

## Textile Ladungssicherung - Zurrmittel

Gurtsysteme stellt Zurrgurte vorrangig aus Polyester (PES) her.

### Benutzerhinweise

#### 1. Allgemeines

##### **Faktoren die für den Einsatz textiler Zurrmittel von Bedeutung sind:**

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesetze, Verordnungen, Richtlinien</li> <li>• Ladung (Abmessungen, Gewicht, Schwerpunktslage)</li> <li>• Oberfläche der Ladung (Rauheit, Form, Kanten)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatzbereich (Temperaturen der Ladung und der Umgebung, Chemikalien, aggressive Stoffe)</li> <li>• Zurrmethode (abhängig von der jeweiligen Lastaufnahme-</li> </ul> | <p>punkten und der Beschaffenheit der Ladung)</p> |
|--|---|---|

##### **Vorteile textiler Zurrmittel:**

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe Vorspannkräfte bei geringem Eigengewicht</li> <li>• vielfältige Auswahlmöglichkeiten nach Vorspannkraft, Form und Abmessungen</li> <li>• in jeder Länge herstellbar</li> <li>• durch entsprechende Werkstoffauswahl bei aggressiven Stoffen verwendbar</li> <li>• geringe Feuchtigkeitsaufnahme (max. 0,4%)</li> <li>• rutschhemmend durch breite Auflage der Last</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• lange Haltbarkeit (verrottungsfrei)</li> <li>• Eigensteifigkeit</li> <li>• Schonung des Ladegutes durch gute Anpassung an die Form der Last</li> <li>• Platz sparend verstaubar</li> <li>• hohe Abriebfestigkeit</li> <li>• im trockenen Zustand elektrisch nicht leitend</li> </ul> |
|---|---|

##### **Sichern und Sicherheit sind Pflicht:**

Beim Transportieren treten vielfältige Gefahren für Menschen und Lasten bzw. Transportgüter auf. Diese müssen weitestgehend ausgeschaltet bzw. minimiert werden, denn zu schwer sind die Folgen, wenn Transportgüter durch unsachgemäßes oder unangepasstes Transportieren verrutschen, umkippen oder herunter fallen.

Aus diesem Grund wurden vielfältige Normen, Verwaltungsvorschriften, Verordnungen und Empfehlungen erarbeitet, die für alle Beteiligten verbindlich sind.

Wichtige sind z.B.:

- europäische Maschinen-Richtlinie (89 / 392 / EWG) für alle EU-Mitgliedsstaaten zur Einhaltung der CEN-Norm
- europäische Normen:
 

<b>EN 12195-1</b>	„ Berechnung von Zurrkräften“
<b>EN 12195-2</b>	„ Zurrgurte aus Chemiefasern“

##### **Folgende Normen besitzen den Status deutscher Normen:**

- Straßenverkehrsordnung (**StVO**) und Straßenverkehrszulassungsordnung (**StVZO**) mit den dazugehörigen Verwaltungsvorschriften und der Unfallverhütungsvorschrift (**BGV D 29**)
- Richtlinien 2700 ff des VDI (Verein Deutscher Ingenieure)

Darüber hinaus gilt es in großem Umfang Sicherheitsanforderungen entsprechend der EN 12195-2 zu erfüllen, um auf dem Europäischen Binnenmarkt den freien Warenverkehr zu ermöglichen.

Sicherer Transport von Ladungen (z.B. auf Lastkraftwagen, Anhängern, Schiffen, Bahn) ohne Gefährdung von Personen, des Ladegutes oder anderer Sachwerte muss allen Vorschriften und Regeln entsprechend gewährleistet sein.

