

Ladungssicherung auf Fahrzeugen

Grundlagen der Ladungssicherung



- Herausgeber** Industrie- und Handelskammer
Region Stuttgart
Jägerstraße 30, 70174 Stuttgart
Postfach 10 24 44, 70020 Stuttgart
Telefon 0711 2005-0
Telefax 0711 2005-1354
www.stuttgart.ihk.de
info@stuttgart.ihk.de
- Konzeption** Abteilung Industrie und Verkehr
- Autor** Elmar Herrmann, HERRMANN Seminare &
Beratung, Backnang
- Redaktion** Erhan Kavuncu, IHK Region Stuttgart
- Fotos und
Grafiken** Elmar Herrmann, HERRMANN Seminare &
Beratung, Backnang
- Titelbild** MAN Truck & Bus Deutschland GmbH
- Auflage** 2
- Stand** Januar 2016
- © 2016** Industrie- und Handelskammer
Region Stuttgart
Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck oder Vervielfältigung auf Papier
und elektronischen Datenträgern sowie
Einspeisungen in Datennetze nur mit
Genehmigung des Herausgebers.
Alle Angaben wurden mit größter Sorgfalt
erarbeitet und zusammengestellt. Für die
Richtigkeit und Vollständigkeit des Inhalts
sowie für zwischenzeitliche Änderungen
übernimmt die Industrie- und Handels-
kammer Region Stuttgart keine Gewähr.



*Zertifizierte Qualität bei Service,
Beratung und Interessenvertretung*

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Einführung	6
1. Physikalische Grundlagen	7
2. Arten der Ladungssicherung und Zurrmethoden	18
3. Berechnungen der Standsicherheit und Sicherungskraft	30
4. Fahrzeugaufbauten	40
5. Zurrpunkte	46
6. Lastverteilung	51
7. Zurrmittel	63
8. Hilfsmittel	75
9. Die neue Norm DIN EN 12195-1:2010	83
10. Das neue Blatt 2 der VDI 2700	85
Anschriften	86

Vorwort

Eine korrekte Ladungssicherung sorgt dafür, dass Wirtschaftsgüter unbeschädigt beim Warenempfänger ankommen und dass während des Transports niemand zum Beispiel aufgrund einer vom Lkw herabfallenden Ladung zu Schaden kommt. Um solchen Unfällen vorzubeugen, bedarf es eines geschulten und von den Unternehmen unterwiesenen Personals.

Die Durchführung von Ladungssicherung steht dabei im Spannungsfeld der Vermeidung von Risiken einerseits und dem damit verbundenen Aufwand andererseits. Regelkonforme Ladungssicherung zahlt sich zumindest auf lange Sicht immer aus: Am Ende zählt letztlich der sichere und reibungslos ablaufende Transport. Die Vermeidung von Transportunterbrechungen, von Sanktionen und hohen Versicherungsprämien durch eine verantwortungsbewusste Organisation an der Verladerampe steht für Weitsicht und unternehmerischen Erfolg.

Der vorliegende Ratgeber ergänzt die Broschüre „Das 1x1 der Ladungssicherung im Straßengüterverkehr“, die Fragen der Verantwortlichkeiten und Rechtsfolgen bei ungenügenden oder fehlerhaften Ladungssicherungsmaßnahmen beantwortet. Die IHK Region Stuttgart erweitert damit ihr umfangreiches Informationsangebot für Verkehrsunternehmen.

So möchten wir insbesondere die in den Unternehmen für die Ladungssicherung verantwortlichen Personen mit Tipps und Hinweisen bei der sachgerechten Durchführung ihrer Aufgabe unterstützen.

Stuttgart, Juli 2015



Georg Fichtner
Präsident



Andreas Richter
Hauptgeschäftsführer

Einführung

Ladungssicherung ist ein umfassendes Thema bei dem viele Faktoren zu beachten sind. Es ist bei einer Broschüre in diesem Umfang leider nicht möglich, Ladungssicherung abschließend zu behandeln und darzustellen. Es werden deshalb lediglich Grundlagen dargestellt und der Versuch unternommen, einen Überblick über dieses weite Themengebiet zu geben.

In manchen Bereichen wird zur einfacheren Darstellung auf die fachlich scharfe Ausdrucksweise verzichtet um dadurch das Lesen der Ausführungen zu erleichtern.

Ladungssicherung beginnt nicht erst auf dem Transportfahrzeug, sondern schon bei der Planung eines Produktes. Denn schon in diesem Stadium muss man sich Gedanken darüber machen, wie dieses Produkt zum Kunden kommen soll. Dabei gibt es die Ladeeinheitensicherung, welche die Sicherung der Produkte auf einer Palette oder in einer Gitterbox umfasst und die Ladungssicherung, welche dann die Aufgabe hat, die Ladeinheit/Ladung auf der Ladefläche zu halten. Ferner ist beim Transport die Auswahl des geeigneten Fahrzeugs von großer Bedeutung, da dadurch die Möglichkeiten zur Sicherung beeinflusst werden können. Nur wer sich vorher entsprechende Gedanken macht, kann hinterher die Ladung „einfach“ sichern.

Musterlösungen für bestimmte Ladungen sind in dieser Broschüre nicht zu finden, da in vielen Fällen eine Einzelfallbetrachtung notwendig ist, um eine ausgewogene Ladungssicherung im Spannungsfeld von Wirtschaftlichkeit und Sicherheit zu gewährleisten.

Elmar Herrmann

1. Physikalische Grundlagen

Wenn man sich mit der praktischen Umsetzung von Ladungssicherung beschäftigen möchte, kommt man nicht daran vorbei, sich mit den physikalischen Grundlagen auseinanderzusetzen. Schließlich sind es physikalische Gegebenheiten, die dafür sorgen, dass die Ladung sich bewegt und dadurch eine Sicherung überhaupt notwendig wird. Es sollen in diesem Kapitel keine tiefgreifenden physikalischen Probleme behandelt werden. Vielmehr geht es darum, auf einfache Art und Weise zu zeigen, welche Kräfte bei der Ladungssicherung berücksichtigt werden müssen.

Einheiten

Damit die folgenden Ausführungen besser nachvollzogen werden können, soll zunächst nochmal ein kurzer Überblick über die relevanten Einheiten gegeben werden. Diese Einheiten sind vereinheitlicht und werden auch als SI-Einheiten (système international d'unités = internationales Einheitssystem) bezeichnet.

Basisgröße und Dimensionsname	Einheitenzeichen	Einheit
Masse	m	Kilogramm (kg)
Länge/Weg (Strecke)	s	Meter (m)
Zeit	t	Sekunden (s)
Geschwindigkeit	v	Meter pro Sekunde (m/s)
Beschleunigung	a	Meter pro Sekunde zum Quadrat (m/s^2)
Kraft	F	Newton (N)
Energie	E	Joule (J)

Kräfte

Von entscheidender Bedeutung sind die beim Transport auftretenden Kräfte. Da diese für die Bewegung der Ladung verantwortlich sind, ist Grundwissen über die vorhandenen Kräfte und deren Größe unerlässlich. Jeder kennt diese Kräfte aus seinem Alltag. Es werden deshalb zur Erklärung alltägliche Beispiele verwendet. Zunächst werden nun einige grundlegende Begrifflichkeiten erklärt.

1. Physikalische Grundlagen

Masse

Die physikalische Einheit ist: Kilogramm (kg).

Die Masse eines Körpers gibt an, aus wie viel Materie ein Stoff besteht. Im Alltag setzt man gerne die Begriffe Masse und Gewicht gleich oder verwendet sie fachlich nicht richtig. Was ist also der Unterschied zwischen Masse und Gewicht? Die Masse gibt die Menge der Materie an. Das Gewicht hingegen ist eine Kraft, die angibt, wie schwer ein Körper ist.

Beispiel: Die Masse eines Körpers ist auf der Erde und auf dem Mond gleich. Hingegen ist das Gewicht eines Körpers auf dem Mond kleiner, da auf dem Mond eine geringere Anziehungskraft vorhanden ist.

Gewichtskraft (F_G)

Die physikalische Einheit ist: Newton (N).

Auf der Erde wirkt auf jeden Körper die Anziehungskraft. Je größer die Masse des Körpers ist, desto größer ist auch die Anziehungskraft, welche die Gewichtskraft (F_G) bestimmt.

Ein Newton entspricht dabei circa 0,1 kg. Da diese Angabe nicht ganz praktikabel ist und ständig Umrechnungen notwendig sind, werden in der Ladungssicherung „Deka Newton“ (daN) verwendet. „Deka“ steht dabei für Zehn. 1 daN entspricht also ungefähr 1 kg. Dieser kleine Trick ermöglicht es, die Angaben fachlich korrekt zu machen, denn da es um eine Kraft geht, muss die Angabe in Newton und nicht in Kilogramm erfolgen.

Die Anziehungskraft der Erde oder auch Fallbeschleunigung genannt, beschleunigt einen Körper mit $9,81 \text{ m/s}^2$ in Richtung Erdmittelpunkt. Dies entspricht 1 g.

Auf dem Mond beträgt die Anziehungskraft beispielsweise nur circa ein Sechstel.

	Erde	Mond	Schwereelosigkeit
Masse in kg	100 kg	100 kg	100 kg
Gewichtskraft in N	981 N	162 N	0 N

Die Gewichtskraft kann man errechnen, indem man die Masse des Körpers mit der Erdbeschleunigung multipliziert ($F_G = m \times a$).

Rechenbeispiel: $1.000 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 9.810 \text{ N}$ oder 981 daN

1. Physikalische Grundlagen

Es kann sich also die Gewichtskraft eines Körpers verändern, da er von der herrschenden Anziehungskraft (ist auf der Erde natürlich immer gleich) abhängig ist, die Masse eines Körpers verändert sich aber nicht.

Massenkraft (F_M)

Die physikalische Einheit ist: Newton (N).

Die Massenkraft ist das Produkt aus Masse m und Beschleunigung a und wird abgekürzt als F_M angegeben. Durch die Wirkung der Beschleunigung auf die Masse lässt sich dann, die auf die Ladung einwirkende Massenkraft bei zum Beispiel einer Vollbremsung berechnen.

Formel für die Berechnung der Massenkraft: $F_M = m \times a$.

Die Kraft, die eine Masse von 1 kg mit 1 m/s^2 beschleunigt, wird als 1 Newton bezeichnet.

Rechenbeispiel: Ein Körper hat eine Masse von 1.000 kg. Dieser wird mit $0,8 \text{ g}$ beschleunigt. Gesucht wird nun die Massenkraft.

Zunächst muss die Beschleunigung a berechnet werden:

Auf einen Körper mit einer Masse von 1.000 kg wirkt eine Beschleunigung von $0,8 \text{ g}$
 $a = 0,8 \text{ g} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 7,84 \text{ m/s}^2$. Die Beschleunigung a ist also $\approx 7,9 \text{ m/s}^2$.

Da nun die Beschleunigung bekannt ist, kann die Massenkraft berechnet werden:

$$F_M = m \times a = 1.000 \text{ kg} \times 7,9 \text{ m/s}^2 = 7.900 \text{ N} / 10 = 790 \text{ daN.}$$

Die Massenkraft beträgt also 790 daN.

Geschwindigkeit

Die physikalische Einheit ist: m/s.

Die Geschwindigkeit gibt an, mit welcher Schnelligkeit sich ein Körper bewegt. Sie gibt somit Auskunft darüber, welche Wegstrecke ein Körper in einer bestimmten Zeiteinheit zurücklegt. Angegeben wird die Geschwindigkeit üblicherweise in Meter pro Sekunde (m/s) oder in Kilometer pro Stunde (km/h).

Daraus ergibt sich die Formel für die Berechnung: $v = s/t$.

Rechenbeispiel:

Ein Lkw benötigt für eine Strecke von 100 Kilometern 90 Minuten Zeit. Um nun die Durchschnittsgeschwindigkeit zu ermitteln wird folgende Rechnung durchgeführt:

1. Physikalische Grundlagen

$$v = 100 \text{ km} / 1,5 \text{ Stunden} = 66,66 \text{ km/h.}$$

Für die Umrechnung auf Meter pro Sekunde müssen die km/h durch 3,6 dividiert werden:

$$\text{m/s} = 66,66 \text{ km/h} / 3,6 = 18,51 \text{ m/s.}$$

Um einen Überblick über die Geschwindigkeit zu erhalten, hier eine Tabelle, die die zurückgelegten Wegstrecken bei verschiedenen Geschwindigkeiten aufzeigt:

Geschwindigkeit		Zurückgelegte Wegstrecke in m	
in km/h	in m/s	nach 0,5 s	nach 1,0 s
30	8,33	4,16	8,33
50	13,88	6,94	13,88
70	19,44	9,72	19,44
80	22,22	11,11	22,22
90	25,00	12,50	25,00
100	27,77	13,88	27,77

Beschleunigung

Die physikalische Einheit ist: m/s^2 .

Die Beschleunigung gibt an, wie sich die Geschwindigkeit eines Körpers verändert. Dabei kann sich die Geschwindigkeit erhöhen oder reduzieren (Gas geben oder bremsen). Ein Körper wird aber auch in einer Kurve beschleunigt. Dabei handelt es sich dann um eine Kurvenbeschleunigung. Diese wird benötigt um die Kräfte zu berechnen, die bei Kurvenfahrt auf die Ladung einwirken, die sogenannten Fliehkräfte.

Fliehkraft (F_Y)

Die physikalische Einheit ist: Newton (N).

Die Fliehkraft ist eine Trägheitskraft, die radial nach außen wirkt und zum Beispiel bei Kurvenfahrten auftritt. Dabei will die Ladung die neue Bewegungsrichtung des Fahrzeugs nicht mitmachen, sondern sich eigentlich geradeaus in die bisherige Richtung fortbewegen. Durch diesen Effekt entsteht bei Kurvenfahrt eine der Kurvenfahrt entgegengesetzte Bewegung der Ladung.

Die Größe der Fliehkraft ist dabei von folgenden Faktoren abhängig:

1. Physikalische Grundlagen

- Masse m (je größer, desto größer die Fliehkraft),
- Kurvengeschwindigkeit v (je höher, desto größer die Fliehkraft),
- Kurvenradius r (je kleiner der Radius, desto größer die Fliehkraft).

Merke:

Bei einer Verdoppelung der Geschwindigkeit wird die Fliehkraft viermal so groß.

Ein praktisches Beispiel für die Fliehkraft liefert die in Vergnügungsparks oder auf Volksfesten anzutreffende „Petersburger Schlittenfahrt“. Bei der Mitfahrt wird schnell deutlich, welchen Einfluss die Geschwindigkeit auf die Größe der Fliehkraft hat.

Kinetische Energie (Bewegungsenergie)

Die physikalische Einheit ist: Joule (J).

Die kinetische Energie ist in der Masse eines bewegten Körpers vorhanden. Abhängig ist die Energie von der Masse des Körpers und der Geschwindigkeit. Auch hier gilt, wenn die Geschwindigkeit verdoppelt wird, wird die Energie viermal so groß. Oft wird diese Energie unterschätzt. Deshalb hier eine Tabelle, die zeigt, welche Energie ein Körper bei verschiedenen Geschwindigkeiten entwickelt:

Geschwindigkeit	Gewicht			
	1 kg	10 kg	100 kg	1.000 kg
10 km/h = 2,77 m/s	3,85 kg	38,35 kg	383,50 kg	3.835,00 kg
30 km/h = 8,33 m/s	34,69 kg	346,90 kg	3.469,00 kg	34.690,00 kg
50 km/h = 13,88 m/s	96,32 kg	963,25 kg	9.632,50 kg	96.325,00 kg
80 km/h = 22,22 m/s	246,86 kg	2.468,60 kg	24.686,00 kg	246.860,00 kg
100 km/h = 27,77 m/s	385,58 kg	3.855,85 kg	38.558,50 kg	385.585,00 kg

Nun kann man sich vielleicht besser vorstellen, was ein Gegenstand (zum Beispiel Atlas, Navigationsgerät, Mobiltelefon, Flasche) anrichten kann, wenn er ungesichert im Fahrzeug liegt und ein Bremsmanöver durchgeführt wird.

1. Physikalische Grundlagen

Reibung

Oberflächen haben eine bestimmte Struktur. Es gibt raue und glatte Oberflächen. Auch wenn sich eine Oberfläche glatt anfühlt, hat diese trotzdem eine bestimmte Struktur und kann „rau“ sein. Die Oberflächen sorgen durch die Rauigkeit dafür, dass ein Körper auf ihnen nicht so einfach verrutschen kann, da er durch die Oberfläche quasi „festgehalten“ wird. Dieser vorhandene Reibungswiderstand kann bestimmt werden und wird mit dem griechischen Buchstaben μ (gesprochen „mü“) angegeben. Dabei kann μ einen Wert zwischen 0 und 1 annehmen, wobei 0 für keine Reibung und 1 für eine sehr gute Reibung steht.

Reibung lässt sich in der Ladungssicherung sehr gut nutzen. Es können bei der Reibung grundsätzlich zwei Arten unterschieden werden:

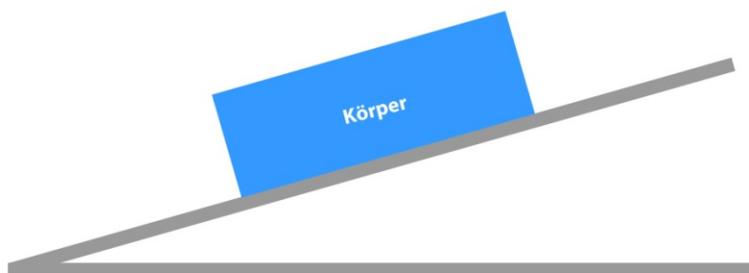
- Haftreibung (μ_S),
- Gleitreibung (μ_D).

Um die Größe der vorhandenen Reibung zu bestimmen, wird nun der Reibbeiwert (μ) benötigt. Dabei kann zwischen μ_S (Statische Reibung - Haftreibung) und μ_D (Dynamische Reibung - Gleitreibung) unterschieden werden.

Haftreibung

Haftreibung hindert einen ruhenden Körper daran, auf der Oberfläche zu rutschen. Je rauer die Oberflächen der beiden Körper sind, desto schwieriger ist es, den Körper in Bewegung zu setzen. Der Haft-Reibbeiwert wird mit μ_S abgekürzt.

Die Haftreibung kann zum Beispiel mit einer schiefen Ebene ermittelt werden. Dabei wird der Körper auf der Ebene abgelegt und dann die schiefe Ebene angehoben. Wenn der Körper sich in Bewegung setzt, kann der Winkel ermittelt werden, den die schiefe Ebene zu diesem Zeitpunkt erreicht hat. Je größer der Winkel bis zum Losrutschen, desto größer die Haftreibung.



Der Haft-Reibbeiwert kann dann aus diesen Werten berechnet werden. Allerdings ist die Berücksichtigung der Haftreibung bei der Ladungssicherung aus mehreren Grün-

1. Physikalische Grundlagen

den problematisch. Da die Ladung in der Praxis auf fahrenden Fahrzeugen gesichert werden muss, sich aber die Haftreibung als statisches Element darstellt, werden in der Realität tatsächlich vorhandene Einflüsse nicht berücksichtigt. So wirken sich Fahrbahnunebenheiten durch vertikale Beschleunigungen auf die Haftreibung aus, wodurch die Haftreibung verringert werden kann. Dies wirkt sich dann natürlich auch auf die notwendigen Ladungssicherungsmaßnahmen aus.

Gleitreibung

Gleitreibung tritt bei einem bereits rutschenden Körper auf und erschwert das Weiterutschen. Da keine Oberfläche völlig glatt ist, sondern immer rau, ist Gleitreibung in der Regel immer vorhanden, wenn zwei Oberflächen übereinander rutschen (gleiten). Die Gleitreibung wird mit μ_D abgekürzt.

Um die Gleitreibung zu ermitteln, wird ein Prüfkörper mit einer konstanten Geschwindigkeit über die Prüffläche gezogen. Mit der dafür aufgewendeten Zugkraft kann dann die Gleitreibung bestimmt werden. Je höher die aufgewendete Kraft, desto höher die Gleitreibung. In der praktischen Ladungssicherung ist es nicht möglich, für jede Kombination aus Ladefläche und Ladung die vorhandene Gleitreibung zu ermitteln. Schon alleine die Anforderungen an die Prüfeinrichtung könnten nicht erfüllt werden, abgesehen von den zeitlichen Aufwendungen für die Durchführung der Prüfungen. Verschiedene Institutionen haben bereits zahlreiche Versuche zur Bestimmung der Gleit-Reibbeiwerte unternommen.

Merke: Haftreibung ist immer größer als Gleitreibung.

In der Ladungssicherung wird deshalb mit der Gleitreibung gerechnet, da diese im Normalfall immer vorhanden ist und somit eine sichere Rechengrundlage darstellt.

Den Unterschied zwischen Haft- und Gleitreibung kennt jeder, der schon einmal versucht hat einen Gegenstand auf dem Boden zu verschieben (zum Beispiel Schrank, Wasserkasten). Um den Gegenstand in Bewegung zu bekommen, muss zunächst eine größere Kraft aufgewendet werden, da die Haftreibung überwunden werden muss. Ist der Gegenstand dann in Bewegung, reicht eine geringere Kraft aus, um den Gegenstand in Bewegung zu halten, da dann nur noch die Gleitreibung überwunden werden muss.

