

Nachweis der Ladungssicherheit nach VDI 2700 Blatt 2

Ladungssicherheit auf Straßenfahrzeugen

Zurkraftberechnung

1. Nachweis der Standfestigkeit

Bemerkung: Der Schwerpunkt in Längs- und Querrichtung liegt mit ausreichender Genauigkeit in der Mitte.
Als Schwerpunkt in der Höhe wurde der beladene Zustand berücksichtigt.

Der Nachweis erfolgt unter Beachtung der Schwerpunktlage zur Kippkante.
Die Standfestigkeitskriterien $L:H > f_1$ und $B:H > f_q + f_w$ gelten analog wie folgt:

$$\frac{L}{2} \div HS > f_1 \quad \frac{B}{2} \div HS > f_q + f_w$$

Hierbei gilt, dass $L/2$ und $B/2$ die jeweiligen Schwerpunktabstände zur Kippkante sind und HS die Höhe des Schwerpunktes über der Kippkante bedeutet

Gegeben:

$L := 3100 \text{ mm}$	Länge Behälter
$B := 2200 \text{ mm}$	Breite Behälter
$HS := 1200 \text{ mm}$	Schwerpunkthöhe beladen
$f_1 := 0.8$	Beschleunigungsbeiwert in Fahrtrichtung (Bremsen/Verzögerung)
$f_q := 0.5$	Beschleunigungsbeiwert quer zur Fahrtrichtung (Ausweichen/ Kurvenfahrt)
$f_w := 0.2$	Wankfaktor
$f := 0.5$	Beschleunigungsbeiwert entgegen der Fahrtrichtung (Beschleunigen)

a) Nachweis Standfestigkeit in Fahrtrichtung:

$$\frac{L}{2} \div HS > f_1 \quad f_1 = 0.8$$

$$\frac{L}{2} \div HS = 1.292 \quad ==> \text{Standfestigkeit erfüllt}$$

b) Nachweis Standfestigkeit zu den Seiten

$$\frac{B}{2} \div HS > f_q + f_w \quad f_q + f_w = 0.7$$

$$\frac{B}{2} \div HS = 0.917 \quad ==> \text{Standfestigkeit erfüllt}$$

c) Standfestigkeit entgegen der Fahrtrichtung

$$\frac{L}{2} \div HS > f \quad f = 0.5$$

$$\frac{L}{2} \div HS = 1.292 \quad ==> \text{Standfestigkeit erfüllt}$$

Der Behälter ist eine standfeste Ladeeinheit.

2. Diagonalzurren standfester Ladeeinheiten

Rückhaltekraft in Längsrichtung (Fahrtrichtung)

F_R	Rückhaltekraft längs
F_{Rq}	Rückhaltekraft quer
μ	Reibbeiwert Gummimatte 0.4 bis 0.6
$m := 8000 \text{ kg}$	Gewicht des Behälters
$F_G := 80 \text{ kN}$	Gewichtskraft des Behälters
$n := 2$	Anzahl der Zurrmittel je Richtung
α	vertikaler Zurrwinkel zwischen Ladefläche und Zurrmittel
β	horizontaler Zurrwinkel zwischen Längsachse des Fahrzeugs und Zurrmittel

a) Sicherung in Fahrtrichtung für hintere Zurrketten

$$\alpha := 80^\circ$$

$$\beta := 45^\circ$$

$$\mu := 0.6$$

$$F_R := \frac{(f_1 - \mu)}{(\mu \cdot \sin(\alpha)) + (\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta))} \cdot \frac{F_G}{n}$$

$$F_R = (1.121 \cdot 10^4) \text{ N}$$

b) Sicherung entgegen der Fahrtrichtung für vordere Zurrketten

$$\alpha := 60^\circ$$

$$\beta := 45^\circ$$

$$\mu := 0.4$$

$$F_R := \frac{(f - \mu)}{(\mu \cdot \sin(\alpha)) + (\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta))} \cdot \frac{F_G}{n}$$

$$F_R = (5.715 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$\alpha := 60^\circ$$

$$\beta := 20^\circ$$

$$F_R := \frac{(f - \mu)}{(\mu \cdot \sin(\alpha)) + (\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta))} \cdot \frac{F_G}{n}$$

$$F_R = (4.9 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Rückhaltekraft in Querrichtung

Fall 1)

$$\alpha := 80^\circ$$

$$\beta := 45^\circ$$

$$\mu := 0.4$$

$$F_{Rq} := \frac{\langle f_q - \mu \rangle}{(\mu \cdot \sin(\alpha)) + (\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta))} \cdot \frac{F_G}{n}$$

$$F_{Rq} = (7.741 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Fall 2)

$$\alpha := 60^\circ$$

$$\beta := 45^\circ$$

$$\mu := 0.4$$

$$F_{Rq} := \frac{\langle f_q - \mu \rangle}{(\mu \cdot \sin(\alpha)) + (\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta))} \cdot \frac{F_G}{n}$$

$$F_{Rq} = (5.715 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Fall 3)

$$\alpha := 60^\circ$$

$$\beta := 20^\circ$$

$$\mu := 0.4$$

$$F_{Rq} := \frac{\langle f_q - \mu \rangle}{(\mu \cdot \sin(\alpha)) + (\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta))} \cdot \frac{F_G}{n}$$

$$F_{Rq} = (4.9 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Rückhaltekraft beim Ankippen der Ladefläche im Stand

Fall 1)

$\gamma := 60^\circ$ max. Kippwinkel der Ladefläche im Stand

$\mu := 0.6$

$\alpha := 80^\circ$

$\beta := 45^\circ$

$F_{Gk} := F_G \cdot \sin(\gamma)$ Gewichtskraft des Behälters abhängig vom Kippwinkel der Ladefläche

$$F_{Gk} = (6.928 \cdot 10^4) \text{ N}$$

$$F_{Rk} := \frac{\mu}{(\mu \cdot \sin(\alpha)) + (\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta))} \cdot \frac{F_G}{n}$$

$$F_{Rk} = (3.363 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Fall 2)

$\gamma := 60^\circ$ max. Kippwinkel der Ladefläche im Stand

$\mu := 0.6$

$\alpha := 60^\circ$

$\beta := 45^\circ$

$F_{Gk} := F_G \cdot \sin(\gamma)$ Gewichtskraft des Behälters abhängig vom Kippwinkel der Ladefläche

$$F_{Gk} = (6.928 \cdot 10^4) \text{ N}$$

$$F_{Rk} := \frac{\mu}{(\mu \cdot \sin(\alpha)) + (\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta))} \cdot \frac{F_G}{n}$$

$$F_{Rk} = (2.749 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Fall 3)

$$\gamma := 60^\circ$$

Kippwinkel der Ladefläche im Stand

$$\mu := 0.6$$

$$\alpha := 60^\circ$$

$$\beta := 20^\circ$$

$$F_{Gk} := F_G \cdot \sin(\gamma)$$

Gewichtskraft des Behälters abhängig vom
Kippwinkel der Ladefläche

$$F_{Gk} = (6.928 \cdot 10^4) \text{ N}$$

$$F_{Rk} := \frac{\mu}{(\mu \cdot \sin(\alpha)) + (\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta))} \cdot \frac{F_{Gk}}{n}$$

$$F_{Rk} = (2.101 \cdot 10^4) \text{ N}$$