Gefährdungen durch Einsatz von ungeeigneten Zurrmitteln oder Zurrmittelkombinationen bzw. ohne ausreichende Ladungssicherung können zum Beispiel sein:

Gefahren für Personen durch ...	Gefahren für Ladungen	Gefahren im Straßenverkehr			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kippende, verrollende oder verrutschende Ladungen beim Abladen (Balanceverlust, Sturz, Verletzungen)</li> <li>• scharfe Kanten an Ladungen oder Spannelementen (Quetschungen, Risse, Schnitte)</li> <li>• herabfallende Ladung oder gelöste Ladungsteile beim Öffnen der Bordwände</li> <li>• Bruch oder Funktionsstörungen des Spannmittels und der dadurch plötzlich fehlenden Handgegenkraft (Balanceverlust, Sturz, Verletzungen)</li> <li>• starken Rückschlag von Hebeln und Handkurbeln der Spannelemente (Hand und Armverletzungen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ladungsverhalten beim Straßen-transport (Beschleunigungsbeiwerte <math>a_h</math> und <math>a_v</math>)</li> </ul>	$G = m \times g$ $G$ Gewichtskraft (daN) $g = 9,81m/s^2$ $m$ Masse (kg) $g$ Erdbeschleunigung			
		$a_h$ <i>horizontale Beiwerte</i>			$a_v$ <i>vertikale Beiwerte nach unten (Mindestwerte)</i>
		<i>längs</i>		<i>quer</i>	
<i>nach vorn</i>	<i>nach hinten</i>	<i>in beide seitliche Richtungen</i>			
		0,8	0,5	0,5	0,8
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschädigungen, Zerstörungen beim:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Umkippen, Verrollen, Verrutschen oder Herabfallen durch horizontale Beschleunigungen</li> <li>2. Schwingungen und Stöße durch vertikale Beschleunigungen (Schlaglöcher, Bodenwellen, Begrenzungskanten usw.)</li> </ol> </li> <li>• Beschädigungen der Oberflächen durch Reibung:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. mit zu lose sitzenden Zurrgurten,</li> <li>2. mit den Spannelementen</li> <li>3. mit der Ladefläche</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Loslösen, Verschieben oder Herabfallen von Ladungen oder Ladungsteilen                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. nach hinten durch zu schnelles Anfahren, Beschleunigen</li> <li>2. nach vorn durch zu scharfes Bremsen</li> <li>3. nach links oder rechts durch zu hohe Geschwindigkeit in einer Rechts- bzw. Linkskurve mit folgenden möglichen Gefahren:</li> </ol> </li> <li>• Umkippen des Fahrzeuges bei Ausweichmanövern, Kurvenfahrten</li> <li>• Berührung der Ladung mit Gebäuden, anderen Fahrzeugen, Bauwerken usw.</li> </ul>			

**Hinweis:** Zurrgurte dürfen nicht als Anschlagmittel genutzt werden!

**Verantwortlich für die Einhaltung aller Vorschriften für die Be- und Entladung von Fahrzeugen, den sicheren Transport, die Eignung und Verkehrssicherheit des Fahrzeuges sind Betriebsinhaber, Fahrzeughalter, Fuhrparkleiter, Verladeteam und Fahrzeugführer.**

## 2. Auswahl der geeigneten Zurrmittel

### 2.1 Allgemeines

Zurrmittel dürfen keinesfalls überlastet werden. Sie sind für den jeweiligen Einsatz geeignet, wenn sie den hier zutreffenden Sicherheitsanforderungen entsprechen und damit alle Gefährdungen unter normalen Verkehrsbedingungen ausschließen.

Daraus folgt, dass die Zurrmittel für jede Anwendung nach folgenden Gesichtspunkten ausgewählt werden müssen:

- Art und Eigenschaften des Transportmittels (LKW, Anhänger, Schiff, Waggon)
- Gewicht, Material, Größe, Form der Ladung
- Oberflächenbeschaffenheit der Ladung (Rauheit, Kanten, Reibbeiwert)
- Lage des Schwerpunktes der Ladung (Standfestigkeit der Ladung)
- Oberfläche der Ladefläche (Reibbeiwert)
- Vorgesehene Zurrmethode (Niederzurren, Diagonalzurren, Schrägzurren, Zurren mit oder ohne Zurrpunkten an der Ladung)
- Transportumgebung (Temperaturen, aggressive Stoffe)