Praktisches Problem mit der Reibung

Die vorhandene Reibung kann sehr leicht durch Einflüsse beeinträchtigt werden. So wirken sich auch schon die Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit auf die Reibung

1. Physikalische Grundlagen

aus. Gravierend wirken sich Verschmutzungen auf der Ladefläche aus. Deshalb ist eine wichtige Maßnahme bei der Ladungssicherung die Sauberkeit der Ladefläche sicherzustellen. Schon ein einfaches Abkehren der Ladefläche mit dem Besen kann die Reibung erheblich verbessern, da feiner Staub oder Sand die Reibung erheblich mindern kann.

Feststellung der Reibwerte

Da in der Praxis nicht für jede Ladung der Reibbeiwert ermittelt werden kann, gibt es in verschiedenen Normen und Richtlinien, Angaben über die üblichen anzutreffenden Reibbeiwerte.

Hier die Tabelle zu Gleit-Reibbeiwerten aus der VDI-Richtlinie 2700-Blatt 2 für verschiedene Materialpaarungen (Stand: November 2002):

Material	trocken	nass	fettig
Holz auf Holz	0,20 - 0,50	0,20 - 0,25	0,05 - 0,15
Metall auf Holz	0,20 - 0,50	0,20 - 0,25	0,02 - 0,10
Metall auf Metall	0,10 - 0,25	0,10 - 0,20	0,01 - 0,10

Merke: In Zweifelsfällen ist immer der niedrigste Gleit-Reibbeiwert (μ_D) einzusetzen.

Im Folgenden eine Übersicht der ermittelten Gleit-Reibbeiwerte aus einem Forschungsprojekt der Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen (Quelle: BGF, BGI 649):

Reibpaarung		Empfohlener Gleit-Reibbeiwert (μ_D)
Ladefläche	Ladungsträger/Ladegut	
Sperrholz, melaminharzbeschichtete, glatte Oberfläche	Europaletten (Holz)	0,20
	Gitterboxpaletten (Stahl)	0,25
	Kunststoffpaletten (PP)	0,20
Sperrholz, melaminharzbeschichtet, Siebstruktur	Europaletten (Holz)	0,25
	Gitterboxpaletten (Stahl)	0,25
	Kunststoffpaletten (PP)	0,25
Aluminiumträger in der Ladefläche - Lochschienen	Europaletten (Holz)	0,25
	Gitterboxpaletten (Stahl)	0,35
	Kunststoffpaletten (PP)	0,25

1. Physikalische Grundlagen

Diese Werte stellen lediglich einen Anhaltspunkt dar. Sollte ein Wert tatsächlich höher sein, müsste dieser aber nachgewiesen werden. Dafür können zum Beispiel bei den bekannten Sachverständigenorganisationen (zum Beispiel TÜV, Dekra) entsprechende Reibbeiwert-Gutachten in Auftrag gegeben werden.

Was nutzt nun dieser Gleit-Reibbeiwert?

Beispiel: Einfach ausgedrückt kann man sagen, dass bei einer Ladung mit einem Gewicht von 100 kg und einem μ -Wert von 0,2 sich auf einer waagrechten Ladefläche 20 kg Reibungs- beziehungsweise Widerstandsmasse (20 Prozent von 100 kg) dem Verschieben entgegensetzen.

Der μ -Wert kann ermittelt werden, indem man die für das Verschieben benötigte Kraft durch das Gewicht der Ladung dividiert. Im obigen Beispiel: $20 \text{ kg} / 100 \text{ kg} = \mu 0,2$.

Merke: Die Reibungszahl μ ändert sich nicht bei Vergrößerung oder Verkleinerung der Masse oder der Auflagefläche, vielmehr bleibt sie konstant.

Nebenbemerkung: Die Reibung übernimmt bereits einen Teil der Ladungssicherung. Bei einem Gleit-Reibbeiwert von 0,2 sind 20 Prozent des Ladungsgewichts bereits über die Reibung gesichert, es müssen also nur noch die restlichen 80 Prozent gesichert werden. Weiteres dazu im Teil 3 Berechnungen.

Gretchenfrage zur Reibung

Angenommen, man stellt eine volle Gitterbox mit einer Masse von 1.000 kg und eine leere Gitterbox mit einer Masse von 85 kg auf einer Ladefläche direkt nebeneinander ohne diese zu sichern. Was passiert, wenn das Fahrzeug aus 80 km/h eine Vollbremsung macht? Die einen sagen die volle Gitterbox rutscht zuerst, die anderen sagen die leere Gitterbox rutscht zuerst.

Wer hat nun Recht? Keiner! Denn wenn wir die bis jetzt genannten physikalischen Grundlagen berücksichtigen, stellen wir fest, die beiden Gitterboxen rutschen gleichzeitig los. Warum? Was hält die Gitterboxen an ihrem Platz?

Die Reibung! Und diese ist bei beiden gleich. Aber die volle Gitterbox hat doch viel mehr Masse, da drückt doch ein höheres Gewicht auf die Ladefläche? Richtig - und genau dieses mehr an Gewicht will beim Bremsen auch nach vorne rutschen, es hebt sich also einfach gesamt gegenseitig auf.

1. Physikalische Grundlagen

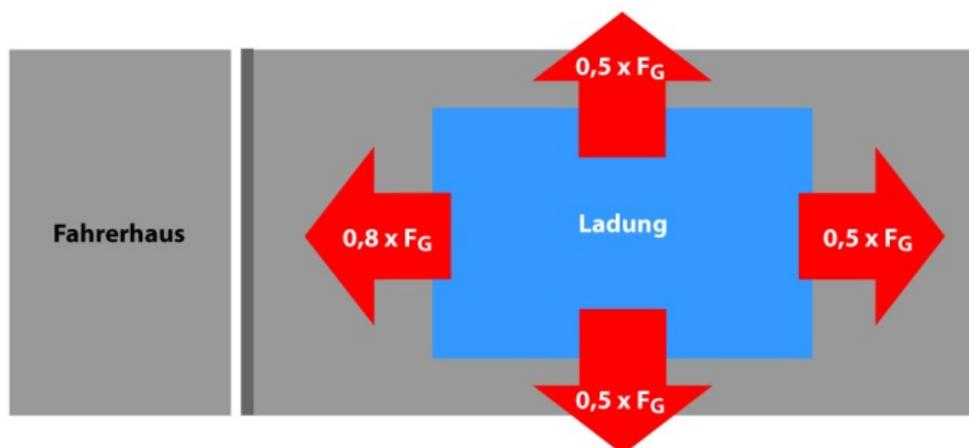
Merke: Bei gleicher Reibung kommen die Körper auch gleichzeitig ins Rutschen, unabhängig vom Gewicht.

Leider hört man in der Praxis noch immer oft den Satz: „... die Ladung ist so schwer, dass kann gar nicht verrutschen!“. Ein fataler Irrtum, da es beim Zeitpunkt des Losrutschens, wie eben festgestellt, nur auf die Reibung und nicht auf das Gewicht ankommt.

Bemerkung: Bei der entstehenden Energie spielt die Masse sehr wohl eine Rolle, es ist also ein Unterschied, ob eine volle oder eine leere Gitterbox an die Stirnwand knallt.

Beanspruchungen im Straßenverkehr

Um nun die notwendigen Sicherungskräfte bestimmen zu können, müssen auch noch die auftretenden Beanspruchungen im Straßenverkehr berücksichtigt werden. Die maximal auftretenden Kräfte werden im Straßenverkehr durch die verschiedenen Fahrmanöver bestimmt. Die größten Kräfte treten beim Bremsen auf, wobei die maximal auftretende Massenkraft dabei durch die Bremsanlage des Fahrzeugs begrenzt ist. Bei der Kurvenfahrt spielen die verschiedenen Faktoren der Fliehkraft eine wichtige Rolle und begrenzen so die auftretenden Kräfte. Beim Beschleunigen des Fahrzeugs wird die auftretende Kraft über die Motorleistung bestimmt. Nachfolgende Übersicht stellt die aktuell in der VDI 2700 (Stand: November 2004) angewendeten Beschleunigungsbeiwerte im Straßenverkehr dar:



1. Physikalische Grundlagen

Praktisch betrachtet bedeuten diese Angaben, dass 80 Prozent des Ladungsgewichts nach vorne und jeweils 50 Prozent des Ladungsgewichts zu den Seiten und nach hinten gesichert werden muss. Dies liegt daran, dass die auftretenden Kräfte durch die oben beschriebenen Gegebenheiten begrenzt sind. Andere Kräfte treten auf, wenn ein Fahrzeug gegen eine Wand fahren würde, da in diesem Fall nicht die Bremsanlage des Fahrzeugs die Kraft bestimmt, sondern die Wand.

Bemerkung: Bei Kippgefährdeten (nicht standsicheren) Gütern, wird der Beschleunigungsbeiwert zur Seite von 0,5 auf 0,7 erhöht (Wankfaktor). Weiteres dazu im Teil 3 Berechnungen zur Standsicherheit.

Die dargestellten Werte beziehen sich ausschließlich auf den Transport auf der Straße. Auf anderen Verkehrsträgern gibt es andere Belastungen, da zum Beispiel auf einem Schiff Bewegungen vorhanden sind, die es so auf einem Straßenfahrzeug (bei üblichem Gebrauch) gar nicht gibt. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Belastungen für die verschiedenen Verkehrsträger im Überblick (Quelle: DIN EN 12195-1:2003 und CTU-Packrichtlinien 1999):

Verkehrsträger	längs		quer		vertikal	
	vorne	hinten	links	rechts	oben	unten
Straße	0,8	0,5	0,5	0,5	-	1,0
Schiene	4,0	4,0	0,5	0,5	0,3	1,3
See	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	1,8
Kombiverkehr Straße/Schiene	1,0	1,0	0,5	0,5	0,3	1,3
Kombiverkehr Schiene/Fähre	1,0	1,0	0,7	0,7	0,8	1,8

Bemerkung: Auf der Straße liegt real eine vertikale Beschleunigung nach oben vor (zum Beispiel Schlaglöcher, Bodenwellen), diese wird aber von den Normen und Richtlinien nicht berücksichtigt.

Sollten Güter mit verschiedenen Verkehrsträgern befördert werden, müssten die jeweils entsprechenden Beschleunigungsbeiwerte berücksichtigt werden. Die weiteren Ausführungen in den folgenden Kapiteln beziehen sich zunächst nur auf den Transport mit Straßenfahrzeugen.

2. Arten der Ladungssicherung und Zurrmethoden

In der Ladungssicherung werden im Wesentlichen zwei Grundarten unterschieden. Dabei handelt es sich um die formschlüssige und kraftschlüssige Sicherung.

Beide Verfahren haben bestimmte Vor- und auch Nachteile. Um diese Verfahren sinnvoll einzusetzen müssen die jeweils zu berücksichtigenden Faktoren bekannt sein und beachtet werden, da sonst sehr schnell eine trügerische Sicherheit entstehen kann. Natürlich können auch beide Arten miteinander kombiniert werden (kombinierte Ladungssicherung). Oft lassen sich durch eine Kombination auch Ladegüter sichern, bei denen eine Sicherung ansonsten nur unter erheblichen Aufwendungen möglich wäre.

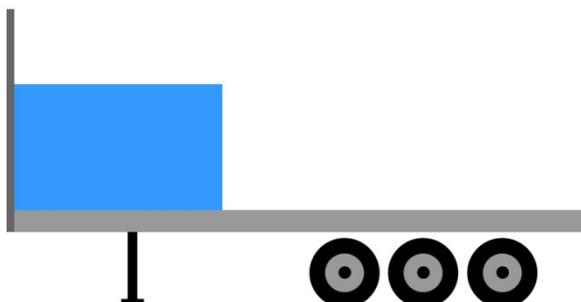
Formschlüssige Verfahren

Bei der formschlüssigen Sicherung wird die Ladung durch einen Festpunkt an der Bewegung gehindert. Dieser Festpunkt kann zum Beispiel die Stirnwand oder auch die seitliche Bordwand sein. Ebenso können Steckungen eingesetzt werden oder auch Abstützungen aus Kanthölzern oder Paletten genutzt werden.

Nachfolgend einige grafische Beispiele, wie eine solche Sicherung erfolgen kann:

Bei diesen Beispielen muss beachtet werden, dass die Ladung immer in alle Richtungen gesichert werden muss. In den Beispielen ist die Ladung häufig nur in eine Richtung gesichert, da die Grafiken lediglich dazu dienen, die grundsätzliche Vorgehensweise darzustellen.

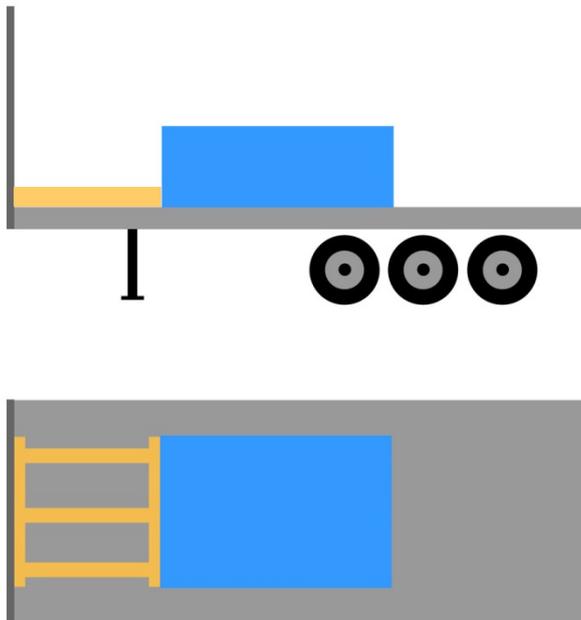
Anlegen der Ladung an die Stirnwand:



2. Arten der Ladungssicherung und Zurrmethoden

Bei dieser Variante muss bekannt sein, welche Kräfte die Stirnwand beziehungsweise Bordwand aufnehmen kann. Genaue Angaben dazu liefert der Aufbauhersteller. Grundlegende Informationen dazu im Teil 4 Fahrzeugaufbauten. Es ist vorteilhaft, wenn die Kraft möglichst großflächig in die Stirnwand eingeleitet wird, also eine große Auflagefläche verwendet wird.

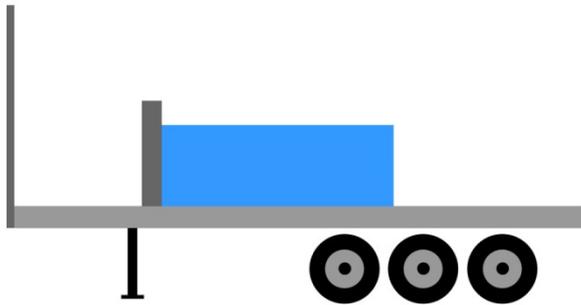
Abstützen der Ladung an der Stirnwand:



Bei dieser Variante muss ebenfalls die Festigkeit der Stirnwand beziehungsweise Bordwand berücksichtigt werden. Zusätzlich muss auch die Abstützung die auftretenden Kräfte aufnehmen können. Diese Variante kann auch angewendet werden, wenn eine Ladung auf einer bestimmten Position auf der Ladefläche stehen muss, um beispielsweise die Achslasten einzuhalten.

2. Arten der Ladungssicherung und Zurrmethoden

Einsatz von Steckungen zur Abstützung der Ladung:

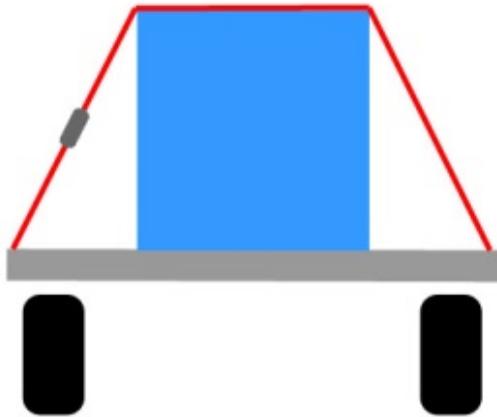


Auch bei dieser Variante muss beachtet werden, welche Kräfte die Steckungen aufnehmen können. Je weiter oben die Ladung an den Steckungen anliegt, desto geringer ist die Festigkeit der Steckungen. Genaue Angaben zur Festigkeit der Steckungen kann der Hersteller geben.

2. Arten der Ladungssicherung und Zurrmethoden

Kraftschlüssige Verfahren

Bei der kraftschlüssigen Sicherung wird die Ladung auf die Ladefläche gepresst. Durch den Anpressdruck wird die wirksame Reibkraft erhöht, die dem Verrutschen der Ladung entgegenwirken soll. Der bekanntere Namen für diese Verfahren ist Niederzurren.



Das Niederzurren ist das Verfahren, welches in der Praxis wohl am häufigsten eingesetzt wird. Allerdings gibt es einige wichtige Faktoren, die unbedingt beachtet werden müssen, da ansonsten eine ausreichende Sicherung nicht gegeben ist.

Beim Niederzurren wird die Sicherung der Ladung über die Anpresskraft auf die Ladefläche erreicht. Durch das Anpressen wird die Reibkraft erhöht. Es ist also nicht die Haltekraft des Gurtbandes das die Ladung sichert, sondern die Vorspannkraft der Ratsche. Oft wird in der Praxis die Haltekraft (LC) des Gurtbandes berücksichtigt, diese ist aber beim Niederzurren von geringerer Bedeutung. Deshalb ist die Vorspannkraft (S_{TF}) der Ratsche auch auf dem Etikett angegeben. Hat eine Ratsche einen S_{TF} – Wert von 300 daN, darf daraus aber nicht einfach geschlossen werden, dass diese Ratsche ein Ladungsgewicht von 300 kg sichert. Bei dieser Überlegung werden die anderen relevanten Faktoren völlig außer Acht gelassen.

Ein weiterer Faktor ist das Gewicht der Ladung. Es ist einleuchtend, je größer das Gewicht der Ladung ist, desto mehr Sicherungskraft ist notwendig.

2. Arten der Ladungssicherung und Zurrmethoden

Ebenso spielt der Neigungswinkel (α) zwischen Ladeboden und Zurrmittel eine wichtige Rolle. Optimal ist ein senkrecht verlaufender Spanngurt mit einem Winkel von 90° , da dieser die Vorspannkraft optimal auf die Ladung übertragen kann.

Je flacher der Winkel des Spanngurtes wird, desto weniger Anpresskraft kann der Gurt auf die Ladung übertragen. Ein Zurrwinkel unter 30° ist häufig nicht erlaubt (und auch nicht sinnvoll), da die Zurrpunkte dafür nicht zugelassen sind.

Nicht zu vergessen ist der große Einfluss der Reibung auf die Sicherung beim Niederzurren. Da beim Niederzurren die Reibung zur Sicherung genutzt wird, spielt diese hier die Hauptrolle. Je größer die Reibung, desto höher die durch die Anpresskraft erreichbare Sicherung.

Die relevanten Faktoren lassen sich also wie folgt zusammenfassen:

- Gewicht der Ladung,
- Vorspannkraft der Ratsche (S_{TF} -Wert auf Etikett),
- Neigungswinkel des Zurrmittels (α) und
- vorhandene Reibung beziehungsweise Reibbeiwert.

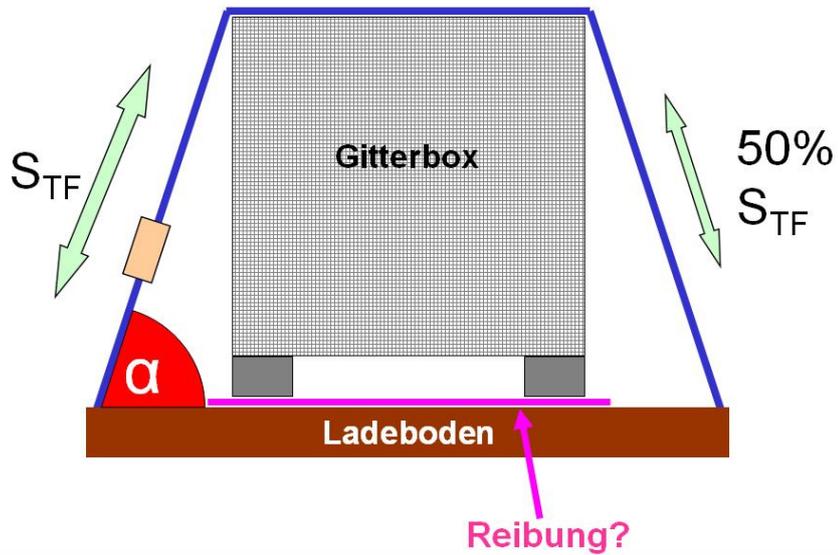
k-Wert

Der k-Wert dient dazu, eine bestimmte Problematik beim Niederzurren zu berücksichtigen. Beim Niederzurren wird durch das Spannmittel (Ratsche, Spindel, Winde) die Vorspannkraft in das Zurrmittel eingebracht. Das Zurrmittel läuft allerdings beim Überspannen der Ladung auch über Kanten. Diese Kanten sorgen für einen Verlust an Vorspannkraft, es kommt also nie die Vorspannkraft, die auf der Seite des Spannmittels anliegt, auf der anderen Seite an. Der Einsatz von Kantengleitern sorgt zwar für eine bessere Übertragung der Vorspannkraft, kann aber in der Regel auch keine Gleichwertigkeit herstellen. Eine Möglichkeit auf beiden Seiten die volle Vorspannkraft zu erhalten ist, auf beiden Seiten ein Spannmittel einzusetzen.

