



Institut für Beratung • Forschung • Systemplanung • Verpackungsentwicklung und -prüfung (BFSV)  
an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

## Ladungssicherung / Reduzierung von Transportschäden

easyFair

Hamburg, 10.02.2010

Hamburg, 2010



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

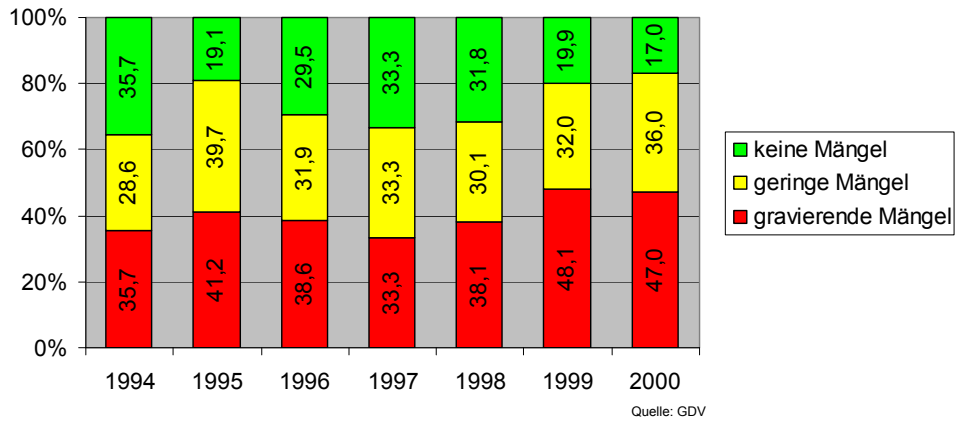
## Ladungssicherung / Reduzierung von Transportschäden



Inhalte:

- ☞ Risiken und Gefahren der Ladungssicherung  
Beispiele: Folgen schlechter Ladungssicherung
- ☞ Rechtliche Grundlagen
- ☞ Verantwortlichkeiten, Haftung, Sanktionen
- ☞ Physikalische Grundlagen / Transportbelastungen
- ☞ Ladungssicherungsverfahren
- ☞ Ladungssicherungsmittel / Einsatzmöglichkeiten
- ☞ Ladungssicherungsbeispiele beim LKW, im Container und bei der Bahn

Mängelstatistik



## Folgen schlechter Ladungssicherung



## Folgen schlechter Ladungssicherung



## Folgen schlechter Ladungssicherung



## Folgen schlechter Ladungssicherung



## Folgen schlechter Ladungssicherung



## Folgen schlechter Ladungssicherung



## Folgen schlechter Ladungssicherung



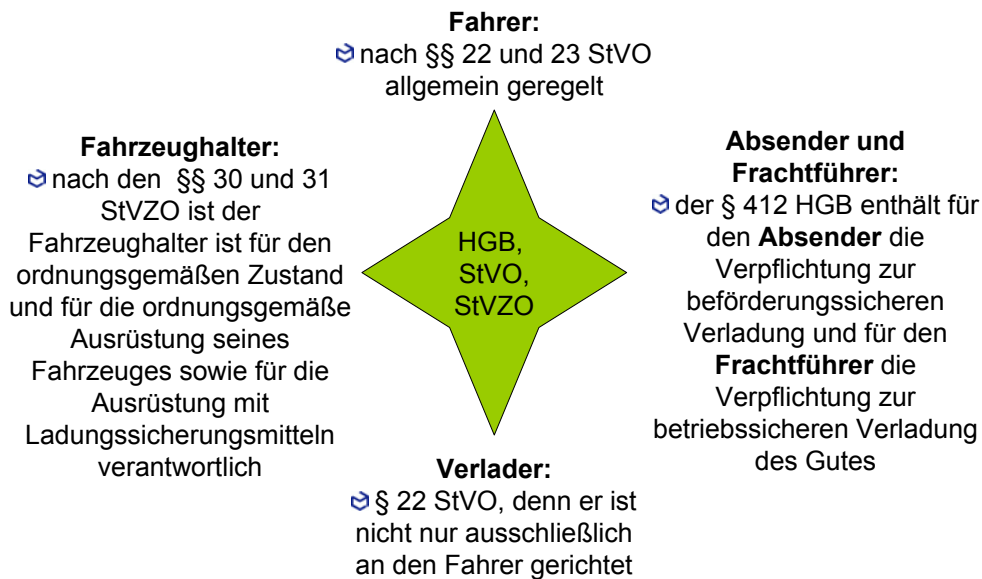
## Rechtliche Grundlagen der Ladungssicherung



Die rechtlichen Grundlagen der Ladungssicherungspflichten werden geregelt in:

