

**DoNova<sup>®</sup> PowerLash**  
by Dolezych



Dipl.-Ing. Rudolf Sander

# Ladungssicherung leicht gemacht

Lehrbuch für Schulung und Selbststudium

**VOGEL**   
VERLAG HEINRICH VOGEL

Dipl.-Ing. Rudolf Sander

# Ladungssicherung leicht gemacht

Lehrbuch für Schulung und Selbststudium

**Dipl.-Ing. Rudolf Sander**  
Analytische Gutachten zur Ladungssicherung  
DEKRA Automobil Augsburg

ISBN 978-3-574-60608-3

© Verlag Heinrich Vogel, München 2001  
In der TECVIA GmbH, Aschauer Straße 28–30, 81549 München

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmung und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Das Werk ist mit größter Sorgfalt erarbeitet worden. Eine rechtliche Gewähr für die Richtigkeit der einzelnen Angaben kann jedoch nicht übernommen werden.

Die Haftung für Inhalte von Internetverweisen wird, trotz sorgfältiger inhaltlicher Überprüfung, ausgeschlossen. Für die Seiteninhalte ist ausschließlich der jeweilige Seitenbetreiber verantwortlich.

Aus Gründen der Lesbarkeit wurde im Folgenden die männliche Form (z. B. Fahrer) verwendet.  
Alle personenbezogenen Aussagen gelten jedoch stets für Männer und Frauen gleichermaßen.

Stand 05/2024

15. Auflage 2024

3D Grafiken bearbeitet von Tilman Weis, Kaiserslautern  
Umschlaggestaltung: Bloom Project  
Lektorat: Franziska Boll  
Herstellung: Markus Tröger  
Satz&Layout: Datagroup Int., Timisoara  
Titelbild mit freundlicher Unterstützung der Dolezych GmbH & Co. KG  
Druck: Wilco B.V., Vanadiumweg 9, NL-3800 BL Amersfoort

[www.verlag-heinrich-vogel.de](http://www.verlag-heinrich-vogel.de)

# Inhaltsverzeichnis

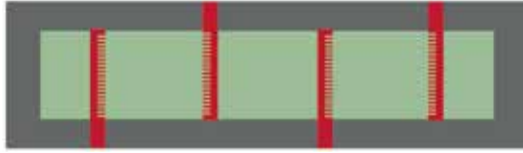
<b>1</b>	<b>Unfallursache Ladungssicherung</b> .....	<b>1</b>
1.1	<b>Unfallstatistiken</b> .....	2
1.2	<b>Unfälle aus der Praxis</b> .....	2
1.2.1	Transport von Stahlträgern .....	2
1.2.2	Transport von Gitterboxen .....	2
1.2.3	Kabeltrommeln gestapelt .....	7
1.2.4	Transport von Schalungen .....	9
1.2.5	Transport eines Stahlrings .....	9
1.2.6	Streifkollision .....	12
<b>2</b>	<b>Rechtliche Grundlagen</b> .....	<b>15</b>
2.1	<b>Übersicht und rechtliche Zusammenhänge</b> .....	17
2.2	<b>Verantwortlichkeiten bei der Ladungssicherung</b> .....	18
2.2.1	Verantwortlichkeiten nach StVO/StVZO (Öffentliches Recht) .....	19
2.2.2	Verantwortlichkeiten nach HGB (Ziviles Recht) .....	21
2.3	<b>Gefahrguttransporte nach ADR</b> .....	23
2.3.1	Regelungen .....	23
2.3.2	Zusammenfassung, für die Praxis .....	24
2.3.3	Praxisbeispiel: Schadensbeurteilung eines Oktabins .....	24
2.4	<b>Ladung, Abmessungen, Achslasten (§ 22 StVO)</b> .....	24
2.4.1	Auszüge aus § 22 StVO .....	24
2.4.2	Auszüge aus Gerichtsurteilen .....	26
2.4.3	Aus der Verwaltungsvorschrift zur StVO (§ 22 Abs. 1) .....	26
2.5	<b>Abmessungen und Masse von Fahrzeugen (StVZO)</b> .....	27
2.5.1	Abmessungen von Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen (§ 32 StVZO) .....	27
2.5.2	Maximale Fahrzeugmasse (§ 34 StVZO) .....	31
2.6	<b>Bußgelder</b> .....	34
<b>3</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b> .....	<b>35</b>
3.1	<b>Masse und Kraft</b> .....	36
3.2	<b>Beschleunigung und Reibung</b> .....	36
3.2.1	Die Reibungskraft .....	36
3.2.2	Beispiele für Gleitreibbeiwerte .....	39
3.3	<b>Schwerpunkt</b> .....	41
3.3.1	Einfluss der Massenkräfte .....	41
3.3.2	Einfluss des Gesamtschwerpunkts .....	41
3.4	<b>Kräfte, die auf die Ladung wirken</b> .....	42
<b>4</b>	<b>Anforderungen an das Transportfahrzeug</b> .....	<b>45</b>
4.1	<b>Lastverteilungsplan</b> .....	47
4.1.1	Lastverteilungsplan: Lkw mit 2 Achsen .....	47
4.1.2	Lastverteilungsplan: Sattelanhänger .....	49
4.1.3	Lastverteilungsplan: Gelenkdeichselanhänger .....	50
4.1.4	Lastverteilungsplan: Starrdeichselanhänger .....	52
4.1.5	Lastverteilungsplan: Transporter .....	53
4.2	<b>Belastbarkeit von Fahrzeugaufbauten</b> .....	54
4.2.1	Auszug aus der DIN EN 12642 Statische Prüfbedingungen .....	54
4.2.2	Belastbarkeiten nach DIN EN 12642 Code L/Code XL .....	54
4.2.3	Wechselbrücken nach DIN EN 283 .....	55