Um diese Problematik zu berücksichtigen, wurde der k-Wert einbezogen. Dieser berücksichtigt die Übertragungsverluste der Vorspannkraft. Der k-Wert beträgt üblicherweise 1,5. Es wird also angenommen, dass 50 Prozent der über das Spannmittel eingeleiteten Vorspannkraft effektiv auf der anderen Seite ankommen und berücksichtigt werden können.

2. Arten der Ladungssicherung und Zurrmethoden

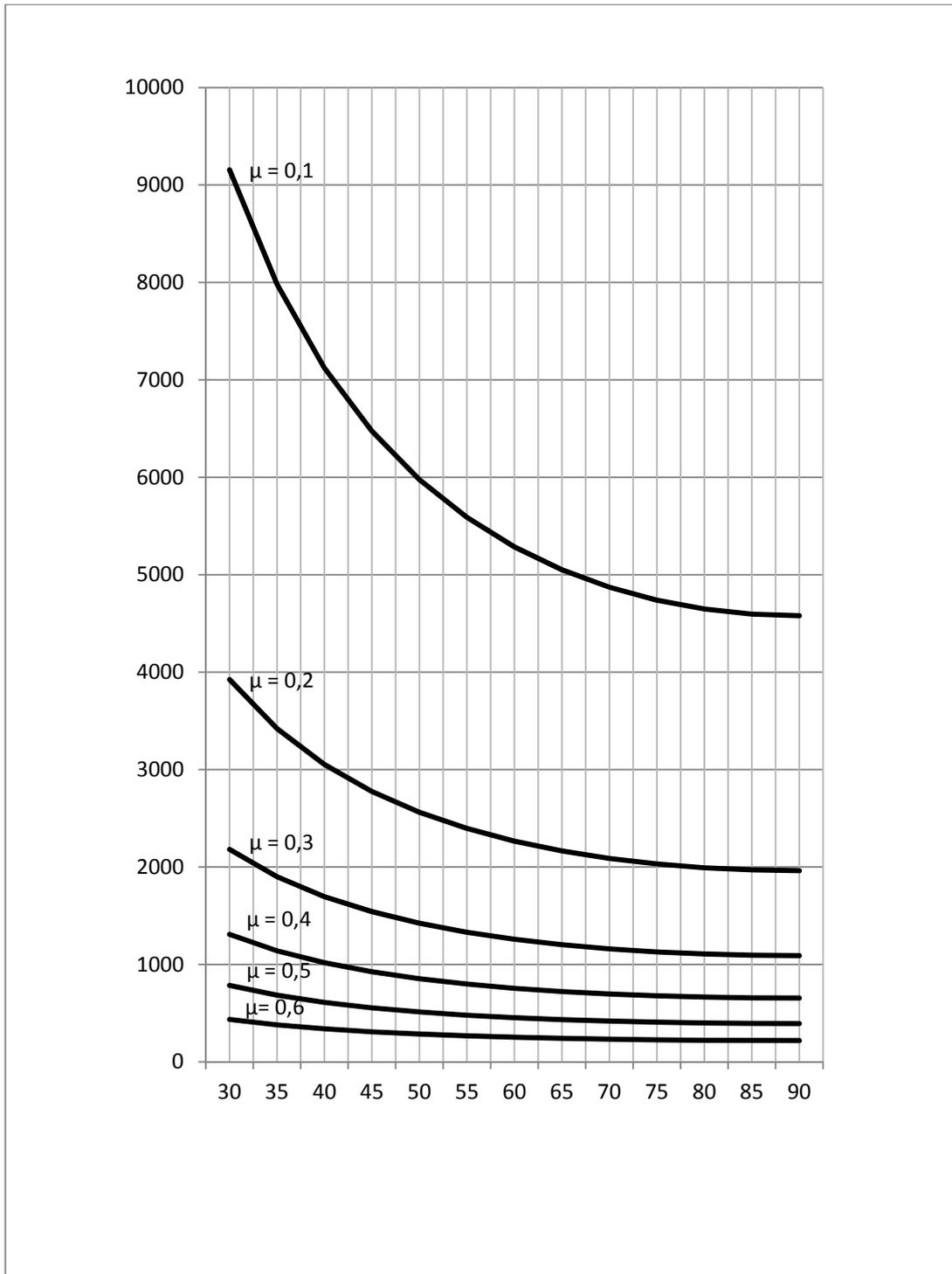
Bemerkung: Aufgrund dieser Problematik ist es beim Anbringen von mehreren Zurrmitteln an einer Ladung als kraftschlüssige Sicherung empfehlenswert, nicht alle Spannmittel auf einer Seite der Ladung anzubringen, sondern die Seiten abzuwechseln.



2. Arten der Ladungssicherung und Zurrmethoden

Folgendes Diagramm soll übersichtlich die Auswirkungen der verschiedenen Faktoren beim Niederzurren darstellen.

Das Diagramm bezieht sich auf eine Ladung mit einem Gewicht von 1.000 kg. Auf der X-Achse ist der Zurrwinkel α , auf der Y-Achse die notwendige Vorspannkraft in daN abgetragen. Die Kennlinien stehen für die verschiedenen Gleit-Reibbeiwerte (μ_D).



2. Arten der Ladungssicherung und Zurrmethoden

Aus diesem Diagramm wird ersichtlich, welche Auswirkung der Zurrwinkel und die Reibung auf die kraftschlüssige Sicherung haben.

Bei $\mu = 0,1$ sind bei einem Winkel von 30° 9.156 daN Vorspannkraft nötig, während es bei einem Winkel von 85° nur noch 4.595 daN sind. Es ist also eine Halbierung der notwendigen Vorspannkraft.

Allerdings ist auch ersichtlich, dass der Einfluss des Zurrwinkels geringer wird, je höher der Gleit-Reibbeiwert ist.

Beim Zurrwinkel 30° aber $\mu = 0,6$ sind hingegen nur noch 436 daN Vorspannkraft notwendig.

Direktzurren

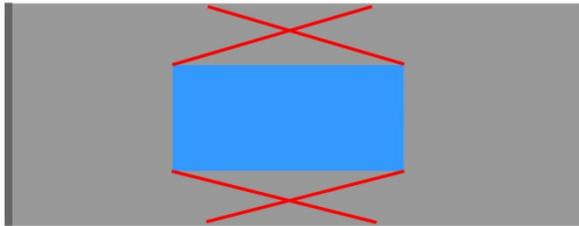
Bei den Varianten des Direktzurrens werden Zurrmittel an der Ladung angebracht und sichern diese mit der Haltekraft des Zurrmittels. Man kann auch sagen, die Zurrmittel halten die Ladung fest. Allerdings werden dafür Zurrpunkte auf der Ladefläche und Befestigungspunkte an der Ladung benötigt, da die Zurrmittel irgendwie an der Ladung befestigt werden müssen. Für die Schaffung eines Befestigungspunktes können zum Beispiel aber auch Hilfsmittel (zum Beispiel Rundschlingen) eingesetzt werden.

Diagonalzurren

Beim Diagonalzurren werden an der Ladung vier Zurrmittel angebracht. Diese werden handfest vorgespannt. Dadurch wird quasi Formschluss hergestellt, da die Ladung wenn diese Verrutschen will, durch die Haltekraft der Zurrmittel daran gehindert wird. Durch die Zurrkraft nach unten, liegt gleichzeitig auch Kraftschluss vor. Die folgenden Grafiken zeigen die verschiedenen Varianten des Diagonalzurrens:



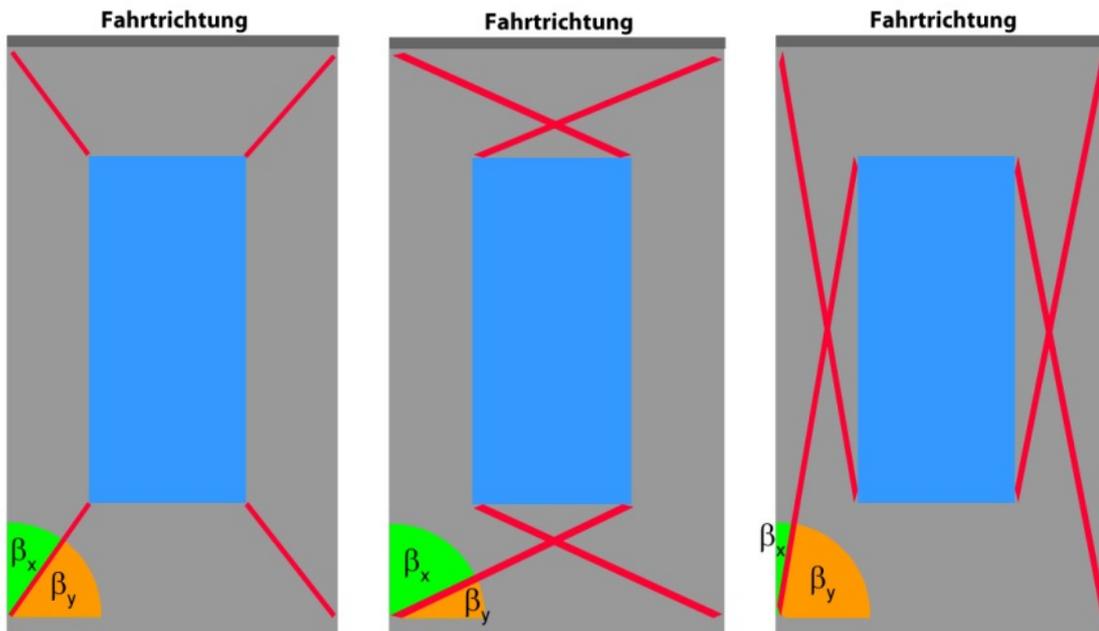
2. Arten der Ladungssicherung und Zurrmethoden



Durch die verschiedenen Varianten können die Winkel der Zurrmittel beeinflusst werden. Diese wirken sich auf die Sicherungskraft aus, welche benötigt wird beziehungsweise welche durch das Sicherungsmittel aufgebracht werden kann. Beim Diagonalzurren muss immer berücksichtigt werden, in welche Richtung gesichert werden soll. Dabei spielen die Winkel eine wichtige Rolle. Beim Diagonalzurren gibt es zwei relevante Winkel.

Zurrwinkel α ist der Vertikalwinkel zwischen Ladeboden und Zurrmittel. Beim Diagonalzurren ist ein flacher Winkel α von Vorteil (im Gegensatz zum Niederzurren). Aber auch der Zurrwinkel β (Horizontalwinkel) spielt eine Rolle. Dieser kann in β_x (Horizontalwinkel in Längsrichtung) und β_y (Horizontalwinkel in Querrichtung) unterschieden werden. Dabei spielt der Winkel β eine Rolle, wenn es darum geht, ob die Ladung bei gegebenem Winkel besser längs (vorne/hinten) oder quer (seitlich) zur Fahrtrichtung gesichert ist.

2. Arten der Ladungssicherung und Zurrmethoden



Hier eine Erläuterung der Auswirkungen des Horizontalwinkels β :

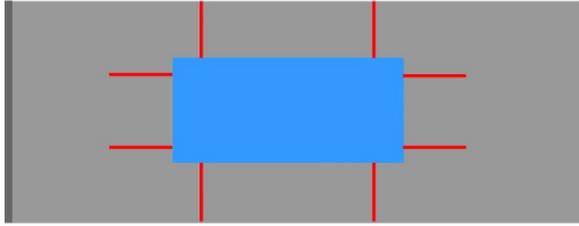
In Beispiel 1 ist β_x mit β_y vergleichbar, dieser Winkel liefert eine mittlere Sicherungskraft in Fahrtrichtung und zur Seite. In Beispiel 2 ist β_x deutlich größer, dieser Winkel liefert eine bessere seitliche Sicherung, die Sicherung in Fahrtrichtung wird aber dadurch schlechter. In Beispiel 3 ist β_x klein, dieser Winkel liefert eine bessere Sicherung in Fahrtrichtung, die Sicherung zur Seite wird aber dadurch schlechter.

Beim Diagonalzurren dürfen keine gemischten Zurrmittel verwendet werden, sondern immer nur gleiche Zurrmittel, die gegebenenfalls die gleiche Dehnung aufweisen. Es dürfen also nicht 2 Zurrketten und 2 Zurrgurte eingesetzt werden.

Schrägzurren

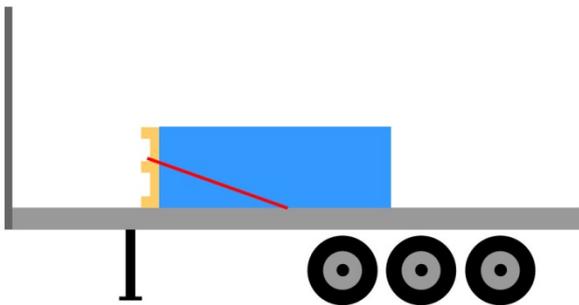
Beim Schrägzurren werden die Zurrmittel im rechten Winkel direkt an der Ladung angebracht. Um eine Ladung über Schrägzurren in alle Richtungen zu sichern, müssen also mindestens 8 Zurrmittel angebracht werden. Häufig ist die Anbringung der Zurrmittel vorne und hinten problematisch, da dort nicht immer Zurrpunkte zur Verfügung stehen. Genauer betrachtet, werden beim Schrägzurren die Gurte zwar zur formschlüssigen Sicherung angebracht, durch die Zurrkraft nach unten wird aber gleichzeitig auch kraftschlüssig gesichert. Es handelt sich also um eine Kombination aus form- und kraftschlüssiger Sicherung.

2. Arten der Ladungssicherung und Zurrmethoden



Rückhaltesicherung

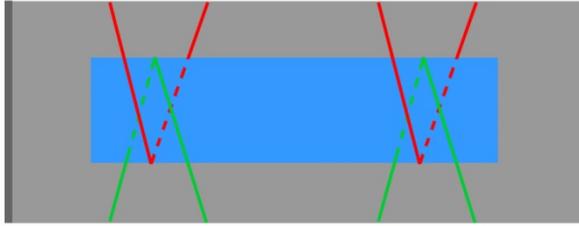
Diese Variante wird in der Praxis oft eingesetzt, um eine Sicherung in Fahrtrichtung herzustellen. Ebenso kann dadurch auch eine Sicherung nach hinten hergestellt werden. Auch Begriffe wie „Blocksicherung“ oder „Kopflashing“ werden verwendet.



Schlingenzurrgewinnung

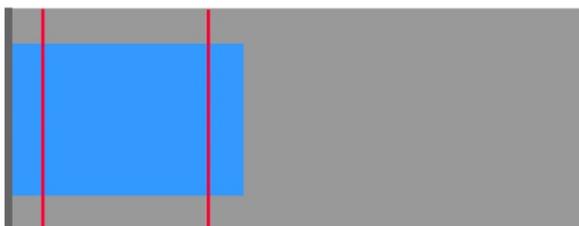
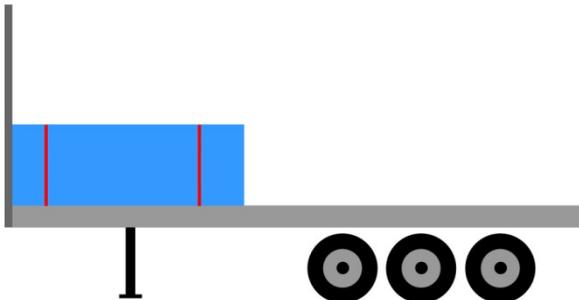
Bei dieser Variante werden die Zurrmittel um die Ladung herumgelegt und dann an den Zurrmitteln befestigt. Die Ladung wird in die Zurrmittel „eingespannt“. Es sollten für diese Variante mindestens vier Zurrmittel verwendet werden, da so ein Verdrehen der Ladung verhindert werden kann.

2. Arten der Ladungssicherung und Zurrmethoden



Kombination verschiedener Varianten

Die verschiedenen Varianten können auch miteinander kombiniert werden. So kann zum Beispiel in Fahrtrichtung eine formschlüssige Variante verwendet werden (hier Anlegen an Stirnwand) und als Sicherung seitlich und hinten eine kraftschlüssige Variante (hier Niederzurren) verwendet werden.



3. Berechnungen der Standsicherheit und Sicherungskraft

In diesem Kapitel sollen verschiedene Berechnungen vorgestellt werden. Eine grundlegende Betrachtung sollte die Standsicherheit des zu sichernden Gutes vorab erfahren. Die Möglichkeiten zu deren Bestimmung werden aufgezeigt. Ferner wird aufgezeigt, wie die notwendige Sicherungskraft ermittelt werden kann. Dabei werden nicht alle denkbaren Berechnungen aufgezeigt, sondern ein Auszug der wichtigsten dargestellt.

Standsicherheit

Die Standsicherheit eines Ladeguts wirkt sich auch auf die Ladungssicherung aus. Sollte ein Ladegut nicht standsicher sein, muss es zusätzlich auch gegen Kippen gesichert werden. Die Standsicherheit kann berechnet werden. Dafür werden bei mittiger Schwerpunktlage folgende Angaben benötigt:

- Länge L,
- Breite B und
- Höhe H.

Wenn der Schwerpunkt des Ladeguts symmetrisch in der Mitte sitzt, gestaltet sich die Berechnung noch relativ einfach. In der Praxis ist die Lage des Schwerpunktes aber nicht immer bekannt. Aus praktischen Gesichtspunkten sollte die Lage des Schwerpunktes wie unten gezeigt gekennzeichnet sein, da zum Beispiel auch Stapler- und Lkw-Fahrer diese Angabe für die korrekte Verladung benötigen.



3. Berechnungen der Standsicherheit und Sicherungskraft

Berechnung der Standsicherheit

Bei mittiger (symmetrischer) Schwerpunktlage ist die Ladung standsicher, wenn:

- in Fahrzeuginnenachse nach vorne Länge zu Höhe $L/H > 0,8$,
- in Fahrzeuginnenachse nach hinten Länge zu Höhe $L/H > 0,5$,
- quer zur Fahrzeuginnenachse Breite zu Höhe $B/H > 0,7$ ist.

Quer zur Fahrzeuginnenachse wird dem bekannten Beschleunigungsbeiwert von 0,5 ein Zuschlag von 0,2 (auch Wankfaktor genannt) zugegeben.

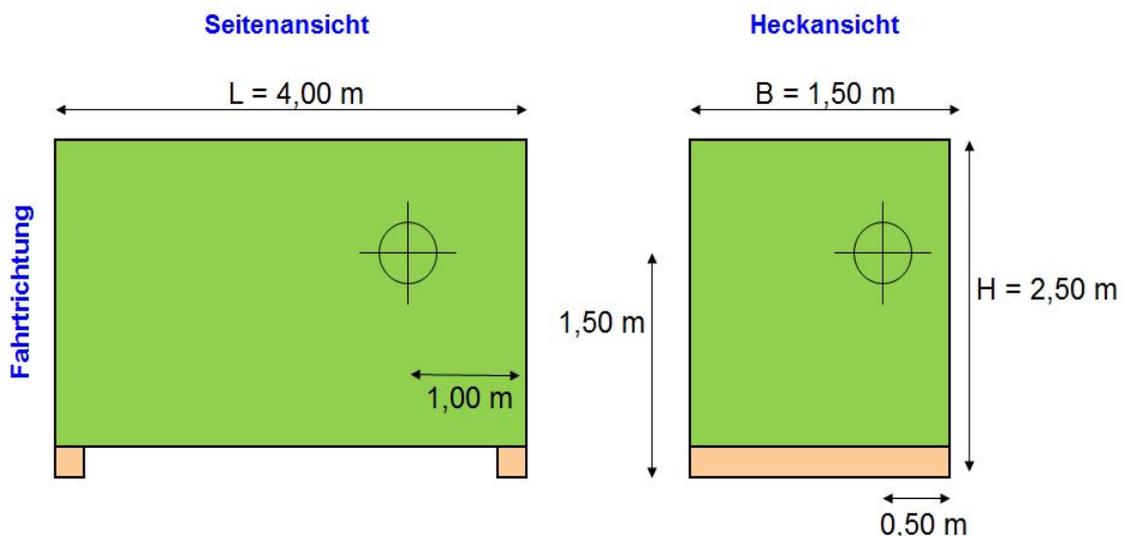
Etwas aufwendiger gestaltet sich die Berechnung, wenn der Schwerpunkt außermittig liegt. In diesem Fall müssten folgende Daten zur Schwerpunktlage bekannt sein:

- Höhe über Aufstandsfläche h_s ,
- Abstand von einer Stirnseite in Längsrichtung von vorne l_{s_v} ,
- Abstand von einer Stirnseite in Längsrichtung von hinten l_{s_h} ,
- Abstand von einer Seite in Querrichtung von rechts b_{s_r} und
- Abstand von einer Seite in Querrichtung von links b_{s_l} .

Bei außermittiger Schwerpunktlage ist die Ladung standsicher, wenn:

- in Fahrzeuginnenachse nach vorne $l_{s_v}/h_s > 0,8$,
- in Fahrzeuginnenachse nach hinten $l_{s_h}/h_s > 0,5$,
- quer zur Fahrzeuginnenachse rechts $b_{s_r}/h_s > 0,7$ und
- quer zur Fahrzeuginnenachse links $b_{s_l}/h_s > 0,7$ ist.