- ☞ Straßenverkehrsordnung (StVO)
- ☞ Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO)
- ☞ Gesetzliches Frachtrecht (HGB)
- ☞ VDI Richtlinien
- ☞ CTU-Packrichtlinie

Beteiligte Personen		
Stellung im Prozess	vorbereitende Person	ausführende Person
Mit dem Ladegut befasste Person	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Verloader</li> <li>☞ Versandleiter</li> <li>☞ Lademeister</li> <li>☞ Versanddisponent</li> <li>☞ Tourenplaner</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Ladepersonal</li> <li>☞ Fahrzeugführer</li> </ul>
Mit dem Fahrzeug befasste Person	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Fahrzeughalter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Fahrzeugführer</li> </ul>



### Rechtsfolgen

- 1.) Routinemäßige Verkehrskontrolle
  - ☞ Untersagung der Weiterfahrt bis zur ordnungsgemäßen Sicherung der Ladung
  - ☞ Verkehrsordnungswidrigkeitsanzeige nach §22 bzw. 23 StVO mit Bußgeld sowie drei Punkten in Flensburg
- 2.) Verkehrsunfall aufgrund mangelhaft gesicherter Ladung
  - Wurde lediglich Sachschaden verursacht: Verkehrsordnungswidrigkeitsanzeige nach §22 bzw. 23 StVO mit Bußgeld und drei Punkten in Flensburg.
  - Wurden Personen verletzt oder getötet: strafrechtliche Verfolgung durch Strafanzeige nach §§ 222 und 229 StGB mit Geld- oder Freiheitsstrafe
- 3.) Haftungsansprüche
  - Bei Fremdschäden: Haftung im Rahmen des § 823 BGB (Schadenersatz)
  - Bei Eigenschäden: Es kann der § 254 BGB (Mitwirkendes Verschulden) greifen, wodurch die eigenen Ansprüche an die Versicherung gemindert werden können.
  - Bei Ladungsschäden: Haftung bei Beschädigung der Ladung gemäß §§ 425 – 438 HGB. Bei Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit: Haftung nach §823 BGB

- ☞ Berechnung der erforderlichen Sicherungskräfte
- ☞ Basis: **TUL**-Belastungen (Transport-Umschlag-Lagerung)
- ☞ Belastungsart: mechanische Belastungen
  - ☞ Statische Belastungen; Dynamische Belastungen
  - ☞ Berechnung von Kräften
    - ☞  $F_G$  = Gewichtskraft
    - ☞  $F_R$  = Reibungskraft
    - ☞  $F_V$  = Beschleunigungskraft
    - ☞  $F_S$  = Sicherungskraft
  - ☞ Statische Belastungen: Belastungen im Zustand der Ruhe  
= Druckbelastungen  $F_G$
  - ☞ Dynamische Belastungen im Zustand der Bewegung  
= Reibungskraft  $F_R$ ; Beschleunigungskraft  $F_V$

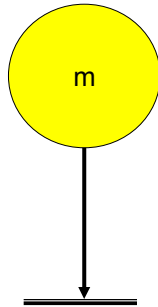
- ☞ **Die Größen der TUL-Belastungen befinden sich**
- ☞ für den LKW-Transport  
**in der VDI-Richtlinie 2700**
  
- ☞ Für den kombinierten Transport  
**in der CTU-Packrichtlinie**

## Physikalische Grundlagen



### Grundlagen zum Verständnis von Ladungssicherung

- ↪ Masse [m]: Gewicht [kg]
- ↪ Beschleunigung [g]: Grundlage ist die **Erdbeschleunigung**. Die Erdbeschleunigung ist eine Konstante!



Fallzeit [s]	Geschwindigkeit	
	[km/h]	m/s
1	36	9,81 (10)
2	72	2 x 9,81
3	108	3 x 9,81

Die Richtung der Erdbeschleunigung ist **immer** senkrecht zur Ladefläche!

Beschleunigungen resultieren aus Geschwindigkeitsänderungen in Zeiteinheiten.

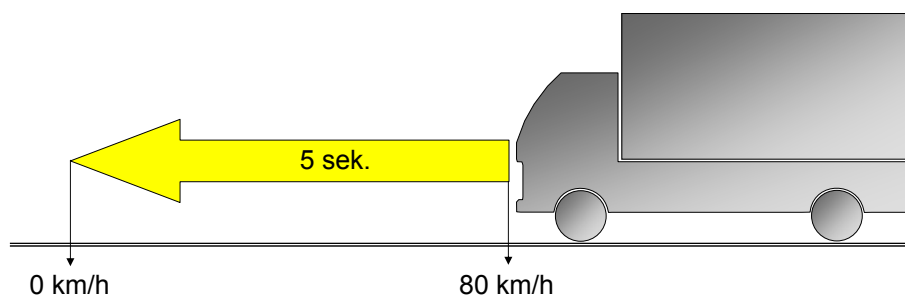
- ↪ Einheit = Geschwindigkeitsänderung / Zeiteinheit = [m/s<sup>2</sup>]
- ↪ Größe = 9,81 [m/s<sup>2</sup>] ≈ 10 [m/s<sup>2</sup>]