**Bei der Auswahl müssen also für die jeweiligen Zurrmittel festgelegt oder berechnet werden:**

- Aufbau der Zurrgurte (einteilig, zweiteilig, Spannelement)
- zulässige Zurrkraft LC
- erforderliche Vorspannkraft Fv
- Länge (gesamt  $l_G$ , Festende (FE)  $l_{GF}$ , Losende (LE)  $l_{GL}$ )
- Anzahl der Zurrgurte
- gewünschter Gleitreibbeiwert  $\mu$
- Einsatz von Sicherungshilfen, wie Antirutschmatten, Ladegestelle, Keile, Blöcke usw. zur formschlüssigen Ladungssicherung
- benötigte Schutzausrüstungen, (Abriebschutz, Schutzschläuche, Kantenschutzplatten, -winkel)

**Physikalische und mathematische Grundlagen für die Berechnungen:**

- Ursachen für die Gefährdungen der Ladungen (Verrutschen, Verrollen, Kippen, Herunterfallen) sind vor allem die Trägheitskräfte, die als Folge von Fahrzeugbewegungen beim Transport auf die Ladungen einwirken und selbstverständlich die Gewichtskraft.
- Ladungssicherungen sind also alle Maßnahmen, die den unerwünschten Wirkungen der Trägheitskraft und der Gewichtskraft entgegenwirken.

**Maßnahmen zur Ladungssicherung:**

- **Erhöhung der Gleitreibung zwischen den Kontaktflächen von Ladung und Ladefläche**

Gleitreibbeiwerte ausgewählter Materialpaarungen:

Reibbeiwert $\mu$	trocken	nass	ölig
Holz auf Holz	0,20-0,50	0,20-0,25	0,05-0,15
Metall auf Metall	0,10-0,25	0,10-0,20	0,01-0,10
Metall auf Holz	0,20-0,50	0,20-0,25	0,02-0,10
Holz auf Beton	0,20-0,50	0,30-0,50	0,10-0,20
Anti-Rutsch-Matte	0,60	0,60	

**Hinweise:**

1. Angestrebt wird ein möglichst hoher Gleitreibbeiwert zur Verminderung der Gefahr des Verrutschens.
  2. Anti-Rutsch-Matten erhöhen den Gleitreibbeiwert enorm und reduzieren dadurch die Anzahl der benötigten Zurrgurte bedeutend (siehe Berechnungsbeispiel).
- **Erhöhung der Standfestigkeit und der Stabilität der Ladung**  
Verlagerung des Schwerpunktes nach unten (wenn möglich)
  - **Erhöhung der Anzahl der eingesetzten Zurrmittel**  
einsetzbar beim Niederzurren zur Erhöhung der Gleitreibung zwischen Ladung und Ladefläche

- **Einsatz von Zurrgurten mit erhöhten Vorspannkräften**

Zurrkräfte, die durch Vorspannen mit Spannvorrichtungen (Zurrgurte mit Spannvorrichtungen und Vorspannmessgerät) auf Zurrmittel einwirken und damit die Anpresskraft und die Gleitreibung zwischen Ladung und Ladefläche erhöhen

- **Wahl der geeigneten Methode der Ladungssicherung:**

**1. Verankern, Verriegeln**

bei Containern

**2. Blockierung ohne Zurrung**

bei stabilen Ladungen durch formschlüssige Ladungssicherung

**3. Niederzurren**

leichte bis mittelschwere Ladungen werden mit mindestens zwei Zurrgurten, die über die Oberseite der stabilen Ladung verlaufen, mit je einer oder zwei Spannvorrichtungen mit Vorspannkräften vorgespannt (Bild 1)

**4. Diagonal-/Schrägzurren**

zwei Paar Zurrmittel befestigen die meist schwere Ladung direkt am Fahrzeug und sichern deren Position in alle Richtungen gleichmäßig (Bilder 2 und 3)

**5. Wahl der optimalen Zurrwinkel**

Niederzurren:

$$70^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ \quad (\alpha \dots \text{Vertikalwinkel})$$