4.2.4	Belastbarkeiten nach DIN EN 12642 Code XL .....	56
4.2.5	Prüfung der Fahrzeugaufbauten .....	59
4.2.6	Praxisbeispiele .....	59
4.3	<b>Belastung des Fahrzeugbodens</b> .....	61
4.4	<b>Zurpunkte</b> .....	61
4.4.1	Anforderungen an die Zurpunkte .....	62
4.4.2	Position der Zurpunkte .....	63
4.4.3	Berechnung der Anzahl der Zurpunktpaare .....	63
4.4.4	Praxisbeispiele – Zurpunkte, die nicht verwendet werden sollten .....	64
<b>5</b>	<b>Zurmittel und sonstige Hilfsmittel</b> .....	<b>65</b>
5.1	<b>Zurmittel</b> .....	66
5.1.1	Kennzeichnung von Zurmitteln nach DIN EN 12195-2 (für Zurrgurte aus Chemiefasern) .....	71
5.1.2	Zurrgurte .....	71
5.2	<b>Sonstige Hilfsmittel</b> .....	76
5.3	<b>Kantenschutz</b> .....	78
5.4	<b>Hinweiszeichen nach DIN</b> .....	78
5.5	<b>Gefälschte Zurmittel</b> .....	80
<b>6</b>	<b>Methoden der Ladungssicherung</b> .....	<b>81</b>
6.1	<b>Berechnung der Ladungssicherungsmaßnahmen</b> .....	83
6.1.1	Niederzurren zur Sicherung der Ladung in Längsrichtung .....	83
6.1.2	Niederzurren zur Sicherung der Ladung in Querrichtung .....	83
6.1.3	Vergleich der Berechnung nach VDI Blatt 2700 Blatt 2 und DIN EN 12195-1 Ausgabe 2011 für Niederzurren in Längsrichtung .....	84
6.1.4	Niederzurren nicht kippstabiler Ladung nach vorne .....	85
6.1.5	Niederzurren nicht kippstabiler Ladung in Querrichtung .....	85
6.1.6	Diagonalzurren .....	85
6.1.7	Kopfschlingenzurren .....	86
6.1.8	Berechnung Seitenschlinge für Langgutmaterial .....	87
6.2	<b>Formschlüssige Ladungssicherung</b> .....	88
6.2.1	Formschluss herstellen .....	88
6.2.2	Diagonalzurren .....	88
6.2.3	Schrägzurren .....	92
6.3	<b>Kraftschlüssige Sicherung – Niederzurren</b> .....	95
6.3.1	Berechnung der benötigten Zurmittel .....	96
6.3.2	Ermittlung der Zurrkräfte mit Diagrammen .....	97
6.3.3	Ermittlung der Zurrkräfte mit Tabellen .....	100
6.4	<b>Beförderung überbreiter Ladung</b> .....	100
6.4.1	Grundlagen .....	100
6.4.2	Berechnungen .....	101
6.5	<b>Sicherung nicht standfester Ladeeinheiten</b> .....	102
6.6	<b>Auswahl der Methode zur Ladungssicherung</b> .....	103
6.6.1	Formschlüssige Ladungssicherung .....	103
6.6.2	Kombination: formschlüssige Ladungssicherung und Niederzurren .....	106
6.6.3	Kombination: formschlüssige Ladungssicherung und Schrägzurren .....	106
6.6.4	Niederzurren .....	110
6.6.5	Schrägzurren .....	110
6.6.6	Diagonalzurren .....	110
6.6.7	Sonderfälle .....	113
6.7	<b>Praxisbeispiele</b> .....	113
6.7.1	Glas .....	113