## Physikalische Grundlagen



### Horizontale Beschleunigung

Beim Abbremsen, Anfahren, Kurvenfahren z.B. eines LKW treten ebenfalls Beschleunigungen auf. Diese beschleunigungen sind nicht konstant, ändern sich also je nach Belastungsrichtung und Transportmittel. Ein LKW erfährt eine Geschwindigkeitsänderung in Zeiteinheiten, z.B. von 80 km/h in 5 sek. auf 0 km/h. Die Beschleunigungsrichtung ist dann parallel zur Fahrbahn. Diese Fahrbeschleunigungen können das x.-fache der Erdbeschleunigung betragen und treten bei allen Verkehrsträgern in und entgegengesetzt zur Fahrtrichtung sowie zu den Seiten auf.



## Dynamische Belastungen beim Transport am Beispiel eines LKW-Transportes

Wirkende Kräfte:

- Beschleunigungskraft  $F_V$
- Gewichtskraft  $F_G$
- Reibungskraft  $F_R$

Kräfte berechnen sich aus dem Produkt von Masse und Beschleunigung

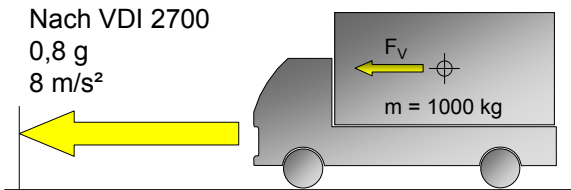
$$F = m * g \text{ [kg*m/s}^2\text{]} = \text{[N]}$$

Für den Bereich Ladungssicherung werden Kräfte in [daN] angegeben!

$$10 \text{ [N]} = 1 \text{ [daN]}$$

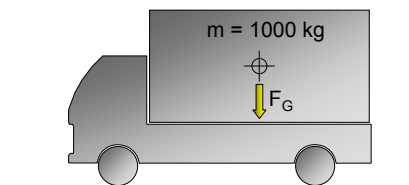
## Beschleunigungskraft $F_V$

Nach VDI 2700  
0,8 g  
8 m/s<sup>2</sup>



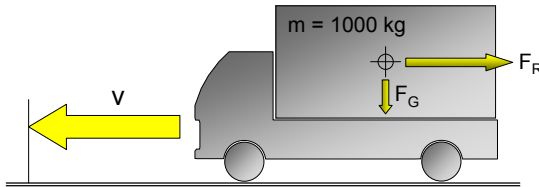
$$\begin{aligned} F_V &= m * g \text{ (Fahrbeschleunigung)} \\ F_V &= 1000 \text{ [kg]} * 8 \text{ [m/s}^2\text{]} \\ F_V &= 8000 \text{ [kg * m/s}^2\text{]} \text{ [N]} \\ F_V &= 8000 \text{ [N]} = \mathbf{800 \text{ [daN]}} \end{aligned}$$

## Gewichtskraft $F_G$



$$\begin{aligned} F_G &= m * g \text{ (Erdbeschleunigung)} \\ F_G &= 1000 \text{ [kg]} * 10 \text{ [m/s}^2\text{]} \\ F_G &= 10000 \text{ [kg * m/s}^2\text{]} \text{ [N]} \\ F_G &= 10000 \text{ [N]} = \mathbf{1000 \text{ [daN]}} \end{aligned}$$

Reibungskraft  $F_R$



$$F_R = F_G \cdot \mu$$

$$F_R = 1000 \text{ [daN]} \cdot 0,4$$

$$F_R = 400 \text{ [daN]}$$

(angenommen  $\mu = 0,4$ )

Die Reibungskraft  $F_R$  ist abhängig von der Gewichtskraft  $F_G$  und dem Reibbeiwert  $\mu$ .

$\mu$  ist dimensionslos und ergibt sich aus der Materialpaarung der aufeinander reibenden Flächen, z.B. Holz / Holz = 0,2 – 0,5.

Haftreibung > Gleitreibung

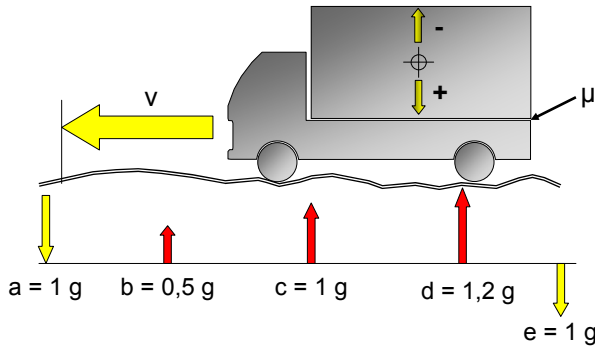
Aus Sicherheitsgründen wird mit der Gleitreibung gerechnet.

