



DoNova[®]
by **Dolezych**

Dipl.-Ing. Rudolf Sander

Ladungssicherung leicht gemacht

Lehrbuch für Schulung und Selbststudium

VOGEL 
VERLAG HEINRICH VOGEL

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

ISBN 978-3-574-60313-6

© Verlag Heinrich Vogel, München 2020
In der Springer Fachmedien München 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 01/2020

13. Auflage 2020

3D Grafiken bearbeitet von Tilman Weis, Kaiserslautern
Umschlaggestaltung: Bloom Project
Lektorat: Markus Sonnensperger
Herstellung: Markus Tröger
Satz&Layout: Datagroup Int., Timisoara
Titelbild mit freundlicher Unterstützung der Dolezych GmbH & Co. KG
Druck: Bariet Ten Brink BV, Eekhorstweg 1, NL-7942 JC Meppel

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 Betonfertigteilen (Elementdecken)	2
1.2.2	Transport von Gitterboxen	7
1.2.3	Kabeltrommeln gestapelt	9
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	Berechnung der Anzahl der Zurpunkte	61
4.4.2	Praxisbeispiele	62
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	73
5.3	Kantenschutz	76
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. 2.2 Grundlagen des allgemeinen Verkehrsrechts, © Verlag Heinrich Vogel

hin- und herrollen, herabfallen oder vermeidbaren Lärm erzeugen können. Dabei sind die anerkannten Regeln der Technik zu beachten.

Hinweis			
<p>Durch verschiedene gesetzliche Vorgaben sind unterschiedliche Personen dafür verantwortlich, dass diese Voraussetzungen für den Transport erfüllt werden.</p> <p>Ausführlichere Informationen zum § 22 der StVO finden Sie im ► Abschn. 2.4.</p>			

Die »anerkannten Regeln der Technik« Der technischen Anwendung der Ladungssicherung dienen im Wesentlichen die DIN EN Normen und die VDI-Richtlinien. Sie dokumentieren den Stand der Technik und werden als sogenannte objektivierte Sachverständigengutachten vor Gericht herangezogen. Die Aussagen der Normen und Richtlinien werden in Bezug auf z.B. Reibbeiwerte oder Berechnung und Darstellung der Sicherungstechnik zunehmend präziser.

Zur Schulung der beteiligten Personen wird die VDI-Richtlinie 2700a verwendet. Sie enthält entsprechende Trainingsinhalte in Theorie und Praxis und sieht, nach einer Teilnahme am Semi-

nar, das Erlangen eines entsprechenden Ausweises vor.

2.2 Verantwortlichkeiten bei der Ladungssicherung

Grundsätzlich müssen die Verantwortlichkeiten zwischen StVO/StVZO und HGB unterschieden werden.







StVO und StVZO

Die StVO und die StVZO gelten demnach als **öffentliches Recht** und werden bei Verkehrskontrollen, Gefährdung Dritter und Unfällen angewendet.

HGB

Das HGB ist **zivils Recht** und gilt lediglich für Transportschäden. Wird z.B. eine Ladung Kartons durch Nässe beschädigt, haftet dafür der Absender.

Zwischen Absender und Frachtführer können nach HGB die Verantwortlichkeiten auch vertraglich vereinbart werden. Kommt es jedoch zum Un-

2 Achsen		
Gesamtgewicht	Einzelfahrzeug 18 t	Einzelfahrzeug 18 t
3 Achsen		
Gesamtgewicht	Einzelfahrzeug 25 t bzw. 26 t mit straßenschonender Doppelachse als Antrieb	Einzelfahrzeug 24 t
		
Gesamtgewicht	Kraftomnibusse, die als Gelenkfahrzeuge gebaut wurden 28 t	
4 Achsen		
Gesamtgewicht	Doppelachse mit Mittenabstand min. 4 m 32 t	
Mehr als 4 Achsen	Einzelfahrzeug max. 32 t	

■ Abb. 2.12 Zulässiges Gesamtgewicht, © Verlag Heinrich Vogel

2.5.2 Maximale Fahrzeugmasse (§ 34 StVZO)

Für Fahrzeugkombinationen ist theoretisch weder die maximale Achslast noch die mögliche Gesamtmasse beschränkt, doch dürfen weder die zulässige Gesamtmasse der Einzelfahrzeuge und die zulässige Gesamtmasse für die jeweilige Fahrzeugkombination noch die maximale zulässige Anhängerlast tatsächlich überschritten werden (Ausnahme für die Einbaupflicht des EG-Kontrollgerätes).