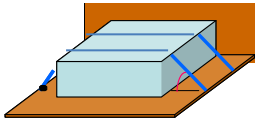
Schräg-/ Diagonalzurren:

$$20^\circ \leq \alpha \leq 65^\circ \quad (\alpha \dots \text{Vertikalwinkel})$$

$$6^\circ \leq \beta \leq 55^\circ \quad (\beta \dots \text{Horizontalwinkel})$$

**Darstellung der Zurrmethoden:** (kraftschlüssige Ladungssicherungen)

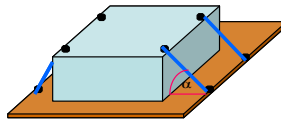
**Bild 1: Niederzurren**



große Vorspannkräfte

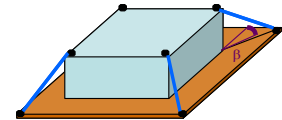
**Bild 2: Schrägzurren**

(hier Quorzurren mit Befestigungspunkten)



Zurrmittel nur gleichmäßig vorspannen - geringere Vorspannkräfte

**Bild 3: Diagonalzurren**



**Kennzeichnung von Zurrgurten:**

- Jede komplette Zurrgurteinheit oder –untereinheit muss mit einem dauerhaft haltbaren Etikett des Herstellers mit allen notwendigen Benutzerinformationen gut lesbar und unlöslich wie folgt versehen sein: (siehe EN 12195-2, Punkte 8 und 9):

**Farbcodiertes Etikett für Zurrgurte (allgemein):** *blau für Polyester*

Abschnitt A					Abschnitt B													
Norm	EN 12195-2	Herstellungsjahr	Rückverfolgbarkeitscode des Herstellers	Hersteller	Gurtbandwerkstoff	Zurrskraft	LC in daN	Norm	EN 12195-2	Herstellungsjahr	Rückverfolgbarkeitscode des Herstellers	Name des Herstellers oder Lieferers, eingetragenes Warenzeichen oder ein anderes eindeutiges Warenzeichen	„Darf nicht zum Heben verwendet werden“	Länge (L <sub>G</sub> , L <sub>GF</sub> oder L <sub>GL</sub> , wie zutreffend)	Gurtbandwerkstoff	Handkraft/ Vorspannkraft S <sub>HF</sub> in daN / S <sub>TF</sub> in daN	Zurrskraft	LC in daN

- Einteilige Zurrgurte werden einfach etikettiert, während bei zweiteiligen Zurrgurten Fest- und Losende jeweils mit einem Etikett zu versehen sind.

## 2.2 Berechnungsverfahren beim Einsatz von Zurrmitteln

Die Berechnungen bzw. Messungen der wirkenden Kräfte und der dadurch notwendigen Zurrmittel und Gegenkräfte sind an die jeweilige Anwendung und besonderen Bedingungen gebunden, zum Beispiel:

- Fahrzeugart (LKW, Anhänger, Zug, Schiff)
- Zurrmethode, Zurrwinkel ( $\alpha, \beta$ ), Reibbeiwert
- Schwerpunktlage, Längenverhältnisse (vertikal, horizontal) der Ladungen
- Stabilitätsfaktor (für Straßentransport  $S = 1,2$ )
- Beschleunigungsbeiwerte
- Blockierungen in Kombination mit Zurrmethoden

Die Berechnungen können somit sehr unterschiedlich und umfangreich werden. Informieren Sie sich deshalb bitte auch in der entsprechenden VDI bzw. EN 12195-1.

**Hinweis:** *Als Service für Sie befinden sich im Punkt 5 Tabellen, die es Ihnen ermöglichen, Lösungen zu vorliegenden Sachverhalten sofort ohne Berechnungen abzulesen (Anzahl von Zurrgurten, benötigte Vorspannkraft).*

**Vereinfachte Berechnungsbeispiele:** (Niederzurren mit  $\alpha = 90^\circ$  für den Straßentransport)

Eine Maschine (Stahl) mit einer Masse von 3500 kg soll mit einem LKW (Ladefläche aus Holz) transportiert werden. Die Ladungssicherung soll mit Zurrgurten Cargo ZCF 2081 (STF 500 daN) erfolgen.