**Merke: Die Reibungskraft ist nicht abhängig, von der Standfläche der Packstücke!**

Materialpaarung	Gleitreibungszahl $\mu$		
	trocken	nass	fettig
Holz – Holz	<b>0,2 – 0,5</b>	0,2 - 0,25	0,05 – 0,15
Metall – Holz	<b>0,2 – 0,5</b>	0,2 – 0,25	0,02 – 0,1
Metall – Metall	<b>0,1 – 0,25</b>	0,1 – 0,2	0,01 – 0,1
Beton – Holz	<b>0,3 – 0,6</b>	0,3 – 0,5	0,1 – 0,2

Die Reibungszahl ist abhängig von der Reibungszahl und der Gewichtskraft.

### Vertikale Beschleunigungen und Reibung



Vertikale Beschleunigungen treten durch Fahrbelastungen auf und können ein x-faches der Erdbeschleunigung betragen.

Ursachen:

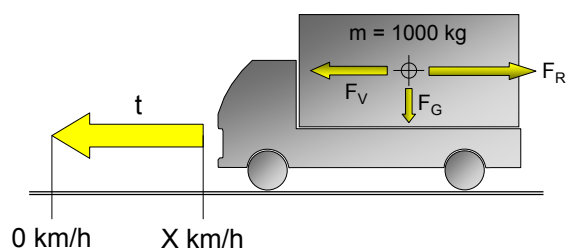
LKW = Fahren über Unebenheiten

Schiff = Stampfen

**Vertikale Beschleunigungen verändern die Gewichtskräfte  $F_G$  von Packstücken!**

Fall	Beschleunigung [g]	Masse Packstück [kg]	Gewichtskraft $F_G$ [daN]
a*	1	1000	1000
b	$1 - 0,5 = 0,5$		500
c	$1 - 1 = 0$		0
d	$1 - 1,2 = -0,2$		Ladung hebt ab!
e	$1 + 1 = 2$		2000

### Zusammenspiel der Kräfte



**Was muss abgesichert werden?**

$F_S = \text{Sicherungsbedarf [daN]}$

$$F_S = F_V - F_R$$

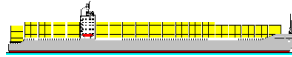
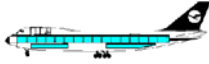
Beispiel:

$$F_S = F_V - F_R$$

$$F_S = 800 \text{ [daN]} - 400 \text{ [daN]}$$

$$F_S = 400 \text{ [daN]}$$

### Transportarten und Mittel



Beschleunigungswerte							
Fahrzeug		In Fahrtrichtung		Entgegen der Fahrtrichtung		Quer zur Fahrtrichtung	
		g	m/s <sup>2</sup>	g	m/s <sup>2</sup>	g	m/s <sup>2</sup>
LKW	VDI 2700	0,8	8	0,5	5	0,5 / 0,7*	5 / 7*
	CTU	1,0	10	0,5	5	0,5	5
Bahn CTU		1**	10	1**	10	0,5	5
		4***	40	4***	40		
Seeschiff CTU		0,4 (a)	4	0,3n (a)	3	0,8	8

Die oben genannten Werte sind mit der nach unten wirkenden Schwerkraft von 1,0 g sowie mit einer dynamischen Schwankung wie folgt zu verbinden:  
 (a) = ± 0,8 g  
 \* einschließlich Wankfaktor 0,2g / \*\* kombinierter Verkehr / \*\*\* Ranggierverkehr

## Arten der Ladungssicherung

- ☞ Kraftschlüssige Ladungssicherung
- ☞ Formschlüssige Ladungssicherung
- ☞ Starres Festsetzen der Ladung
- ☞ Kombinationen dieser Verfahren

Eine Ladung sollte stets mit mehreren, mindestens aber mit 2 der angegebenen Verfahren sicherungsfähig sein!

## Kraftschlüssige Ladungssicherung



### Niederzurren

Beim Niederzurren sichert einzig und allein die im Zurrgerät aufgebrachte Vorspannkraft (durch die Ratsche) das Ladegut gegen Rutschen. Bei schräg verlaufenden Zurrgeräten trägt ausschließlich die senkrecht verlaufende Kraftkomponente  $F_{\text{Wirk}}$  zur Sicherung bei.

