GÜLTIGEN EINSCHLÄGIGEN REGELWERKE MÜSSEN WÄHREND DES PACKENS UND SICHERNS DER GEFÄHRLICHEN LADUNG JEDERZEIT ZUGÄNGLICH SEIN!

Eine Übersicht der Vorschriften ist in Tabelle 18 (nächste Seite) zu sehen.

Basis	Recommendations on the Transport of Dangerous Goods – Model Regulations („Orange Book“) UN-Empfehlung	
↓		
Gültig in der Bundesrepublik Deutschland in Form von: Gefahrgutbeförderungsgesetz GGBefG (verkehrsträgerübergreifend)		
↓		
Rechtsverordnungen		
→	Verkehrsträger- übergreifend	Verordnungen: Gefahrgut-Beauftragtenverordnung GbV
→	Straße	Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn GGVSE , Binnenschiff GGVSEB
→	Seeschiff	SOLAS , Kapitel VII (Beförderung gefährlicher Güter) Gefahrgutverordnung See GGVSee IMDG -Code englisch/deutsch einschließlich CTU-Packrichtlinien

Tabelle 18 Vorschriften

Es sind unter allen Umständen die Bestimmungen des Arbeits-, Gesundheits- und Brandschutzes einzuhalten. Es darf auf keinen Fall geraucht, getrunken oder gegessen werden.

WÄHREND DER BELADEARBEITEN HERRSCHT ABSOLUTES RAUCHVERBOT!

Trennvorschriften

Die Vorschriften über das Zusammenpacken und das Zusammenladen verschiedener Gefahrgüter und die Vorschriften über die Gefahrgut-Markierung und die Eintragung in den Versandpapieren dienen der Sicherheit beim Transport, insbesondere bei Umschlagsvorgängen und bei Zwischenfällen und Unfällen.

Es ist darauf zu achten, dass die Begriffe Zusammenpacken und Zusammenladen nicht verwechselt werden!

Zusammenpacken bedeutet, mehrere verschiedenartige Gefahrgüter miteinander und/oder mit Nicht-Gefahrgütern zu einem Versandstück (zusammengesetzte Verpackung) zu packen. Wobei das Versandstück dann wie folgt zusammengesetzt ist: Die Gefahrgüter bzw. Nicht-Gefahrgüter sind einzeln jeweils in „Innenverpackungen“ verpackt, diese werden in die „Außenverpackung“ eingebracht und bilden mit ihr zusammen das Versandstück.

Für das Zusammenpacken gilt generell: Was miteinander gefährlich reagiert, darf nicht zusammengepackt werden.

Dagegen bedeutet Zusammenladen das Beladen eines Transportgefäßes mit verschiedenen Gefahrgütern, ggf. auch von Nahrungs-, Genuss- und Futtermitteln mit Gefahrgütern. Auch hier gilt: Gefährliche Güter dürfen nicht zusammen mit unverträglichen Stoffen in dieselben Transportgefäße.

WAS MITEINANDER GEFÄHRlich REAGIERT, DARF NICHT ZUSAMMENGEPACKT ODER ZUSAMMENGELADEN WERDEN.

Für jeden Verkehrsträger sind in jedem Fall die entsprechenden Vorschriften für das Zusammenpacken und Zusammenladen in der jeweils gültigen Fassung einzusehen.

Anhang

	horizontal			vertikal	
	vorwärts	rückwärts	seitlich	oben	unten
	Straße				
CTU [A]	1	0,5	0,5		
VDI [C]	0,8	0,5	0,5		1
Hafenschule Bremen [J]	1	1	1	1	1
	Schiene				
CTU [A]	1	1	0,5	0,3	
DB Cargo ¹ [L]	4	1	0,5	0,3	
DB Cargo ² [L]	1	1	0,5	0,3	
GDV [J]	1	1	0,5	0,3	0,3
	Schiff				
CTU [A]	0,4	0,4	0,8		
GDV [J]	0,4	0,4	1	1	1
Bundesanzeiger [J]	0,1-0,4	0,1-0,4	0,5-0,75	0,4-0,9	0,4-0,9

Tabelle 19 Unterschiedliche Beschleunigungswerte g

- 1 Einzelwagen und Wagengruppen bei normaler Rangierbehandlung
- 2 - Wagen ohne Abstoßen und Ablaufenlassen in geschlossenen Zügen
 - Wagen im kombinierten Ladungsverkehr mit Großcontainern, Wechselbehältern, Sattelanhängern und Lastkraftwagen und gegebenenfalls mit Anhängern
 - Wagen mit Langhubstoßdämpfern