**Frage 1: Welche Vorspannkräfte müssen ohne und mit Anti-Rutsch-Matte aufgebracht werden?**

Gegeben: Masse  $m = 3500 \text{ kg}$ ; Reibbeiwert  $\mu = 0,3$ ; Beschleunigungsbeiwert  $a = 0,8$

Gewichtskraft:  $G = m \times g$ ;  $G = 3500 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$ ;  **$G = 34335 \text{ N} = 3433,5 \text{ daN}$**  (1 daN = 10 N)

Vorspannkraft: **ohne Anti-Rutsch-Matte**

$$F_v = G \times (a - \mu) / \mu$$

$$F_v = 3433,5 \text{ daN} \times (0,8 - 0,3) / 0,3$$

$$F_v = 5722,5 \text{ daN}$$

**mit Anti-Rutsch-Matte**

$$F_v = G \times (a - \mu) / \mu$$

$$F_v = 3433,5 \text{ daN} \times (0,8 - 0,6) / 0,6$$

$$F_v = 1144,5 \text{ daN}$$

**Frage 2: Wie viele Zurrgurte werden mit und ohne Anti-Rutsch-Matte benötigt?**

Anzahl

Zurrgurte:

**n = 6 Stück**

**n = 2 Stück**

(Die Berechnung erfolgte nach DIN EN 12195-1)

**Hinweis:** Wenn eine optimale Kraftübertragung vom Zurrgurt auf die Ladung gewährleistet ist, kann beim Niederzurren die doppelte Vorspannkraft (STF) je Zurrgurt angenommen werden, da die Kraft auf beiden Seiten der Ladung wirkt.

**Antworten:**

- Ohne Anti-Rutsch-Matte muss eine Vorspannkraft von 5722,5 daN mit sechs Zurrgurten aufgebracht werden.
- Mit Anti-Rutsch-Matte muss eine Vorspannkraft von 1144,5 daN mit nur zwei Zurrgurten aufgebracht werden.
- Mit Anti-Rutsch-Matten kann eine beträchtliche Anzahl von Zurrgurten, Arbeitszeit und Geld eingespart werden.

### 3. Grundregeln bei der Ladungssicherung mit Zurrmitteln

- Transportfahrzeuge müssen für den Transport der jeweiligen Ladung geeignet sein. Beim Beladen dürfen das zulässige Gesamtgewicht, die zulässigen Achslasten und die maximalen Abmessungen nicht überschritten werden.
- Die ausgewählten Zurrgurte müssen für den jeweiligen Verwendungszweck sowohl stark als auch lang genug sein.
- Zurrgurte aus Polyester sind resistent gegenüber mineralischen Säuren, werden aber von Laugen angegriffen (steigende Temperaturen erhöhen die Wirkungen von Chemikalien). Sie sind für die Verwendung im Temperaturbereich von  $-40^\circ\text{C}$  bis  $120^\circ\text{C}$  geeignet.
- Das Anbringen und Entfernen der Zurrgurte ist vor der Fahrt zu planen. Dabei müssen auch notwendige Teilladungen berücksichtigt werden.
- Die Anzahl der für eine Ladung zu verwendenden Zurrgurte muss exakt berechnet werden. Aus Sicherheitsgründen müssen dabei beim Niederzurren mindestens zwei, beim Diagonal- oder Schrägzurren zwei Paar Zurrgurte verwendet werden.

Weiterhin muss dabei beachtet werden, dass Zurrgurte nur mit höchstens 50% der angegebenen Zurrkraft LC vorgespannt werden dürfen.

Es gilt also für die größte Vorspannkraft bei einem Zurrgurt:

$$F_v \leq 0,5 \times LC$$

Damit wird eine Überlastung der Gurte durch während der Fahrt auftretende dynamische Kräfte verhindert.

- Zum Niederzurren dürfen nur dafür zugelassene Gurte (gekennzeichnet mit  $S_{TF}$  auf dem Etikett) verwendet werden.
- Zum Verzurren einer Last dürfen nur gleiche Zurrmittel verwendet werden, um Unterschiede im Verhalten und der Längenänderung unter Belastung zwingend auszuschließen.
- Alle Zurrgurte müssen gleichmäßig vorgespannt werden. Die Vorspannkräfte müssen dann schon nach einer kürzeren Fahrstrecke kontrolliert werden, da sie sich durch Längenänderungen infolge normaler Dehnung der Gurte oder durch Umwelteinflüsse verändern können.