Eine Übersicht über die zulässigen Achslasten bietet Ihnen die ■ Abb. 2.11. Die zulässigen Gesamtgewichte sehen Sie in ■ Abb. 2.12 und für Fahrzeugkombinationen in ■ Abb. 2.13.

Berechnung der zulässigen Gesamtmasse von Zügen

Züge

Summe der zulässigen Gesamtmasse (zGM) des ziehenden Fahrzeugs und des Anhängers.
 $zGM \text{ ziehendes Fahrzeug} + zGM \text{ Anhänger}$
 $= zGM \text{ des Zuges}$

Züge mit Starrdeichselanhängern

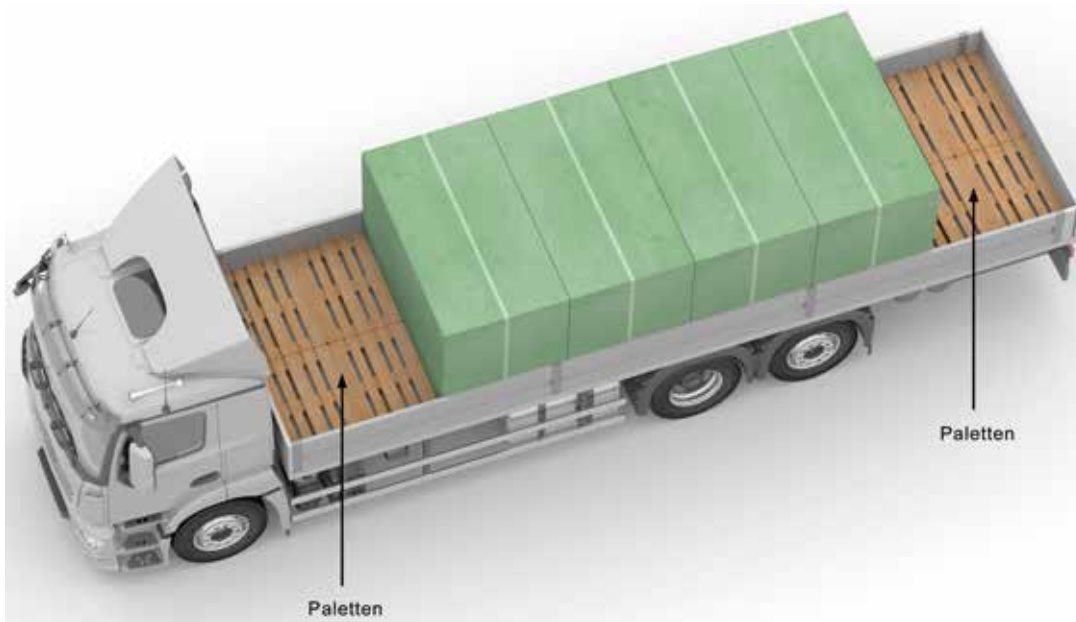
Summe der zGM des ziehenden Fahrzeugs und des Anhängers. Diese Summe wird vermindert um den jeweils höheren Wert der zulässigen Stützlast des Zugfahrzeugs oder des Starrdeichselanhängers.

$(zGM \text{ ziehendes Fahrzeug} + zGM \text{ Anhänger})$
 – den jeweils höheren Wert der zulässigen Stützlast (Fzg. oder Anhänger)
 $= zGM \text{ des Zuges mit Starrdeichselanhänger}$

Sattelzüge

Summe der zGM der Sattelzugmaschine und des Sattelanhängers. Diese Summe wird vermindert um den jeweils höheren Wert der Sattelast des Zugfahrzeugs oder der zulässigen Achslast des Sattelanhängers.