### Wirkung:

☞ Zurrgeräte im Winkel von  $90^\circ$  zur Ladefläche = gesamte Vorspannkraft

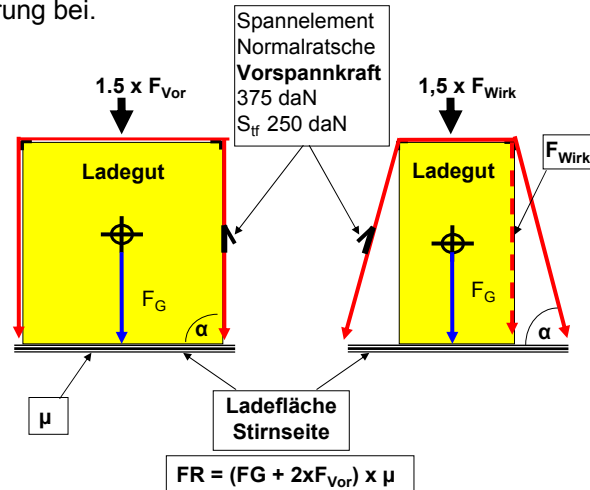
☞ Zurrgerät im Winkel  $< 90^\circ$  zur Ladefläche = anteilige Vorspannkraft (Wirkkraft).

### Maximale Vorspannkraft durch das Spannelement:

☞ Kurzhebelratsche = 350 [daN]

☞ Langhebelratsche = 700 [daN]

Der Zurrwinkel  $\alpha$  zwischen Zurrmittel und Ladefläche sollte nicht  $< 35^\circ$  sein.



## Formschlüssige Ladungssicherung

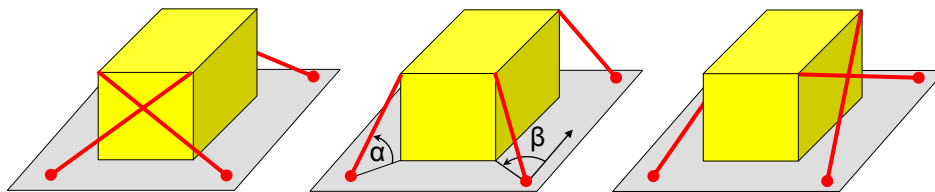


### Diagonalzurren

- ☞ Verfahren zum Sichern schwerer, kipgefährdeter Ladegüter gegen Kippen
- ☞ Einsatz von vier Zurrmitteln
- ☞ Es sichert immer ein Zurrmittel jede der vier Ecken des Ladegutes
- ☞ Zurrmittel werden diagonal gespannt, also nicht im rechten Winkel zur Außenkante der Ladefläche, hoch zur Ladung

Wichtigste Einflussfaktoren beim Diagonalzurren:

- ☞ Gewicht der Ladung
- ☞ Reibbeiwert  $\mu$
- ☞ Zurrwinkel  $\alpha$  ( $20^\circ$ - $65^\circ$ ) und  $\beta$  ( $6^\circ$ - $55^\circ$ )



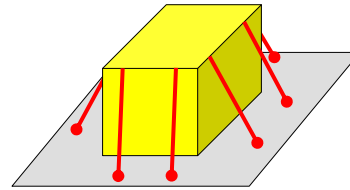
Möglichkeiten der Anordnung der Zurrmittel

## Formschlüssige Ladungssicherung



### Schrägzurren

Schräg- und Diagonalzurren unterscheiden sich in der Anzahl der verwendeten Zurrmittel (hier mindestens acht) und in der Spannung des Winkels  $\beta$  ( $\neq 90^\circ$ ). Es bietet eine Alternative, wenn die Zurrmittel bzw. -punkte zu schwach dimensioniert sind.



### Horizontalzurren

Verfahren zum Sichern schwerer, standfester Ladegüter gegen Rutschen.

Horizontal wird Ladung

↳ an Bordwänden u.ä. festgezurt

↳ Ladungsteile ggf. zusammenfassen um größere, standsicherere Verbände zu bilden

### Kombinierte Ladungssicherung

Werden die Elemente der form- und der kraftschlüssigen Ladungssicherung Zusammen eingesetzt, so wird von kombinierter Ladungssicherung gesprochen.

## Formschlüssige Ladungssicherung



### Starres Festsetzen der Ladung

Ladung ist lückenlos verstaut und liegt allseitig an den Laderaumbegrenzungen an. Die Ladung wird allein durch die Form des Fahrzeugaufbaus gehalten.

Formschluss in alle vier Richtungen ist nur

selten erreichbar → Einsatz von Füllmitteln wie Luftsäcke, Leerpalette oder Schaumstoffpolster

Weitere Methode ist das Direktzurren.

Dies erfordert die direkte Verbindung des Zurrmittels zwischen Ladegut und Fahrzeugaufbau.

