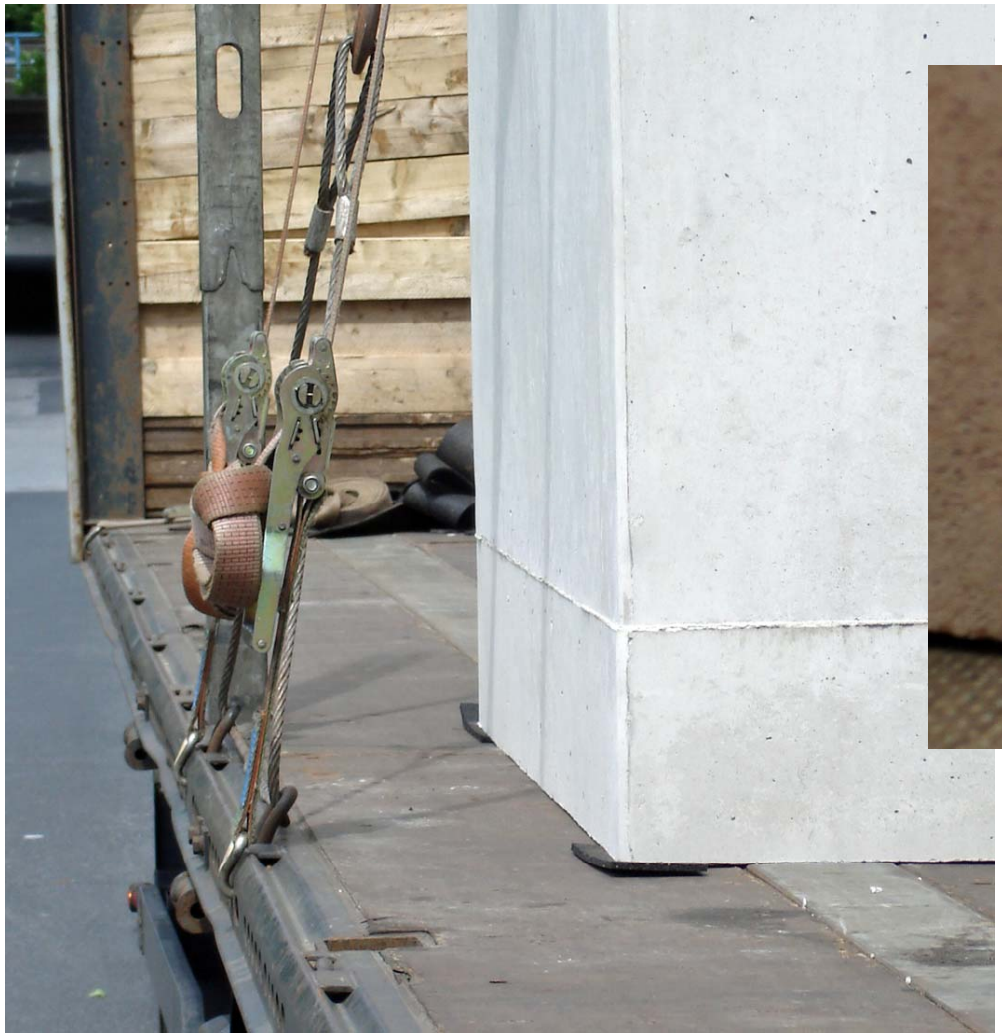
VDI-Richtlinie 2700 (011/2014)
Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen

Blatt 1 - Ausbildung und Ausbildungsinhalte	03/2005	Blatt 9 - hart gewickelte Papierrollen	04/2006
Blatt 2 - Berechnung von Sicherungskräften	07/2014	Blatt 10 - Betonfertigteile	vorbestellbar
Blatt 3.1 - Gebrauchsanleitung für Zurrmittel	10/2006	Blatt 11 - Betonstahl	10/2006
Blatt 3.2 - Einrichtungen und Hilfsmittel	09/2006	Blatt 12 - Getränkeprodukte	01/2009
Blatt 3.3 - Netze zur Ladungssicherung	05/2013	Blatt 13 - Schwertransporte	05/2010
Blatt 4 - Lastverteilungsplan	03/2012	Blatt 14 - Ermittlung von Reibwerten	09/2011
Blatt 5 - Ladungssicherung im QM-System	12/2011	Blatt 15 - Rutschhemmende Materialien	05/2009
Blatt 6 - Zusammenladung von Stückgütern	10/2006	Blatt 16 - Transporter (bis 7,5t zGM)	07/2009
Blatt 7 - Kombinierter Ladungsverkehr	07/2014	Blatt 17 - Kipp- und Absetzbehälter	04/2009
Blatt 8.1 - Sicherung von PKW und leichten Nutzfahrzeugen auf Autotransp.	04/2009	Blatt 18 - Weichverpackungen	10/2014
Blatt 8.2 - Sicherung von schweren Nutzfahrzeugen auf Autotransportern	12/2010	Blatt 19 - Gewickelts Band aus Stahl, Bleche und Formstahl	01/2011
		VDI 2700a - Ausbildungsnachweis	08/2011

k - Faktor

Vorschrift				k - Wert
VDI 2700 Blatt 2	11 / 2001		Keine Angabe	2,0
	08 / 2011	E	Analog zur alten DIN EN 12195-1	1,5
	07 / 2014			1,8
DIN EN 12195-1	04 / 2004		Einführung des k-Faktors	1,5
	10 / 2007	E	f_S = Sicherheitsfaktor, längs 1,1	2,0
	06 / 2011		f_S = Sicherheitsfaktor, längs 1,25	2,0