Beispielrechnung:



3. Berechnungen der Standsicherheit und Sicherungskraft

nach vorne:

$l_{s_v}/h_s = 3,00 \text{ m} / 1,50 \text{ m} = 2 > 0,8 =$ die Ladung ist nach vorne standsicher

nach hinten:

$l_{s_h}/h_s = 1,00 \text{ m} / 1,50 \text{ m} = 0,66 > 0,5 =$ die Ladung ist nach hinten standsicher

nach rechts:

$b_{s_r}/h_s = 0,50 \text{ m} / 1,50 \text{ m} = 0,33 < 0,7 =$ die Ladung ist nach rechts nicht standsicher

nach links:

$b_{s_l}/h_s = 1,00 \text{ m} / 1,50 \text{ m} = 0,66 < 0,7 =$ die Ladung ist nach links nicht standsicher

Eine nicht standsichere Ladung muss zusätzlich gegen Kippen gesichert werden. Dies kann durch Niederzurren aber auch durch Direktzurrvarianten erreicht werden. Weitere Möglichkeiten stellen die Vergrößerung der Aufstandsfläche oder das Herstellen von Formschluss dar. Die notwendige Sicherungskraft gegen Kippen kann ebenfalls rechnerisch ermittelt werden.

Berechnung der Sicherungskraft

Um die notwendige Sicherungskraft ermitteln zu können, stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Momentan gibt es folgende gängigen Varianten um die notwendige Sicherungskraft zu ermitteln:

- App auf dem Smartphone,
- Berechnungsprogramm auf PC,
- Tabellen oder Diagramme und
- Berechnung nach Formel.

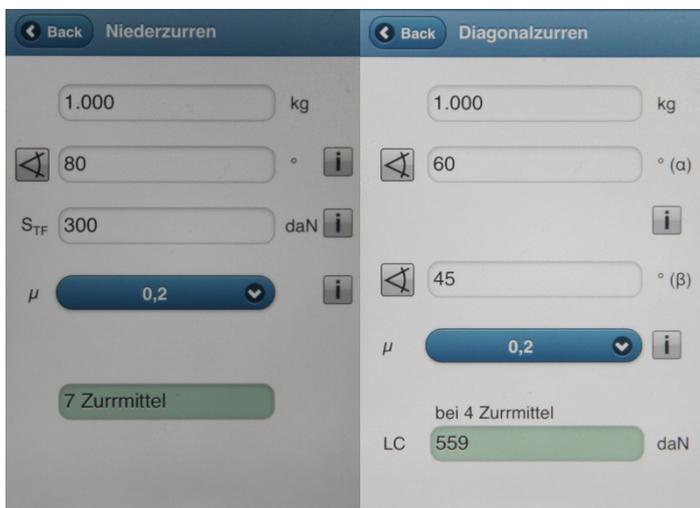
Grundsätzliche Vorbemerkung zu allen Verfahren

Die Festlegung der Grunddaten erfolgt durch den Nutzer. Er muss also zum Beispiel den vorhandenen Gleit-Reibbeiwert bestimmen beziehungsweise festlegen. Verwendet der Nutzer allerdings einen falschen Gleit-Reibbeiwert, kann natürlich die darauf basierende Berechnung nicht zu einem korrekten Ergebnis für die notwendigen Sicherungsmaßnahmen führen. Die gesamten Berechnungsmethoden können also nur funktionieren und ein verlässliches Ergebnis liefern, wenn die Datenbasis auch der Realität entspricht. Dies gilt natürlich für alle Daten die in die Berechnung einfließen.

3. Berechnungen der Standsicherheit und Sicherungskraft

Berechnung mit einer App auf dem Smartphone

Verschiedene Anbieter stellen Apps zur Berechnung der notwendigen Sicherungskraft zur Verfügung. Oftmals sind dies die Hersteller von Zurrmitteln. Dabei gibt es zahlreiche kostenlose Apps, aber auch Kaufversionen. Beide Varianten funktionieren in der Regel sehr zuverlässig und fragen alle relevanten Daten ab. Einige Hersteller haben die Apps speziell auf ihre Produkte abgestimmt, es können dann für die Berechnung die verschiedenen Zurrsysteme des Herstellers berücksichtigt werden, eine freie Eingabe oder Ausgabe bestimmter Werte ist in manchen Fällen dann leider nicht möglich. Erhältlich sind von einfachen Varianten für die Berechnung der Anzahl der Zurrmittel beim Niederzurren über Berechnung der Haltekraft beim Diagonalzurren bis hin zur komplexen Berechnung der Kippsicherung.



Quelle: App Brugg Lashing Version 2.1 der Firma Brugg Lifting – www.brugg.com

Berechnung mit Programm auf dem PC

Ebenso wie bei den Apps müssen in das Programm die relevanten Daten eingegeben werden. Da ein Fahrer wohl seltener einen PC vor Ort haben wird, stellt diese Variante eher eine Möglichkeit für die Absender und Verloader dar.

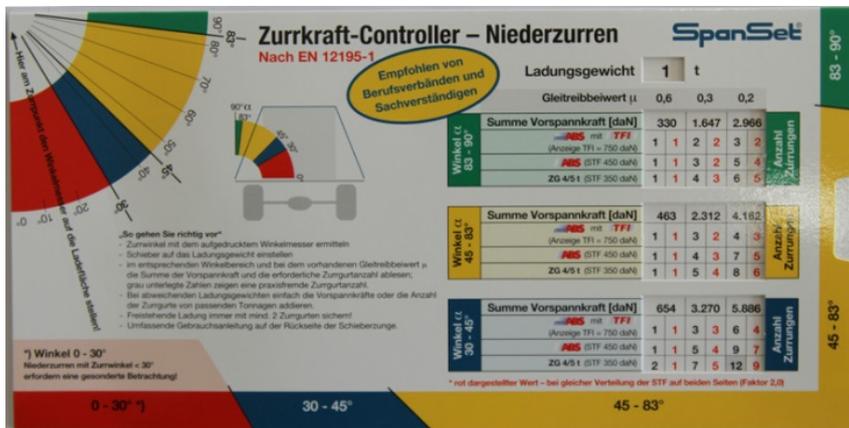
3. Berechnungen der Standsicherheit und Sicherungskraft

Bestimmung mit Tabellen und Diagrammen

Diese Variante stellt eine einfache Möglichkeit dar. Dabei werden die verschiedenen Grunddaten berücksichtigt und über Schieber oder Drehtabellen eingestellt. Ebenso gibt es Übersichtstabellen, die für die verschiedenen Werte die notwendige Vorspannkraft, Anzahl der Zurrmittel oder Festigkeit der Zurrmittel aufzeigen. Oft sind allerdings die Wertschritte für die einzelnen Daten sehr grob, wodurch eine genau abgestimmte Ermittlung der notwendigen Sicherungskraft nicht möglich ist.



Quelle: Dolezych



Quelle: SpanSet

3. Berechnungen der Standsicherheit und Sicherungskraft

Berechnung mit Formeln

Die DIN EN 12195-1:2003 stellt für die verschiedenen Sicherungsmöglichkeiten Berechnungsformeln zur Verfügung, die zur Feststellung der notwendigen Vorspannkraft oder notwendigen Belastbarkeit des Zurrmittels eingesetzt werden können. Die Formeln werden hier kurz als Überblick dargestellt:

Formel für das Niederzurren:

Für das Niederzurren gilt die folgende Formel. Die Formel ist bereits so umgestellt, dass die benötigte Gesamtvorspannkraft berechnet wird. Es muss dann also abschließend noch der S_{TF} -Wert des Zurrmittels berücksichtigt werden, um die Anzahl der benötigten Zurrmittel zu bestimmen.

$$F_T \geq \frac{(c_{x,y} - \mu_D \cdot c_z) \cdot m \cdot g}{n \cdot k \cdot \mu_D \cdot \sin \alpha}$$

Formel für das Diagonalzurren einer standsicheren Ladung:

Mit dieser Formel wird berechnet, welche Haltekraft (LC) ein Zurrmittel im direkten Zug aufbringen muss. Beim Diagonalzurren muss auch berücksichtigt werden, ob die Ladung zur Seite oder nach vorne und hinten gesichert wird, da die Haltekraft durch die Zurrwinkel entsprechend beeinträchtigt wird. Es müssen also mehrere Berechnungen durchgeführt werden, um die Grunddaten in die verschiedenen Beschleunigungsrichtungen zu berücksichtigen.

$$F_R \geq \frac{(c_{x,y} - \mu_D \cdot c_z) \cdot m \cdot g}{2 (\cos \alpha \cdot \cos \beta_{x,y} + \mu_D \cdot \sin \alpha)}$$

3. Berechnungen der Standsicherheit und Sicherungskraft

Formel für das Schrägzurren einer standsicheren Ladung:

Beim Schrägzurren müssen die Zurrmittel immer in einem rechten Winkel zur Ladung angebracht werden, die seitlichen Zurrwinkel entfallen deshalb.

$$F_R \geq \frac{(c_{x,y} - \mu_D \cdot c_z) \cdot m \cdot g}{2 (\cos \alpha + \mu_D \cdot \sin \alpha)}$$

Beispielrechnung:

Eine freistehende Ladung soll nur durch Niederzurren gesichert werden. Folgende Daten liegen vor:

$$m = 1.000 \text{ kg}$$

$$c_x = 0,8 \text{ (da die Ladung ja nur über Niederzurren gesichert wird)}$$

$$\mu_D = 0,2$$

$$k = 1,5 \text{ (regulärer Wert)}$$

$$\alpha = 80^\circ$$

$$S_{TF} \text{ der Ratsche} = 300 \text{ daN}$$

3. Berechnungen der Standsicherheit und Sicherungskraft

Vorbemerkung: Die Anzahl der Zurrmittel (n) wird auf 1 gesetzt. Dadurch wird die benötigte Gesamtvorspannkraft berechnet und anschließend durch den S_{TF} -Wert dividiert.

Der vertikale Beschleunigungsbeiwert c_z wird im Straßenverkehr momentan nicht berücksichtigt (obwohl tatsächlich vorhanden) und deshalb auf 1 gesetzt.

$$F_T \geq \frac{(c_{x,y} - \mu_D \cdot c_z) \cdot m \cdot g}{n \cdot k \cdot \mu_D \cdot \sin \alpha}$$
$$F_T \geq \frac{(0,8 - 0,2 \cdot 1) \cdot 1.000 \cdot 9,81}{1 \cdot 1,5 \cdot 0,2 \cdot \sin 80^\circ} = 19.992,6701 / 10 = 1.992,26 \text{ daN}$$

Um nun die Anzahl der notwendigen Zurrmittel zu berechnen, muss noch die berechnete Gesamtvorspannkraft durch die Vorspannkraft der Zurrmittel (S_{TF} -Wert) dividiert werden:

$1.992,26 \text{ daN} / 300 \text{ daN} = 6,64 = 7$ Zurrmittel mit einer Vorspannkraft von 300 daN sind notwendig (es wird natürlich immer auf ganze Zurrmittel aufgerundet).

3. Berechnungen der Standsicherheit und Sicherungskraft

Hinweis für die Berechnung

Da in der Praxis seltener anhand der Formeln die notwendigen Vorspannkkräfte oder Rückhaltekräfte berechnet werden, soll auf diese Varianten hier nicht weiter eingegangen werden. Für diejenigen, die diese Varianten gerne ausprobieren möchten, sei nochmal an folgende mathematische Grundlagen erinnert:

Merke: Punktrechnung vor Strichrechnung und immer erst die Klammer auflösen.

Die Erfahrung zeigt, dass diese Regeln im Laufe eines durch Taschenrechner und PC geprägten Lebens schnell in Vergessenheit geraten. Die Einhaltung dieser Regeln kann aber viel unnötigen Frust oder auch Verwunderung über seltsame Ergebnisse ersparen.

Legende zu den Berechnungsformeln für die Sicherungskraft			
Symbol	Bezeichnung	Einheit	Bemerkungen
μ_D	Haft-Reibbeiwert	-	
μ_S	dynamischer Reibbeiwert (Gleit-)	-	
a	Beschleunigung	m/s ²	
BC	Blockierkraft	N	
c_x	Beschleunigungsbeiwert (längs)	-	vorne 0,8 / hinten 0,5
c_y	Beschleunigungsbeiwert (quer)	-	seitlich 0,5
c_z	Beschleunigungsbeiwert (vertikal)	-	momentan = 1
F_G	Gewichtskraft	N	
F_R	Rückhaltekraft eines Zurrmittels	N	
F_T	Vorspannkraft eines Zurrmittels	N	
F_y	Querkraft der Ladung	N	
g	Fallbeschleunigung	m/s ²	9,81 m/s ²
k	Übertragungsbeiwert	-	üblich = 1,5
LC	Zurkraft	N	
m	Masse der Ladung	kg	
n	Anzahl der Zurrmittel	-	
S_{HF}	Normale Handkraft	N	
S_{TF}	Normale Vorspannkraft	N	
α	Vertikalwinkel	Grad	
β_x	längsverlaufender Horizontalwinkel	Grad	vorne/hinten
β_y	querverlaufender Horizontalwinkel	Grad	seitlich

3. Berechnungen der Standsicherheit und Sicherungskraft

Formschluss

Soll eine Ladung durch Formschluss gesichert werden (zum Beispiel Anlegen an der Stirnwand, Abstützung durch Paletten) muss bestimmt werden, welche Kraft aufgenommen werden muss (F_{verbl}).

Dabei kann berücksichtigt werden, dass nicht das gesamte Gewicht der Ladung aufgenommen werden muss, sondern nur das Gewicht mit dem jeweiligen Beschleunigungsbeiwert und dabei noch die Sicherungswirkung der Reibung berücksichtigt (abgezogen) werden kann.

Formel:

$$F_{\text{verbl}} = m \cdot g \cdot c_{x,y} - m \cdot g \cdot \mu_D$$

$$F_{\text{verbl}} = m \cdot g \cdot (c_{x,y} - \mu_D)$$

Beispielrechnung:

Masse der Ladung 20.000 kg

Gleit-Reibbeiwert $\mu_D = 0,2$

Beschleunigungsbeiwert $c_x = 0,8$

$$F_{\text{verbl}} = 20.000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot (0,8 - 0,2) = 117.720 \text{ N} / 10 = 11.772 \text{ daN}$$

Die Stirnwand oder Abstützung müsste also in diesem Beispiel eine Kraft von 11.772 daN aufnehmen können. Dabei ist zu beachten, dass die Bordwände immer mit Flächenlasten und nicht mit Punktlasten geprüft wurden (siehe Teil 4). Eine Möglichkeit die aufzunehmende Kraft zu minimieren, ist die Erhöhung des Gleit- und Reibbeiwertes durch Verwendung von rutschhemmendem Material (RHM).

4. Fahrzeugaufbauten

Bei den Fahrzeugen stehen verschiedene Aufbauten zur Verfügung. Diese sind für unterschiedliche Einsatzzwecke ausgelegt.

Die Auswahl eines Fahrzeuges mit dem geeigneten Aufbau, ist eine der grundlegenden Entscheidungen im Bereich der Ladungssicherung. Nur wenn das richtige Grundfahrzeug für den betreffenden Transport gewählt ist, kann die Ladungssicherung Aussicht auf Erfolg haben. In vielen Fällen wird ein Standardfahrzeug eingesetzt, ein Lkw mit Plane-Spiegel-Aufbau oder einer Schiebeplane. Dieses Fahrzeug ist natürlich für viele Transporte geeignet, es gibt aber auch Ladung, die mit diesem Fahrzeug nur sehr schwierig oder eventuell auch gar nicht entsprechend gesichert werden kann.

Bei den Fahrzeugen kann auf verschiedene Grundaufbauten zurückgegriffen werden:

- Offener Aufbau (mit und ohne Bordwände),
- Aufbau mit Plane (Plane-Spiegel oder Schiebeplane),
- Fester Aufbau (Koffer) oder
- Spezialaufbauten.

In vielen Fällen wird versucht, die Ladung durch Formschluss zu sichern. Dabei wird die Ladung an die Stirnwand oder an die seitlichen Bordwände angelegt. Damit diese Sicherungsmethode gewählt werden kann, muss allerdings bekannt sein, was die entsprechende Bordwand an Kräften aufnehmen (aushalten) kann.

Die Festigkeiten der Aufbauten sind unterschiedlich. Dies liegt einerseits an der Art des Aufbaus und andererseits an den Anforderungen für die er geprüft wurde. Es gibt unterschiedliche Aufbaunormen, die verschiedene Festigkeiten für die Aufbauten vorsehen. Folgende zwei Normen für Aufbauten sind für die Praxis direkt relevant:

Aufbauten an Nutzfahrzeugen über 3,5 t zulässiger Gesamtmasse

- DIN EN 12642 Code L und
- DIN EN 12642 Code XL.

Aufbauten von Wechselbehältern

- DIN EN 283.

4. Fahrzeugaufbauten

Aufbauten für Nutzfahrzeuge über 3,5 Tonnen zulässiger Gesamtmasse

Bis zum Jahr 2001 gab es grundsätzlich keine Norm, die eine bestimmte Festigkeit verlangte. Ab dem Jahr 2001 gab es die sogenannte DIN EN 12642 Code „L“ Norm. In dieser Norm sind für die verschiedenen Bordwände entsprechende Festigkeiten verankert worden. Im Jahr 2008 ist die DIN EN 12642 Code „XL“ Norm dazu gekommen. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass die Festigkeiten in vielen Fällen etwas höher sind und die Höchstbelastungen immer in einem Verhältnis zur Nutzlast stehen, ohne durch eine bestimmte Maximalfestigkeit begrenzt zu sein.

Folgende Tabelle zeigt einen Überblick über die Prüffestigkeiten nach DIN EN 12642 für Fahrzeugaufbauten und DIN EN 283 für Aufbauten von Wechselbehältern:

Komponente/Aufbau		Standardaufbau "Code L" (ab 2001)	Verstärkter Aufbau "Code XL" (ab 2007)	Aufbauten von Wechselbehältern
Stirnwand (vorne)	Anforderung	0,4 x Nutzlast	0,5 x Nutzlast	0,4 x Nutzlast
	Max. Limit	5.000 daN	keines	keines
Rückwand	Anforderung	0,25 x Nutzlast	0,3 x Nutzlast	0,4 x Nutzlast
	Max. Limit	3.100 daN	keines	keines
Seitenwände	Anforderung	0,3 x Nutzlast <small>(gilt nicht für seitliche Schie- beplänen)</small>	0,4 x Nutzlast	0,3 x Nutzlast
	Max. Limit	keines	keines	keines

Praktischer Umgang mit den Festigkeitsangaben

Bei der formschlüssigen Ladungssicherung mit den Bordwänden müssen allerdings auch noch ein paar Besonderheiten beachtet werden. Es könnte der Eindruck entstehen, dass eine Bordwand mit dem entsprechenden Gewicht der Ladung belastet werden kann. Grundsätzlich erfolgen die Prüfungen der Bordwände mit den entsprechenden Belastbarkeiten aber immer vollflächig. Eine Ladung liegt aber nur selten vollflächig an der Stirnwand oder Bordwand an, sondern stellt eher eine Punktbelastung dar. Dies muss bei der Belastung der Bordwand dann entsprechend berücksichtigt werden.

Nebenbemerkung: Als Hilfsmaßnahme können bei punktlastigen Ladungen beispielsweise auch stabile Holzbretter/Dielen vorgelegt werden, um die Kräfte großflächiger einzuleiten.

4. Fahrzeugaufbauten

Probleme bei seitlicher Schiebeplane

Die Norm sieht eine Prüfung der seitlichen Schiebeplane bei Code XL erst ab 2008 vor. Seitliche Schiebeplanen nach Code L sind also nicht geprüft. Es stehen also keine Festigkeitsangaben zur Verfügung. Dadurch ist der Einsatz der Schiebeplane zur Ladungssicherung nicht möglich. Beim Code XL ist die Schiebeplane zwar geprüft, bei dieser Prüfung darf die Plane sich bei maximaler Belastung aber um 30 cm nach außen Verformen. Dies macht deutlich, dass auch beim Code XL die Schiebeplane nur bedingt zur Ladungssicherung einsetzbar ist, da eine derartige Verformung sich problematisch auf die Fahrzeugstabilität auswirken kann. Im Übrigen ist beim Code XL die Schiebeplane bei einer Doppelstockausführung ebenfalls nicht geprüft.

Prüfwerte sind keine Werte für die Ladungssicherung

Die Prüfwerte der Norm können nicht grundsätzlich als Sicherungswerte für die Ladungssicherung verstanden werden. Letztlich muss der Hersteller angeben, welchen Belastungen die Fahrzeugaufbauten standhalten.

Um welchen Aufbau handelt es sich?

Damit in der Praxis der Aufbau identifiziert werden kann, wird dieser durch den Hersteller mit den entsprechenden Festigkeitsangaben versehen. Dies geschieht üblicherweise durch eine Kennzeichnung am Aufbau. Nachfolgend ein Beispiel für eine Kennzeichnung.



Quelle: Krone

Es kann öfter vorkommen, dass am Aufbau keine Plakette zu finden ist oder diese durch Be- und Entladevorgänge unleserlich wurde. In diesen Fällen ist grundsätzlich eher von einem Aufbau nach Code L auszugehen. Es gibt in der Praxis eine Möglichkeit, einen Code XL Aufbau „relativ“ sicher zu identifizieren. Wenn im Dach eine Diagonalaussteifung vorhanden ist, dürfte wahrscheinlich ein XL Aufbau vorliegen. Dies

4. Fahrzeugaufbauten

kann allerdings nur ein Anhaltspunkt sein, eine sichere Aussage kann nur über eine entsprechende Kennzeichnung oder durch den Hersteller getroffen werden.