6.7.2	Oktabins .....	115
6.7.3	Papier .....	115
6.7.4	Stahl .....	118
6.7.5	Weichverpackungen .....	119
6.7.6	Holz .....	120
6.7.7	Schachtringe .....	120
6.7.8	Stückgutverladung .....	120

## **Serviceteil**

<b>Anhang</b> .....	124
---------------------	-----



■ Abb. 6.10 Seitenschlinge mit vier Zurrmitteln, Quelle: Verlag Heinrich Vogel



■ Abb. 6.11 Formschlüssige Verladung unterschiedlicher Packstücke, lückenlos verstaut, Quelle [M]: turbosquid

## 6.2 Formschlüssige Ladungssicherung

### 6.2.1 Formschluss herstellen

Die formschlüssige Sicherung ist die einfachste Möglichkeit, um Ladung zu sichern. Das Ladegut wird so gestaut, dass es sich an Aufbauteilen wie Bordwänden abstützen kann. Im Stückgutverkehr ist dies die wichtigste Form der Sicherung.

Auch eine gleichmäßig ausgefüllte Ladefläche wie in ■ Abb. 6.11 stellt eine formschlüssige Ladungssicherung dar.

Unter diesem Gesichtspunkt ist es wichtig, die nutzbaren Laderaumabmessungen des Fahrzeuges zu kennen. Nur so lässt sich eine optimale Verstauung planen. Eine Normierung der Ladegüter könnte dabei in Zukunft hilfreich sein. Nutzbare Laderaumabmessungen gängiger Fahrzeuge sind (L, B, H):

- beim Sattelanhänger 13,62 m, 2,47 m, 2,93 m
- bei Wechselbrücken Typ C 745 (80 % aller Wechselbrücken) 7,31 m, 2,47 m, 2,93 m

Formschluss kann auch durch Festlegehölzer oder Paletten erreicht werden. Die Belastbarkeit solcher Sicherungsmaßnahmen ist dabei allerdings rechnerisch oder im Versuch nachzuweisen, s. VDI-Richtlinie 2700 ff.

Kann aus Gründen der Achslastverteilung eine Ladung nicht direkt an der Stirnwand angeordnet werden, besteht die Möglichkeit, den verbleibenden Zwischenraum von der Ladung zur Stirnwand z.B. wie in ■ Abb. 6.12 mit Leerpaletten auszufüllen.

#### Hinweis

Die Anordnung und Festigkeit des Staumaterials muss der zu sichernden Ladung entsprechen. Es ist weiter darauf zu achten, dass die Beschleunigungskräfte über die gesamte Breite in die Stirnwand eingeleitet werden.

### Praxisbeispiele: Formschluss nach vorne

■ Abb. 6.13 zeigt ein Praxisbeispiel bei dem der Formschluss für die unteren Paletten nach vorne und zur Seite besteht. Die obere Palette ist durch Niederzurren gegen Kippen nach vorne gesichert. Formschluss nach vorne durch eine Mulde und Vierkantrohre (für Stahlcoils) zeigt ■ Abb. 6.14.

### Praxisbeispiele: Formschluss nach hinten

■ Abb. 6.15, ■ Abb. 6.16 und ■ Abb. 6.17 zeigen verschiedene Arten des Heckabschlusses.

In ■ Abb. 6.15 entsteht dieser durch Kopfbucht und Palette, während in ■ Abb. 6.16 Sperrstangen für den Formschluss sorgen. ■ Abb. 6.17 zeigt den Heckabschluss durch zwei Klemmbretter. In diesem Fall liegen die Klemmbretter hinten an den senkrechten Endrungen formschlüssig an und können sich nicht verschieben.