$(zGM \text{ ziehendes Fahrzeug} + zGM \text{ Anhänger})$
 – den jeweils höheren Wert der Sattelast (Fzg.) oder der zulässigen Achslast (Anhänger)
 $= zGM \text{ des Sattelzuges}$



■ **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



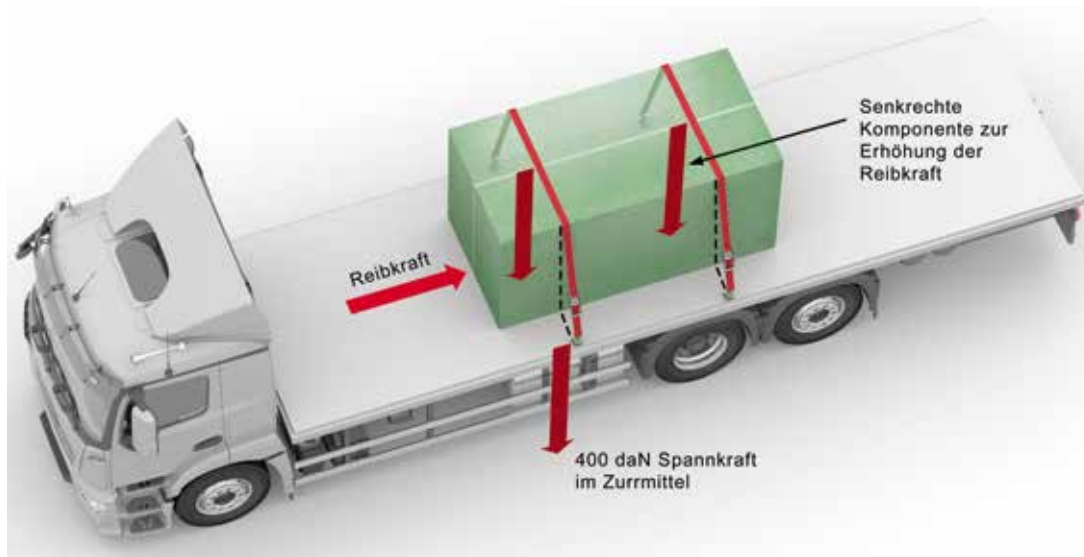
■ **Abb. 6.15** Heckabschluss durch Kopfbucht und Paletten, Quelle: Rudolf Sander



■ **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. 6.26** Zusätzliche Reibungskraft durch 2 Zurrmittel bei einem Reibwert von $\mu = 0,3$ (im Maßstab), Quelle [M]: turbosquid

Seite formschlüssig über die Bordwand mit Zwischenhölzern vorgenommen wird. Dieses Vorgehen ist insbesondere bei hohen Ladungsgewichten (z.B. Werkzeugpresse) geeignet, wenn der Gesamt-schwerpunkt des Fahrzeugs zu berücksichtigen ist.

Hinweis

Generell ist dabei zu beachten, dass bei Sicherung von Ladungsteilen über Formschluss zur Bordwand die Last flächig auf die Bordwand verteilt wird: dazu Paletten, Holzbalken oder dergleichen verwenden. Die Belastbarkeit der Fahrzeugaufbauten ist entsprechend zu berücksichtigen.

wirkt durch die Reibung zwischen Zurrmittel und Ladung auf der anderen Zurrseite die Kraft nur noch zur Hälfte.

Niederzurren wird in der Praxis häufig ohne Kenntnisse dieser Bedingungen eingesetzt. Bei hohen Ladungsgewichten und geringen Reibwerten ist es daneben erforderlich, eine größere Anzahl von Zurrmitteln einzusetzen, was jedoch aus Zeitgründen und falscher Sparsamkeit häufig unterbleibt.

Zurrkräfte werden rechnerisch oder grafisch ermittelt. Eine Berechnung der notwendigen Ladungssicherung ist immer erforderlich, um den Sicherungsaufwand festzulegen (► Abschn. 6.1). Die grafische Methode ist leichter zu handhaben und kann mit Hilfe von Diagrammen oder Hilfstabellen schneller durchgeführt werden (► siehe nachfolgende Beispiele).