Masse = 14.000 kg



Zurrwinkel =

Reibwert μ_D =

VDI 2700 Blatt 2 (07/2014)

$$F_V = \frac{F_G}{1{,}8 * \sin\alpha} * \frac{c_x - \mu_D}{\mu_D}$$

$$F_V = \frac{14.000\ daN}{1{,}8 * 0{,}985} * \frac{0{,}8-0{,}6}{0{,}6}$$

$$F_V = \frac{14.000\ daN * 0{,}2}{1{,}773 * 0{,}6}$$

$$F_V = \frac{2.800\ daN}{1{,}06}$$

$$F_V = 2.642\ daN$$

DIN EN 12195-1 (06/2011)

$$F_V = \frac{F_G}{2 * \sin\alpha} * \frac{c_x - \mu}{\mu} * f_s$$

$$F_V = \frac{14.000\ daN}{2 * 0{,}985} * \frac{0{,}8-0{,}6}{0{,}6} * 1{,}25$$

$$F_V = \frac{14.000\ daN * 0{,}2}{1{,}97 * 0{,}6} * 1{,}25$$

$$F_V = \frac{2.800\ daN}{1{,}18} * 1{,}25$$

$$F_V = 2.966\ daN$$

Rezertifizierung

19.11.2014

VDI 2700 Blatt 2 (07/2014)

$$n = \frac{F_V}{S_{TF}} = \frac{2.642\ daN}{500\ daN}$$

n = 6 Zurrmittel

DIN EN 12195-1 (06/2011)

$$n = \frac{F_V}{S_{TF}} = \frac{2.966\ daN}{500\ daN}$$

n = 6 Zurrmittel

Reibwert

Vorschrift			Holz / Holz Europalette / Siebdruck Schnittholz / Schichtholz	Reibwert
VDI 2700 Blatt 2	11 / 2001		Dubbel Taschenbuch für Ingenieure	0,2 – 0,5
	08 / 2011	E	Empfehlung aus BGI 649	μ_D = 0,25
	07 / 2014		Gleitreibwert ist vorgeschrieben	μ_D = 0,25
DIN EN 12195-1	04 / 2004		Informativ	μ_D = 0,25 μ_S = 0,35
	10 / 2007	E	Informativ	μ = 0,45
	06 / 2011		Normativ **Der Reibwert muss den tatsächlichen Transportbedingungen entsprechen**	μ = 0,45

μ_D = *Gleitreibbeiwert*

μ = *Reibbeiwert*

μ_S = *Haftreibbeiwert*

Reibwerte nach DIN EN 12195-1 : 06/2011

Materialpaarung an der Berührungsfläche[a]	Reibbeiwert μ
Schnittholz	
Schnittholz – Schichtholz/Sperrholz	0,45
Schnittholz – geriffeltes Aluminium	0,4
Schnittholz – Schrumpffolie	0,3
Schnittholz – Stahlblech	0,3
Hobelholz	
Hobelholz – Schichtholz/Sperrholz	0,3
Hobelholz – geriffeltes Aluminium	0,25
Hobelholz – Stahlblech	0,2
Kunststoffpalette	
Kunststoffpalette – Schichtholz/Sperrholz	0,2
Kunststoffpalette – geriffeltes Aluminium	0,15
Kunststoffpalette – Stahlblech	0,15
Stahl und Metall	
Stahlkiste – Schichtholz/Sperrholz	0,45
Stahlkiste – geriffeltes Aluminium	0,3
Stahlkiste – Stahlblech	0,2

Beton	
Rauer Beton – Schnittholzlatten	0,7
Glatter Beton – Schnittholzlatten	0,55
Rutschhemmende Matte	
Gummi	0,6[b]
Anderer Werkstoff	Wie bescheinigt[c]

[a] Oberfläche trocken oder nass sowie rein, frei von Öl, Eis, Schmierfett.

[b] Verwendbar mit f_μ = 1,0 bei Direktzurren.

[c] Werden besondere Werkstoffe für eine erhöhte Reibung, wie z. B. rutschhemmende Matten, angewendet, ist eine Bescheinigung für den Reibbeiwert μ erforderlich.

Umrechnungsfaktor fµ = 0,75 beim Direktzurren.

Es ist sicherzustellen, dass die verwendeten Reibbeiwerte für den tatsächlichen Transport geeignet sind.

