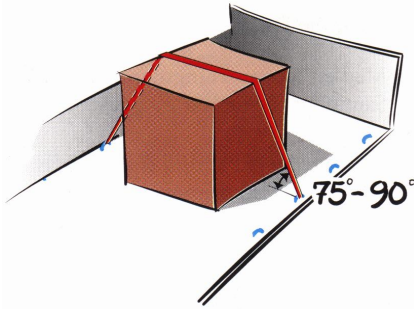
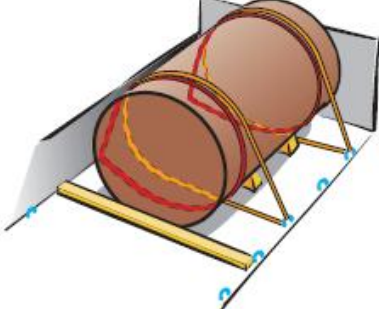
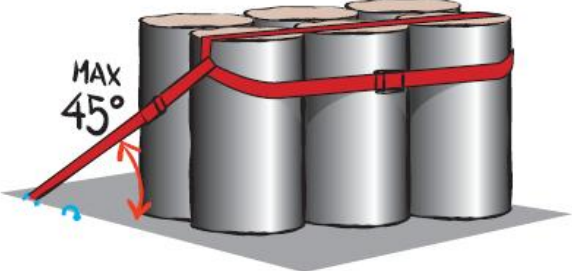
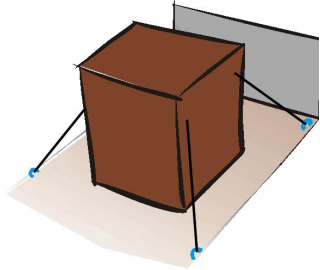


# Formeln, die im CARING Ladungsrechner verwendet werden

	
<p>Niederzurren</p>	<p>Schlingenzurren</p>
	
<p>Kopfschlinge</p>	<p>Diagonal-/ Kreuzzurren</p>

Version 2013-08-23

## Inhaltsverzeichnis

	<i>Seite</i>
Inhaltsverzeichnis .....	Error! Bookmark not defined.
1 Parameter in den Formeln: .....	Error! Bookmark not defined.
2 NIEDERZURREN: .....	Error! Bookmark not defined.
2.1 EN 12195-1:2010 .....	4
2.1.1 Rutschen: .....	4
2.1.2 Kippen: .....	5
3 SCHLINGENZURREN .....	Error! Bookmark not defined.
3.1 EN 12195-1:2010 .....	7
3.1.1 Rutschen: .....	7
3.1.2 Kippen: .....	8
4 KOPFSCHLINGE .....	Error! Bookmark not defined.
4.1 EN 12195-1:2010 .....	9
4.1.1 Rutschen: .....	9
4.1.2 Kippen: .....	10
5 DIAGONAL-/ KREUZZURREN .....	Error! Bookmark not defined.
5.1 EN 12195-1:2010 .....	11
5.1.1 Rutschen: .....	11
5.1.2 Kippen: .....	12

# 1 Parameter in den Formeln

## Allgemeine Parameter

		Einheiten
$f_s =$	Sicherheitsfaktoren für kraftschlüssiges Zurren	-
$m =$	Gewicht der Ladung	Tonnen (=1.000 kg)
$N =$	Anzahl der Reihen	-
$n =$	Anzahl der Zurrmittel	-

## Beschleunigung

$g =$	Erdanziehungskraft (= 9.81 m/s <sup>2</sup> )	m/s <sup>2</sup>
$c_x =$	Längsbeschleunigung	-
$c_y =$	Querb beschleunigung	-
$c_z =$	Vertikalbeschleunigung	-

## Reibung

$\mu =$	Reibwert	-
$f_\mu =$	Umrechnungsfaktor für die dynamische Reibung	-

## Eigenschaften der Zurrmittel

$FT =$	Spannkraft eines Zurrmittels (= STF)	kN (= 100 daN)
$S_{TF} =$	Vorspannkraft	kN (= 100 daN)
$FR =$	Rückhaltekraft eines Zurrmittels	kN (= 100 daN)
$LC =$	Zurkraft	kN (= 100 daN)