- Zurrgurte dürfen nicht überlastet werden. Deshalb dürfen beim Vorspannen keine mechanischen Hilfsmittel (Hebel, Stangen usw.) verwendet werden.
- Sinnvoll sind oft auch ausgewogene Kombinationen von kraftschlüssigen Ladungssicherungen (Zurrmittel) mit formschlüssigen Ladungssicherungen (Blöcke, Gestelle, Keile usw.)
- Zum Schutz von empfindlichen Ladungsoberflächen und der Zurrgurte (bei scharfen Kanten) können Abriebschutz, Schutzschläuche, Kantenschutzplatten und Kantenschutzwinkel eingesetzt werden.
- Schutzschläuche ermöglichen zusätzlich beim Niederzurren höhere Vorspannkräfte, da die Gurte in den Schläuchen gleiten können.
- Zurrgurte dürfen nicht verknotet, verdreht oder verlängert werden, da sie sonst an Festigkeit verlieren.
- Vor Beginn des Abladens müssen alle Verzurrungen vorsichtig so weit gelöst werden, dass die Ladung frei steht, nicht aber herunter fallen kann.

#### 4. Lagerung, Überprüfung und Instandsetzung von Zurrgurten

- **Zurrgurte müssen mindestens einmal im Jahr von einer sach- und fachkundigen Person nachweisbar (Prüfprotokoll) geprüft werden.**
- Empfohlen wird außerdem eine regelmäßige Sichtprüfung vor und nach jeder Benutzung.
- Zurrmittel müssen außer Betrieb genommen werden, falls sie Anzeichen von Schäden zeigen. Solche Schäden können sein:

##### **bei Gurtbändern:**

1. Risse, Schnitte, Einkerbungen und Brüche in lasttragenden Fasern und Nähten (unbrauchbar bei mehr als 10% des Querschnittes)
2. Verformungen, Verhärtungen, Verschmelzungen und Aufweichungen durch Wärmeeinwirkungen (Reibung, Strahlung) oder chemische Einflüsse
3. zufälliger Kontakt mit Chemikalien (Hersteller oder Lieferer befragen)
4. fehlende oder unleserliche Etiketten

##### **bei Endbeschlagteilen und Spannelementen:**

1. Risse, Kerben
2. Verformungen, Versprödungen
3. starker Verschleiß oder Korrosion

**Hinweis:** *Instandsetzungsarbeiten dürfen nur an Gurten mit leserlichem Etikett und nur vom Hersteller oder durch eine von ihm beauftragte Person durchgeführt werden.*

- Nach Kontakt mit mineralischen Säuren oder bei starken Verschmutzungen sind Gurtbänder mit klarem Wasser zu reinigen.
- Zurrgurte sollen sauber, trocken, gut gelüftet und fern von Wärmequellen und aggressiven Stoffen gelagert werden.

**Beschädigte Zurrmittel müssen umgehend aussortiert und der weiteren Nutzung entzogen werden. Sie dürfen nicht zusammen mit anderen Zurrmitteln gelagert werden.**

#### 5. Tabellen

In den folgenden Tabellen kann für eine Ladungssicherung sofort die notwendige Anzahl von Zurrgurten abgelesen werden (Berechnungen nach EN 12195-1).

##### **Berücksichtigt werden dabei:**

- Masse  $m$  der Ladung
- Gleitreibwert  $\mu$  (siehe Tabelle Pkt. 2.1)
- Beschleunigungsbeiwerte horizontal ( $a_h$ ) und vertikal  $a_v$  (siehe Pkt. 1.1)
- Anzahl der wirksamen Vorspannkräfte ( $n_v$ ) beim Niederzurren bzw. Anzahl der Rückhaltekräfte ( $n_R$ ) beim Schräg- oder Diagonalzurren
- Zurrwinkel  $\alpha$  beim Niederzurren und Zurrwinkel  $\alpha$  (Vertikalwinkel) und  $\beta$  (Horizontalwinkel) beim Schräg- oder Diagonalzurren





**Hinweise:** - Alle Berechnungen gelten für stabile (nicht-kippgefährdete) Ladungen.  
 - Der günstigste Gleitreibbeiwert von  $\mu = 0,6$  wird nur bei Verwendung einer Anti-Rutsch-Matte erreicht.