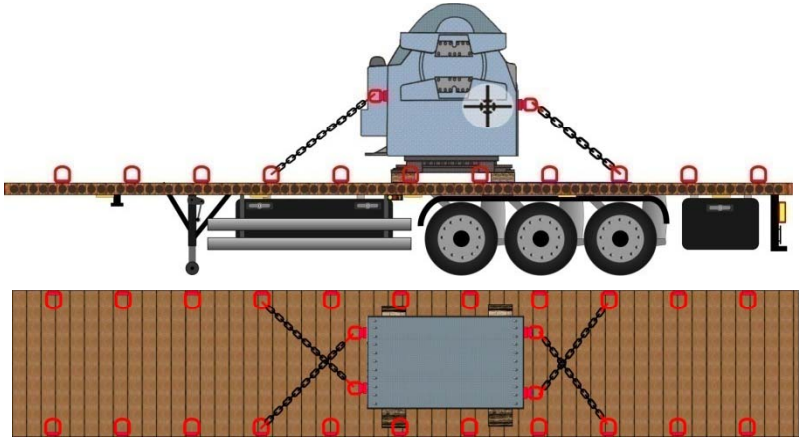
Wenn die Berührungsflächen nicht besenrein sowie frei von Frost, Eis und Schnee sind, darf der verwendete Reibbeiwert höchstens µ = 0,2 betragen. Besondere Sicherheitsvorkehrungen sind bei öligen und fettigen Oberflächen erforderlich.

Reibwerte nach VDI 2700 Blatt 2: 07/2014

Reibpaarung		Empfohlene Gleit-Reibbeiwerte μ
Ladefläche	**Ladungsträger/Ladegut**	
Sperrholz, melaminharzbeschichtet, 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

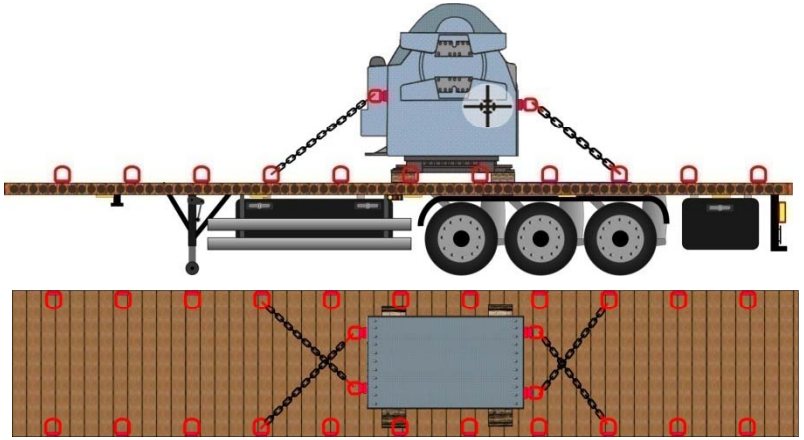
Die empfohlenen Gleit-Reibbeiwerte von Tabelle 2 gelten nur für saubere, trockene Kontaktflächen. Äußere Einflüsse, z. B. Verschmutzung oder Vereisung in den Kontaktflächen, beeinträchtigen die Reibung. In solchen Fällen sind die Werte der Tabelle nicht mehr zutreffend und müssen entsprechend angepasst werden. Im Zweifelsfall ist die Reibung bei der Berechnung außer Acht zu lassen.

Ist die Ladungssicherung ausreichend?



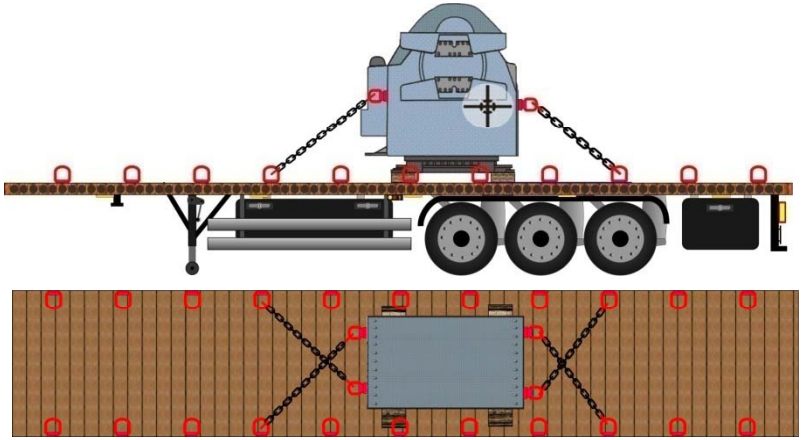
Ladungsmasse:	**25.000 kg**
Reibwert (μ_D):	**0,4**
Kette LC:	**6.300 daN**
Zurrpunkt LC:	**8.000 daN**
Zurrpunktabstände:	**1.200 mm**
Anschlagpunkt WLL:	**8.000 kg**
Anschlagpunkt vorn:	**6.600 mm**
Anschlagpunkt hinten:	**9.200 mm**
Anschlagpunkte Breite:	**1.450 mm**
Anschlagpunkte Höhe:	**1.600 mm**

Ist die Ladungssicherung ausreichend?



Horizontalwinkel β: = 51°
Vertikalwinkel α: = 32°

Ladungsmasse:	**25.000 kg**
Reibwert (μ_D):	**0,4**
Kette LC:	**6.300 daN**
Zurrpunkt LC:	**8.000 daN**
Zurrpunktabstände:	**1.200 mm**
Anschlagpunkt WLL:	**8.000 kg**



Ist die Ladungssicherung ausreichend?