Containerkontrolle – Checkliste			
Außenkontrolle		OK	Nicht OK
1	Wände und Dach haben weder Löcher noch Risse.		
2	Türen sind funktionstüchtig.		
3	Verschlüsse sind funktionstüchtig.		
4	Keine Aufkleber oder Schilder von letzter Ladung (z. B. IMO-Placards).		
5	Bei Flat-Containern: Pfosten (wenn verfügbar) sind vollzählig und korrekt befestigt; Bei 40'-Flat-Containern sind alle Zurrgurte vorhanden.		
6	Bei offenen Containern: Die Dachbögen sind vollzählig und korrekt befestigt.		
7	Bei offenen Containern: Persenning ist unbeschädigt und ausreichend befestigt; Die Enden der Persenning-Leinen sind unbeschädigt; Alle Dachösen sind vorhanden.		
8	Bei Hard-Top-Containern: Das Dach ist unbeschädigt; Die Verschlüsse passen und sind funktionstüchtig.		
Innenkontrolle			
9	Container ist wasserdicht. (Testmethode (nur mit einer weiteren Person durchführen!!!): Eine Person geht in den Container. Die zweite Person bleibt zur Absicherung außerhalb des Containers und schließt beide Türen vollständig. Ins Innere darf kein Licht von außen durch Löcher, Risse etc. einfallen.)		
10	Der Container ist im Inneren komplett trocken. (Entfernen Sie jede Art von Kondenswasser, Reif oder Frost um die Ladung vor Korrosion und Nässeschäden zu schützen)		
11	Der Container ist leer, sauber (Keine Rückstände der letzten Ladung) und geruchsneutral.		
12	Es sind keine Nägel oder anderen Vorsprünge vorhanden, die die Ladung beschädigen könnten.		

Tabelle 20 Checkliste Containerkontrolle [A]

Paarung	Gleitreibungskoeffizient μ	Quelle
Edelstahlfass stehend/Holzpalette	0,4-0,5	i
Einweggebinde/folierte Ware	0,2-0,5	i
Einweggebinde/Kartonverpackung	0,2-0,5	i
Rutschhemmende Unterlage (RHU)	0,6	ii
Kunststoffplatte/Siebdruckplatte	0,2-0,25	iii
Holzplatte/Siebdruckplatte	0,3-0,35	i
Gitterboxpalette/Siebdruckplatte	0,3-0,5	i
<p>Quellen:</p> <p>i – Dekra</p> <p>ii – Herstellerangaben (Anm.: nur wenn dieser Wert zertifiziert ist!)</p> <p>iii – Gesellschaft für Transport-, Umschlag- und Lagerlogistik mbH Dresden (TUL-LOG Dresden)</p>		

Tabelle 21 Weitere Werte für Gleitreibungskoeffizienten (Auszug aus [K])

Quellenangaben

- [A] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Verkehrsblatt – Dokument Nr. B8087;Verkehrsbaltt-Verlag; Berlin; 1999
- [B] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Verkehrsblatt – Heft 6 Seite 164; Verkehrsblatt-Verlag; Berlin; 1999
- [C] VDI-Gesellschaft, Fördertechnik Materialfluss Logistik: Richtlinienreihe 2700-Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen; Beuth Verlag GmbH; Berlin; 1990
- [D] Beitz, W.; Grote, K.- H.: Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau; 20. Auflage; Springer Verlag; Berlin; 2001
- [E] VDI-Gesellschaft, Fördertechnik Materialfluss Logistik: Richtlinienreihe 2702 Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen: Zurrkräfte; Beuth Verlag GmbH; Berlin; 1990
- [F] CSC-Ausgabe August 1985; Veröffentlicht im BGBII 1985 einschließlich aller technisch relevanten Änderungen; Bundesanzeiger-Verlag
- [G] VCI-Verband der chemischen Industrie e.V.: Chemie im Dialog – Ladungssicherungshandbuch für verpackte Ware, Frankfurt am Main; März 1993
- [H] Urheber Hapag-Lloyd Containerlinie GmbH, Hamburg
- [I] Prof. Dr.-Ing. Großmann, G.; Dr.-Ing. Schmidt, W.; TUL-LOG Gesellschaft für Transport-, Umschlag- und Lagerlogistik mbH Dresden: Laden und Sichern – Beladung und Ladungssicherung auf Nutzfahrzeugen (Praxishandbuch); Frankfurt/Main; Oktober 1999
- [J] Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft e.V.: Transport- Informations-Service (TIS) – Ware, Verpackung, Container, Ladungssicherung; www.tis-gdv.de/tis/home_d.htm; Februar 2003
- [K] Polizei Niedersachsen – Arbeitsgruppe Ladungssicherung: Ladungssicherung richtig kontrollieren – Praxishandbuch für die Polizei
- [L] DB Cargo: Verlagerichtlinien Anlage II zum RIV – Band 1 Grundsätze – Gültig vom 01.01.1999
- [M] IMDG-Code 5.4.2.1 35-10. Amdt. 12/2010 ist abrufbar unter www.tes.bam.de/de/regelwerke/gefahrgutvorschriften/docs/imdg-code-de-2010-5.pdf