6.3 Kraftschlüssige Sicherung – Niederzurren

Die Reibungskräfte von Ladungen reichen zur Sicherung meist nicht aus. Um diese Reibkräfte zu erhöhen, wird die Ladung mit Zurrmitteln zusätzlich auf die Ladefläche gepresst. Diese Methode der Ladungssicherung wird allgemein als »Niederzurren« bezeichnet (■ Abb. 6.26).

Hinweis

Die Anwendung setzt genaue Kenntnisse der Reibungskräfte und der in den Zurrmitteln vorhandenen Vorspannkraft voraus. Wird z.B. das Zurrmittel nur auf einer Seite vorgespannt, so

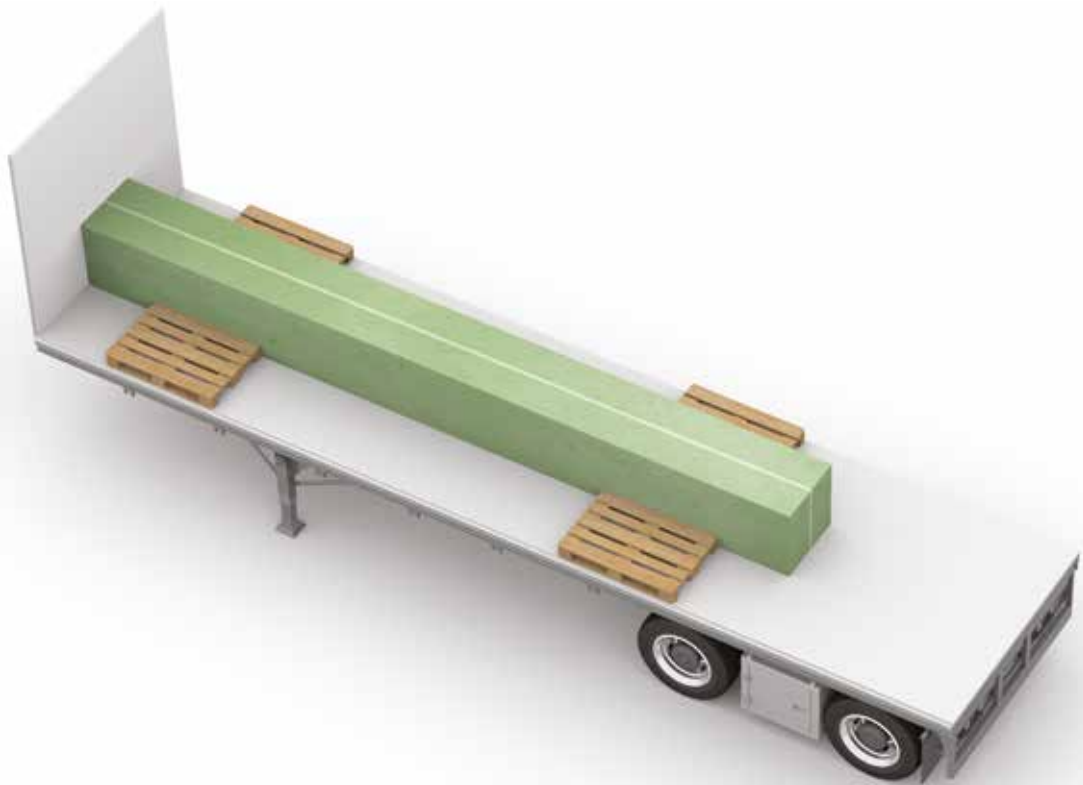
! Achtung!

Beim Niederzurren ist darauf zu achten, dass die ermittelten Vorspannkraft nicht den zulässigen Zugkräften des Spannmittels gleichzusetzen sind. Die Zurrmittel dürfen nur bis zur Hälfte der zulässigen Zugkraft (= LC auf dem Etikett zur Gurtkennzeichnung) vorgespannt werden.

