BG BAU
Berufsgenossenschaft
der Bauwirtschaft

Ladungssicherung auf Fahrzeugen der Bauwirtschaft

Impressum

Autoren:
Eckhard Becker
Torsten Langer

Herausgeber und Copyright:
Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
Hildegardstraße 29/30 · 10715 Berlin
Internet:www.bgbau.de

Präventions-Hotline der BG BAU:
0800 80 20 100
(gebührenfrei)

Gestaltung:
H.ZWEI.S Werbeagentur GmbH
Plaza de Rosalia 2 · 30449 Hannover

Ausgabe: 2018
Abruf-Nr.: 681

Inhaltsverzeichnis

Ladungssicherung auf Fahrzeugen der Bauwirtschaft

– Aus der Praxis für die Praxis –

1. Warum Ladungssicherung ... 5

2. Rechtliche Grundlagen ... 6

3. Verantwortlichkeiten ... 8

3.1 Fahrzeughalter, Unternehmer ... 8

3.2 Disponent, Verlader ... 10

3.3 Fahrzeugführer ... 12

4. Physikalische Grundlagen zur Ladungssicherung ... 13

4.1 Newton für Praktiker ... 13

4.2 Reibung ... 14

4.3 Standfestigkeit der Ladung, Kippsicherheit ... 16

4.4 Rückhaltekraft und Vorspannkraft ... 17

5. Arten der Ladungssicherung ... 18

5.1 Die formschlüssigen Verfahren ... 18

5.2 Das kraftschlüssige Verfahren ... 19

6. Anforderungen an das Transportfahrzeug ... 20

6.1 Lastverteilungsplan ... 20

6.2 Schutz zwischen Fahrgastzelle und Laderaum ... 21

6.3 Belastbarkeit von Bordwänden ... 21

6.4 Zurrpunkte ... 22

7. Anforderungen an das Ladegut ... 26

7.1 Schüttgüter ... 26

7.2 Erd- und Straßenbaumaschinen ... 27

7.3 Stückgüter ... 29

7.4 Bildung von Ladeeinheiten ... 30

8. Zurrmittel ... 31

8.1 Zurrgurte ... 32

8.2 Zurrketten ... 36

8.3 Hinweise zu Prüfungen ... 38

9. Hilfsmittel zur Ladungssicherung 39
9.1 Kantenschoner, Kantengleiter 39
9.2 Netze 40
9.3 Rutschhemmendes Material (RHM) 42
9.4 Ladungssicherung für Lasten ohne Zurrpunkte 44
9.5 Füllhölzer, Paletten 45
9.6 Blockierbalken (Zwischenwandverschlüsse) 46
9.7 Transporte von langen Stückgütern 47
9.8 Zurrkraftrechner 49
9.9 Vorspannkraft-Messgeräte 51

10. Beispiele zur Ladungssicherung 52
10.1 Ladungssicherung eines Minibaggers auf einem Tandemanhänger 53
10.2 Ladungssicherung eines Steinpaketes 78
10.3 Ladungssicherung im Gerüstbau 100
10.4 Ladungssicherung beim Transport von Betonfertigteilen 123
10.5 Ladungssicherung im Facility-Management und bei Ausbaugewerken 129

11. Schlussbemerkungen/Fazit 152

12. Rechtliche Grundlagen, Literatur und Hersteller zur Ladungssicherung 153
12.1 Vorschriften und Regeln 153
12.2 Literaturverzeichnis 154
12.3 Herstellerverzeichnis 155
12.4 Bildnachweis 156

Anhang 1 Betriebsanweisung 157
Anhang 2 Checkliste zur Ladungssicherung 158
Anhang 3 Tabelle Niederzurren 160
Anhang 4 Tabelle Diagonalzurren 161
Anhang 5 Berechnung nach DIN EN 12195-1:2011-06 162

Aus der Praxis für die Praxis

Die vorliegende Broschüre stellt eine praxisnahe Hilfestellung für die Personen dar, die die Ladungssicherung ausführen. Neben den rechtlichen Grundlagen werden die Verantwortlichkeiten dargelegt. Insbesondere werden die verschiedenen Möglichkeiten der Sicherung von Material und Maschinen erläutert.