Sehr zu empfehlen sind dabei unsere **Regupol Anti-Rutschmatten (RHM)**.

**Die Vorteile auf einen Blick:**

- RHM verringern die Gefahr, die von glatten Ladeflächen bei Vollbremsung, Ausweichmanövern, Kurvenfahrten oder Unebenheiten in der Fahrbahn ausgeht.
- Sie reduzieren die erforderlichen Gesamtvorspannkraften beim Niederzurren der Lasten und sorgen zusammen mit den Zurrgurten dafür, dass die Lasten eine geschlossene Einheit mit dem LKW bilden.
- Die Gleithemmende Wirkung kommt vor allem solchen Lasten zugute, die keinen hohen Anpressdruck vertragen.
- Durch den Einsatz von RHM kann ein Gleitreibbeiwert von  $\mu = 0.6$  erreicht werden. (Durchschnittswert / maximal erreichbar:  $\mu = 0,8$ ).

**Die Verwendung von Regupol Anti-Rutschmatten zur Ladungssicherung ist besonders für folgende Transporte zu empfehlen:**

- **Spanplatten:**  
Auf Grund der glatten Oberfläche der Spanplatten, sind Anti-Rutschmatten optimal zur Erhöhung der Reibungskraft zwischen Paletten und Paketen geeignet.
- **Blechpakete:**  
Als Ersatz für die mögliche formschlüssige Ladungssicherung, die meist den Umschlag beeinträchtigt, können Matten, Mattenstreifen oder -stücke zwischen jede Lage platziert werden.
- **Betonplatten, -treppen, Maschinen-Bauteile:**  
Anti-Rutschmatten zwischen jede Lage von Platten, Treppen oder unter Maschinen-Bauteilen erhöhen deren Gesamtaufbau nur unwesentlich.
- **Container:**  
Obwohl Container in der Regel nur formschlüssig gesichert werden, ist eine Sicherung der Ladung in den Containern oft unerlässlich. Anti-Rutschmatten sind dabei außerordentlich wirkungsvoll.
- **Beton- und Metallrohre:**  
Beim Transport der Rohre im Sattel, sichern Anti-Rutschmatten unter den Querträgern und zwischen den Rohren die Ladung zuverlässig.
- **Papier-, Rad- und Restcoils:**  
Bei stirnseitig verladenen Rollen müssen mindestens zwei Streifen Anti-Rutschmaterial oder eine ausreichende Anzahl von Pads in Fahrtrichtung untergelegt werden.  
Bei Verladung der Rollen mit quer liegender Achse muss Anti-Rutschmaterial in Form von Matten oder Streifen unter und zwischen den Lagen das Verrutschen verhindern.

**Hinweis:** Die Anzahl der benötigten Zurrgurte wird bei der Verwendung von Regupol Anti-Rutschmatten auf einen Bruchteil der ohne Matten notwendigen Anzahl von Zurrgurten reduziert und bringt damit bedeutende Einsparungen an Arbeitszeit und Kosten.  
 Einen deutlichen Beweis liefern nachfolgende Tabellen.

**Anzahl der notwendigen Zurrgurte beim Niederzurren:**

**Bedingung:** Für die Berechnungen gilt  $n_v = 2$

Das bedeutet, dass an beiden Seiten eines jeden eingesetzten Zurrgurtes die volle Vorspannung STF wirken muss.