### 6.2.2 Diagonalzurren

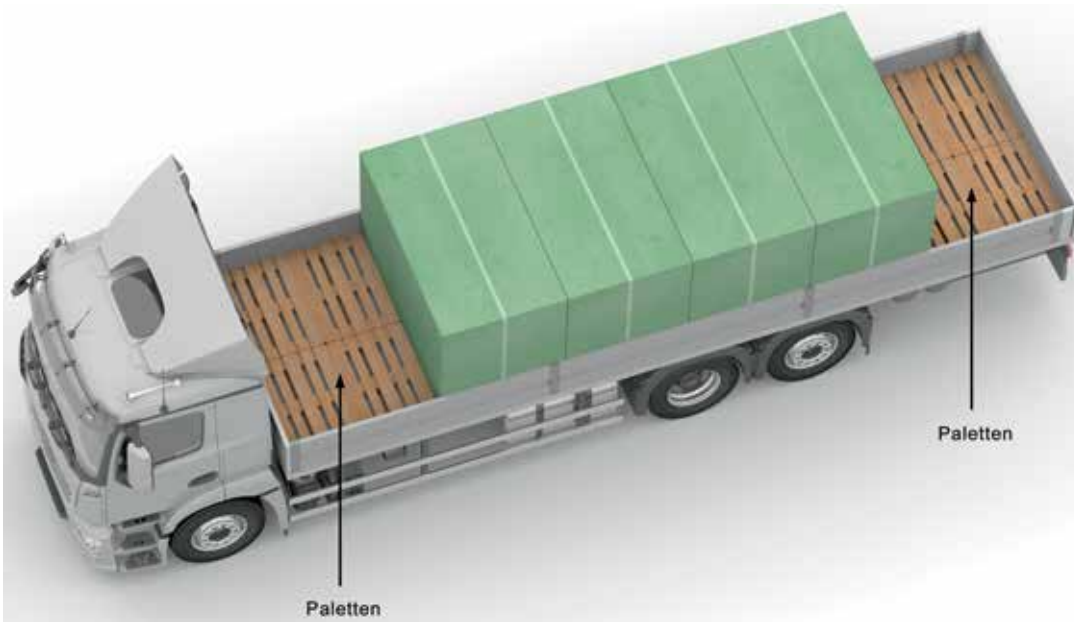
Diese Zurrmethode ist im Gegensatz zum Niederzurren ebenfalls eine formschlüssige Sicherung. Die Zurrmittel werden immer paarweise zur Sicherung in einer Richtung am Ladegut und an der Ladefläche angeschlagen. Eine symmetrische Anbringung der Zurrmittel zum Schwerpunkt ist anzustreben.

Ein Beispiel für das Diagonalzurren sehen Sie in ■ Abb. 6.18, ■ Abb. 6.19. sowie ■ Abb. 6.20.

Beim Diagonalzurren muss die Zurrkraft berechnet oder aus Diagrammen oder Hilfstabellen abgelesen werden. Die Berechnung mit Formeln wird ► Abschn. 6.1 genauer vorgestellt. Für die



## 6.2 •Formschlüssige Ladungssicherung



■ **Abb. 6.12** Sicherung einer Ladung durch Formschluss mit Paletten oder Verladehölzern, Quelle [M]: turbosquid



■ **Abb. 6.13** Formschluss nach vorne und zur Seite, Quelle: Rudolf Sander



■ **Abb. 6.15** Heckabschluss durch Kopfbucht und Paletten, Quelle: Rudolf Sander



■ **Abb. 6.14** Formschluss nach vorne durch Mulde und Vierkantrohre (für Stahlcoils), Quelle: Rudolf Sander



■ **Abb. 6.16** Heckabschluss durch Sperrstangen, Quelle: Rudolf Sander





■ **Abb. 6.17** Heckabschluss durch zwei Klemmbretter, Quelle: Rudolf Sander



■ **Abb. 6.20** Diagonalzurren, Quelle: Rudolf Sander



■ **Abb. 6.18** Diagonalzurren, Quelle: Rudolf Sander



■ **Abb. 6.21** Die Winkel  $\alpha$  und  $\beta_x$



■ **Abb. 6.19** Diagonalzurren, Quelle: Rudolf Sander

### Die Winkel

$\alpha$

Neigungswinkel zwischen Zurrmittel und Ladefläche (■ Abb. 6.21). Der Winkel  $\alpha$  sollte in einem gewissen Toleranzbereich bleiben:  
**Winkel  $\alpha$ : 30° bis 60°**

$\beta_x$

Winkel zwischen senkrechter Ebene des Zurrmittels und Längsachse Fahrzeug (■ Abb. 6.21). Der Winkel  $\beta_x$  sollte ebenfalls in einem gewissen Toleranzbereich bleiben.  
**Winkel  $\beta_x$ : 20° bis 45°**

$\beta_y$

Winkel zwischen senkrechter Ebene des Zurrmittels und Querachse des Fahrzeugs (■ Abb. 6.22).

