

DoNova[®] 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

Inhaltsverzeichnis

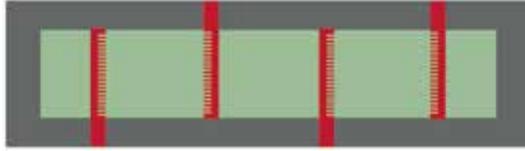
1	Unfallursache Ladungssicherung	1
1.1	Unfallstatistiken	2
1.2	Unfälle aus der Praxis	2
1.2.1	Transport von Stahlträgern	2
1.2.2	Transport von Gitterboxen	2
1.2.3	Kabeltrommeln gestapelt	7
1.2.4	Transport von Schalungen	9
1.2.5	Transport eines Stahlrings	9
1.2.6	Streifkollision	12
2	Rechtliche Grundlagen	15
2.1	Übersicht und rechtliche Zusammenhänge	17
2.2	Verantwortlichkeiten bei der Ladungssicherung	18
2.2.1	Verantwortlichkeiten nach StVO/StVZO (Öffentliches Recht)	19
2.2.2	Verantwortlichkeiten nach HGB (Ziviles Recht)	21
2.3	Gefahrguttransporte nach ADR	23
2.3.1	Regelungen	23
2.3.2	Zusammenfassung, für die Praxis	24
2.3.3	Praxisbeispiel: Schadensbeurteilung eines Oktabins	24
2.4	Ladung, Abmessungen, Achslasten (§ 22 StVO)	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	Abmessungen und Masse von Fahrzeugen (StVZO)	27
2.5.1	Abmessungen von Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen (§ 32 StVZO)	27
2.5.2	Maximale Fahrzeugmasse (§ 34 StVZO)	31
2.6	Bußgelder	34
3	Physikalische Grundlagen	35
3.1	Masse und Kraft	36
3.2	Beschleunigung und Reibung	36
3.2.1	Die Reibungskraft	36
3.2.2	Beispiele für Gleitreibbeiwerte	39
3.3	Schwerpunkt	41
3.3.1	Einfluss der Massenkräfte	41
3.3.2	Einfluss des Gesamtschwerpunkts	41
3.4	Kräfte, die auf die Ladung wirken	42
4	Anforderungen an das Transportfahrzeug	45
4.1	Lastverteilungsplan	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	Belastbarkeit von Fahrzeugaufbauten	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	Belastung des Fahrzeugbodens	61
4.4	Zurpunkte	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
5	Zurmittel und sonstige Hilfsmittel	65
5.1	Zurmittel	66
5.1.1	Kennzeichnung von Zurmitteln nach DIN EN 12195-2 (für Zurrgurte aus Chemiefasern)	71
5.1.2	Zurrgurte	71
5.2	Sonstige Hilfsmittel	76
5.3	Kantenschutz	78
5.4	Hinweiszeichen nach DIN	78
5.5	Gefälschte Zurmittel	80
6	Methoden der Ladungssicherung	81
6.1	Berechnung der Ladungssicherungsmaßnahmen	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	Formschlüssige Ladungssicherung	88
6.2.1	Formschluss herstellen	88
6.2.2	Diagonalzurren	88
6.2.3	Schrägzurren	92
6.3	Kraftschlüssige Sicherung – Niederzurren	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	Beförderung überbreiter Ladung	100
6.4.1	Grundlagen	100
6.4.2	Berechnungen	101
6.5	Sicherung nicht standfester Ladeeinheiten	102
6.6	Auswahl der Methode zur Ladungssicherung	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	Praxisbeispiele	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

Anhang	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.