## Winkel

$\alpha =$	Vertikaler Zurrwinkel	°
$\beta_x =$	Zurrwinkel in Längsrichtung	°
$\beta_y =$	Zurrwinkel in Querrichtung	°
$\alpha =$	Vertikaler Zurrwinkel	°

*Entfernung*

		<i>Einheiten</i>
$L =$	Gesamtlänge der Ladung	m
$B =$	Gesamtbreite der Ladung	m
$H =$	Gesamthöhe der Ladung	m
$w =$	Breite der Ladung	m
$h =$	Hebelarm Zurrmoment	m
$b = B_{tp} =$	Querabstand vom Schwerpunkt der Ladung zum Kippunkt (Hebelarmlänge bei Stillstand)	m
$b = L_{tp} =$	Längsabstand vom Schwerpunkt der Ladung zum Kippunkt (Hebelarmlänge bei Stillstand)	m
$d = H_{tp} =$	Vertikaler Abstand vom Schwerpunkt der Ladung zum Kippunkt (Hebelarmlänge bei Stillstand)	m
$l =$	Entfernung zwischen dem Zurrpunkt der Ladung und dem Kippunkt in Längsrichtung (Hebelarmlänge bei Stillstand)	m
$s =$	Vertikaler Abstand von der Ladefläche bis zu dem Punkt, bei dem das Zurrmittel auf die Ladung wirkt	m
$t =$	Vertikaler Abstand zwischen Ladefläche und Kippunkt	m
$p =$	Vertikaler Abstand von der äußeren Kante der Ladung bis zu dem Punkt, bei dem das Zurrmittel auf die Ladung wirkt	m
$r =$	Horizontaler Abstand von der äußeren Kante der Ladung zum Kippunkt	m

Hinweis:

- Wenn in jeglicher Formel  $m < 0$  ist, dann besteht keine Rutsch- oder Kippgefahr.
- $LC = MSL = SWL =$  Zurrkraft

## 2 NIEDERZURREN

### 2.1 EN 12195-1:2010

#### 2.1.1 Rutschen:

Grundformel nach: EN12195-1:2010

$$\text{Alle Richtungen} \quad n \geq \frac{m \cdot g(c_{x,y} - c_z \cdot \mu)}{2\mu \cdot \sin \alpha \cdot F_T} \cdot f_s \quad \text{Equ (10)}$$

Wenn  $n=1$  ist, dann trifft folgende Formel für die Masse  $m$  zu, bei der ein Zurrmittel im Niederzurren das Rutschen in alle Richtungen verhindert:

$$\text{Alle Richtungen:} \quad m = \frac{2\mu \cdot \sin \alpha \cdot F_T}{g(c_{x,y} - \mu \cdot c_z) f_s}$$

Beim Ladungsrechner werden folgende Werte verwendet:

- $m =$  Gewicht der Güter in Tonnen
- $\mu =$  Der Reibwert ist ein Schlüsselwert in der Tabelle
- $f_s =$  Sicherheitsfaktor 1.25 (nach vorn auf der Straße) sonst 1.1
- $F_T =$  Spannkraft der Zurrmittel in kN (Hinweis: 1 kN = 100 daN)
- $\alpha =$  75°
- $c_{x,y,z} =$  Gemäß Transportmodus nach den Tabellen 2, 3 und 4 im Standard
- $g =$  9.81 m/s<sup>2</sup>

## 2.1.2 Kippen:

Grundformel nach EN12195-1:2010

$$\text{Nach vorn und nach hinten} \quad 2n \cdot F_T \cdot \sin \alpha \cdot \frac{L}{2} \geq m \cdot g(c_x \cdot d - c_z \cdot b) \cdot f_s \quad \text{Equ (15)}$$

$$\text{Quer} \quad n \geq \frac{m \cdot g(c_y \cdot d - c_z \cdot b)}{w \cdot F_T (\sin \alpha + 0.25 \cdot (N - 1))} \cdot f_s \quad \text{Equ (16)}$$