Ladungsmasse: 25.000 kg

Reibwert (μ_D): 0,4

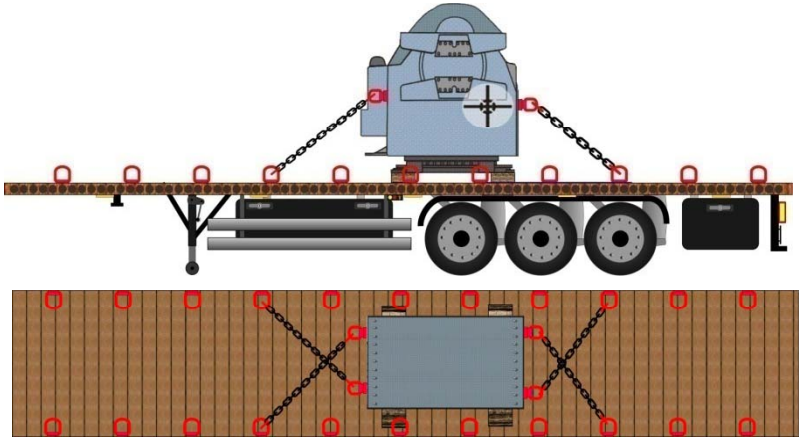
Vertikalwinkel α: 32°

Horizontalwinkel β: 51°

Kette LC: 6.300 daN

$$F_{iH} = \frac{m * g * (f_1 - \mu)}{\cos\alpha * \cos\beta_l + \mu * \sin\alpha}$$

$$F_{iH} = \frac{25.000\ kg * 9{,}81\ m/s^2 * (0{,}8 - 0{,}4)}{\cos(32°) * \cos(51°) + 0{,}4 * \sin(32°)}$$

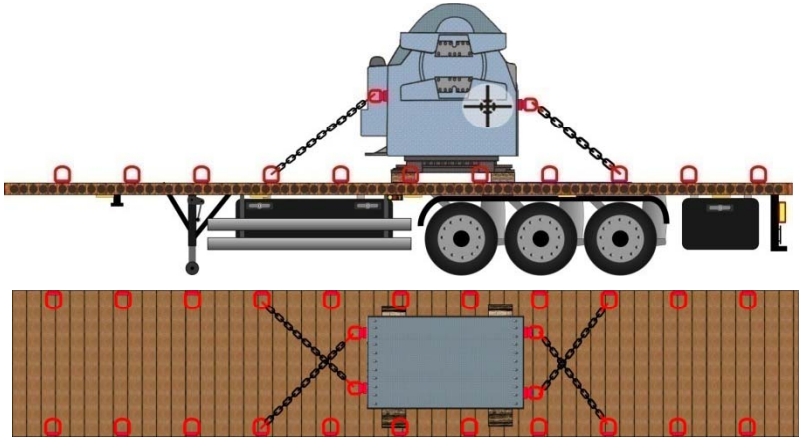


Ist die Ladungssicherung ausreichend?

Ladungsmasse:	**25.000 kg**
Reibwert (μ_D):	**0,4**
Vertikalwinkel α:	**32°**
Horizontalwinkel β:	**51°**
Kette LC:	**6.300 daN**

$$F_{iH} = \frac{24.525\ \text{daN} * 0{,}4}{0{,}84 * 0{,}63 + 0{,}4 * 0{,}53}$$

$$F_{iH} = \frac{\boxed{25.000\ \text{kg} * 9{,}81\ \text{m/s}^2}\ \boxed{* \ (0{,}8 - 0{,}4)}}{\boxed{\cos(32°) * \cos(51°)}\ \boxed{+ \ 0{,}4 * \sin(32°)}}$$

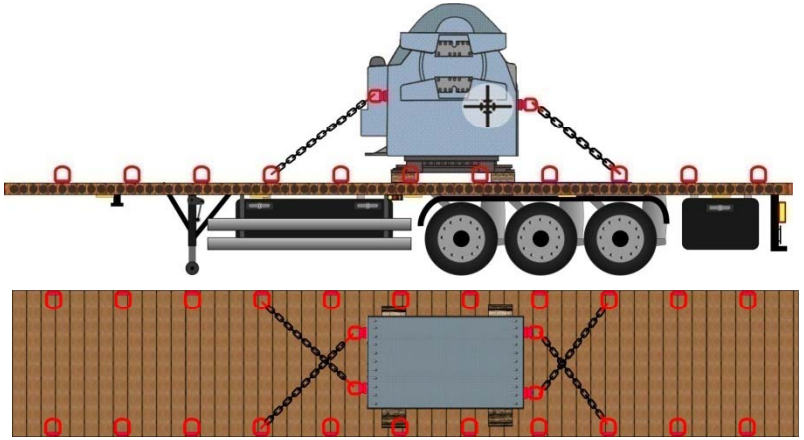


Ist die Ladungssicherung ausreichend?