Normenverzeichnis

- [1] ISO 830: Ausgabe September 1999 und Juli 2001 - ISO-Container Terminologie; Korrektur1
- [2] DIN ISO 668: Ausgabe Oktober 1999 - ISO-Container der Reihe 1 - Klassifikation, Maße, Gesamtgewicht
- [3] ISO 1496-1: Ausgabe August 1990 - ISO-Container der Baureihe 1 - Spezifikation und Prüfung; Teil 1: Universalcontainer

ISO 1496-1 AMD 1: Ausgabe März 1993 - ISO-Container der Reihe 1 - Spezifikation und Prüfung; Teil1: Stückgut-Container; Änderung 1: Container der Größe 1AAA und 1BBB

ISO 1496-1 AMD 2: Ausgabe Juli 1998 - ISO-Container der Reihe 1 - Anforderungen und Prüfung - Teil 1: Stückgut-Container; Änderung 2
- [4] ISO 1161: Ausgabe September 1992 - ISO-Container – Eckbeschläge, Anforderungen; Korrektur 1
- [5] DIN EN ISO 6346: Ausgabe Januar 1996 - ISO-Container – Identifizierung und Kennzeichnung
- [6] DIN 4074 T1: Ausgabe September 1989 - Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit; Nadelschnittholz

DIN 4074 T2: Ausgabe Dezember 1958 - Bauholz für Holzbauteile; Gütebedingungen für Baurundholz (Nadelholz)
- [7] DIN EN 12195-2: Ausgabe Februar 2001 – Ladungssicherungseinrichtungen auf Straßenfahrzeugen - Sicherheit - Teil 2: Zurrgurte aus Chemiefasern

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Maximale Beschleunigung bei den einzelnen Verkehrsträgern	27
Tabelle 2 Beschleunigungen beim kombinierten Containertransport.....	29
Tabelle 3 Gleitreibungskoeffizienten [D]	37
Tabelle 4 Containerbezeichnung und Außenabmessungen	58
Tabelle 5 Containerbezeichnungen und Innenabmessungen.....	59
Tabelle 6 Containerbezeichnungen und Türabmessungen	59
Tabelle 7 Belastungsfähigkeit von Containern	64
Tabelle 8 Abkürzungen zur Bauartprüfung	67
Tabelle 9 Empfehlungsblätter und Staupläne	91
Tabelle 10 Bauteile eines Containers und deren Anteil bei der Ladungssicherung [H].....	94
Tabelle 11 Sperrbalken über Bodenblech	97
Tabelle 12 Abstütungen/Absteifungen – Oberer Bereich	100
Tabelle 13 Staugitter.....	101
Tabelle 14 Staupolster	103
Tabelle 15 Rutschhemmende Unterlagen (RHU): Gummimatten.....	106
Tabelle 16 Zurrgurte	131
Tabelle 17 Einsatzmöglichkeiten der Ladungssicherungsmittel.....	134
Tabelle 18 Vorschriften	138
Tabelle 19 Unterschiedliche Beschleunigungswerte g.....	140
Tabelle 20 Checkliste Containerkontrolle [A]	141
Tabelle 21 Weitere Werte für Gleitreibungskoeffizienten (Auszug aus [K]).....	142