Praxis ist die Verwendung der Diagramme oder Tabellen zweckmäßig.

**Hinweis**

Diagramme finden Sie im ► Anhang, für Berechnungen sind die VDI 2700 Blatt 2 oder DIN EN 12195-1 wichtig.

Anhand der ■ Abb. 6.23 werden die entsprechenden Kräfte am Zurrpunkt des Ladungsteils dargestellt. Die Kräfterdarstellung ist maßstabgerecht.



■ Abb. 6.22 Die Winkel  $\alpha$ ,  $\beta_x$  und  $\beta_y$

$F_R$

Rückhaltekraft im Zurrmittel bei einer Vollbremsung

$F_{Rz}$

Durch das Zurrmittel wirkt die Kraft  $F_{Rz}$  zusätzlich als reibungserhöhende Kraft.

$F_{Rx}$

Rückhaltekraft des Zurrmittels.

$F_{Ry}$

Querkraft, die sich mit der gegenüberliegenden Querkraft durch das rechts angebrachte Zurrmittel aufhebt.

$F_x$

Längskraft der Ladung

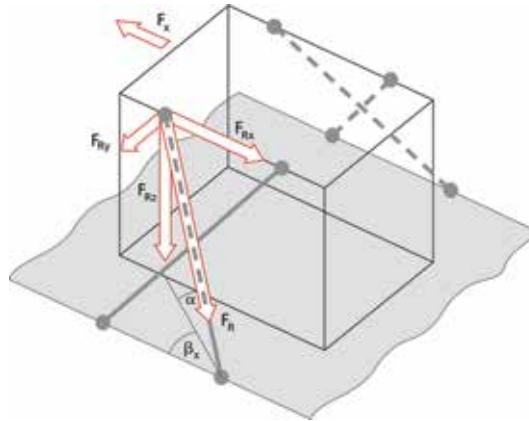
In ■ Abb. 6.23 wird auch der Einfluss der Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  deutlich. Je nach Möglichkeit, den Winkel  $\alpha$  bzw.  $\beta$  zu beeinflussen, werden die Rückhaltekräfte größer bzw. kleiner:

- Bei kleinem Winkel  $\alpha$  wird eine hohe Rückhaltekraft nach vorn erzielt
- Bei kleinem Winkel  $\beta$  ist der Querkraftanteil  $F_{Ry}$  bei Kurvenfahrt gering

➤ Deshalb  $\beta$  immer größer  $20^\circ$  wählen!

### Berechnung der Zurrkraft

Die Zurrmittel dürfen bis maximal 50% ihrer errechneten Sicherungskraft vorgespannt werden. Ähnlich wie beim Niederzurren werden hier die elastischen Verwindungen des Fahrzeugbodens,



■ Abb. 6.23 Kräfte am Zurrpunkt der Ladung beim Bremsen, Quelle: Verlag Heinrich Vogel

die sich auf die Zurrmittel übertragen, durch diesen Sicherheitsfaktor kompensiert.

Diagonalzurren hat den positiven Nebeneffekt, dass z.B. bei einer Vollbremsung die Ladung durch Straffung des Zurrmittels zusätzlich auf die Ladefläche gepresst wird (■ Abb. 6.21 und Abb. 6.22). Dies bewirkt eine Erhöhung der Reibung und ist in die Formel mit eingerechnet.

#### Beispiel:

Hinweis: Ausführliche Hintergründe zu den Berechnungsmethoden und Formeln finden Sie im ► Abschn. 6.1.