Aufgrund der Komplexität der Berechnung von Rückhaltekräften für die Ladungssicherung sind hier vorrangig einfach anzuwendende Berechnungsmethoden vorgestellt, mit denen der Anwender immer auf der sicheren Seite ist.

1. Warum Ladungssicherung?

Die Ladung muss so verstaut sein, dass sie unter „normalen“ Fahr- und Straßenverhältnissen weder verrutschen, herabfallen oder Ursache für das Umkippen des Fahrzeuges sein kann. Nicht gesicherte bzw. nicht ausreichend gesicherte Ladung stellt eine Gefährdung für alle Verkehrsteilnehmer dar.

In der Bauwirtschaft müssen die verschiedensten Güter wie Maschinen, Fertigteile und sonstige Baumaterialien zu den vorgesehenen Einsatzorten transportiert werden. Ladungssicherung wird dabei häufig außer Acht gelassen, vergessen oder unzureichend durchgeführt.

Vermeintliche Gründe dafür sind:

Keine Zeit	***„Ich musste los … ich war sowieso schon zu spät.“***
Kein Geld	***„Der Chef hat gesagt, Gurte sind zu teuer.“***
Keine Ahnung	***„Die Ladung ist schwer genug, da bewegt sich nichts.“***

Eine unzureichende oder fehlende Ladungssicherung kann zu schweren Unfällen führen. Personen- sowie Sachschäden mit erheblichen Verletzungen und Kosten können die Folge sein.
Eine ordnungsgemäße Ladungssicherung hat einen positiven Einfluss auf die Verkehrs- und Arbeitssicherheit. Dies bedeutet, dass von der ordnungsgemäß durchgeführten Ladungssicherung nicht nur andere Verkehrsteilnehmer sondern auch die Fahrzeuginsassen sowie das Be- und Entladepersonal profitieren.

Bild 1: Bagger unfreiwillig „abgeladen“

2. Rechtliche Grundlagen

Der zum 01.01.2006 geänderte **§ 22, Absatz 1 der Straßenverkehrsordnung (StVO)** schreibt vor, dass Ladung zu sichern ist.

„Die Ladung einschließlich Geräte zur Ladungssicherung sowie Ladeeinrichtungen sind so zu verstauen und zu sichern, dass sie selbst bei Vollbremsung oder plötzlicher Ausweichbewegung nicht verrutschen, umfallen, hin- und herrollen, herabfallen oder vermeidbaren Lärm erzeugen können. Dabei sind die anerkannten Regeln der Technik zu beachten.“

Es wird nicht gesagt, wie Ladung zu sichern ist, sondern es wird auf die „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ verwiesen.

„Allgemein anerkannte Regeln der Technik“ stellen DIN und DIN EN Normen sowie, nach Auffassung der Rechtsprechung (OLG Koblenz AZ: 1Ss 265/91; Bayerisches OLG 1. Senat AZ: 1 ob OWI 15/02), auch die VDI-Richtlinien 2700 dar.

Es gibt derzeit zwei Regelungen, die die Berechnung von Sicherungskräften auf Straßenfahrzeugen vorgeben. Die DIN EN Normen, z. B. die DIN EN 12195-1:2011-06 „Ladungssi-

Bild 2: Bei einem Frontalaufprall mit 50 km/h entwickelt der ca. 18 kg schwere Getränkekasten die Wucht von 1 t.

cherung auf Straßenfahrzeugen – Sicherheit – Teil 1: Berechnung von Sicherungskräften". DIN EN Normen sind Normen die in Europa gelten und von den jeweiligen Mitgliedsländern umgesetzt bzw. beachtet werden müssen. Die VDI-Richtlinien, z. B. die VDI 2700 Blatt 2:2014 „Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen – Berechnung von Sicherungskräften – Grundlagen", sind nationale deutsche Regelungen.