Nach vorn, nach hinten:

bei  $n = 1$ ,  $d = H_{tp}$  und  $b = L_{tp}$  ist die folgende Formel für die Masse  $m$  gegeben, die mit einem Zurrmittel im Niederzurren am Kippen gehindert werden kann:

$$m = \frac{F_T \cdot \sin \alpha \cdot L}{g(c_x \cdot H_{tp} - c_z \cdot L_{tp}) \cdot f_s}$$

Im Fall eines symmetrischen Schwerpunkts der Ladung:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}, L_{tp} = \frac{L}{2} \text{ und } n = 1:$$

$$m = \frac{2 \cdot F_T \cdot \sin \alpha}{g(c_x \cdot \frac{H}{L} - c_z) \cdot f_s}$$

Quer, eine Reihe:

bei  $n = 1$ ,  $N = 1$ ,  $w = B$ ,  $d = H_{tp}$  und  $b = B_{tp}$  ist die folgende Formel für die Masse  $m$  gegeben, die mit einem Zurrmittel im Niederzurren am Kippen in Längsrichtung gehindert werden kann:

$$m = \frac{F_T \cdot \sin \alpha \cdot B}{g(c_y \cdot H_{tp} - c_z \cdot B_{tp}) \cdot f_s}$$

Im Fall eines symmetrischen Schwerpunkts der Ladung:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}, B_{tp} = \frac{B}{2} \text{ und } n = 1:$$

$$m = \frac{2 \cdot F_T \cdot \sin \alpha}{g(c_y \cdot \frac{H}{B} - c_z) \cdot f_s} \quad \text{Equ (14)}$$

Quer, mehrere Reihen, im Fall eines symmetrischen Schwerpunkts der Ladung:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}, B_{tp} = \frac{B}{2} \text{ und } n = 1:$$

$$m = \frac{2 \cdot F_T \cdot (\sin \alpha + 0.25 \cdot (N - 1))}{g(c_y \cdot N \cdot \frac{H}{B} - c_z) \cdot f_s} \quad \text{Equ (17)}$$

Beim Ladungsrechner werden folgende Werte verwendet;

$m =$	Gewicht der Ladung in Tonnen
$H/L =$	Das Verhältnis zwischen der Höhe $H$ und der Länge $L$ , das ein Schlüsselwert in der Tabelle für die Richtungen <i>nach vorn</i> und <i>nach hinten</i> ist.
$H/B =$	Das Verhältnis der Höhe $H$ und der Breite $B$ , das ein Schlüsselwert in der Tabelle für die <i>Querrichtung</i> ist.
$F_T =$	Spannkraft der Zurrmittel in kN (falls $a_h = 0.5$ ) oder $LC/2$ (falls $a_h = 0.6$ ). (Hinweis 1 kN = 100 daN)
$\alpha =$	75°
$f_s =$	Sicherheitsfaktor: 1.25 (in Fahrtrichtung) ansonsten 1.1
$c_{x,y,z} =$	Gemäß Transportmodus nach den Tabellen 2, 3 und 4 im Standard
$N =$	Die Anzahl der Reihen, die ein Schlüsselwert in den Tabellen für die Querrichtung sind
$g =$	9.81 m/s <sup>2</sup>

#### *Hinweis!*

Die Gefahr des Kippens wird mit  $c_y = 0.5$  und  $F_T =$  Spannkraft des Zurrmittels berechnet. Wenn ein Kipprisiko besteht, wird der geringere Wert der beiden Alternativen:  $c_y = 0.5$  und  $F_T$  oder  $c_y = 0.6$  und  $LC/2$ , beim Ladungsrechner dargestellt.