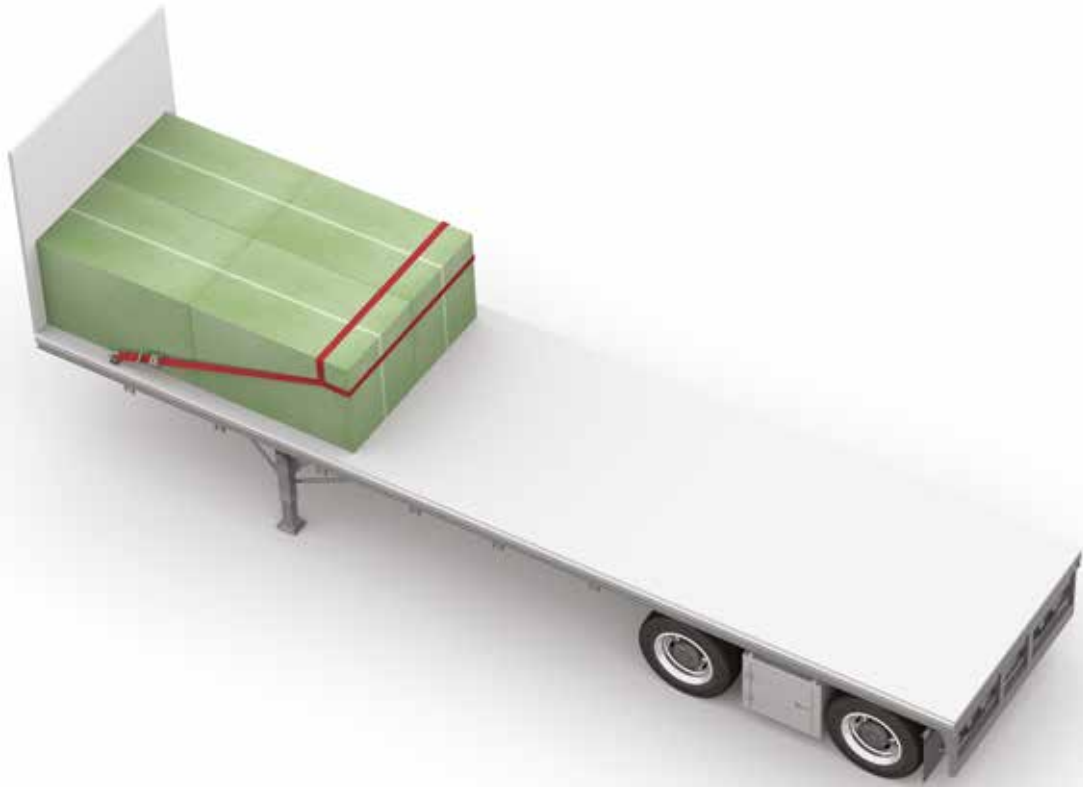
Die Begründung dieser Festlegung ist, dass sich Fahrzeugaufbauten während des Fahrbetriebs durch Unebenheiten der Fahrbahn elastisch verwinden können. Dies führt entweder zur Lockerung oder zur Überdehnung der Zurrmittel. Um