Sonderfall Getränketransport

Für Getränketransporte sieht die VDI 2700 - Blatt 12 eine Regelung vor, bei der auf weitere Ladungssicherungsmaßnahmen verzichtet werden kann und die Ladung ausschließlich mit dem Fahrzeugaufbau formschlüssig gesichert wird. Dazu muss allerdings zunächst ein XL-Aufbau vorliegen, der bei einer Doppelstockbeladung auch noch zusätzliche Anforderungen an die seitliche Belastbarkeit erfüllen muss und die Ladefläche muss in allen Richtungen vollständig ausgeladen sein. Gewährleistet der Aufbauhersteller, dass der Aufbau die Energien, die sich aus Ladungsbewegungen bei üblichen Verkehrsbedingungen ergeben sicher aufnimmt und erfüllt der Aufbau die Prüfkriterien nach VDI 2700 - Blatt 12, ist eine weitere Sicherung außer dem oben genannten Formschluss nicht notwendig. Dass der Aufbau die Prüfkriterien erfüllt, ist auch häufig an speziellen Kennzeichnungen zu erkennen. Es sollte allerdings immer eine schriftliche Bestätigung oder ein Zertifikat des Herstellers oder einer Sachverständigenorganisation vorliegen und niemals alleine auf einen „Aufkleber“ vertraut werden.



Quelle: Krone

4. Fahrzeugaufbauten



Quelle: Krone

Problembereich Ladeboden

Eine wichtige Information für die Beladung stellt auch die Festigkeit des Ladebodens dar. Bei den Fahrzeugaufbauten ist nach DIN EN 12642 keine Prüfung der Festigkeit des Ladebodens vorgesehen. Es muss für die Belastbarkeit des Ladebodens also auf die Angaben des Fahrzeugherstellers beziehungsweise Aufbauherstellers zurückgegriffen werden. Diese Information ist für die Belastung des Ladebodens durch die Ladung relevant, aber auch für das Befahren mit einem Gabelstapler. Aufbauten, die mit Staplern nicht befahren werden dürfen, sollten durch den Hersteller entsprechend gekennzeichnet sein.



Quelle: Krone

4. Fahrzeugaufbauten

Festigkeit von Wechselbehältern

Die Prüfung der Festigkeit der Stirn- und Bordwände der Aufbauten von Wechselbehältern erfolgt analog nach den Regelungen für die Fahrzeugaufbauten nach Code L.

Ladeboden bei Wechselbehältern

Der Ladeboden wird bei Wechselbehältern im Gegensatz zu Fahrzeugaufbauten geprüft. Dabei wird ein Prüffahrzeug mit folgenden Fahrzeugdaten verwendet:

- Prüffahrzeug ist gummibereift,
- Achslast 4.400 kg,
- Radlast 2.200 kg,
- Nennmaß der Radbreite 180 mm,
- Mittenabstand 760 mm,
- Berührungsfläche je Rad 185 mm x 100 mm innerhalb der genannten Fläche 142 cm²,
- bei Prüfung nach dem internationalen Übereinkommen über sichere Container (CSC – Container Safety Convention) erhöht sich die Achslast auf 5.460 kg und die Radlast auf 2.730 kg.

5. Zurrpunkte

Häufig werden zur Ladungssicherung Zurrmittel wie Ketten, Drahtseile und natürlich Gurte eingesetzt. Damit diese eingesetzt werden können, muss ein Zurrpunkt auf der Ladefläche vorhanden sein, an dem die Zurrmittel befestigt werden können. Dazu muss die Festigkeit des Zurrpunktes bekannt sein, damit dieser für die Ladungssicherung fachgerecht eingesetzt werden kann.

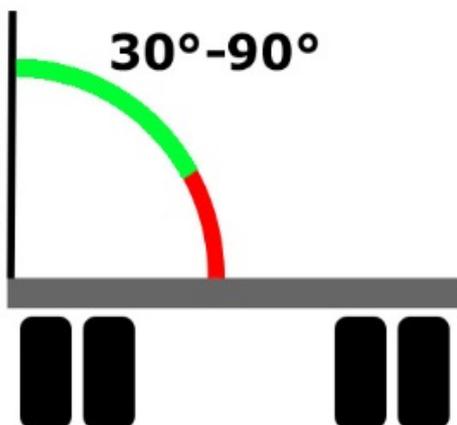
Dabei gibt es verschiedene Normen, die die Belastbarkeiten der Zurrpunkte in verschiedenen Fahrzeugarten regeln. Folgende Normen werden hier kurz dargestellt:

- DIN EN 12640 (Fahrzeuge über 3,5 t z. G. – ausgenommen Kastenwagen),
- DIN EN 75410 T1 (Fahrzeuge bis 3,5 t z. G.),
- DIN EN 75410 T3 (Kastenwagen).

In der DIN EN 12640 werden die Anforderungen an die Zurrpunkte beschrieben, die an Fahrzeugen mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 3,5 t angebracht werden müssen. Diese Norm gilt für Lastkraftwagen, Anhänger und Sattelanhänger mit Pritschenaufbauten und legt folgende Belastbarkeiten der Zurrpunkte fest:

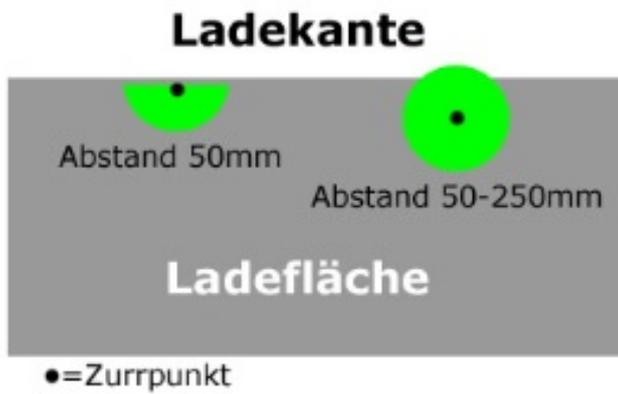
- 800 daN bei Fahrzeugen mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 3,5 t und nicht mehr als 7,5 t,
- 1000 daN bei Fahrzeugen mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 7,5 t und nicht mehr als 12 t,
- 2.000 daN bei Fahrzeugen mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 12 t.

Ebenso werden die Winkelbereiche festgelegt, innerhalb derer der Zurrpunkt diese Kräfte aufnehmen muss:



Die Zurrpunkte dürfen im Winkel zwischen Ladeboden und Zurrmittel nur ab 30° belastet werden und die Belastung darf bis zum Winkel von 90° eingeleitet werden. Dadurch werden bestimmte Zurrvarianten wie Niederzurren mit kleinem Zurrwinkel oder Diagonalzurren mit kleinem Horizontalwinkel ausgeschlossen.

5. Zurrpunkte

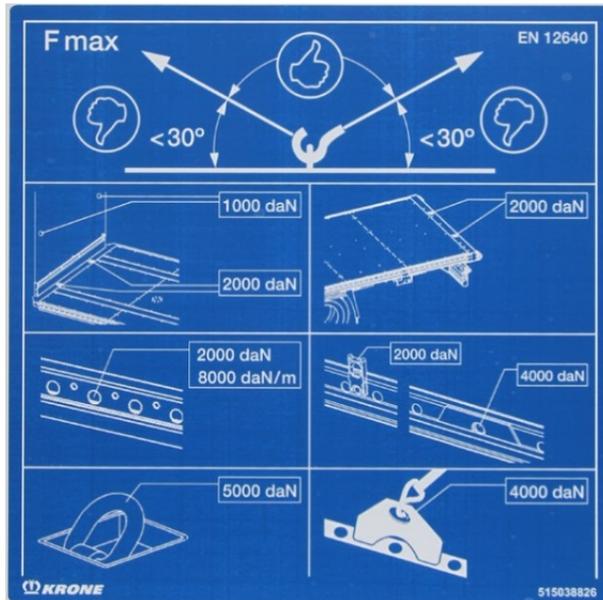


Auch der Horizontalwinkel muss beachtet werden. Die Norm legt fest, dass ein Zurrpunkt bei einem Abstand von maximal 50 mm von der Ladekante in einem Winkel von 180° zur Ladefläche belastbar sein muss. Sitzt der Zurrpunkt 50 – 250 mm von der Ladekante nach Innen versetzt, muss er um 360° belastbar sein.

Damit die Belastbarkeit des Zurrpunktes erkennbar ist, muss der Hersteller diese angeben. Dafür bringt der Hersteller am Aufbau eine Kennzeichnung an, auf der die Belastbarkeit und die Zurrwinkel des Zurrpunktes angegeben sind.



5. Zurrpunkte



Quelle: Krone



Foto: Elmar Herrmann

Zurrpunkte nach DIN 75410 T1

Diese Norm beschreibt die Anforderungen an Zurrpunkte, die an Nutzfahrzeugen zur Güterbeförderung mit einer zulässigen Gesamtmasse bis 3,5 t angebracht werden. Die Norm legt dabei eine Festigkeit von 400 daN fest. Die zulässigen Winkelbereiche sind dabei identisch mit der DIN EN 12642. Auch hier gilt, dass der Hersteller eine Kennzeichnung anbringt, auf der die tatsächliche Belastbarkeit angegeben ist.

5. Zurrpunkte



Quelle: Barthau



Quelle: Suer

Zurrpunkte nach DIN 75410 T3

Diese Norm legt die Festigkeit für Einrichtungen zur Ladungssicherung in Kastenwagen mit einer zulässigen Gesamtmasse von bis 7,5 t fest. Als Kastenwagen gilt dabei ein Fahrzeug, dessen Führerhaus und Laderaum aufbauseitig eine Einheit bilden (Mercedes Sprinter oder ähnliches). Folgende Belastbarkeiten legt die Norm für diese Fahrzeugkategorie fest:

- 400 daN bei Fahrzeugen mit einer zulässigen Gesamtmasse 2 t,
- 500 daN bei Fahrzeugen mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 2 t und nicht mehr als 5 t,
- 800 daN bei Fahrzeugen mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 5 t und nicht mehr als 7,5 t.

5. Zurrpunkte

Spezielle Zurrpunkte

Ebenso sind in der Praxis viele Zurrpunkte anzutreffen, die nicht einer dieser Normen entsprechen. Im Schwerlastbereich kommen Zurrpunkte vor, die deutlich höhere Belastbarkeiten aufnehmen können, als dies durch die Normen gefordert wird. Grundsätzlich gilt auch hier, dass nur der Hersteller beziehungsweise Einbauer eine Aussage über die Festigkeit dieser Zurrpunkte treffen kann. Sollten diese Zurrpunkte also nicht eindeutig gekennzeichnet sein, sollte dieser kontaktiert werden, um eine sichere Angabe zu erhalten.



Sonstiges zu Zurrpunkten

Grundsätzlich darf die Belastbarkeit von Zurrpunkten niemals überschritten werden. Zurrpunkte haben zwar einen Sicherheitszuschlag und halten dadurch höhere Kräfte als ausgewiesen stand, es gibt aber in der Praxis auch Situationen, bei denen schon bei Normalbelastungen Probleme auftreten könnten. Beim Niederzurren werden hohe Vorspannkräfte auf die Zurrpunkte ausgeübt. Zusätzlich entstehen durch Verwindungen des Aufbaus im Fahrbetrieb auch noch Kräfte, die dann über die Zurrmittel auf die Zurrpunkte einwirken. Es sollte deshalb beim Niederzurren aus Sicherheitsgründen, die in den Zurrpunkt eingeleitete Vorspannkraft unter der maximalen Belastbarkeit des Zurrpunktes bleiben.

Grundsätzlich darf ein Zurrpunkt mit mehreren Zurrgurten genutzt werden. Dabei darf aber niemals die zulässige Belastbarkeit des Zurrpunktes überschritten werden und die Zurrmittel dürfen sich gegenseitig nicht beeinflussen.

6. Lastverteilung

Ein Thema, welches oft gar nicht direkt mit Ladungssicherung in Verbindung gebracht wird, ist die Lastverteilung. Diese hat augenscheinlich nichts mit der Ladungssicherung zu tun, hat aber gravierende Auswirkungen auf die Sicherheit des Fahrzeugs beim Transport. Bei der Lastverteilung spielen dabei verschiedene Aspekte eine Rolle.

Die Sicherheit eines Fahrzeuges beim Transport hängt auch davon ab, dass es sicher bedient werden kann und in seiner Funktion nicht beeinträchtigt wird. Dabei spielen verschiedene Faktoren eine Rolle:

- zulässige Achslasten,
- zulässiges Gesamtgewicht,
- zulässige Anhängelasten und
- zulässige Stützlasten.

Diese Angaben können den Fahrzeugpapieren (Zulassungsbescheinigung Teil II; Fahrzeugschein) und den rechtlichen Vorschriften der StVZO entnommen werden. Ebenso werden dazu Regelungen in EU-Richtlinien für grenzüberschreitende Transporte gemacht.

Eine weitere wichtige Angabe ist die Mindestlenkachslast. Auf der Lenkachse des Fahrzeugs muss eine bestimmte Last vorhanden sein, damit das Fahrzeug die Bodenhaftung behält und somit die Lenkbarkeit des Fahrzeugs gewährleistet ist. Sollte diese nicht gewährleistet sein, können folgende Probleme bei der Fahrt auftreten:

- Fahrzeug ist nicht sicher lenkbar,
- Fahrzeug schiebt in Kurven über die Vorderachse oder
- das gesamte Fahrverhalten wird negativ beeinflusst.

Die Mindestlenkachslast wird vom Fahrzeughersteller vorgeschrieben und muss mindestens 20 Prozent des Fahrzeugmomentangewichts betragen.

6. Lastverteilung

Hier ein Auszug der Regelungen verschiedener Fahrzeughersteller zur Mindestlenkachslast:

Fahrzeug Achsen- und Bereifungsausführung		Mindest-Vorderachslast
Actros, Atego, Axor, Econic, Zetros		25 % des Fahrzeug-Gesamtgewichts
2-Achs-Fahrzeuge	mit Ladebordwand mit Ladekran am Fahrzeugheck Betrieb mit 1-Achs-Anhänger (Zentralachsanhänger)	30 % des Fahrzeug-Gesamtgewichts
	Betrieb mit Zentralachsanhänger Lastzugverhältnis > 1:1	35 % des Fahrzeug-Gesamtgewichts
2- und 3-Achs-Fahrzeuge im Solobetrieb 4-Achs-Fahrzeuge im Solobetrieb	ohne Aggregate am Fahrzeugheck kein Betrieb mit Zentralachsanhänger nicht bei Schwerpunktlage Hochlast	22 % des Fahrzeug-Gesamtgewichts
Singlebereifte 2-Achs-Fahrzeuge- Sonderregelung für Atego-Feuer- wehrfahrzeuge (> Seite 58).		Mindest-Achslastverhältnis 1/1,45

Quelle: Bedienungsanleitung Mercedes-Benz

Mindestbelastung der Vorderachse in jedem Beladungszustand in % des jeweiligen tatsächlichen Fahrzeuggewichts GG = Gesamtgewicht (Fahrzeug/Anhänger) SDAH = Starrdeichselanhänger ZAA = Zentralachsanhänger						
Baureihe	Typnr.	Radformel	GG Fahrzeug	ohne SDAH /ZAA	mit SDAH /ZAA	sonstige Hecklast z.B. Kran
TGL	N01-N05 N60 N61 N11-N15	4x2	7,5 t - 12 t	25%	30%	30%
TGM	N16 N26 N08 N18 N28 N62-N65	4x2	15 t - 18 t	25%	25%	30%
	N34 N36 N38	4x4	13 t - 18 t	25%	25%	30%
	N44 N46*	6x2*	26 t	20%	25%	25%
	N48	6x4	26 t	20%	25%	25%
*) = Dreiachsige Fahrzeuge mit liftbarer Achse sind bei betätigtem Lift als Zweiachser zu betrachten. In diesem Zustand gilt damit die höhere Mindestvorderachslast des 4x2-Fahrgestells						

Quelle: Bedienungsanleitung MAN

Aus den Angaben wird klar, dass auch eventuelle Anbauteile wie Ladekran, Ladebordwände oder Mitnahmestapler dabei berücksichtigt werden müssen. Bitte beachten Sie immer die Hinweise des Herstellers in der Bedienungsanleitung zu ihrem Fahrzeug.

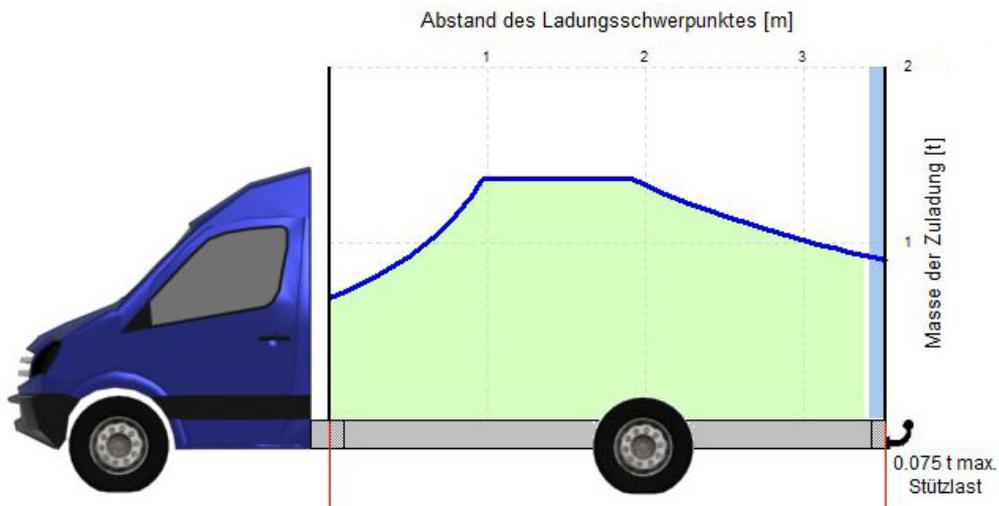
6. Lastverteilung

In der Praxis stellt sich die Herausforderung, Ladungssicherung und Lastverteilung miteinander in Einklang zu bringen. So kann es vorkommen, dass eine Ladung zur Sicherung an die vordere Stirnwand gestellt werden soll, um eine formschlüssige Sicherung in Fahrtrichtung zu nutzen. Jetzt könnte aber durch das Gewicht dieser Ladung die zulässige Vorderachslast eventuell überschritten sein. Nun muss die Ladung auf der Ladefläche nach hinten verschoben werden, damit die zulässigen Achslasten eingehalten werden. Dadurch muss die Ladung aber jetzt nach vorne wieder neu gesichert werden. Um die Komplexität zu vervollständigen spielt dann in der Praxis auch noch die Entladereihenfolge eine Rolle. Es ist erkennbar, dass es nicht immer einfach ist diese Aspekte alle miteinander zu kombinieren und dies teilweise Vorplanungen erfordert. Es dürfte nun klar werden, dass auch der Disponent Kenntnisse dieser Materie benötigt, um eine sinnvolle, rechtskonforme und technisch durchführbare Ladung zusammenzustellen.

Um in der Praxis diese Angaben zu finden, muss auf Lastverteilungspläne (LVP) zurückgegriffen werden. Diese geben Hinweise zur Lastverteilung auf der Ladefläche, bei der die zulässigen Achslasten nicht überschritten werden und die Mindestlenkachslast eingehalten wird.

6. Lastverteilung

Lastverteilungsplan für Kleintransporter (Beispiele):



Quelle: BG-Fahrzeughaltungen (Programm Lastverteilungsplan v3D.0)

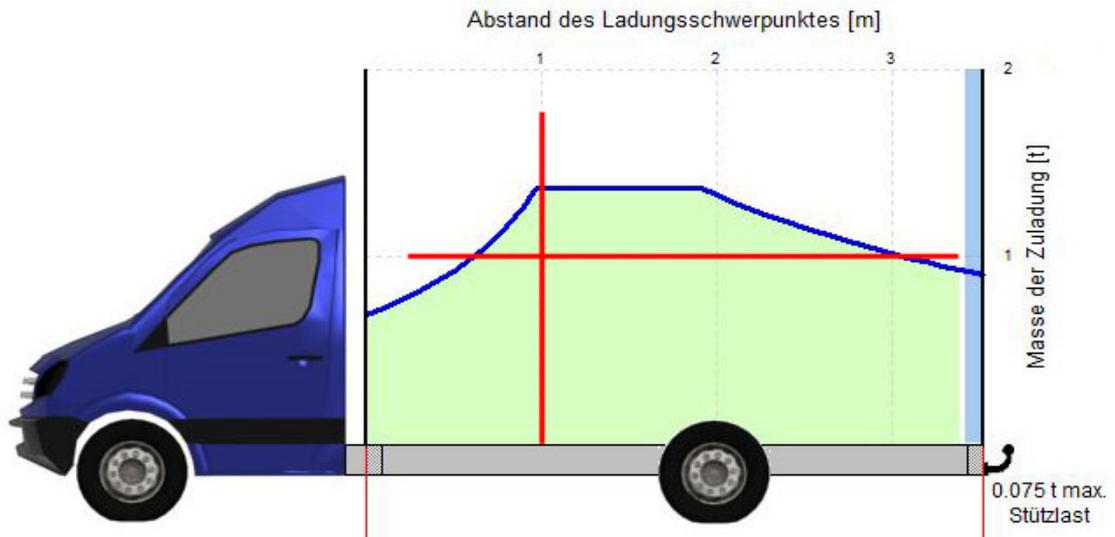
Um den Lastverteilungsplan zu nutzen, sind zwei Grundangaben notwendig. Es muss die Masse der Ladung bekannt sein (Y-Achse) und es muss der Abstand des Lastschwerpunktes von der Stirnwand ermittelt werden (X-Achse). Während die Masse der Ladung in der Praxis leichter zu ermitteln sein dürfte, ist die beim Abstand des Schwerpunktes zur Stirnwand schon schwieriger. Einfach gestaltet es sich, wenn es nur eine Ladung gibt, bei der sich der Schwerpunkt symmetrisch genau in der Mitte befindet. Dies dürfte in der Praxis aber nur relativ selten der Fall sein. Sind verschiedene Ladungen auf dem Fahrzeug, kann der Gesamtschwerpunkt rechnerisch ermittelt werden (siehe dazu Berechnung der Gesamtschwerpunktlage).