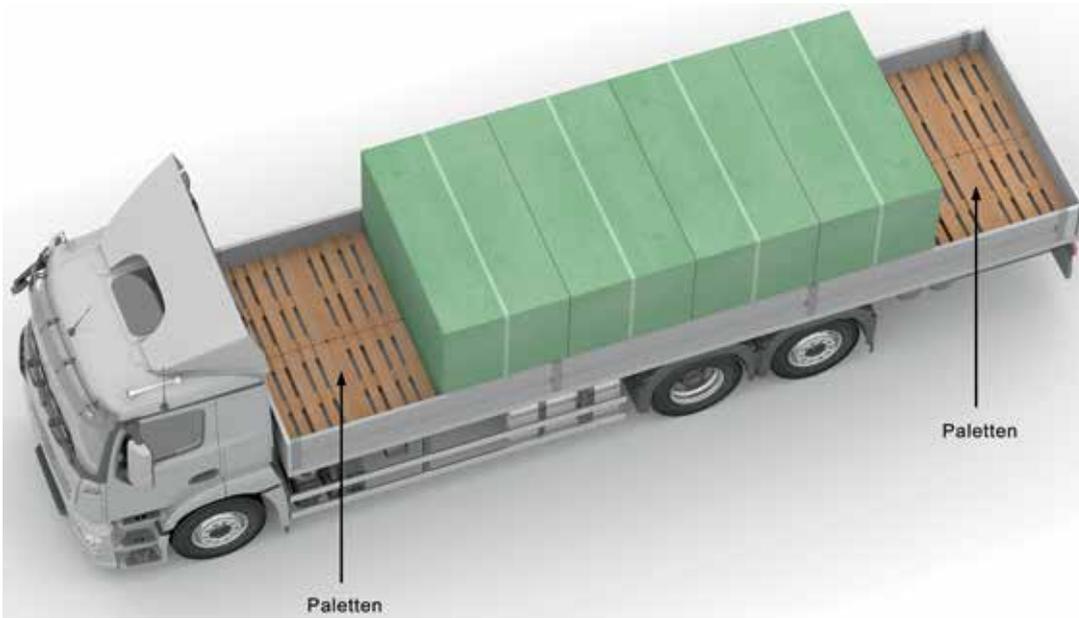
In ■ Abb. 6.15 entsteht dieser durch Kopfbucht und Palette, während in ■ Abb. 6.16 Sperrstangen für den Formschluss sorgen. ■ Abb. 6.17 zeigt den Heckabschluss durch zwei Klemmbretter. In diesem Fall liegen die Klemmbretter hinten an den senkrechten Endrungen formschlüssig an und können sich nicht verschieben.

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



■ **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 Vierkantröhre (für Stahlcoils), Quelle: Rudolf Sander



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



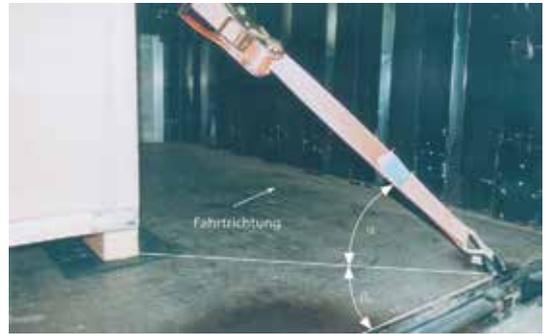
■ **Abb. 6.17** Heckabschluss durch zwei Klemmbretter, Quelle: Rudolf Sander



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



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



■ **Abb. 6.21** Die Winkel α und β_x



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

Die Winkel

α

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

β_x

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

β_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 α , β_x und β_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

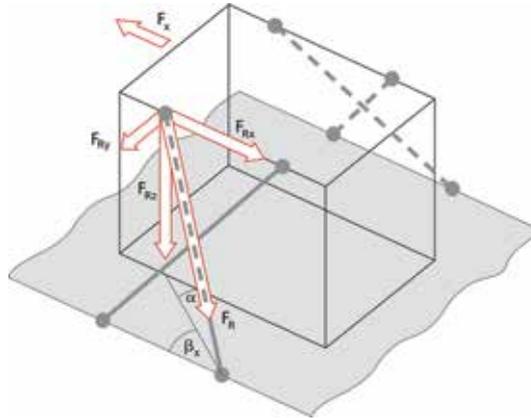
In ■ **Abb. 6.23** wird auch der Einfluss der Winkel α und β deutlich. Je nach Möglichkeit, den Winkel α bzw. β zu beeinflussen, werden die Rückhaltekräfte größer bzw. kleiner:

- Bei kleinem Winkel α wird eine hohe Rückhaltekraft nach vorn erzielt
- Bei kleinem Winkel β ist der Querkraftanteil F_{Ry} bei Kurvenfahrt gering

➤ **Deshalb β immer größer 20° 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 Querbeschleunigungsbeiwert $c_z = 1$

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

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

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

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

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 α und β_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.