Ladungsmasse:	**25.000 kg**
Reibwert (μ_D):	**0,4**
Vertikalwinkel α:	**32°**
Horizontalwinkel β:	**51°**
Kette LC:	**6.300 daN**

$$F_{iH} = \frac{24.525\ daN * 0,4}{0,84 * 0,63 + 0,4 * 0,53}$$

$$F_{iH} = \frac{9.810\ daN}{0,53 + 0,212}$$

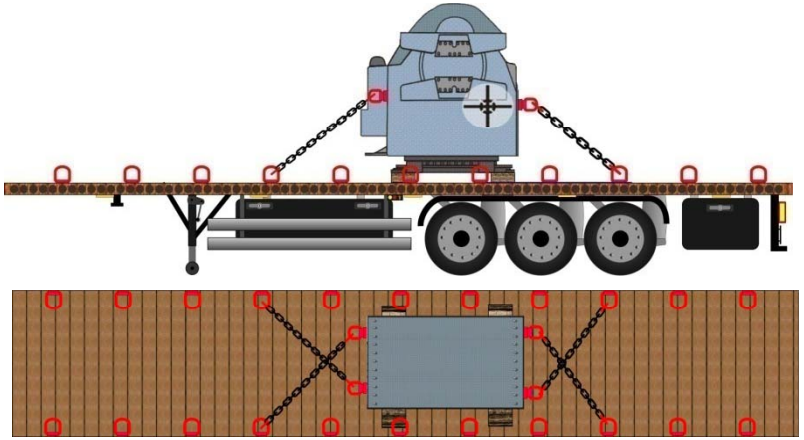


Ist die Ladungssicherung ausreichend?

Ladungsmasse:	**25.000 kg**
Reibwert (μ_D):	**0,4**
Vertikalwinkel α:	**32°**
Horizontalwinkel β:	**51°**
Kette LC:	**6.300 daN**

$$F_{iH} = \frac{9.810\ daN}{0,742}$$

$$F_{iH} = \frac{9.810\ daN}{\boxed{0,53 + 0,212}}$$



Ist die Ladungssicherung ausreichend?

Ladungsmasse:	25.000 kg
Reibwert (μ_D):	0,4
Vertikalwinkel α:	32°
Horizontalwinkel β:	51°
LC:	6.300 daN

$$F_{iH} = \frac{9.810 \text{ daN}}{0,742}$$

$$F_{iH} = 13.221 \text{ daN}$$

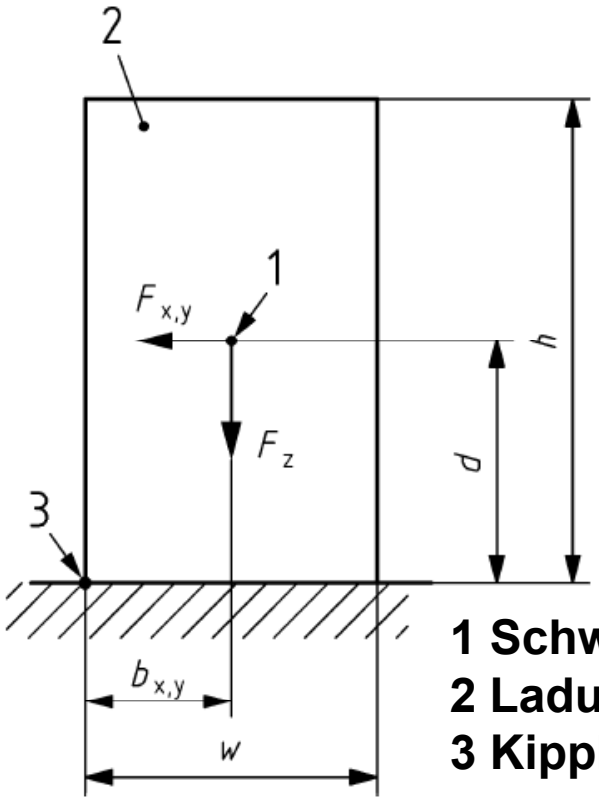
13.221 daN / 2 = 6.611 daN je Zurrmittel

Kippgefahr nach DIN EN 12195-1 : 06/2011

Berechnung der Kippgefahr:

$$b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} * d$$

quer	längs
$0{,}4\,m > \frac{0{,}5g}{1{,}0g} * 0{,}95\,m$	$0{,}4\,m > \frac{0{,}8g}{1{,}0g} * 0{,}95\,m$
$0{,}4\,m > 0{,}475\,m$	$0{,}4\,m > 0{,}76\,m$
Kippgefahr	
ja	ja



$h = 180\,cm$
$d = 95\,cm$
$w = 80\,cm$
$b_{x,y} = 40\,cm$
$c_x = 0{,}8g$
$c_y = 0{,}5g$