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Überblick Sicherheit für Ladung und Umwelt.....	7
Abbildung 2 Beschleunigungen beim ausschließlichen Straßentransport.....	24
Abbildung 3 Beschleunigungen beim Containertransport auf der Schiene.....	24
Abbildung 4 Bewegungsmöglichkeiten eines Schiffs 1	25
Abbildung 5 Bewegungsmöglichkeiten eines Schiffs 2	25
Abbildung 6 Bewegungsvorgang eines Containers beim Rollen eines Schiffs	25
Abbildung 7 Bewegungsvorgang eines Containers beim Stampfen eines Schiffs	26
Abbildung 8 Beschleunigungen im Seeverkehr [A]	26
Abbildung 9 Bewegung eines Körpers	30
Abbildung 10 Kreisbewegungen.....	32
Abbildung 11 Beschleunigungen bei der Kurvenfahrt.....	33
Abbildung 12 Reibkraft	36
Abbildung 13 Kräfte an einem Körper	37
Abbildung 14 Kippmoment.....	39
Abbildung 15 Standmoment.....	40
Abbildung 16 Standmoment im Vergleich (Einzelkörper ↔ Körper doppelter Höhe)	41
Abbildung 17 Kippmoment im Vergleich (Einzelkörper ↔ Körper doppelter Höhe)	42
Abbildung 18 Containerbauarten	57
Abbildung 19 Bauteile eines Containers [H].....	61
Abbildung 20 Standard-Stückgut-Container mit Gabelstaplerlaschen.....	62
Abbildung 21 Zulässige Flächenbelastung des Containerbodens	63
Abbildung 22 Angabe der zulässigen Stapellast auf einer CSC-Plakette	64
Abbildung 23 Stapelung (Ein Container muss 5 vollbeladenen Container tragen).....	65
Abbildung 24 Containerkennzeichnung im Detail 1	66
Abbildung 25 Containerbezeichnung im Detail 2	67
Abbildung 26 Kennzeichnung eines Containers mit $h > 2,60$ m	67
Abbildung 27 ic-Markierung (und andere) an der Seitenwand	68
Abbildung 28 CSC-Plakette mit ACEP-Zusatzschild.....	69
Abbildung 29 Modulabmessungen.....	70
Abbildung 30 Beschädigung des Ladeguts durch Stapelung	70
Abbildung 31 Druckfeste, standsichere Oberfläche zum Stapeln.....	71
Abbildung 32 Druckfeste Seitenflächen	71
Abbildung 33 Druckfeste Kanten (Kantengleiter).....	71
Abbildung 34 Schwerpunktsymbol nach DIN 55402.....	72
Abbildung 35 Optimale Schwerpunktlage	72
Abbildung 36 Mindesthöhe zur Unterfahrbarkeit.....	72
Abbildung 37 Möglichkeiten der Verteilung auf einer Palette	74
Abbildung 38 vertikales Umreifen (li) – horizontales Umreifen (mi) – vertikales Umreifen von palettierten Fässern (re).....	76
Abbildung 39 Stretchapparat.....	77

Abbildung 40 Stark beschädigter Containerrahmen	79
Abbildung 41 Starke Beschädigung der Containerstirnseite (Ursache: unsachgemäß gesicherte Papierrolle)	80
Abbildung 42 Verformte, defekte Containertür	80
Abbildung 43 Defekte Türdichtung.....	80
Abbildung 44 Sichern der Containertür beim Beladen (li.: Falsch, re.: Richtig).....	81
Abbildung 45 Unkenntliche CSC-Plakette	82
Abbildung 46 Metallschieber zur Bodenkontrolle	82
Abbildung 47 Kopflastiger, nicht ausreichend abgestützter Container auf Trailer	83
Abbildung 48 Homogene Ladung	84
Abbildung 49 Muster eines Behandlungszertifikats für Holz.....	85
Abbildung 50 Muster einer eidesstattlichen Erklärung über die Schutzbehandlung von verwendetem Holz.....	86
Abbildung 51 Schweres nach unten, Leichtes nach oben	87
Abbildung 52 Flüssigkeiten nach unten, Feststoffe nach oben.....	87
Abbildung 53 Festes nach unten, Flexibles nach oben	88
Abbildung 54 Fässer und Trommeln stehend stauen.....	88
Abbildung 55 Frostempfindliche Ware temperaturisoliert stauen.....	88
Abbildung 56 Angabe der Transportlage auf einem Packstück.....	89
Abbildung 57 Möglichkeiten der Lastverteilung	89
Abbildung 58 Optimale Schwerpunktlage im Container	90
Abbildung 59 Ladungssicherungsmöglichkeiten im Container [H]	94
Abbildung 60 Mindesteindringtiefe von Nägeln.....	96
Abbildung 61 Sperrbalken	97
Abbildung 62 Sperrbalken in Sicken	97
Abbildung 63 Sicherung eines Sperrbalken	97
Abbildung 64 Draufsicht auf einen Container (Türbereich).....	98
Abbildung 65 Einarbeiten von Sperrbalken in Sicken	99
Abbildung 66 Abstützung (Prinzipdarstellung).....	100
Abbildung 67 Staugitter	101
Abbildung 68 Staugitter (Prinzipdarstellung).....	101
Abbildung 69 Einsatz von Staugittern im Türbereich.....	102
Abbildung 70 Staupolster	103
Abbildung 71 Staupolster (Prinzipdarstellung).....	103
Abbildung 72 Container mit Ladung und Staupolster (Ansicht: Türseite).....	104
Abbildung 73 Container mit Ladung; Staupolster und Zwischenlagen (Ansicht: Türseite)	105
Abbildung 74 Staupolster nicht im Türbereich einsetzen!	105
Abbildung 75 Rutschhemmende Unterlage (RHU)	106
Abbildung 76 Rutschhemmende Unterlage (RHU) (Prinzipdarstellung).....	106
Abbildung 77 Wirkweise beim Niederzurren.....	109
Abbildung 78 Möglichkeiten der Anordnung der Zurrmittel beim Niederzurren im Container	109
Abbildung 79 Prinzipskizze (Beispiel).....	112
Abbildung 80 Wirkweise der Sicherungs- und TU-Beschleunigungskräfte	114
Abbildung 81 Darstellung des reibungserhöhenden Kraftanteils beim Niederzurren bei schräg gespanntem Zurrmittel	115