## 3 SCHLINGENZURREN

### 3.1 EN 12195-1:2010

#### 3.1.1 Rutschen:

Grundformel nach EN 12195-1:2010

$$n \geq \frac{m \cdot g (c_y - c_z \cdot f_\mu \cdot \mu)}{F_R (\cos \alpha_1 \cdot \sin \beta_{x_1} + \cos \alpha_2 \cdot \sin \beta_{x_2} + f_\mu \cdot \mu \cdot \sin \alpha_1 + f_\mu \cdot \mu \cdot \sin \alpha_2)} \quad \text{Equ (30)}$$

bei  $F_R = LC$ ,  $\mu_d = f_\mu \cdot \mu$ ,  $\alpha_2 = 0^\circ$ ,  $\beta_{x_1}$  und  $\beta_{x_2} = 90^\circ$  ist die folgende Formel für das Gewicht  $m$  gegeben ist, bei dem ein Paar Schlingen das Rutschen in Querrichtung verhindern kann:

Querrichtung: 
$$m = \frac{LC \cdot (\mu \cdot f_\mu \cdot \sin \alpha_1 + 1 + \cos \alpha_1)}{(c_y - \mu \cdot f_\mu \cdot c_z) \cdot g}$$

Beim Ladungsrechner werden folgende Werte verwendet:

$m =$	Gewicht der Ladung in Tonnen
$\mu =$	Reibwert, der eine Schlüsselstellung in den Tabellen hat
$f_\mu =$	0.75
$LC =$	Zurkraft der Zurrmittel in kN (Hinweis: 1 kN = 100 daN)
$\alpha_1 =$	$90^\circ$
$c_{y,z} =$	Gemäß Transportmodus nach den Tabellen 2, 3 und 4 im Standard
$g =$	$9.81 \text{ m/s}^2$



### 3.1.2 Kippen:

Grundformel nach EN 12195-1:2010

$$n \geq \frac{m \cdot g(c_y \cdot d - c_z \cdot b)}{F_R(\sin \alpha_1 \cdot w + \cos \alpha_1 \cdot \sin \beta_{x1} \cdot h + 0.25(N-1) \cdot w)} \quad \text{Equ (33)}$$

Im Fall eines symmetrischen Schwerpunkts der Ladung:

$$d = H_{tp} = \frac{H}{2}, b = B_{tp} = \frac{B}{2}, w = B, n = 1, \alpha_1 = 90^\circ \text{ und } \beta_{x1} = 90^\circ$$

ist die folgende Formel für die Masse  $m$  gegeben, die durch ein paar Schlingen am Kippen in Querrichtung gehindert werden kann:

Querrichtung: 
$$m = \frac{2 \cdot F_R \cdot (1 + (N-1) \cdot 0.25)}{(c_y \cdot N \cdot \frac{H}{B} - c_z) \cdot g}$$

Bei dem Ladungsrechner werden folgende Werte verwendet;

$m =$	Gewicht der Ladung in Tonnen
$H/B =$	Das Verhältnis zwischen der Höhe $H$ und der Breite $B$ ist ein Schlüsselwert in der Tabelle in <i>Querrichtung</i>
$F_R =$	$0.5 \cdot LC$
$LC =$	Zurkraft der Zurrmittel in kN (Hinweis: 1 kN = 100 daN)
$c_{y,z} =$	Gemäß Transportmodus nach den Tabellen 2, 3 und 4 im Standard
$N =$	Die Anzahl der Reihen ist ein Schlüsselwert in den Tabellen für die Querrichtung
$g =$	$9.81 \text{ m/s}^2$

## 4 KOPFSCHLINGE

### 4.1 EN 12195-1:2010

#### 4.1.1 Rutschen:

Grundformel nach EN 12195-1:2010

$$n \geq \frac{m \cdot g (c_x - c_z \cdot f_\mu \cdot \mu)}{F_R (\mu \cdot f_\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha \cdot \cos \beta_{x,y})} \quad \text{Basierend auf Equ (35)}$$

bei  $F_R = LC$ ,  $\beta_{x,y} = 0^\circ$  und  $n = 2$  (Kopfschlinge in zwei Richtungen) ist folgende Formel für die Masse  $m$  gegeben, bei der eine Kopfschlinge ein Rutschen in Längsrichtung verhindert:

$$\text{nach vorn, nach hinten: } m = \frac{2 \cdot LC \cdot (\mu \cdot f_\mu \cdot \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)}{(c_x - \mu \cdot f_\mu \cdot c_z) \cdot g}$$

Beim Ladungsrechner werden folgende Werte verwendet:

$m =$	Gewicht der Ladung in Tonnen
$\mu =$	Reibwert, der eine Schlüsselstellung in den Tabellen hat
$f_\mu =$	0.75
$LC =$	Zurkraft der Zurrmittel in kN (Hinweis: 1 kN = 100 daN)
$\alpha_1 =$	$45^\circ$
$c_{x,z} =$	Gemäß Transportmodus nach den Tabellen 2, 3 und 4 im Standard
$g =$	$9.81 \text{ m/s}^2$

## 4.1.2 Kippen:

Grundformel nach EN 12195-1:2010

$$n \geq \frac{m \cdot g(c_x \cdot d - c_z \cdot b)}{F_R \cdot 2(\cos \alpha \cdot \cos \beta_{x,y} \cdot (s-t) + \sin \alpha \cdot (p-r))} \quad \text{basierend auf Equ (37)}$$

bei  $F_R = LC$ ,  $\beta_{x,y} = 0^\circ$ ,  $d = H_{tp}$ ,  $b = L_{tp}$ ,  $(s-t) = H$ , und  $(p-r) = 0$  ist folgende Formel für die Masse  $m$  gegeben, bei der eine Kopfschlinge ein Kippen in Längsrichtung verhindern kann:

Nach vorn, nach hinten:

$$m = \frac{2 \cdot LC \cdot \cos \alpha \cdot H}{(c_x \cdot H_{tp} - c_z \cdot L_{tp}) \cdot g}$$

Im Fall eines symmetrischen Schwerpunkts der Ladung:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}, \quad L_{tp} = \frac{L}{2}:$$

$$m = \frac{4 \cdot LC \cdot \cos \alpha \cdot \frac{H}{L}}{(c_x \cdot \frac{H}{L} - c_z) \cdot g}$$

Beim Ladungsrechner werden folgende Werte verwendet:

$m =$	Gewicht der Ladung in Tonnen
$H/L =$	Das Verhältnis zwischen der Höhe $H$ und der Länge $L$ ist ein Schlüsselwert in der Tabelle <i>nach vorn</i> und <i>nach hinten</i>
$LC =$	Zurkraft der Zurrmittel in kN (Hinweis: 1 kN = 100 daN)
$\alpha =$	45°
$c_{x,z} =$	Gemäß Transportmodus nach den Tabellen 2, 3 und 4 im Standard
$g =$	9.81 m/s <sup>2</sup>

## 5 DIAGONAL-/ KREUZZURREN

### 5.1 EN 12195-1:2010

#### 5.1.1 Rutschen:

Grundformel nach EN 12195-1:2010

Nach vorn, nach hinten: 
$$n \geq \frac{m \cdot g(c_x - c_z \cdot f_\mu \cdot \mu)}{F_R(f_\mu \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha \cdot \cos \beta_y)}$$
 *Basierend auf Equ (22)*

In Querrichtung: 
$$n \geq \frac{m \cdot g(c_y - c_z \cdot f_\mu \cdot \mu)}{F_R(f_\mu \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha \cdot \cos \beta_x)}$$
 *Basierend auf Equ (22)*

bei  $F_R = LC$  und  $n = 1$  ist die folgende Formel für die Masse  $m$  gegeben, bei der ein Zurrmittel beim Diagonal-/ Kreuzzurren ein Rutschen verhindert:

Nach vorn: 
$$m = \frac{LC \cdot (\cos \alpha \cdot \cos \beta_y + \mu \cdot f_\mu \cdot \sin \alpha)}{(c_x - \mu \cdot f_\mu \cdot c_z) \cdot g}$$

Querrichtung: 
$$m = \frac{LC \cdot (\cos \alpha \cdot \cos \beta_x + \mu \cdot f_\mu \cdot \sin \alpha)}{(c_y - \mu \cdot f_\mu \cdot c_z) \cdot g}$$

Nach hinten: 
$$m = \frac{LC \cdot (\cos \alpha \cdot \cos \beta_y + \mu \cdot f_\mu \cdot \sin \alpha)}{(c_x - \mu \cdot f_\mu \cdot c_z) \cdot g}$$

Beim Ladungsrechner werden folgende Werte verwendet:

- $m =$  Gewicht der Ladung in Tonnen
- $\mu =$  Reibwert, welcher eine Schlüsselstellung in den Tabellen hat
- $f_\mu =$  0.75
- $LC =$  Zurrkraft der Zurrmittel in kN (Hinweis: 1 kN = 100 daN)
- $\alpha =$   $60^\circ$ ,  $\beta_x = 30^\circ$ ,  $\beta_y = 30^\circ$
- $c_{x,y,z} =$  Gemäß Transportmodus nach den Tabellen 2, 3 und 4 im Standard
- $g =$   $9.81 \text{ m/s}^2$

## 5.1.2 Kippen:

Grundformel nach EN 12195-1:2010

Nach vorn, nach hinten: 
$$n \geq \frac{m \cdot g(c_x \cdot d - c_z \cdot b)}{F_R \cdot (\cos \alpha \cdot \cos \beta_y \cdot (s - t) + \sin \alpha \cdot (p - r))}$$

Querrichtung: 
$$n \geq \frac{m \cdot g(c_y \cdot d - c_z \cdot b)}{F_R \cdot 2(\cos \alpha \cdot \cos \beta_x \cdot (s - t) + \sin \alpha \cdot (p - r))}$$

bei  $F_R = LC$ ,  $d = H_{tp}$ ,  $b = L_{tp}$  und  $n = 1$  ist folgende Formel für die Masse  $m$  gegeben, bei der ein Zurrmittel beim Diagonal-/ Kreuzzurren ein Kippen in verschiedene Richtungen verhindert:

Nach vorn: 
$$m = \frac{LC \cdot (\cos \alpha \cdot \cos \beta_y \cdot (s - t) + \sin \alpha \cdot (p - r))}{c_x \cdot H_{tp} - c_z \cdot L_{tp}}$$

Querrichtung: 
$$m = \frac{LC \cdot (\cos \alpha \cdot \cos \beta_x \cdot (s - t) + \sin \alpha \cdot (p - r))}{c_y \cdot H_{tp} - c_z \cdot B_{tp}}$$

Nach hinten: 
$$m = \frac{LC \cdot (\cos \alpha \cdot \cos \beta_y \cdot (s - t) + \sin \alpha \cdot (p - r))}{c_x \cdot H_{tp} - c_z \cdot L_{tp}}$$

Im Fall eines symmetrischen Schwerpunkts der Ladung und einer ungünstigen Positionierung des Zurrpunktes:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}; L_{tp} = \frac{L}{2}; B_{tp} = \frac{B}{2}; (s-t) = \frac{H}{2} + \frac{B}{2} \text{ or } h = \frac{H}{2} + \frac{L}{2}; (p-r) = 0$$

Nach vorn:

$$m = \frac{LC \cdot (\cos \alpha \cdot \cos \beta_y \cdot (\frac{H}{L} + 1))}{(c_x \cdot \frac{H}{L} - c_z) \cdot g}$$

Querrichtung:

$$m = \frac{LC \cdot (\cos \alpha \cdot \cos \beta_x \cdot (\frac{H}{B} + 1))}{(c_y \cdot \frac{H}{B} - c_z) \cdot g}$$

Nach hinten:

$$m = \frac{LC \cdot (\cos \alpha \cdot \cos \beta_y \cdot (\frac{H}{L} + 1))}{(c_x \cdot \frac{H}{L} - c_z) \cdot g}$$

Beim Ladungsrechner werden folgende Werte verwendet:

$m =$	Gewicht der Ladung in Tonnen
$H/L =$	Das Verhältnis zwischen der Höhe $H$ und der Länge $L$ ist ein Schlüsselwert in der Tabelle <i>nach vorn</i> und <i>nach hinten</i>
$H/B =$	Das Verhältnis zwischen der Höhe $H$ und der Breite $B$ ist ein Schlüsselwert in der Tabelle in <i>Querrichtung</i>
$LC =$	Zurkraft der Zurrmittel in kN (Hinweis: 1 kN = 100 daN)
$\alpha =$	30°
$\beta_x =$	30°
$\beta_y =$	30°
$c_{x,y,z} =$	Gemäß Transportmodus nach den Tabellen 2, 3 und 4 im Standard
$g =$	9.81 m/s <sup>2</sup>