1 Schwerpunkt
2 Ladung
3 Kippkante

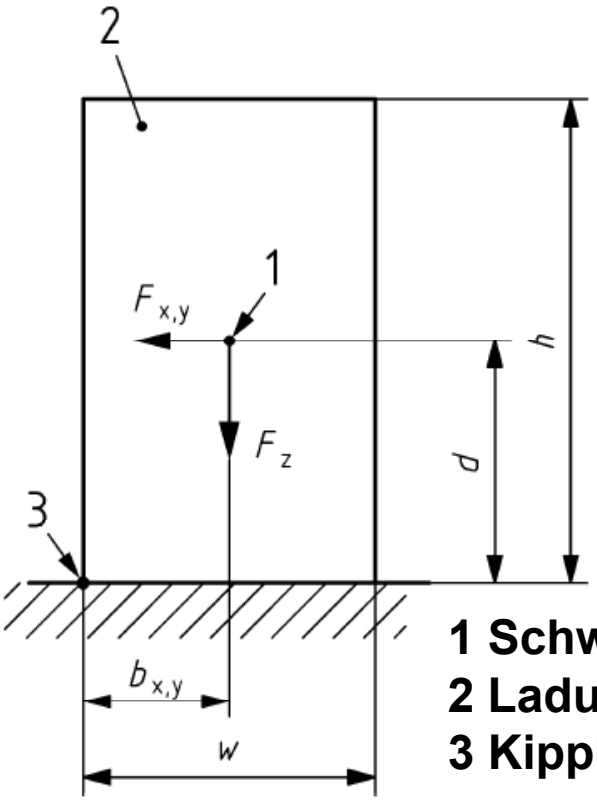
Die Größen c_x, c_y *und* c_z *sind die Beschleunigungsbeiwerte nach Abschnitt 4 (für den Straßentransport gilt* $c_y = 0{,}5$*).*

Kippgefahr nach DIN EN 12195-1 : 06/2011

Berechnung der Kippgefahr:

$$b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} * d$$

quer	längs
$0{,}4\,m > \frac{0{,}5g}{1{,}0g} * 0{,}95\,m$	$0{,}4\,m > \frac{0{,}8g}{1{,}0g} * 0{,}95\,m$
$0{,}4\,m > 0{,}475\,m$	$0{,}4\,m > 0{,}76\,m$
Kippgefahr	
ja	ja



$h = 180\,cm$
$d = 95\,cm$
$w = 80\,cm$
$b_{x,y} = 40\,cm$
$c_x = 0{,}8g$
$c_y = 0{,}5g$
$m = 1.200\,kg$
$\mu = 0{,}4$

1 Schwerpunkt
2 Ladung
3 Kippkante

$c_y = 0{,}5$ berechnet mit $F_T = S_{TF}$
$c_y = 0{,}6$ berechnet mit $F_T = 0{,}5\,LC$

Kippgefahr nach DIN EN 12195-1 : 06/2011

Niederzurren, quer - rutschen:

$$F_T \geq \frac{(c_{x,y} - \mu \times c_z)\, m \times g}{2n \times \mu \times \sin\alpha} f_s$$

F_T = 485 daN
2 Zurrmittel mit S_{TF} = 300 daN

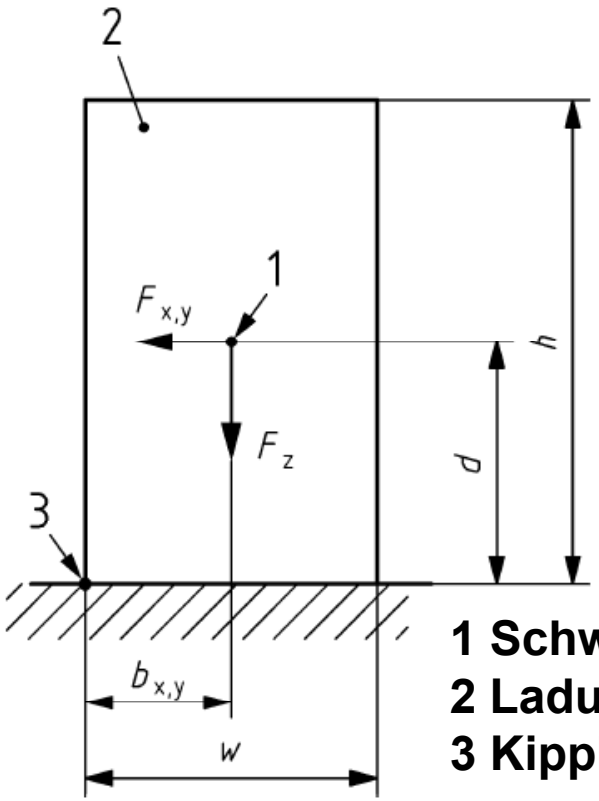
Niederzurren, quer - kippen:

$$n \times F_T \geq \frac{m \times g\,(c_y \times d - c_z \times b)}{w \times \sin\alpha} \times f_s$$

F_T = 364 daN
2 Zurrmittel mit S_{TF} = 300 daN

F_T = 826 daN
1 Zurrmittel mit LC = 2.000 daN

$c_y = 0{,}5$ berechnet mit $F_T = S_{TF}$
$c_y = 0{,}6$ berechnet mit $F_T = 0{,}5\ LC$



h	=	180 cm
d	=	95 cm
w	=	80 cm
$b_{x,y}$	=	40 cm
c_x	=	0,8g
c_y	=	0,5g
m	=	1.200 kg
μ	=	0,4
α	=	90°

1 Schwerpunkt
2 Ladung
3 Kippkante

3 Ladeeinheiten nebeneinander

Kippgefahr nach DIN EN 12195-1 : 06/2011

Niederzurren, längs - rutschen:

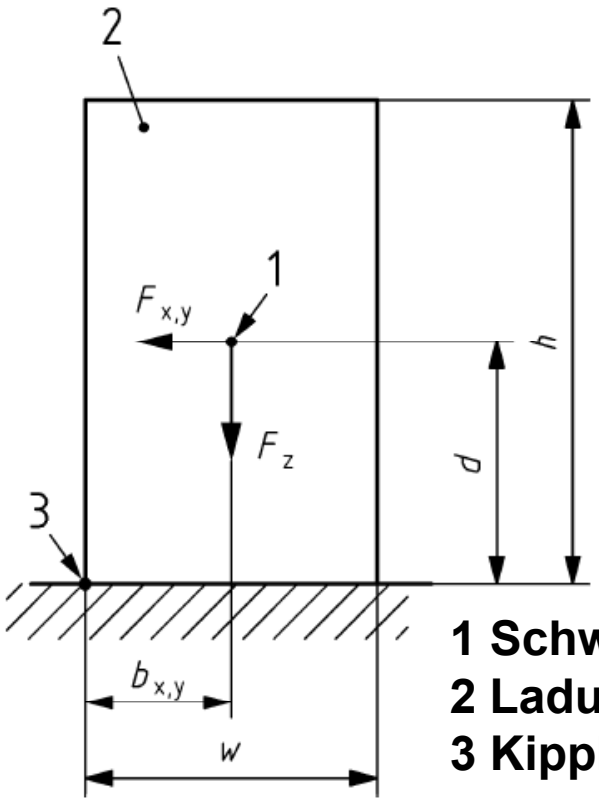
$$F_T \geq \frac{(c_{x,y} - \mu \times c_z)\, m \times g}{2n \times \mu \times \sin\alpha} f_s$$

F_T = 2.207 daN
8 Zurrmittel mit S_{TF} = 300 daN

Niederzurren, längs - kippen:

$$F_T \geq \frac{m * g * (c_x * d - c_z * b)}{\sin\alpha} * f_s$$

F_T = 1.589 daN
6 Zurrmittel mit S_{TF} = 300 daN



h	=	180 cm
d	=	95 cm
w	=	80 cm
$b_{x,y}$	=	40 cm
c_x	=	0,8g
c_y	=	0,5g
m	=	1.200 kg
μ	=	0,4
α	=	90°

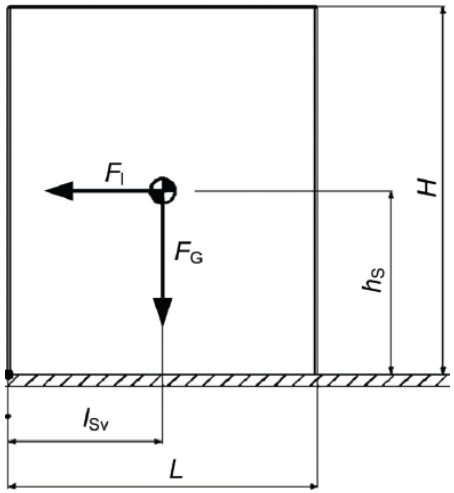
1 Schwerpunkt
2 Ladung
3 Kippkante

3 Ladeeinheiten nebeneinander

Kippgefahr nach VDI 2700 Blatt 2 : 07/2014

Berechnung der Kippgefahr:

längs		quer
vorn	hinten	
$l_{Sv} > f_{Slv} \cdot h_S$	$l_{Sh} > f_{Slh} \cdot h_S$	$b_S > f_{Sq} \cdot h_S$
0,4 m > 0,76 m	0,4 m > 0,57 m	0,4 m > 0,57 m
Kippgefahr		
ja	ja	ja



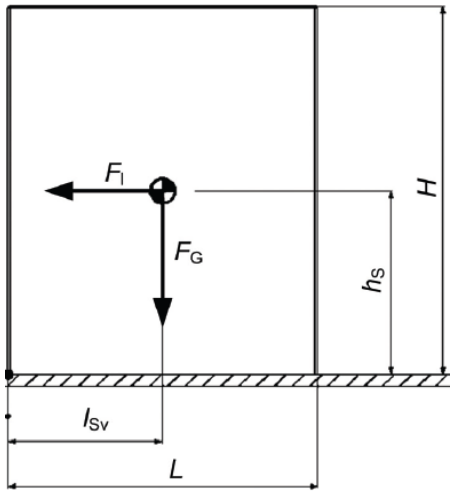
$H = 180\ cm$
$h_s = 95\ cm$
$L/B = 80\ cm$
$l_{Sv} = 40\ cm$
$l_{Sh} = 40\ cm$
$b_S = 40\ cm$
$f_{Slv} = 0{,}8g$
$f_{Slh} = 0{,}6g$
$f_{Slq} = 0{,}6g$

Kippgefahr nach VDI 2700 Blatt 2 : 07/2014

Berechnung der Kippgefahr:

längs vorn	längs hinten	quer
$l_{Sv} > f_{Slv} \cdot h_S$	$l_{Sh} > f_{Slh} \cdot h_S$	$b_S > f_{Sq} \cdot h_S$
0,4 m > 0,76 m	0,4 m > 0,57 m	0,4 m > 0,57 m
Kippgefahr		
ja	ja	ja