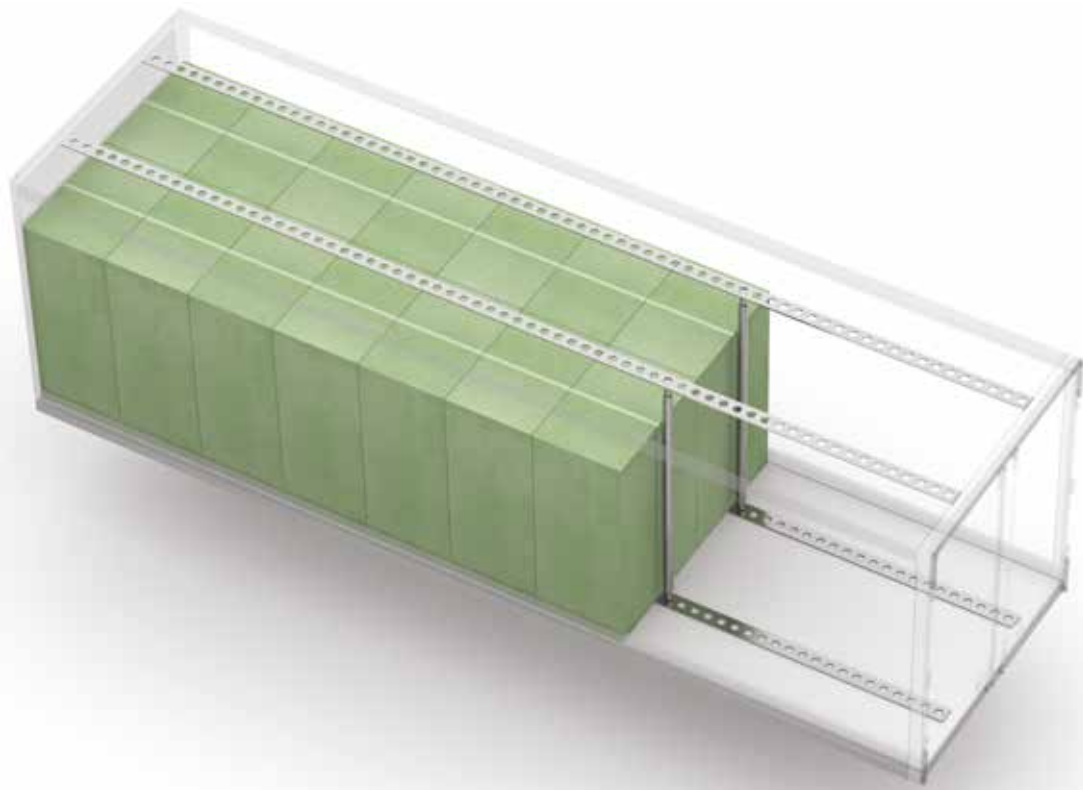
■ Abb. 6.43 Verladung von Stückgut unterschiedlicher Größe, Quelle [M]: turbosquid



■ Abb. 6.44 Einzelverladung, Quelle [M]: turbosquid



■ Abb. 6.46 Teilentladung mit Kopfbucht, Quelle [M]: turbosquid



■ Abb. 6.47 Teilentladung mit Sperrstange, Quelle [M]: turbosquid



■ **Abb. 6.71** Sicherung mit Antirutschmatten, Quelle: Palm



■ **Abb. 6.74** Einzelne Ladungen könne zusätzlich durch Niederzurren gesichert werden, Quelle: Bieber



■ **Abb. 6.72** Absteckbare Rungen können an die Ladebreite angepasst werden, Quelle: Bieber



■ **Abb. 6.75** Sicherung von Betonstahlbunden, Quelle: Hassold



■ **Abb. 6.73** Die Auflageflächen der Verladehölzer sind mit stabilen rutschhemmenden Matten verklebt, Quelle: Bieber

Die Auflageflächen der Verladehölzer sind in diesem Beispiel mit stabilen rutschhemmenden Matten verklebt und haben einen Gleitreibbeiwert von $\geq 0,6$ (■ Abb. 6.73). Eine zusätzliche Sicherung ist bei formschlüssiger Verladung nach vorne nicht erforderlich.

Falls nötig können einzelne Ladungen wie in ■ Abb. 6.74 zusätzlich auch durch Niederzurren gesichert werden.

6.7.4 Stahl

Varioschiene

Stahlverladungen wie in ■ Abb. 6.72 sind sehr einfach durch das Verlade-Fachpersonal zu sichern. Die absteckbaren Rungen können speziell in der Ladebreite gut angepasst werden.

Stahlbunde

Hinweis	
Die Sicherung von Betonstahlbunden (■ Abb. 6.75) ist auch in der VDI Richtlinie 2700 Blatt 11 beschrieben.	

Unter den Verladehölzern ist generell eine rutschhemmende Matte in Streifen vollflächig zu unterlegen. Alternativ können auch kürzere Streifen so