Abbildung 82 Bezeichnung der Seiten im rechtwinkligen Dreieck.....	115
Abbildung 83 Wirkrichtung des kraftschlüssigen Anteils und der Vorspannung	115
Abbildung 84 Mögliche Ausführungen von Schrägzurren im Container	120
Abbildung 85 Wirkrichtung der Ladungssicherungskräfte beim Schrägzurren.....	121
Abbildung 86 Möglichkeiten der Anordnung der Zurrmittel.....	121
Abbildung 87 Wirkrichtung des kraftschlüssigen Anteils, der Vorspannung und des formschlüssigen Anteils ...	122
Abbildung 88 Wirkrichtung des kraftschlüssigen Anteils, der Vorspannung und des formschlüssigen Anteils ...	123
Abbildung 89 Direktzurren/Diagonalzurren (Prinzipdarstellung).....	126
Abbildung 90 Direktzurren/Diagonalzurren (Prinzipdarstellung, Draufsicht)	127
Abbildung 91 Zurrgurt	131
Abbildung 92 Spannvorrichtung und Verschluss	131
Abbildung 93 Kreuzweises Spannen von Zurrgurten (Prinzipdarstellung).....	132

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Einheiten

μ	(sprich: Mü) Gleitreibungskoeffizient
ACEP	(engl.) Approved Continous Examination Programme
ADR	(franz.) Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße)
ASA	(engl.) American Standard Association
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
cm ²	Quadratcentimeter
CSC	(engl.) International Container Safety Convention
CTU	(engl.) Cargo-Transport-Unit
da	deka (griech. Zehn)
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EN	Europäische Norm
ft	(engl.) feet (dt. Fuß = 0,3048 m)
GGVSE	Gefahrgutverordnung Straße und Eisenbahn
GGVSee	Gefahrgutverordnung See
h	Stunde
HGB	Handelsgesetzbuch
HPE	Bundesverband Holzpackmittel-Paletten-Exportverpackungen e.V.
idR	in der Regel
IMDG	(engl.) International Maritime Dangerous Goods
in	(engl.) inch (dt. Zoll = 2,54 cm)
ISO	International Organization for Standardization
iVm	in Verbindung mit
kg	Kilogramm
km	Kilometer
lbs	(engl.) pounds (dt. Pfund = 0,453592 kg)
LKW	Lastkraftwagen
m	Meter
m ³	Kubikmeter
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mm ²	Quadratmillimeter
N	Newton
Nm	Newtonmeter
OSB	(engl.) oriented strand board (dt. Platte aus ausgerichteten Spänen)
OWiG	Ordnungswidrigkeitengesetz
RID	Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter
s	Sekunde
s ²	Sekundequadrat
StGB	Strafgesetzbuch
StVO	Straßenverkehrsordnung
StVZO	Straßenverkehrszulassungsordnung
t	Tonne
TU	Transport-Umschlag
TUL	Transport-Umschlag-Lager
VCI	Verband der Chemischen Industrie e.V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.