Deutschland hat sich bisher immer gegen die Einführung bzw. Umsetzung der europäischen Norm zur Ladungssicherung ausgesprochen, da das Sicherheitsniveau gegenüber der vorher gültigen Norm, DIN EN 12195-1:2004 und der VDI 2700 Blatt 2:2014 erheblich reduziert wurde. Wenn DIN oder DIN EN Normen überarbeitet werden, muss mit dem Erscheinen einer neuen Norm, die bis dahin geltende alte Norm zurückgezogen werden. Um einen einheitlichen europäischen Sicherheitsstandard zu gewährleisten haben sich die kontrollierenden Behörden in Deutschland (BAG, Polizei) 2016 entschlossen, ihre Kontrolltätigkeit nach der neuen DIN EN 12195-1:2011 durchzuführen.

Auch beim Transport von Gefahrgütern (Fahrzeugen, Maschinen und Geräten, welche in ihrem inneren Aufbau gefährliche Güter enthalten und unter die Regelungen der Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB) sowie das Europäische Übereinkommen über die internationale Beförderung von gefährlichen Gütern (ADR) fallen), muss mit Einführung der ADR 2013 nach der DIN EN 12195-1:2011-06 gesichert werden.

Da in Richtlinien und Normen keine konkreten Hinweise enthalten sind wie einzelne Güter zu sichern sind, müssen Unternehmer Betriebsanweisungen für die Ladungssicherung erstellen, wie z. B. Baumaschinen, Geräte und Material auf den Fahrzeugen zu sichern sind (siehe Anhang 1).

Berufsgenossenschaftliche Forderungen und Hinweise sind in der Unfallverhütungsvorschrift „Fahrzeuge“ (DGUV Vorschrift 70) zu finden.

Für den Transport von Baumaschinen soll der Hersteller nach dem Einheitsblatt VDMA 24121:2014-06 des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. dem Betreiber bzw. den mit der Ladungssicherung betrauten Personen wichtige Informationen zum fachgerechten Sichern der Baumaschine während des Transportes vorgeben. Diese Vorgaben gibt es bisher für Erdbaumaschinen nach DIN EN 474 Teil 1-12 und Straßenbaumaschinen nach DIN EN 500 Teil 1 bis 4 und Teil 6.

3. Verantwortlichkeit

Verantwortlich können alle Personen sein, die mit der Ladungssicherung betraut sind. Darüber hinaus kann dies aber auch der „Einkäufer“ sein, der z. B. unzureichende Zurrmittel bestellt und zur Verfügung stellt. Im Folgenden sind für die wichtigsten Personengruppen beispielhaft die wesentlichen Pflichten und Haftungsrisiken aufgeführt. Im Schadensfall findet grundsätzlich eine Einzelfallentscheidung statt.

3.1 Fahrzeughalter, Unternehmer

Bereitstellung von geeigneten Transportfahrzeugen und Hilfsmitteln:

Der Unternehmer ist dafür verantwortlich, dass er für seine Beschäftigten den sicheren Transport von Gütern und Materialien gewährleistet. Er muss daher geeignete Transportfahrzeuge und Hilfsmittel für die Ladungssicherung zur Verfügung stellen, d. h. das „richtige Fahrzeug/Gespann für die zu transportierende Last“.

Bild 3

Bei Sonderfahrzeugen (z. B. Tiefladern) liegt es in der Verantwortung des Unternehmers, bereits

bei der Auswahl dieses Fahrzeuges dafür zu sorgen, dass der Tieflader z. B. mit der notwendigen Anzahl von Zurrpunkten, die auch ausreichend belastbar sind, ausgestattet ist.
Auch bei der Bestellung von ergänzenden Teilen (z. B. Fahrzeugaufbauten) muss der Unternehmer ebenfalls dem Hersteller oder dem Lieferanten die notwendigen Angaben machen, was transportiert werden soll, damit die notwendige Ausrüstung des Fahrzeuges (z. B. mit Zurrpunkten) für einen sicheren Transport werkseitig erfolgen kann.