Bei Ladungen mit nicht symmetrischem Schwerpunkt sollte deshalb durch den Absender der Schwerpunkt auf der Ladung von der Längs- und Querseite markiert werden.

6. Lastverteilung

Trägt man nun beide Angaben in den LVP ein, erhält man einen Schnittpunkt der beiden Linien.

Beispiel: Ladungsgewicht 1 t, Lastschwerpunktabstand zur Stirnwand 1,00 m

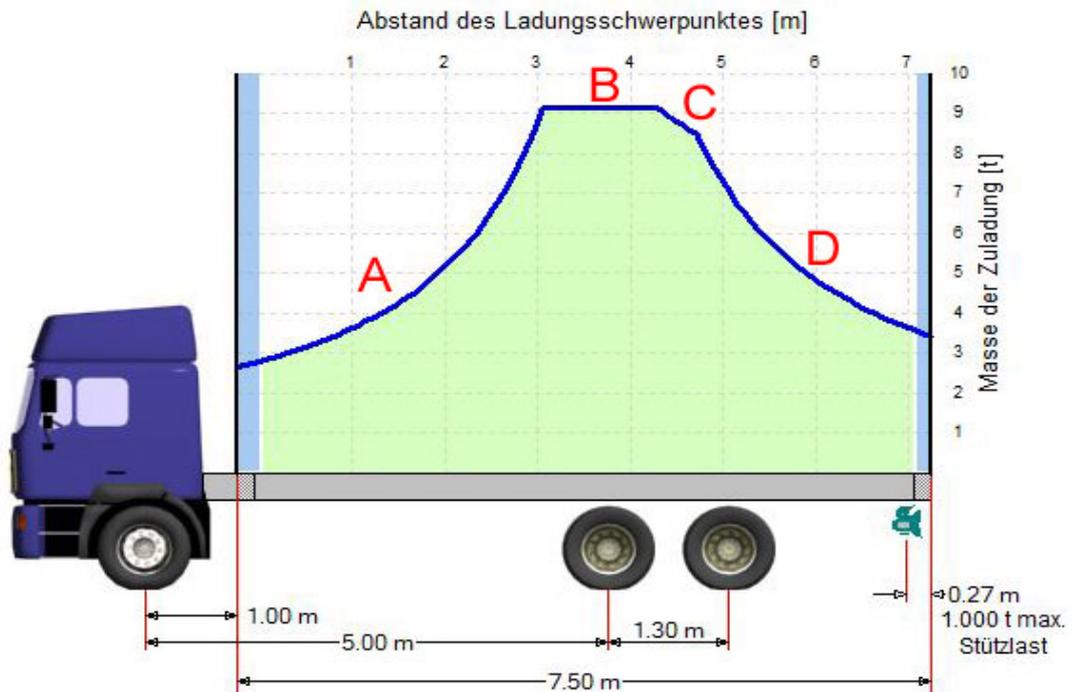


Quelle: BG-Fahrzeughaltungen (Programm Lastverteilungsplan v3D.0)

Liegt der Schnittpunkt dieser Linien unterhalb der Kennlinie des LVP, sind die Achslasten eingehalten. Der Schnittpunkt muss sich im „grünen“ Bereich befinden.

6. Lastverteilung

Dabei haben die verschiedenen Abschnitte der Kennlinie des LVP jeweils eine spezielle Funktion, die mit nachfolgendem LVP für einen Lkw mit 3 Achsen erläutert werden soll:

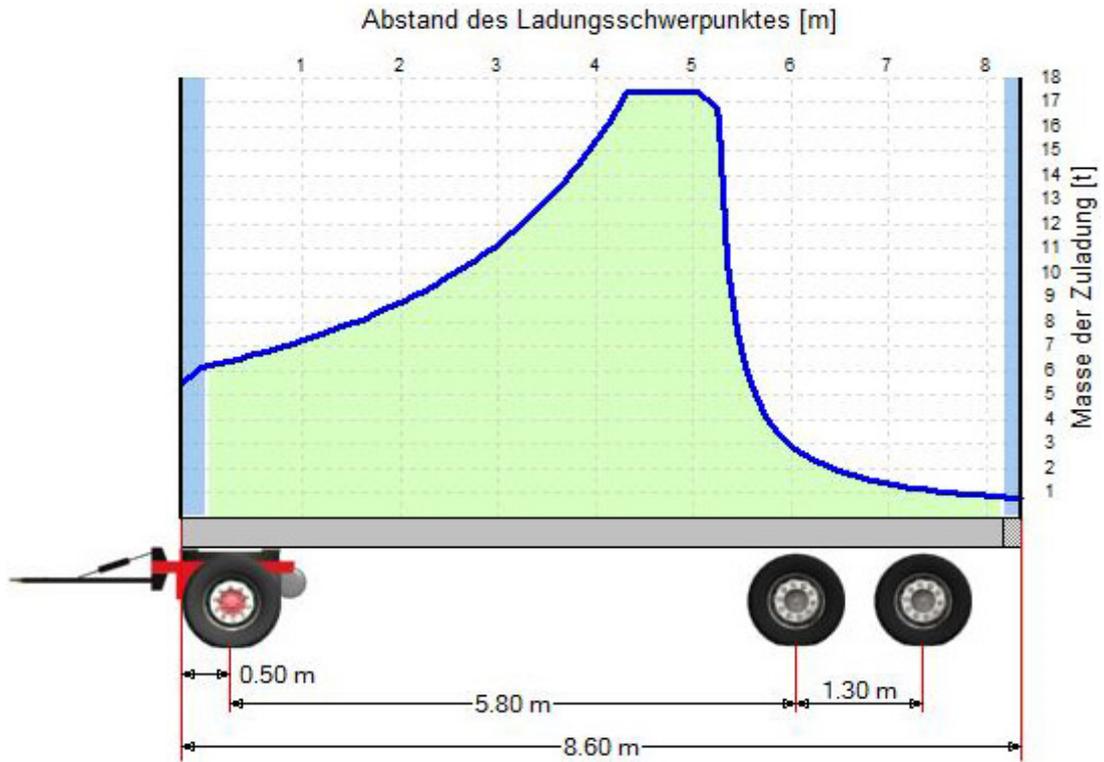


Quelle: BG-Fahrzeughaltungen (Programm Lastverteilungsplan v3D.0)

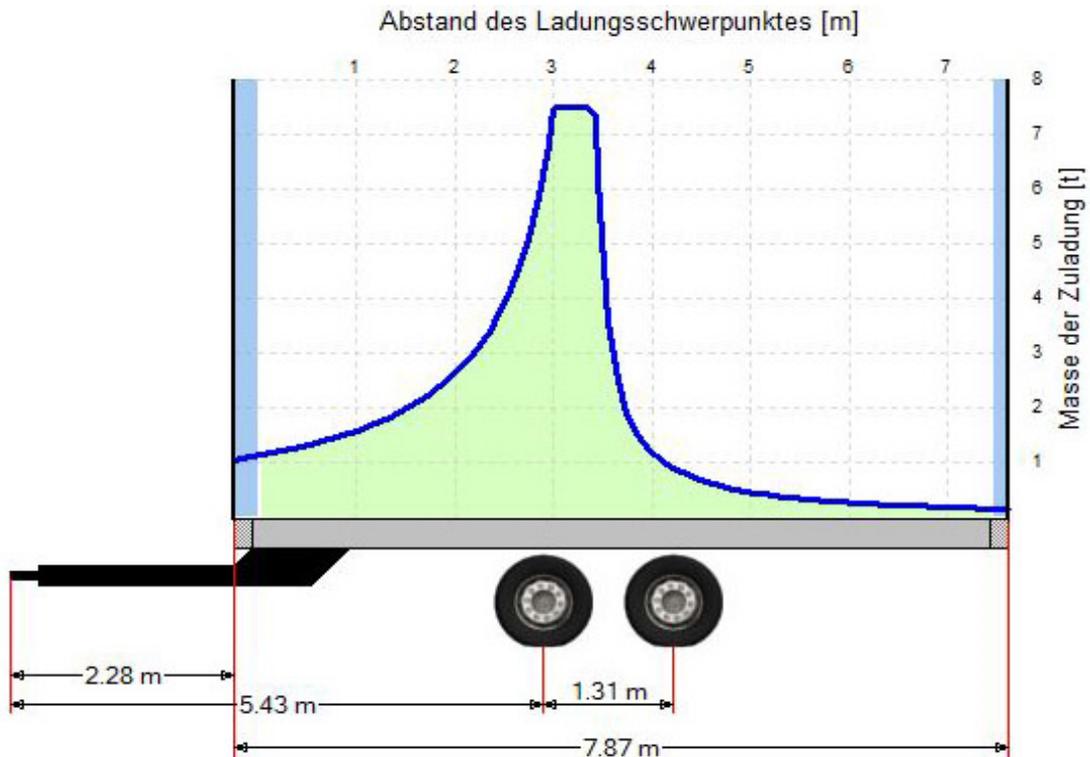
- A: Begrenzung durch die zulässige Vorderachslast,
- B: Begrenzung durch die maximale Zuladung,
- C: Begrenzung durch die zulässige Hinterachslast,
- D: Begrenzung durch die Mindestlenkachslast.

6. Lastverteilung

Hier weitere Beispiele für den Verlauf von typischen Lastverteilungsplänen für verschiedene Fahrzeugarten:

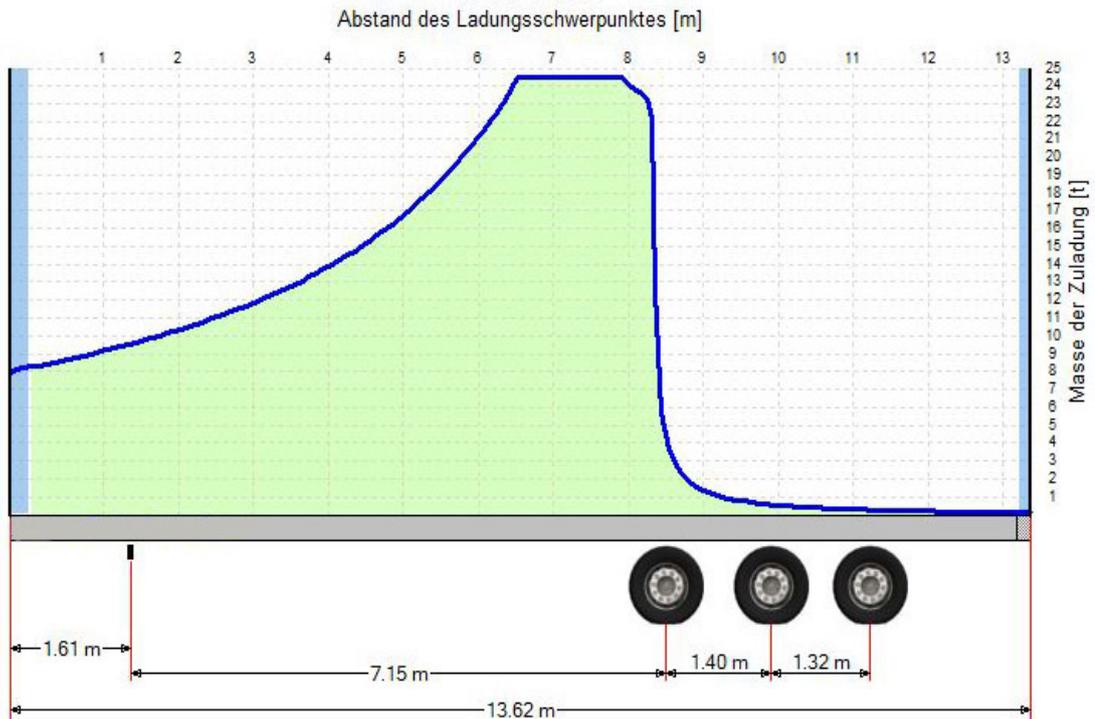


Quelle: BG-Fahrzeughaltungen (Programm Lastverteilungsplan v3D.0)



Quelle: BG-Fahrzeughaltungen (Programm Lastverteilungsplan v3D.0)

6. Lastverteilung



Quelle: BG-Fahrzeughaltungen (Programm Lastverteilungsplan v3D.0)

Den Lastverteilungsplan für das Fahrzeug muss der Hersteller zu Verfügung stellen. Die Berufsgenossenschaft für Verkehr hat eine Software entwickelt, mit der durch Eingabe der Grunddaten des Fahrzeugs ein Lastverteilungsplan erstellt werden kann. Diese Software ist bei der BG Verkehr sehr günstig zu bekommen. Einen verbindlichen LVP kann allerdings nur der Hersteller erstellen, da nur diesem bestimmte Daten des Fahrzeugs und des Aufbaus zur Verfügung stehen.

Wie bereits oben dargestellt, sind in der Praxis oft mehrere Ladungen zu transportieren. Dabei stellt sich dann die Frage nach der Lage des Gesamtschwerpunktes. Dieser kann anhand einer Berechnungsformel ermittelt werden:

$$S_{\text{res}} = \frac{S_1 \cdot m_1 + S_2 \cdot m_2 \dots}{m_1 + m_2 \dots}$$

Legende: S = Schwerpunktabstand; m = Masse

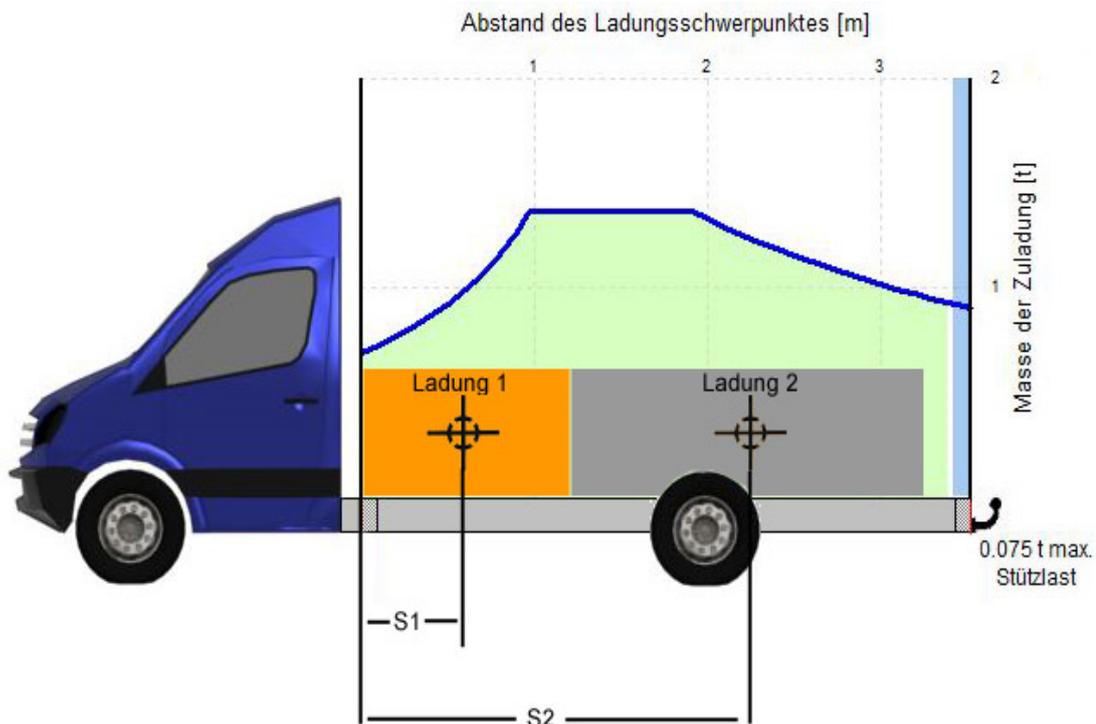
6. Lastverteilung

Dies soll an folgendem Beispiel verdeutlicht werden:

Die Ladung soll auf dem Fahrzeug transportiert werden. Um zu ermitteln ob der Lastverteilungsplan eingehalten wurde, muss nun die Lage des Gesamtschwerpunktes ermittelt werden.

Ladung 1: Länge: 1,20 m; Gewicht: 500 kg; Schwerpunkt symmetrisch in der Mitte.

Ladung 2: Länge: 2,00 m; Gewicht: 800 kg; Schwerpunkt symmetrisch in der Mitte.



Quelle: BG-Fahrzeughaltungen (Programm Lastverteilungsplan v3D.0)

Rechenbeispiel:

$$S_{\text{res}} = \frac{0,60 \text{ m} \times 500 \text{ kg} + 2,20 \text{ m} \times 800 \text{ kg}}{500 \text{ kg} + 800 \text{ kg}} = \frac{300 + 1.760}{1.300 \text{ kg}} = \frac{2.060}{1.300} = 1,5846 = 1,58 \text{ m}$$

Der Gesamtschwerpunkt sitzt also bei dieser Beladung 1,58 m hinter der Stirnwand. Trägt man nun die Werte in das Schaubild ein, erhält man einen Schnittpunkt bei Zuladung 1,3 t und Lastschwerpunkt Abstand 1,58 m. Dieser Schnittpunkt liegt unterhalb der Kennlinie des LVP im „grünen“ Bereich. Somit ist der LVP eingehalten.

Seitliche Lastverteilung

Die bisher gezeigten Lastverteilungspläne berücksichtigen nur die Verteilung der Last zwischen Vorder- und Hinterachse. Für die Stabilität des Fahrzeugs ebenfalls bedeutend ist die Radlastverteilung, also die Verschiebung des Schwerpunktes auf der La-

6. Lastverteilung

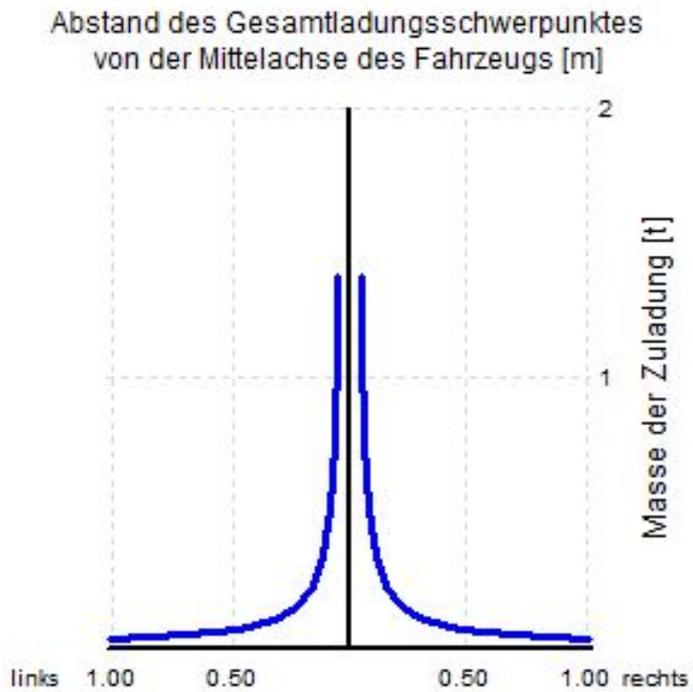
defläche nach links oder rechts von der Fahrzeuglängsachse. Bei modernen Fahrzeugen wird eine Verschiebung beziehungsweise ein Ungleichgewicht der Radlast oft gar nicht bemerkt, da die Federung des Fahrzeugs diese bis zu einem gewissen Grad ausgleicht. Da sich seitliche Verschiebungen des Schwerpunktes aber ebenfalls auf die Fahrsicherheit des Fahrzeugs auswirken, muss diese ebenfalls im Auge behalten werden.

Um dies bei den LVP berücksichtigen zu können, wurden 3-Dimensionale Lastverteilungspläne entwickelt. Darin werden Radlastdifferenz-Kurven berücksichtigt.



Quelle: BG-Fahrzeughaltungen (Programm Lastverteilungsplan v3D.0)

6. Lastverteilung



Quelle: BG-Fahrzeughaltungen (Programm Lastverteilungsplan v3D.0)

Der Bereich in dem der Schwerpunkt von der Fahrzeuglängsachse abweichen darf, ist relativ gering und in der Praxis unter Umständen sehr schwer einzuhalten.