Die Arten des Direktzurrens sind:

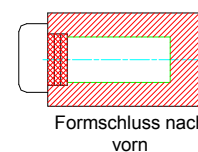
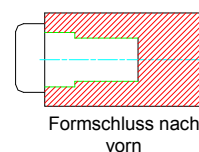
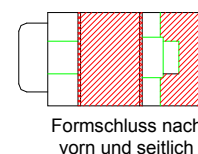
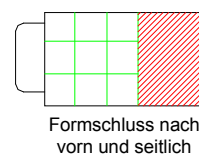
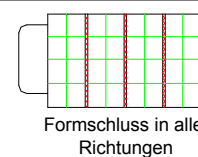
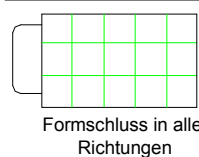
↳ Diagonalzurren

↳ Schrägzurren

↳ Horizontales Zurren

Nur mit Ladegütern

Güter kombiniert mit Distanzmaterial





### Formschlüssige Ladungssicherung durch Gurtsysteme / Kettensysteme

**Beachte!**

**Gurte / Ketten werden nur leicht vorgespannt!**



Für die Wahl der Ladungssicherungsmittel sind das Gewicht und die Verladeweise der Güter maßgebend. Für viele Güter empfiehlt sich die Kombination verschiedener Ladungssicherungsmittel.

### Zurrmittel

Zurrmittel sind flexible Ladungssicherungsmittel, d.h. um eine Sicherungsfunktion zu Erfüllen müssen sie unter Spannung gebracht und gehalten werden.

Zu den Zurrmitteln gehören u.a.:

- Zurrgurte
- Zurrketten
- Textile Einmalzurrmittel
- Herkules

## Ladungssicherungsmittel



### Zurrgurte

- Ein Zurrgurt ist ein gewebtes Band aus Chemiefasern mit einer Ratsche. Zurrgurte können einteilig oder zweiteilig sein.
- Gurte müssen mit einem Etikett versehen sein.
- Gurtbänder sind vor Reibung und Abrieb sowie vor Schädigungen von Ladung mit scharfen Kanten durch Verwendung von Kantenschützern zu schützen.
- Ablegereife Gurte sind unverzüglich von der Benutzung auszuschließen.



<p>LC 2500</p> <p>Handkraft <math>S_H</math></p> <p>Vorspannkraft <math>S_V</math></p> <p>Gurtbandwerkstoff</p> <p>L, gestreckte Länge</p> <p>Herstellungsjahr</p> <p>Name oder Zeichen des Herstellers</p> <p>Rückverfolgbarkeitscode des Herstellers</p> <p>Einschlägige Normen</p>	<p>LC Lashing Capacity (zulässige Zugkraft)</p> <p><math>S_H</math> Handkraft, <math>S_V</math> Vorspannkraft</p> <p>Gurtbandwerkstoff</p> <p>L, gestreckte Länge</p> <p>Herstellungsjahr</p> <p>Name oder Zeichen des Herstellers</p> <p>Rückverfolgbarkeitscode des Herstellers</p> <p>Einschlägige Normen</p>
<p>AV-Nummer</p> <p>GS-Zeichen</p> <p>Zulässige Zugkraft im geraden Zug</p> <p>Zulässige Zugkraft in der Umreifung</p> <p>Hinweis „Nicht heben, nur zurren!“</p> <p>Dehnung unter zulässiger Zugkraft in %</p>	<p>AV-Nummer (interne Nummer der Berufsgenossenschaft)</p> <p>GS-Zeichen</p> <p>Zulässige Zugkraft im geraden Zug</p> <p>Zulässige Zugkraft in der Umreifung</p> <p>Hinweis „Nicht heben, nur zurren!“</p> <p>Dehnung unter zulässiger Zugkraft in %</p>

## Ladungssicherungsmittel



### Einwegzurrmittel

- Gewebtes Umreifungsband (Polyester)



Verschlussklemmen



Abrollgeräte



Spanngeräte

### Einsatzbeispiele



## Ladungssicherungsmittel



### Einwegzurrmittel

➤ Polyester Ladungssicherungsband



Verschluss



Spannelemente

### Einsatzbeispiele



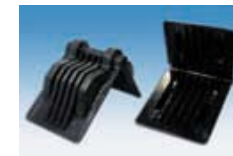
## Ladungssicherungsmittel



### Kantenschutz / Kantengleiter

Dienen zum Schützen der Ladegüter und als Kantengleiter bei der Umlenkung von Zurrmitteln um eine allseitige gleiche Vorspannung des Zurrmittels zu gewährleisten.

