

Im Folgenden werden einige Grundbegriffe und physikalische Grundlagen, die für das Verständnis der Anwendung aller Ladungssicherungsmittel hilfreich sind erklärt. Bei der Berechnung von Ladungssicherung muss immer ein Kräftegleichgewicht zwischen den Kräften, die im Fahrbetrieb auftreten und das Bestreben haben, die Ladung zu verschieben, und den statischen Haltekräften der Ladungssicherung, erreicht werden.

Die hier verwendeten Symbole, Einheiten und Begriffe werden analog zur DIN EN 12195 verwendet:

- FX = Massenkraft der Ladung in Fahrtrichtung
- Fy = Massenkraft der Ladung quer zur Fahrtrichtung
- FZ = Gewichtskraft (Normalkraft)
- FT = Vorspannkraft Zurrmittel
- FF = Reibkraft
- FB = tatsächliche Blockierkraft

Vertikalkraft der Ladung (Gewichtskraft)

Die Vertikalkraft FZ ist die Kraft, mit der eine Masse (Ladung) aufgrund der Erdanziehungskraft auf die Ladefläche drückt. 1 kg Ladung erzeugt durch die Erdbeschleunigung (Erdbeschleunigung) $g \sim 10 \text{ m/s}^2$ eine Vertikalkraft in Höhe von $10 \text{ N} = 1 \text{ daN}$.

$$F_z = m \times g$$

1 daN = 1 kg x 9,81 m/sec²

Gewichtskraft = Masse x Erdbeschleunigung.

Längskraft, Querkraft der Ladung

Trägheitskraft, die als Folge der Fahrzeugbewegungen in Richtung der Längsachse (x-Achse; Bremsen und Beschleunigen) beziehungsweise Querachse (y-Achse; Kurvenfahrt) eines Transportmittels auf die Ladung wirkt.

$$F_{x,y} = m \times c_{x,y} \times g$$

Trägheitskraft = Masse x Beschleunigungsbeiwert x Erdbeschleunigung.

Reibungskraft

Die Reibungskraft wirkt einer Ladungsver-schiebung entgegen und hilft der Ladungssicherung. Je „rauer“ eine Oberfläche ist, desto größer ist die Reibungskraft.

$$F_f = \mu_D \times F_z$$

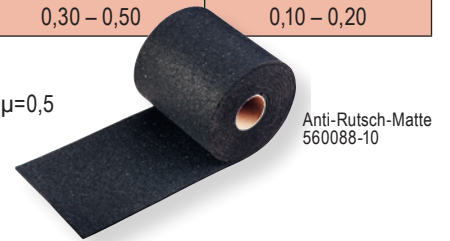
Reibungskraft = Reibbeiwert x Gewichtskraft

Die Reibungskraft ist eine wesentliche Hilfe bei der Ladungssicherung

Die natürliche Ladungssicherung beschreibt die Reibung zwischen Ladung und Fahrzeugboden. Zur Bestimmung des vorliegenden Reibbeiwertes (μ_D) müssen die unterschiedlichen Beschaffenheiten der Ladung und des Bodens berücksichtigt werden.

Die Fachliteratur spricht „bei normalen Bedingungen“ in der Regel von $\mu_D = 0,3$, das heißt, Sie können nach der genannten Formel bei der Berechnung Ihrer Ladungssicherungsmittel 30 % der Vertikalkraft als Reibungskraft annehmen. Dies gilt bei trockenen Verhältnissen für die Paarung Holz (Ladung) / Holz (Ladefläche). Andere Gleit-Reibbeiwerte finden Sie in der untenstehenden Tabelle. Der mit μ (mü) bezeichnete Reibbeiwert (Gleitreibbeiwert) ist für die verschiedenen Materialpaarungen unterschiedlich. Im Zweifelsfall ist der niedrigere Wert anzusetzen.

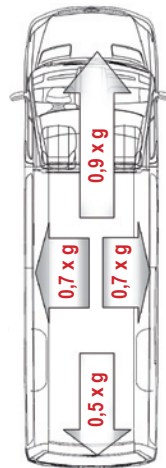
	trocken	nass	geölt
Holz / Holz	0,20 – 0,50	0,20 – 0,25	0,05 – 0,15
Metall / Holz	0,20 – 0,50	0,20 – 0,25	0,02 – 0,10
Metall / Metall	0,10 – 0,25	0,10 – 0,20	0,01 – 0,10
Beton / Holz	0,30 – 0,60	0,30 – 0,50	0,10 – 0,20



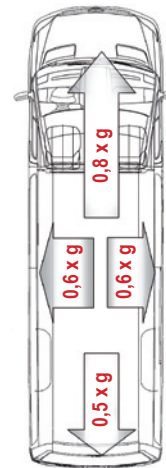
Mit einer Anti-Rutsch-Matte wird ein Reibbeiwert von $\mu=0,5$ erreicht und damit die Sicherheit deutlich erhöht.

Massenkräfte für zulässige Gesamtmasse zGM

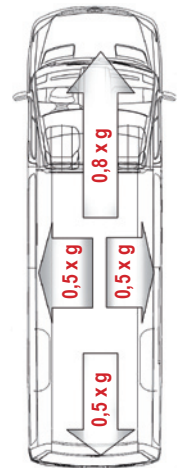
zGM 2,0 t



zGM 2,0 t bis 3,5 t



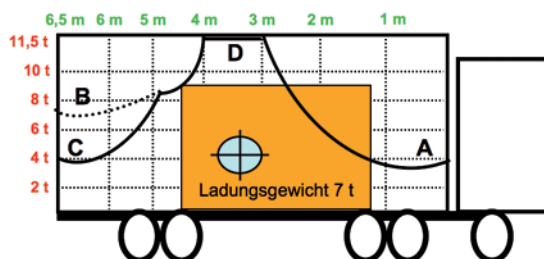
zGM > 3,5 t



In Fahrtrichtung treten Beschleunigungen bis $0,9 \times g$ auf, dadurch entstehen Trägheitskräfte bis zu 90 % der Vertikalkraft (~Ladungsgewicht). Zur Seite ist bis $0,7 \times g$ (70 %) und nach hinten ist von $0,5 \times g$ und damit von 50 % der Vertikalkraft auszugehen.

Die Richtlinie VDI 2700 Blatt 4 fordert, dass die Ladung so zu verstauen ist, dass der Schwerpunkt der gesamten Ladung möglichst über der Längsmittellinie des Fahrzeugs liegt. Auch bei Teilladungen ist eine gleichmäßige Gewichts- und Lastverteilung anzustreben.

Bei hohen Gewichtsen ist ein Formschluss meistens nicht gegeben, da aufgrund der Achslasten nicht von der Stirnwand nach hinten geladen werden kann. Dadurch entstehen Ladelücken und hier muss eine geeignete Ladungssicherungsmaßnahme gewählt werden.



- A = Begrenzung durch zulässige Vorderachslast.
- B = Begrenzung durch zulässige Hinterachslast.
- C = Begrenzung durch sichere Lenkbarkeit.
- D = Begrenzung durch zulässiges Gesamtgewicht.