6. Lastverteilung

Hier zwei Beispiele zu den Regelungen über die Radlastverteilung aus den Bedienungsanleitungen der Hersteller:

4.2.1 Gewichtsverteilung

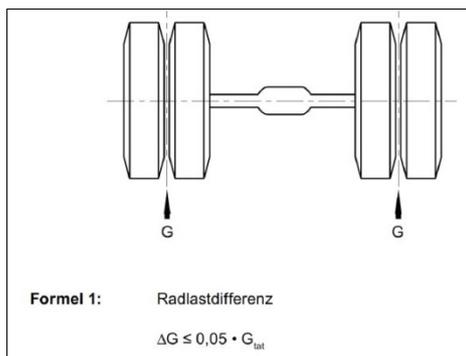
Einseitige Gewichtsverteilung vermeiden.

Die Radlast (1/2 der Achslast) darf um maximal 4 % überschritten werden. Reifentragfähigkeit beachten.

Beispiel:

- Zulässige Achslast 10 000 kg
- Zulässige Radlastverteilung 5 200 kg zu 4 800 kg

Quelle: Auszug aus Bedienungsanleitung Mercedes Benz



Beispiel:

Tatsächlich vorhandene Achslast $G_{\text{lat}} = 4.000 \text{ kg}$

Somit zulässige Radlastdifferenz:

$$\begin{aligned}\Delta G &= 0,05 G_{\text{lat}} = 0,05 \cdot 4.000 \text{ kg} \\ \Delta G &= 200 \text{ kg}\end{aligned}$$

Somit z.B. 1.900 kg auf der einen und 2.100 kg auf der anderen Seite.

Die ermittelte maximale Radlast gibt keine Auskunft über die zulässige Einzelradlast der jeweiligen Bereifung. Hierzu geben die technischen Handbücher der Reifenhersteller entsprechende Informationen.

Quelle: Auszug aus Bedienungsanleitung MAN

7. Zurrmittel

Um die Ladung zu sichern werden in vielen Fällen Zurrmittel verwendet. Dabei gibt es verschiedene Zurrmittel:

- Zurrgurte (DIN EN 12195-2),
- Zurrketten (DIN EN 12195-3) und
- Zurrdrahtseile (DIN EN 12195-4).

Dabei sind in der Praxis Zurrgurte das am meisten verwendete Zurrmittel. Damit ein Zurrmittel die Ladung sichern kann, muss es festgelegte Eigenschaften aufweisen und technisch einwandfrei arbeiten. Deshalb gibt es bestimmte Anforderungen an die verschiedenen Zurrmittel, die deren Funktion sicherstellen sollen.

Scharfe Kanten

Bei allen Zurrmitteln gilt, dass diese nicht durch scharfe Kanten beschädigt werden dürfen. Dabei sind die Definitionen einer scharfen Kante bei den Zurrmitteln nicht identisch. Es sollten deshalb schon beim Anschein einer scharfen Kante vorsorglich zum Schutz der Zurrmittel (und auch der Ladung) Kantengleiter eingesetzt werden.

Zurrgurte aus Chemiefasern

Zurrgurte gibt es in verschiedenen Ausführungen. Eine grundlegende Unterscheidung ist das verwendete Material des Gurtbandes. Das verwendete Material ist auf dem Etikett des Gurtbandes vermerkt, ist aber auch an der Farbe des Etiketts zu erkennen. Die Farben der Etiketten stehen dabei nach DIN 12195-2 für folgende Materialien:

Farbe des Etikett	Werkstoff	Temperaturbereich	
	blau	Polyester (PES)	-40°C bis +120°C*
	grün	Polyamid (PA)	-40°C bis +100°C*
	braun	Polypropylen (PP)	-40°C bis +80°C*
	weiß	anderer Werkstoff	Herstellerangabe

* Herstellerangaben beachten

7. Zurrmittel

Grundsätzlich dürfen für die Ladungssicherung nur zugelassene und gekennzeichnete Zurrmittel verwendet werden, da nur dann eine Information über die tatsächliche Sicherungskraft des Zurrmittels vorhanden ist.

Zurrgurte gibt es in zwei Grundvarianten:

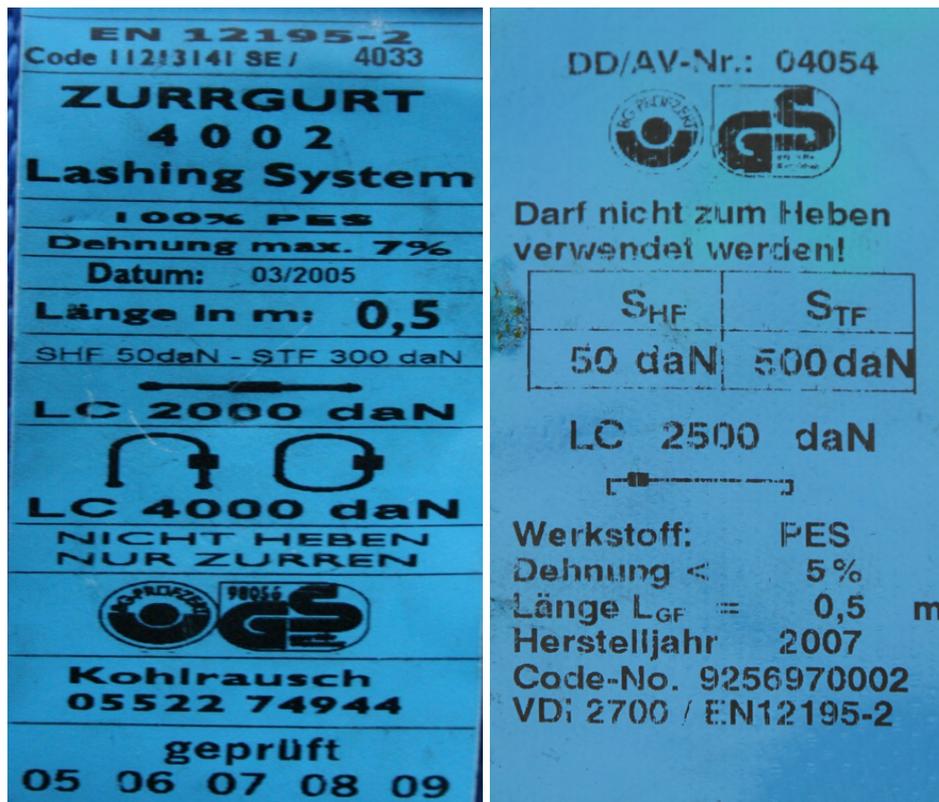
- zweiteilige Gurte (bestehend aus Ratsche und Gurtband mit Haken) und
- einteilige Gurte (Ratsche mit Gurtband).

Während der zweiteilige Gurt der Regelfall in der Ladungssicherung ist, da mit ihm eine Ladung niedergezurrt werden kann, wird der einteilige Gurt eher dazu verwendet, eine Ladeeinheit zu sichern oder eine Umreifung herzustellen.

An jedem Zurrgurt oder an jeder Zurrgurteinheit muss ein Etikett mit folgenden Angaben angebracht sein:

- Zurrkraft in daN (LC = Lashing Capacity),
- Länge in m,
- normale Handkraft in daN (S_{HF} = Standard Hand Force),
- normale Vorspannkraft in daN (S_{TF} = Standard Tension Force),
- Warnhinweis „Darf nicht zum Heben verwendet werden“,
- Werkstoff des Gurtbandes (PES, PA, PP),
- Name oder Symbol des Herstellers oder Lieferanten,
- Rückverfolgbarkeitscode des Herstellers,
- Nummer und Teil der Norm (zum Beispiel DIN EN 12195-2),
- Dehnung des Gurtbandes in Prozent bei LC (max. 7 Prozent) und
- Herstellungsjahr.

7. Zurrmittel



Quelle: Kohlrausch / Dolezych

Oft sind noch weitere Informationen auf den Etiketten zu finden. Das kann zum Beispiel das GS-Zeichen sein. Dieses muss nicht auf dem Etikett vorhanden sein, zeigt aber, dass sich der Hersteller oder Lieferant einer freiwilligen Kontrolle unterzieht und so eine gleichbleibende Qualität liefern kann. Ebenso findet sich in manchen Fällen ein BG-Zeichen auf den Gurten, dabei handelt es sich ebenfalls ein freiwilliges Prüfzeichen. Leider werden das GS-Zeichen und das BG-Zeichen in der Praxis auch durch manche Hersteller oder Lieferanten gefälscht, um so den Verkauf der Produkte zu steigern.

In manchen Fällen ist auch das CE-Zeichen auf Etiketten zu finden. Es dürfte aber eigentlich nicht auf den Etiketten vorkommen, da der Anwendungsbereich für die Anbringung des CE-Zeichens sich nicht auf Zurrurte bezieht.

7. Zurrmittel

Spannelemente

Mit den Spannelementen (Ratschen, Winden, Klemmschlösser) werden die Vorspannkraften in das Spannmittel (Gurtband) eingebracht und aufrechterhalten. Es gibt verschiedene Arten der Ratschen. Eine Hauptunterscheidung kann aber in zwei Bereichen getroffen werden:

- Kurz- oder Langhebelratschen und Zug- oder Druckratschen.



Über die Länge des Ratschenhebels wird die Vorspannkraft beeinflusst. Bei den Zug- und Druckratschen liegt der Unterschied in der Bedienungsrichtung, mit der die Kraft in die Ratsche eingeleitet wird.

Verlängerungen des Spannhebels zur Erhöhung der Vorspannkraft, dürfen nur mit Erlaubnis des Herstellers verwendet werden. Im Regelfall ist die Verwendung von Verlängerungen nicht erlaubt.

7. Zurrmittel

Verbindungselemente

Darunter sind in den meisten Fällen die Haken der Zurrgurte zu verstehen, mit denen diese an den Zurrpunkten befestigt werden. Dabei gibt es verschiedene Arten. Es sollen hier die gängigen Varianten kurz vorgestellt werden:

Spitzhaken

Der Spitzhaken ist der wohl am häufigsten anzutreffende Haken bei Spanngurten. Mit ihm können die Gurte am Zurrpunkt oder auch am Fahrzeugrahmen (wenn dieser dafür ausgelegt ist und nicht beschädigt wird) befestigt werden.



Klauenhaken oder Rahmenhaken

Der Klauenhaken oder auch Rahmenhaken genannt, ist gut dafür geeignet um am Hauptrahmen des Fahrzeugs eingehängt zu werden. Dabei muss allerdings beachtet werden, dass der Rahmen auch dafür ausgelegt ist und die auftretenden Kräfte aufnehmen kann. Dazu sollte der Hersteller befragt werden. Beim Einsatz des Klauenhakens müssen immer beide Hakenründe im Zurrpunkt eingehängt sein.



7. Zurrmittel

Karabinerhaken

Der Karabinerhaken ist für den Einsatz im Zurrpunkt geschaffen. Er bietet den Vorteil, dass er sich nicht aushängen kann, wenn der Gurt über eine Ladung gelegt wird, um diesen dann auf der anderen Seite zu Verzurren. Es gibt ihn in verschiedenen Ausführungen.



Ablegereife des Zurrgurtes

Es gibt für Zurrgurte keine maximale Nutzungsdauer. Zurrgurte können verwendet werden, solange sie nicht bestimmte Merkmale der Abnutzung (Ablegereife) aufweisen. Dabei sehen sowohl die DIN EN als auch die VDI-Richtlinie Regelungen für die Prüfung von Zurrgurten vor:

- Zurrgurte sollen vor und nach jedem Einsatz einer Sichtprüfung unterzogen werden (DIN EN 12195-2),
- Zurrgurte sind einmal jährlich durch eine befähigte Person zu überprüfen (VDI 2700 - Blatt 3.2).

Sollten bei diesen Prüfungen Unregelmäßigkeiten festgestellt werden, müssen die Zurrmittel außer Betrieb genommen werden. Es handelt sich aber lediglich um Sichtprüfungen.

Zurrgurte gelten als ablegereif, wenn folgende Kriterien erfüllt sind:

7. Zurrmittel

Spannmittel (Gurt)

- Fehlendes Etikett oder Angaben darauf nicht lesbar,
- Garnbrüche oder Schnitte,
- Verformung durch Wärmeeinwirkung,
- Einsatz von aggressiven Stoffen (ätzende Stoffe),
- Beschädigung tragender Nähte,
- Einschnitte gleich oder größer 10 Prozent an der Webkante oder
- Löcher im Gurtband.

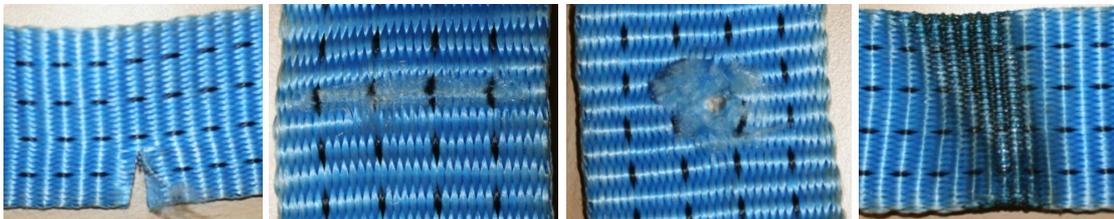
Spannelement (Ratsche)

- Fehlendes Etikett oder Angaben darauf nicht lesbar,
- Verformungen der Schlitzwelle,
- Spannhebel gebrochen,
- Entriegelung verbogen,
- Zahnkranz verschlissen,
- Federn nicht mehr voll funktionsfähig oder
- Korrosion.

Verbindungselement (Haken)

- Ausweitung des Hakens um mehr als 5 Prozent und
- Aufrisse, Korrosion, bleibende Verformungen.

Beschädigungen an Gurtbänder mit der Folge der Ablegereife:



Sonstiges zu Zurrgurten

Es hat sich mittlerweile eingebürgert, dass die Hersteller eine eigene Kennzeichnung der Belastbarkeit mit in das Gurtband integrieren. Dabei werden in das Gurtband Nähte eingefügt, wobei eine Naht für eine Festigkeit von 500 daN im direkten Zug (LC) steht. Diese Kennzeichnung ist allerdings nur ein Zusatz und ersetzt nicht das Etikett. Eine sichere Aussage über die Vorspannkraft der Ratsche kann daraus ebenfalls nicht ermittelt werden.



In der Praxis kommt es auch gerne vor, dass sich die Ratschen und Gurtbänder verschiedener Hersteller oder auch Modelle miteinander vermischen. Dann ist zu beachten, welcher Wert auf dem Etikett verwendet wird. Da beim Niederrücken immer die Vorspannkraft der Ratsche relevant ist, gilt dann der S_{TF} -Wert auf dem Etikett der Ratsche. Für die Zukunft haben einige Hersteller angekündigt, auf die Angabe des S_{TF} -Wertes auf dem Etikett des Gurtbandes zu verzichten um diese Fehlerquelle auszuschließen. Beim Diagonalzurücken gilt in einem solchen Fall immer der kleinere LC-Wert. Es sollte vermieden werden, dass Ratschen mit anderen nicht zugehörigen Gurtbändern verwendet werden.

Ebenso ist es nicht einfach für den Bediener zu erkennen, welche Vorspannkraft nun tatsächlich durch die Ratsche ausgegeben wird. Dazu können Ratschen mit integrierten Anzeigen oder auch spezielle Messgeräte für die Vorspannkraftanzeige verwendet werden. Diese können eine ungefähre Anzeige liefern, stellen aber kein geeichtes Messergebnis dar.

7. Zurrmittel

Zurrketten

Zurrketten bestehen aus dem Spannmittel (Rundstahlkette), dem Spannelement (zum Beispiel Spindelspanner), dem Verbindungselement (Haken) und in manchen Fällen auch aus einem Verkürzungselement. Auch bei Zurrketten dürfen die Kennzeichnungsanhänger nicht fehlen und müssen lesbar sein.



Auch die Angaben auf dem vorgeschriebenen Anhänger der Zurrketten sind in der DIN EN 12195-3 festgelegt:

- Zurrkraft (LC = Lashing Capacity) in kN,
- übliche Spannkraft (S_{TF} = Standard Tension Force) in daN,
- Name oder Kennzeichen des Herstellers oder Lieferanten,
- Rückverfolgbarkeitscode des Herstellers,
- Nummer und Teil der Norm (zum Beispiel DIN EN 12195-3),
- Art der Zurrung,
- Warnhinweis „Darf nicht zum Heben verwendet werden“ (ausgenommen Mehrzweck-Ratschenzüge) und
- bei Mehrzweck-Ratschzügen: Angabe der maximalen Handkraft zur Erreichung der WLL (Working Load Limit).



Durch die hohe Festigkeit eignen sich Zurrketten insbesondere für die Sicherung durch Direktzurren. Bei der Anbringung der Ketten müssen folgende Regelungen berücksichtigt werden:

- der Zurrpunkt muss ebenfalls die eingeleiteten Kräfte aufnehmen können,
- die Spannelemente müssen eine Sicherheitsvorrichtung gegen unbeabsichtigtes Lösen aufweisen und
- die Haken müssen eine Hakensicherung gegen das unbeabsichtigte Aushängen besitzen.

Ablegereife von Zurrketten

Auch für Zurrketten gibt es entsprechende Ablegekriterien. Diese sollen nachfolgend kurz dargestellt werden. Die VDI 2700 sieht auch hier eine jährliche Prüfung durch eine befähigte Person vor. Zusätzlich zu den Vorgaben der Norm sollten unbedingt die Hinweise des Herstellers zur Prüfung und Ablegereife von Zurrketten beachtet werden.

Spannmittel

- Oberflächenrisse,
- Dehnung von mehr als 3 Prozent,
- Verschleiß von mehr als 10 Prozent der Nenndicke,
- sichtbare Verformungen oder Übermäßige Korrosion.

7. Zurrmittel

Spannelement und Verbindungsteile

- Aufweitung des Hakens um mehr als 5 Prozent,
- Risse, Korrosion, bleibende Verformungen oder Verschleiß in starkem Umfang.

Zurrdrahtseile

Zurrdrahtseile sind seltener als Sicherungsmittel bei der Ladungssicherung anzutreffen. Es gibt dennoch Bereiche wie Holztransport und Baustahlmatten, in denen Zurrdrahtseile verwendet werden. Dabei werden Zurrdrahtseile immer mit einer Spannvorrichtung verwendet. Dies kann zum Beispiel eine Seilwinde oder Ratsche mit Spannhebel sein. Die Drahtseile müssen einige Vorgaben erfüllen. Nachteilig ist bei Zurrdrahtseilen die hohe Steifigkeit, durch welche die Handhabung erschwert wird. Von Vorteil ist dagegen die hohe Zugkraft ab einem bestimmten Seildurchmesser.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die vorgesehenen Zugkräfte für die bestimmten Seilnennendurchmesser:

Seilnennendurchmesser (in mm)	Zulässige Zugkraft LC (in daN)
8	1.120
10	1.750
12	2.500
14	3.500
16	4.500
18	5.650
20	7.000

Auch hier sind aber immer die Angaben des Herstellers relevant. Deshalb müssen nach DIN EN 12195-4 Zurrdrahtseile oder die Einzelkomponenten mit einem Metallanhänger gekennzeichnet sein, auf dem folgende Informationen zu finden sind:

- Nummer und Teil der Norm (DIN EN 12195-4),
- Zurrkraft LC,
- normale Spannkraft S_{TF} ,
- normale Handkraft S_{HF} (nur bei Mehrzweckseilzügen und Seilwinden),
- Name des Herstellers oder Lieferanten,
- Rückverfolgbarkeitscode und
- Hinweis: „Darf nicht zum Heben verwendet werden“.

7. Zurrmittel

Ablegereife von Zurrdrahtseilen

- Fehlende oder nicht lesbare Kennzeichnung,
- Beschädigung einer Pressklemme oder Spleißes,
- starker Verschleiß durch Abrieb von mehr als 10 Prozent der Seildicke,
- Quetschungen, bei denen das Seil um mehr als 15 Prozent plastisch verformt wurde,
- schadhafte Stellen an den Klemmbacken von Seilzügen,
- starke Korrosion,
- Knicke und Verdrehungen oder
- sichtbare Drahtbrüche:
 - mehr als 4 Drähte auf einer Länge von $3d$ oder
 - mehr als 6 Drähte auf einer Länge von $6d$ oder
 - mehr als 16 Drähte auf einer Länge von $30d$
(d = Drahtseilennendurchmesser).

Die Zurrdrahtseile sind in regelmäßigen Abständen durch einen Sachkundigen zu untersuchen.

Sonstiges zu Zurrdrahtseilen

In der Nähe der Pressklemme oder des Spleißes dürfen Zurrdrahtseile nicht gebogen werden. Es ist ein Abstand von 3-mal dem Seilennendurchmesser von der Kante der Pressklemme oder des Spleißendes einzuhalten.