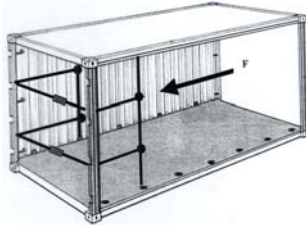
### Produktausführungen Beispiele



## Ladungssicherungsmittel



### Gurtsysteme / Plane



### Container Plane

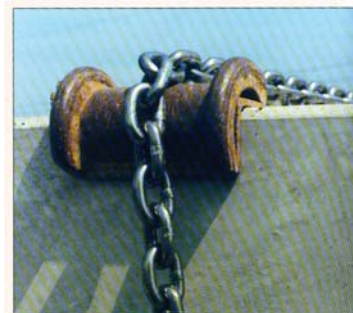
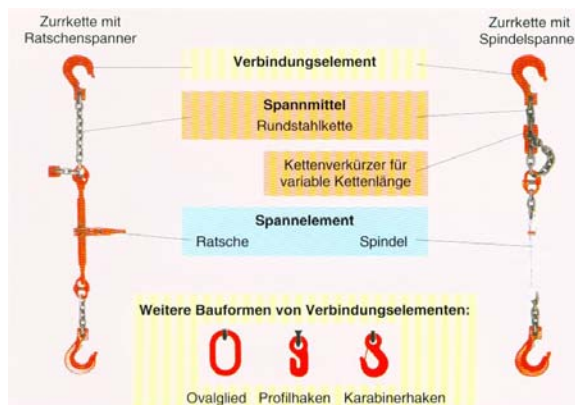


## Ladungssicherungsmittel



### Zurrketten

Zurrketten sind bis auf wenige Ausnahmen eines der besten Ladungssicherungsmittel zur Direktsicherung. Sie sind dreidimensional beweglich, robust und verschmutzungsunempfindlich. Sie werden besonders bei Schwertransporten eingesetzt.



## Ladungssicherungsmittel



### Holzkeile

Um Ladung an Rollbewegungen zu hindern, werden Keile unter die Ladung geschoben.



### Sicherungssterne

Hat das zu beladende Fahrzeug eine Holzladefläche, auf der Holzpaletten bzw. nicht kippfähige Ladungen geladen werden, so können zur Sicherung Sicherungssterne eingesetzt werden.



## Ladungssicherungsmittel



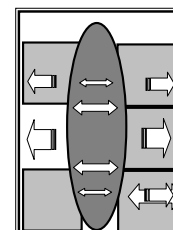
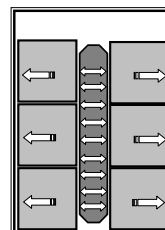
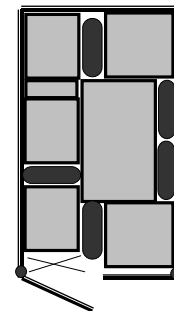
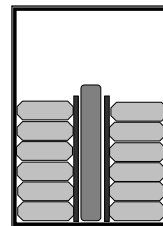
### Luftkissen, Staupolster, Airbags

Zum Füllen von freien Räumen zwischen Ladungen können aufblasbare Luftsäcke eingesetzt werden, mit Papier oder Gewebeummantelung.

#### Befülldruck beachten!



#### Einsatzbeispiel

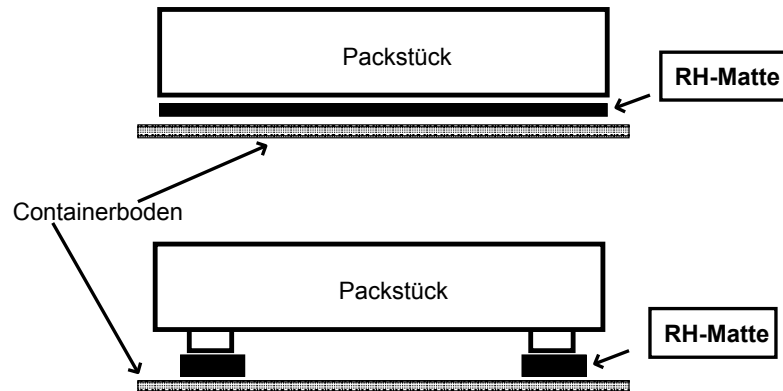


## Ladungssicherungsmittel



### Rutschhemmende Unterlagen / Matten

- ☞ die RH – Matten erhöhen die Reibung beträchtlich.
- ☞ da Schwingungen und Vibrationen durch Fahrbahnstöße und andere Einflüsse die Reibung ganz aufheben können, darf eine Reibsicherung **nie** ohne zusätzliche Niederzurrung mit entsprechender Vorspannung erfolgen
- ☞ es werden RH - Matten mit Reibbeiwerten von bis zu  $\mu=0,6$  verwendet