Gewichtskraft  $F_G = 6.000 \text{ daN}$

Zurrmittelpaare  $n = 2$

Reibwert  $\mu = 0,2$

Winkel  $\alpha = 30^\circ$  ( $\cos \alpha = 0,87$ ;  $\sin \alpha = 0,5$ )

Winkel  $\beta_x = 35^\circ$  ( $\cos \beta_x = 0,82$ )

Berechnung in Längsrichtung: Längsbeschleunigungsbeiwert  $c_x = 0,8$  und Querbewegungsbeiwert  $c_z = 1$

$$LC \geq \frac{1}{2} * \frac{F_G (c_x - \mu)}{\cos \alpha * \cos \beta + \mu * \sin \alpha}$$

$$LC \geq \frac{1}{2} * \frac{6.000(0,8 - 0,2)}{0,87 * 0,82 + 0,2 * 0,5} \text{ daN}$$

$$LC \geq 3.000 * \frac{0,6}{0,7 + 0,1} \text{ daN}$$

$$LC \geq 2.250 \text{ daN}$$

Für das Beispiel bedeutet die errechnete Zurrkraft LC von 2.250 daN die Verwendung eines Zurrmittels mit einer zulässigen Zurrkraft LC von mindestens 2.250 daN.

**Das Zurrmittel darf maximal bis zur Hälfte der zulässigen Zurrkraft, also 1.125 daN vorgespannt werden.** Damit wird verhindert, dass durch



■ **Abb. 6.24** Sonderfall: Diagonalzurren unter Verwendung von zwei Zurrpunkten für ein Zurrmittel, Quelle: Rudolf Sander

Verwindungen der Ladefläche während des Transports das Zurrmittel überanspruchert wird. Die Zurrpunkte müssen für diese Belastung ausgelegt sein.

**Sonderfall** ■ Abb. 6.24 zeigt das Diagonalzurren unter Verwendung von zwei Zurrpunkten für ein Zurrmittel. Auf diese Weise können schwerere Ladungen befördert werden. Eine Berechnung ist auch hier unabdingbar!

### Ermittlung der Zurrkräfte mit Tabellen

Die Berechnung der notwendigen Anzahl an Zurrmitteln und der entsprechenden Zurrkräfte ist über Formeln sicherlich umständlich. Alltagstauglicher sind Tabellen, Rechenschieber und Drehscheiben, wie sie von verschiedenen Anbietern entwickelt wurden. Mit diesen nützlichen Hilfsmitteln können die erforderlichen Daten einfach und schnell auch bei der Verladung ermittelt werden.

#### Hinweis

Trotzdem muss hier mit der gleichen Sorgfalt gearbeitet werden, um fehlerhafte Ergebnisse zu vermeiden. Der Umgang mit den verwendeten Hilfsmitteln muss genau bekannt sein.

#### Beispiel

##### 1. Ermittlung mit Tabelle:

$F_G = 8$  Tonnen

$\mu = 0,4$

$\alpha = 30^\circ$

$\beta_x = 45^\circ$

Anhand der ■ Tab. 6.4 wird aus dem Reibwert  $\mu = 0,4$  und dem Gewicht der Ladung (Schnittpunkt) ein Wert  $LC = 4.000$  daN ermittelt. 4.000 daN meint die zulässige Zugkraft im geraden Strang pro Zurrmittel. Es sind 2 Zurrmittelpaare notwendig.

##### 2. Ermittlung mit Diagramm:

Das Diagramm »Diagonalzurren in Längsrichtung« (► Anhang) mit  $\mu = 0,4$  liefert einen Wert von 275 daN pro 1.000 daN Ladungsgewicht. Somit ergeben sich  $275 \text{ daN} * 8 = 2.200 \text{ daN}$ . 2.200 daN meint die zulässige Zugkraft im geraden Strang pro Zurrmittel.

Die unterschiedlichen Ergebnisse erklären sich dadurch, dass die Tabelle nicht die exakten Winkel  $\alpha$  und  $\beta_x$  berücksichtigt, sondern von bestimmten Winkelbereichen ausgeht. Die angegebenen Werte müssen damit auch die ungünstigste Winkelkombination abdecken. Dies führt zwangsläufig zu einem höheren LC-Wert. Die Diagramme hingegen liefern den LC-Wert bezogen auf die tatsächlich vorliegende Winkelkombination.

### 6.2.3 Schrägzurren

Ähnlich dem Diagonalzurren kann auch die Zurrmethode »Schrägzurren« (■ Abb. 6.25) verwendet werden. Hier wird das zu sichernde Ladegut durch die paarweise Verwendung zweier Zurrmittel in Längs- und/oder Querrichtung gesichert.

Bei auftretenden Beschleunigungskräften werden die zwei der Beschleunigungsrichtung gegenüberliegenden Zurrmittel wirksam.