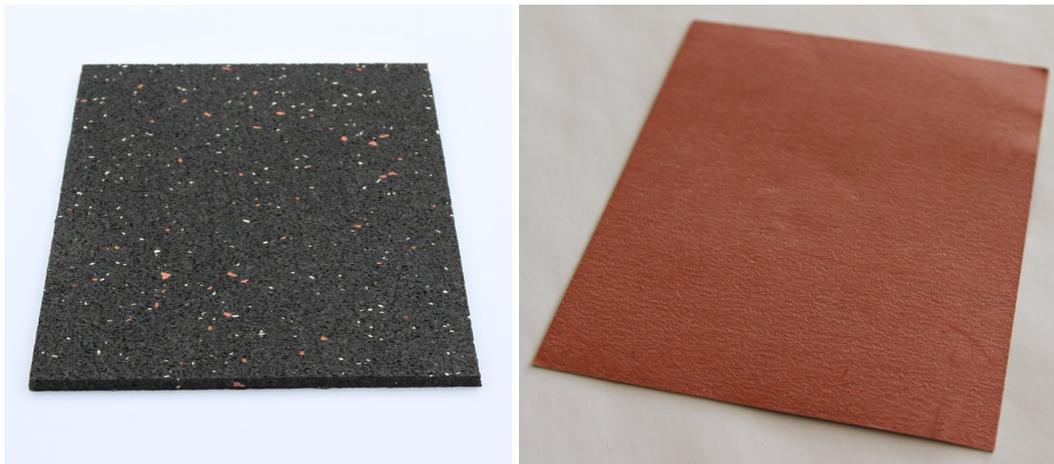
8. Hilfsmittel

Es stehen verschiedene Hilfsmittel für die Ladungssicherung zur Verfügung. Einige davon können primär als Sicherung eingesetzt werden und manche verbessern quasi die Wirkung von anderen Sicherungsmaßnahmen. Hier sollen die gängigsten Hilfsmittel kurz vorgestellt werden.

Rutschhemmendes Material (RHM)

Wie bereits bei den physikalischen Grundlagen und bei den Berechnungen aufgefallen ist, spielt die Reibung eine wichtige Rolle in der Ladungssicherung. Die üblichen Reibbeiwerte wurden bereits in den physikalischen Grundlagen erklärt. Da die Reibung einen erheblichen Einfluss auf die Sicherung hat und so auch eine beachtliche Anzahl Zurrmittel eingespart werden kann, stellt rutschhemmendes Material einen wichtigen Baustein im Gesamtsystem der Ladungssicherung dar. Allerdings gibt es auch einige Faktoren die dringend beachtet werden müssen, da ansonsten nur eine scheinbare Sicherheit eintritt.

Rutschhemmendes Material kommt in vielen Variationen vor. Es werden unterschiedliche Materialien verwendet, hauptsächlich Gummi, es kommen aber auch beschichtetes Papier oder Pappe zum Einsatz. Auch die Dicke des rutschhemmenden Materials ist variabel und in vielen verschiedenen Stärken, die teilweise den Einsatzbereich berücksichtigen, erhältlich. Ebenso können die rutschhemmenden Materialien als vorgefertigte Stücke oder auch auf einer Rolle erworben werden.



Hier einige wichtige Punkte für den Einsatz von rutschhemmendem Material:

- Durch das rutschhemmende Material muss das Ladegut vollständig von der Ladefläche getrennt sein, damit der Reibbeiwert des rutschhemmenden Materials wirksam wird. Die Ladung darf also keinen direkten Kontakt zur Ladefläche mehr haben und muss vollständig auf dem rutschhemmenden Material stehen.
- Beim Einsatz von rutschhemmendem Material muss darauf geachtet werden, dass immer der schlechteste Gleit-Reibbeiwert im Gesamtsystem berücksichtigt wird. Beispiel: Hat man Ladegut auf einer Palette, muss das Ladegut auch so mit der Palette verbunden sein, dass es den auftretenden Kräften standhält, da ansonsten ein Unterlegen der Palette mit rutschhemmendem Material keinen Sinn ergeben würde.
- Die farbigen Einzelteile der rutschhemmenden Materialien sind in der Regel Farbcodierungen der Hersteller um ihr Produkt erkennbar zu kennzeichnen. Eine verschmutzte Ladefläche vermindert den Effekt der rutschhemmenden Materialien sehr stark. Eine Ladefläche sollte also besenrein sein beziehungsweise vor dem Einsatz von rutschhemmendem Material gereinigt werden.
- Die Hinweise des Herstellers, insbesondere in Prüfberichten zu den rutschhemmenden Materialien sollten genau beachtet werden. Oft werden bestimmte Gleit-Reibbeiwerte nur unter bestimmten Umgebungsbedingungen erreicht.
- Es sollte beim Verwenden von rutschhemmendem Material maximal von einem Gleit-Reibbeiwert von 0,6 ausgegangen werden.
- Rutschhemmendes Material stellt alleine keine ausreichende Ladungssicherung dar. Es muss auch immer sichergestellt sein, dass die Ladung auf dem rutschhemmenden Material stehen bleibt (zum Beispiel durch Niederzurren).

Kantenschutzwinkel (Kantengleiter)

Kantenschutzwinkel sollen die Ladung vor den Zurrmitteln und auch die Zurrmittel vor der Ladung schützen. Ebenso sorgen die Kantenschutzwinkel auch dafür, dass die Vorspannkraft besser verteilt wird. Allerdings wird dieser Effekt in der Praxis gerne überschätzt. Zwar wird die Verteilung der Vorspannkraft beim Niederzurren durch Einsatz von Kantenschutzwinkeln verbessert, diese Verbesserung ist aber nicht in der Art, dass die Vorspannkraft gleichmäßig verteilt wird. Es wird also auch beim Einsatz von Kantenschutzwinkeln immer auf der Seite des Spannmittels (zum Beispiel Zurratsche) die Vorspannkraft höher sein, als auf der anderen Seite.

8. Hilfsmittel

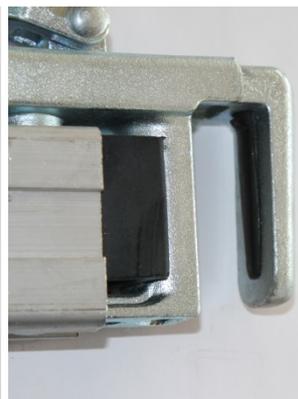
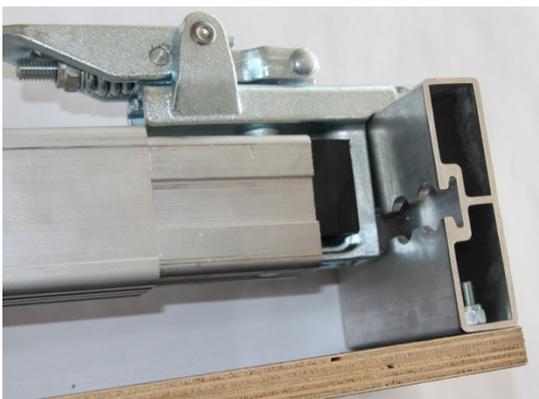
Durch den Einsatz von gummierten Kantengleitern kann dieser Ausgleichseffekt wieder abgeschwächt werden, es sollten deshalb keine gummierten Materialien oder gar rutschhemmendes Material als Kantenschutzwinkel eingesetzt werden.

Kantenschutzwinkel gibt es ebenso in verschiedenen Ausführungen. Hier einige Beispiele:



Spannbretter (Zwischenwandverschlüsse)

Spannbretter werden in den Bordwänden eingeklemmt. Dadurch kann Formschluss hergestellt werden. Die Problematik besteht in der Feststellung der genauen Blockierkraft (BC). Da die Spannbretter nur mit der Bordwand „verklemt“ werden und somit die Reibung der integrierten Gummilippe genutzt wird, kommt es auf die Kraft an, mit der die Verriegelung betätigt wurde und die vorhandene Reibung an. Die notwendige Kraft für die Verriegelung kann aber über eine Stellschraube beeinflusst werden. Somit kann nie genau festgestellt werden, welche Kräfte ein Spannbrett aufnehmen kann. Spannbretter sollten deshalb nur für leichte Ladegüter und auch möglichst nur für die Sicherung nach hinten eingesetzt werden. Die Kräfte sollten nicht als Punktlast, sondern möglichst immer flächig in das Spannbrett eingeleitet werden.



8. Hilfsmittel

Klemmstangen

Klemmstangen werden in der Regel in Kofferaufbauten eingesetzt, da sie gegen den Fahrzeugaufbau gedrückt werden. Die Problematik ist ähnlich wie bei Spannbrettern, eine sichere Aussage über die Blockierkraft (BC) ist auch hier nicht möglich.

Sperrbalken und Ankerschienen

Das Prinzip von Sperrbalken ist ähnlich den Spannbrettern. Allerdings wird durch die Ankerschiene kein Verklemmen angewendet, sondern der Sperrbalken in die Ankerschiene eingesetzt und mechanisch gesichert. Somit sind die Fehlerquellen der Spannbretter weitgehend ausgeschaltet. Bei den Sperrbalken ist also eine Aussage zur Blockierkraft (BC) möglich. Diese muss durch den Hersteller angegeben werden.



8. Hilfsmittel

Lochschienen

Lochschienen (Zurrschienen genannt) können beispielsweise im Ladeboden eingearbeitet sein. Dadurch besteht die Möglichkeit verschiedene Hilfsmittel einzusetzen wie zum Beispiel Klötze, Keile und Stangen und mit diesen die Ladung formschlüssig zu sichern.

Ebenso besteht die Möglichkeit in die Lochschienen Zurrpunkte einzusetzen. Dieses System ist in Kofferaufbauten auch an den Seitenwänden zu finden.



Luftpolster (Airbag)

Luftpolster werden verwendet um Lücken zwischen der Ladung zu schließen. Es kann dadurch also Formschluss hergestellt werden. Diese Variante ist beispielsweise in Seecontainern zu finden, im Straßentransport auf Lkw eher seltener. Die Luftpolster gibt es als einmal und mehrfach verwendbare Varianten. Auf dem Markt sind Papiersäcke und auch Kunststoffvarianten erhältlich. Da durch einen Luftverlust die Ladungssicherung versagen könnte, muss sichergestellt sein, dass die Luftpolster nicht durch andere Ladungsteile beschädigt werden. Beim Einsatz von Luftpolstern sind ebenfalls die Benutzungshinweise des Herstellers zu beachten (zum Beispiel zum maximalen Luftdruck und zu den möglichen und erlaubten Einsatzbereichen).

Planen

Planen werden häufig beim Transport von Schüttgütern eingesetzt. Dadurch soll verhindert werden, dass Ladungsteile durch den Fahrtwind vom Fahrzeug geweht werden. Oft wird die Gefahr durch herabgewehrte Ladungsteile von der Ladefläche unterschätzt. Dazu sollte man sich nur vorstellen, dass durch diese Teile andere Fahrzeuge beschädigt werden oder auch Menschen verletzt werden könnten.

Netze

Auch Netze können zur Sicherung eingesetzt werden. Der Vorteil besteht darin, dass einzeln schwer zu sichernde Ladungsteile so mit relativ geringem Aufwand gesichert werden können. Allerdings muss das Netz auch ausreichend befestigt werden können. Beim Einsatz von Zurrnetzen muss zudem beachtet werden, dass einzelne Ladungsteile durch das Netz eventuell nicht richtig erfasst werden und so keine effektive Ladungssicherung erreicht werden kann.

Bei den Netzen können einfache Netze eingesetzt werden, welche einfach nur aus Maschengewebe bestehen. Diese Variante kommt häufig bei kleineren offenen Anhängern oder bei Schüttmulden zum Einsatz. Die Hersteller bieten aber auch mehr und mehr spezielle Netze für das Niederzurren oder die Direktzurrvarianten an. An diesen Zurrnetzen sind dann ebenfalls Etiketten angebracht, welche Angaben zur Belastbarkeit machen.

8. Hilfsmittel



Quelle: SpanSet

Zinkblecke

Dieses Hilfsmittel ist heute eher selten geworden. Es handelt sich um eine formschlüssige Variante, bei der ein Blech mit Spitzen nach oben und unten zwischen Palette und Ladeboden gelegt wird. Die Palette wird dann darauf abgesetzt und die Spitzen bohren sich in die Palette und den Ladeboden. Problematisch gestaltet bei dieser Variante das Bestimmen der Sicherungskraft und die Beschädigung des Ladebodens.



Rundschlingen

Mit Rundschlingen können Befestigungspunkte geschaffen werden, wenn an der Ladung keine direkten Befestigungsmöglichkeiten bestehen. Dabei ist die zulässige Belastbarkeit der Rundschlinge zu beachten.



Keile

Keile werden häufig in Kombination mit einem entsprechenden Schienensystem verwendet. Dadurch können die Keile direkt an der Ladung angesetzt und im Schienensystem arretiert werden. Beim Transport von Papierrollen ist diese Variante gebräuchlich.

Mulden

Mit Mulden können Ladungen auf der Ladefläche formschlüssig gesichert werden oder die Sicherung unterstützt werden. Sicherlich bekannt sind in diesem Bereich Stahl-Coil-Mulden.

Festlegehölzer

Dabei werden Holzbalken auf der Ladefläche so vernagelt, dass dadurch eine formschlüssige Umrahmung für die Ladung entsteht. Durch das Vernageln wird die Ladefläche aber beschädigt, was bei häufiger Anwendung zur Unbrauchbarkeit des Ladebodens führt. Festlegehölzer sind deshalb eine heute nicht mehr gängige Variante.

Seit 2010 gibt es eine aktualisierte DIN EN 12195-1:2010. Die bisher dargestellten Ausführungen und Berechnungen waren alle auf die DIN EN 12195-1:2003 bezogen. In der aktualisierten Norm werden teilweise die Berechnungsformeln für die Ermittlung der notwendigen Sicherungskräfte abgeändert. So kommen bei Anwendung der neuen Norm andere (niedrigere) Ergebnisse zustande als bei Berechnung mit den Formeln nach DIN EN 12195-1:2003. Die Auswirkungen dieser neuen Norm werden in der Fachwelt sehr unterschiedlich diskutiert. Es soll hier keine abschließende Bewertung dieser neuen Norm abgegeben werden. Da diese Norm aber in bestimmten Bereichen schon Einzug gehalten hat und faktisch vorhanden ist, sollen die Änderungen und deren Auswirkungen kurz dargestellt werden.

Schon vor der endgültigen Verabschiedung der neuen Norm bildete sich heftiger Widerstand, da eine deutliche Minderung der Sicherheit durch deren Anwendung befürchtet wurde. Um nun zu verstehen, welche Problematik hinter diesen Änderungen stecken, hier ein kurzer Überblick über die wichtigsten Änderungen:

- Es ist beim Niederzurren kein k-Wert mehr vorhanden. Es wird durch die Norm somit „angenommen“ dass es keine Verringerung der Vorspannkraft auf der Gegenseite des Spannelementes gibt. Diese Annahme steht unter Kritik, da es physikalisch in der Regel nicht möglich ist die Vorspannkraft eines Spannelementes vollständig auf die Gegenseite zu übertragen. Allerdings soll dieser Umstand durch einen neuen Sicherheitsbeiwert (siehe weiter unten) wieder ausgeglichen werden.
- Es wird nicht mehr der Gleit-Reibbeiwert verwendet, sondern festgelegte (Haft-) Reibwerte als Berechnungsgrundlage angesetzt, die in einer Tabelle im Anhang der Norm aufgeführt sind. Die angesetzten Reibwerte stehen wegen ihrer Höhe und der fehlenden Toleranzangabe unter Kritik.
- Der Nachweis zur Ladungssicherung soll anhand eines statischen Kippversuches erbracht werden können. Dieser Punkt wird kritisiert, da die tatsächlich vorhandenen dynamischen Einflüsse dabei nicht berücksichtigt werden.
- Einführung eines Sicherheitsbeiwertes von $f_S = 1,1$ (seitlich und nach hinten) beziehungsweise $f_S = 1,25$ (in Fahrtrichtung) als Ersatz für bestimmte Einflussfaktoren. Daran wird kritisiert, dass dieser Sicherheitsbeiwert nicht ausreichend bemessen ist.
- Einheitliche Faktoren und Werte für die unterschiedlichen Zurrarten bei Kippgefahr sind entfallen.

9. Die neue Norm DIN EN 12195-1:2010

- Beim Direktzurren kann beim Fehlen von entsprechenden Tabellenreiwerten ein Umrechnungsfaktor $f_{\mu} = 0,75 - 1,0$ angewendet werden. Dieser Wert wird als zu hoch bemessen angesehen.

Die Anwendung der neuen Norm wird in Deutschland momentan überwiegend (noch) abgelehnt. Bisher stellen die VDI 2700 und die DIN EN 12195-1:2003 die anerkannten technischen Regeln dar, nach denen die Wirksamkeit der Ladungssicherung begutachtet wurde. Die Problematik besteht nun darin, dass durch die Einführung der neuen DIN EN 12195-1:2010 eigentlich die alte Version ihre Gültigkeit verloren hat. Ein weiterer Schritt in die Richtung der neuen Norm wurde im ADR 2013 (Europäisches Übereinkommen über die Internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße) gemacht. Darin wird ausdrücklich geregelt, dass die Ladungssicherungsanforderungen nach Abschnitt 7.5.7 ADR als erfüllt gelten, wenn die Sicherung nach den Regelungen der neuen Norm durchgeführt wurde.

Grundsätzlich kann allerdings festgehalten werden, dass bei einer Ladung die nach den Regelungen der alten DIN EN 12195-1:2003 gesichert wurde, kein Grund zur Beanstandung besteht, da deren Anforderungen in der Regel höher als in der neuen Norm sind, ist die Ladung quasi übersichert, wenn man von den Anforderungen der neuen Norm ausgeht. Auch im nationalen Vorwort der DIN EN 12195-1:2010 wird darauf verwiesen, dass ein höherwertiges Sicherheitsniveau jederzeit angewendet werden kann.

Bei der Nutzung von entsprechender Berechnungssoftware oder Berechnungsprogrammen auf dem Smartphone, kann häufig gewählt werden, nach welcher Grundlage die Berechnung erfolgen soll. So kann auch ein Vergleich zwischen den verschiedenen Normen angestellt werden. Grundsätzlich lässt sich aber anmerken, dass die DIN EN 12195-1:2010 bei der Verwendung eines realistischen Gleit-Reibbeiwertes Ergebnisse liefert, die nur etwas unterhalb des Sicherheitsniveaus der DIN EN 12195-1:2003 liegen.

Wie sich die Rechtsprechung zur neuen DIN EN 12195-1:2010 entwickelt muss abgewartet werden.

Im Juli 2014 wurde in der Richtlinienreihe VDI 2700 das neue Blatt 2 (Berechnung von Sicherungskräften- Grundlagen) veröffentlicht. Im Wesentlichen werden darin die bisherigen Verfahren der DIN EN 12195-1:2003 verwendet. Ein gravierender Unterschied stellt allerdings der verwendete Übertragungsbeiwert beim Niederzurren dar, der in diesem Blatt mit 1,8 angegeben wird. Damit nähert man sich (zumindest bei diesem Faktor des Niederzurrens) der DIN EN 12195-1:2010 an. Allerdings gibt es in diesem Fall keinen Sicherheitsbeiwert als Ausgleich. Dadurch ist das Sicherheitsniveau beim Blatt 2 der VDI 2700 (bei der Verwendung eines realistischen Gleit-Reibbeiwertes) niedriger als bei der DIN EN 12195-1:2010. Eine generelle Darstellung aller Unterschiede würde den Rahmen dieser Informationsbroschüre sprengen. Auch hier kann bei Nutzung von entsprechender Berechnungssoftware oder Berechnungsprogrammen auf dem Smartphone ausprobiert werden, wie sich die Anzahl der notwendige Sicherungsmittel verändert, da einige Anbieter in ihren Programmen auch schon die VDI 2700 - Blatt 2 (Juli 2014) als Berechnungsgrundlage zur Verfügung stellen.

Es bleibt auch in diesem Fall abzuwarten, wie sich die Rechtsprechung zur Verwendung der verschiedenen Regelwerke und Berechnungsgrundlagen entwickelt. Wünschenswert ist allerdings für die praktische Anwendung eine zeitnahe Klärung der Situation, da die Anwender ansonsten einer ständigen Unsicherheit ausgeliefert sind. Da die DIN EN 12195-1:2003 das höchste Sicherheitsniveau liefert, kann deren Anwendung bei Unklarheiten empfohlen werden, um die Risiken durch die Unsicherheiten zu minimieren.

Anschriften

Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart

Jägerstraße 30, 70174 Stuttgart
Postfach 10 24 44, 70020 Stuttgart
Telefon 0711 2005-0, Telefax -1354
www.stuttgart.ihk.de
info@stuttgart.ihk.de

Bezirkskammer Böblingen

Steinbeisstraße 11, 71034 Böblingen
Telefon 07031 6201-0, Telefax -8260
info.bb@stuttgart.ihk.de

Bezirkskammer Esslingen-Nürtingen

Fabrikstraße 1, 73728 Esslingen
Postfach 10 03 47, 73703 Esslingen
Telefon 0711 39007-0, Telefax -8330
info.esnt@stuttgart.ihk.de

Geschäftsstelle Nürtingen
Mühlstraße 4, 72622 Nürtingen
Postfach 14 20, 72604 Nürtingen
Telefon 07022 3008-0, Telefax -8630

Bezirkskammer Göppingen

Franklinstraße 4, 73033 Göppingen
Postfach 6 23, 73006 Göppingen
Telefon 07161 6715-0, Telefax -8484
info.gp@stuttgart.ihk.de

Bezirkskammer Ludwigsburg

Kurfürstenstraße 4, 71636 Ludwigsburg
Postfach 6 09, 71606 Ludwigsburg
Telefon 07141 122-0, Telefax -1035
info.lb@stuttgart.ihk.de

Bezirkskammer Rems-Murr

Kappelbergstraße 1, 71332 Waiblingen
Telefon 07151 95969-0, Telefax -8726
info.wn@stuttgart.ihk.de