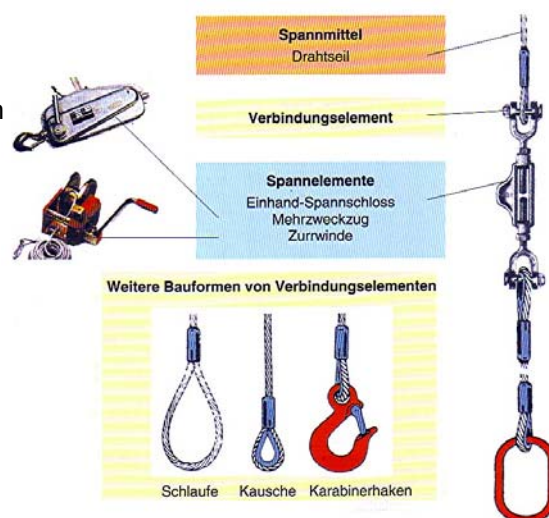


## Ladungssicherungsmittel



### Drahtseile

- ☞ ist eine spiralförmige Verarbeitung von Einzeldrähten um einen Mitteldraht, dabei entstehen so genannte Drahtlitzen
- ☞ die Einsatzfestigkeit des Spannmittels ergibt sich aus den jeweiligen Draht- und Litzenanteilen
- ☞ Einsatz überwiegend in zwei Bereichen:
  - als Zurrdrahtseile auf Ladungssicherungswinden und
  - zur individuellen Ladungssicherung von schweren und sehr schweren Teilen



### Sicherung der Ladung: Hilfsmittel und Einrichtungen

Coilmulden



Lochschiene



Ankerschiene



Zurrpunkt



### Sicherung der Ladung: Hilfsmittel und Einrichtungen

Coilmulden

- Neigungswinkel  $\geq 35^\circ$  ( $39^\circ$ )
- Stützweite  $\geq 58\%$  ( $63\%$ ) des Rollendurchmessers
- Abstand Rolle – Muldenboden  $\geq 20$  mm

Coilmulden



Zurrpunkte

- Abstand zwischen Zurrpunkten  $\leq 1200$  mm, zwischen Zurrpunkt und Wand  $\leq 500$  mm
- Anzahl Zurrpunkte \* zul. Zugkraft  $\geq 1,5$  \* zul. Nutzlast (Fahrzeug)
- Länge der Ladefläche  $\leq 2200$  mm  
→ min. 2 Zurrpunkte je Seite
- Länge der Ladefläche  $> 2200$  mm  
→ min. 3 Zurrpunkte je Seite

Zurrpunkt

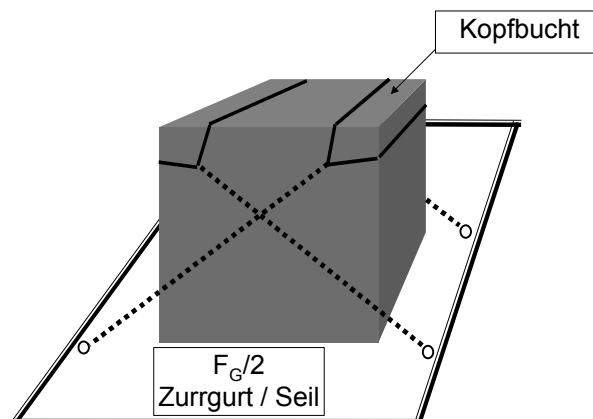


## Ladungssicherungsmittel Zusammenstellung



Ladungssicherungseinrichtungen (fest mit dem Fahrzeugaufbau verbunden)	Ladungssicherungshilfsmittel (variabel, nicht fest mit dem Fahrzeugaufbau verbunden)
Zurrpunkte	Gurte
Ankerschienen	Rutschhemmende Matten
Lochschielen	Drahtseile
Coilmulden	Ketten
	Bänder
	Keile
	Luftkissen/-säcke
	Sicherungssterne

## Ladungssicherungsbeispiele



## Ladungssicherungsbeispiele



## Ladungssicherungsbeispiele



## Ladungssicherungsbeispiele



Dipl.-Ing. Joh. Petzoldt

© 2008 Institut für BFSV

Seite 49

## Ladungssicherungsbeispiele



Dipl.-Ing. Joh. Petzoldt

© 2008 Institut für BFSV

Seite 50

## Ladungssicherungsbeispiele



Dipl.-Ing. Joh. Petzoldt

© 2008 Institut für BFSV

Seite 51

## Ladungssicherungsbeispiele



Dipl.-Ing. Joh. Petzoldt

© 2008 Institut für BFSV

Seite 52

## Ladungssicherungsbeispiele



## Ladungssicherungsbeispiele



**Vielen Dank für Ihr Interesse!**