3 Ladeeinheiten nebeneinander



$H = 180$ cm
$h_s = 95$ cm
$L/B = 80$ cm
$l_{Sv} = 40$ cm
$l_{Sh} = 40$ cm
$b_S = 40$ cm
$f_{Slv} = 0{,}8g$
$f_{Slh} = 0{,}6g$
$f_{Slq} = 0{,}6g$
$m = 1.200$ kg
$\mu = 0{,}4$
$\alpha = 90°$

Nicht standsichere Ladegüter sind grundsätzlich gegen Kippen und Rutschen zu sichern. Beide Sicherungsergebnisse sind gegenüberzustellen. Der höhere Sicherungsbedarf ist anzusetzen.

Kippgefahr nach VDI 2700 Blatt 2 : 07/2014

Sicherung gegen Rutschen:

$$F_{iS} = \frac{F_G * (f_l - \mu * f_V)}{k * \mu * \sin\alpha}$$

längs

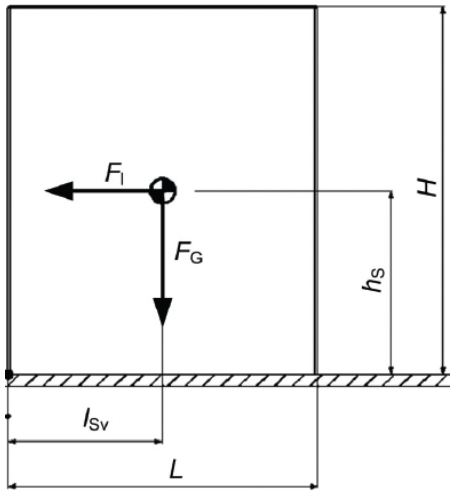
F_{iS} = 1.962 daN

quer

F_{iS} = 491 daN

7 Zurrmittel mit S_{TF} = 300 daN

3 Ladeeinheiten nebeneinander



H	=	180 cm
h_s	=	95 cm
L/B	=	80 cm
l_{Sv}	=	40 cm
l_{Sh}	=	40 cm
b_S	=	40 cm
f_{Slv}	=	0,8g
f_{Slh}	=	0,6g
f_{Slq}	=	0,6g
m	=	1.200 kg
μ	=	0,4
α	=	90°

Kippgefahr nach VDI 2700 Blatt 2 : 07/2014

Sicherung gegen Kippen:

quer

$$F_{iS} = \frac{m * g * \left(f_{Sq} * h_S - f_V * b_S\right)}{n * B * \sin\alpha}$$

F_{iS} = 247 daN (S_{TF})

längs

$$F_{iH} = \frac{m * g * \left(f_{Sv,h} * h_S - f_V * l_{Sv,h}\right)}{2 * l_{LC} * \sin\alpha}$$

vorn

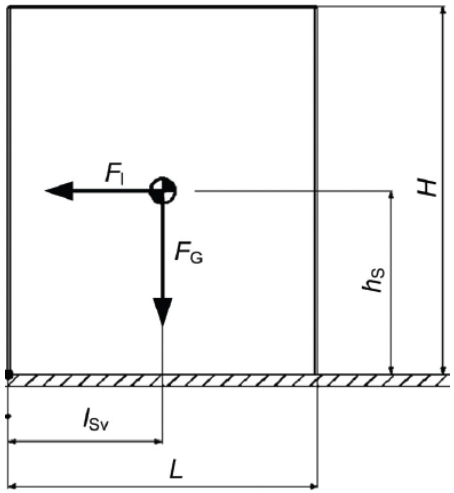
F_{iH} = 1.589 daN (LC)

hinten

F_{iH} = 750 daN (LC)

2 Zurrmittel mit S_{TF} = 300 daN und LC = 2.000 daN

3 Ladeeinheiten nebeneinander



H	=	180 cm
h_s	=	95 cm
L/B	=	80 cm
l_{Sv}	=	40 cm
l_{Sh}	=	40 cm
b_S	=	40 cm
f_{Slv}	=	0,8g
f_{Slh}	=	0,6g
f_{Slq}	=	0,6g
m	=	1.200 kg
μ	=	0,4
α	=	90°
l_{LC}	=	40cm

Gegenüberstellung der Ergebnisse

			VDI 2700 Blatt 2		DIN EN 12195-1	
			g-Wert	S_{TF} / LC	g-Wert	S_{TF} / LC
rutschen	längs		**0,8**	**1.962 daN**	**0,8**	**2.207 daN**
	quer		**0,5**	**491 daN**	**0,5**	**485 daN**
kippen	längs	vorn	**0,8**	**1.589 daN**	**0,8**	**1.589 daN**
		hinten	**0,6**	**750 daN**		
	quer		**0,6**	**247 daN**	**0,5**	**364 daN**
					0,6	**826 daN**

Zurrmittel mit LC = 2.500 daN und S_{TF} = 300 daN

8 Zurrmittel nach DIN EN 12195-1
7 Zurrmittel nach VDI 2700 Blatt 2