Dies wird gewährleistet durch:

1. ein Spannelement an beiden Seiten des Gurtes oder
2. Kantenschutz bzw. Kantenschläuche, die ein ungehindertes Gleiten der Gurte ermöglichen

**Anzahl der Zurrgurte bei Lasten von 1t bis 5t:**

Masse der Ladung m		1t					2t					4t					5t				
Vorspannkraft $F_v$	Reibbeiwert $\mu$	Zurrwinkel $\alpha$																			
		30°	45°	60°	75°	90°	30°	45°	60°	75°	90°	30°	45°	60°	75°	90°	30°	45°	60°	75°	90°
250daN	0,2	13	9	8	8	7	26	18	15	13	13	50	36	29	26	26	63	45	37	33	32
	0,4	5	4	3	3	3	10	7	6	5	5	19	14	11	10	10	24	17	14	13	12
	0,6	3	2	2	2	2	5	3	3	3	3	9	6	5	5	5	11	8	6	6	6
300 daN	0,2	11	7	6	6	5	21	15	13	11	11	42	30	25	22	20	53	38	31	28	27
	0,4	4	3	2	2	2	8	6	5	5	4	16	12	10	8	8	20	14	12	11	10
	0,6	2	2	2	2	2	4	3	2	2	2	7	5	4	4	3	9	7	5	5	5
450 daN	0,2	7	5	4	4	4	14	10	9	8	7	28	20	16	15	13	35	25	21	19	18
	0,4	3	2	2	2	2	6	4	4	3	3	11	8	6	6	5	14	10	8	7	7
	0,6	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	5	4	3	3	2	6	5	4	3	3
500 daN	0,2	7	5	4	4	3	13	9	8	7	7	26	18	15	13	12	32	23	19	17	16
	0,4	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	10	7	6	5	4	12	9	7	7	6
	0,6	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	6	4	3	3	2	6	4	3	3	3

**Anzahl der Zurrgurte bei Lasten von 8t bis 15t:**

Masse der Ladung m		8 t					10 t					12 t					15 t				
Vorspannkraft $F_v$	Reibbeiwert $\mu$	Zurrwinkel $\alpha$																			
		30°	45°	60°	75°	90°	30°	45°	60°	75°	90°	30°	45°	60°	75°	90°	30°	45°	60°	75°	90°
250daN	0,2	101	71	58	52	51	126	89	73	65	63	151	107	87	78	76	189	134	109	98	95
	0,4	38	27	22	20	19	48	34	28	25	24	57	40	33	30	29	71	50	41	17	36
	0,6	17	12	10	9	9	21	15	13	11	11	26	18	15	13	13	32	23	19	82	79
300 daN	0,2	84	60	49	42	42	105	74	61	55	53	126	89	73	65	63	157	111	91	31	30
	0,4	32	23	19	16	16	40	28	23	21	20	48	34	28	25	24	59	42	34	14	14
	0,6	14	10	9	7	7	18	13	11	9	9	21	15	13	11	11	27	19	16	55	53
450 daN	0,2	56	40	33	29	28	70	50	41	37	35	84	60	49	44	42	105	74	61	55	53
	0,4	21	15	13	11	11	27	19	16	14	14	32	23	19	17	16	40	28	23	21	20
	0,6	10	7	6	5	5	12	9	7	6	6	14	10	9	8	7	18	13	11	9	9
500 daN	0,2	51	36	29	26	26	63	45	37	33	32	75	66	44	39	38	95	74	55	49	48
	0,4	19	14	11	10	10	24	17	14	13	12	29	25	17	15	15	36	25	21	19	18
	0,6	9	6	5	5	5	11	8	6	6	6	13	11	8	7	7	16	12	10	9	8

**Hinweis:** Die benötigte Anzahl an Zurrgurten für Ladungsgewichte, die nicht in der Tabelle vorhanden sind lassen sich sehr einfach durch das Addieren der Anzahlen entsprechender Tonnagen ermitteln, z.B:

Anzahl für 8t = 2x Anzahl für 4t

Anzahl für 13t = Anzahl für 10t + Anzahl für 3t

**Erkenntnisse:** - die Anzahl der Zurrgurte ändert sich bei Zurrwinkeln von 75° bis 90° nur geringfügig  
 - Zurrwinkel unter 30° sind unökonomisch und deshalb zu vermeiden