Haftungsrisiken bei Nichtbeachtung der aufgeführten Unternehmerverpflichtungen:

Bestellt der Unternehmer z. B. einen „Drei-Seiten-Kipper“, so ist die bestimmungsgemäße Verwendung des Kippers der Transport von Schüttgütern. Üblicherweise wird in der Baubranche dieses Fahrzeug auch zum Transport von Stückgütern benutzt. Falls der „Drei-Seiten-Kipper“ auch für den Stückguttransport eingesetzt werden soll, müssen zusätzliche Vorrichtungen (Zurrpunkte) angebracht werden, um die Ladungssicherung zu ermöglichen. Stellt sich nach einem Unfall heraus, dass der Unternehmer nicht für die Anbringung der Zurrpunkte gesorgt hat, obwohl diese Zurrpunkte für einen sicheren Transport notwendig waren, wird geprüft, inwieweit der Unternehmer für den Unfall mitverantwortlich war. Sollten die fehlenden Zurrpunkte die alleinige Ursache für den Unfall gewesen sein, so wäre der Unternehmer allein für den Unfall verantwortlich. Wahrscheinlich dürfte es in der Praxis eher ein Mitverschulden sein, da vom Unternehmer nicht das richtige Fahrzeug zur Verfügung gestellt wurde.

Beauftragung eines geeigneten Fahrers:

Neben der Verantwortung für die Auswahl des richtigen Transportfahrzeuges sowie der Hilfsmittel zur Ladungssicherung, muss der Unternehmer auch den „richtigen“ (geeigneten) Fahrer auswählen, unterweisen und beauftragen.

Es ist darauf zu achten, dass die Beschäftigten für die Aufgabe, die ihnen übertragen wird, auch befähigt sind. Sie müssen daher alle körperlichen sowie geistigen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Eigenschaften mitbringen, um die ihnen übertragenen Aufgaben ordnungsgemäß ausführen zu können. Auf der körperlichen Seite kommen hier z. B. die Hör- und Sehfähigkeit,

Bild 4

sowie die körperliche Belastbarkeit in Betracht. Zu den geistigen Fähigkeiten und Eigenschaften zählen z. B. die Auffassungsgabe, die psychische Belastbarkeit, Konzentrations- und Koordinationsfähigkeit, das technische Verständnis, das Reaktionsvermögen und die Ausbildungsqualifikation.

Der Unternehmer trägt die Verantwortung für die Auswahl der geeigneten Beschäftigten. Er hat ihre Befähigung zu berücksichtigen und darf sie nicht mit Arbeiten beschäftigen, für die sie erkennbar ungeeignet sind. Damit soll eine Gefährdung der Beschäftigten sowie anderer vermieden werden. Die Verpflichtung zur Berücksichtigung der Befähigung trifft den Unternehmer bei der erstmaligen Übertragung von Aufgaben. Er kann im Rahmen der Einstellungsgespräche bzw. arbeitsmedizinischen Eignungsuntersuchungen feststellen, ob der Beschäftigte die zur Erfüllung der Aufgaben erforderlichen Fähigkeiten und die nötige Zuverlässigkeit besitzt.

Haftungsrisiken bei nicht ordnungsgemäßer Auswahl:

Falls der Unternehmer seiner Pflicht zur ordnungsgemäßen Auswahl nicht nachkommt, wird nach einem Unfallereignis geprüft, in wieweit der Unternehmer dadurch eine Ursache für den Unfall geliefert hat. Kommt man zu dem Ergebnis, dass hier ein Verstoß gegen die Auswahlpflicht vorliegt, ist der Unternehmer für den Unfall verantwortlich bzw. mitverantwortlich.

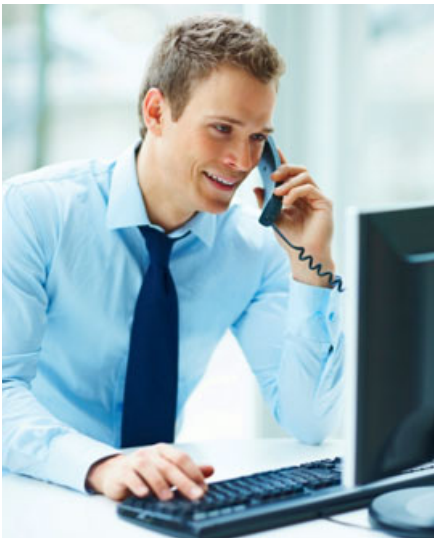


Bild 5

3.2 Disponent, Verlader

Ein Disponent ist derjenige, der die Speditionsfahrer beauftragt, für die eigene Firma tätig zu werden.
Ein Verlader ist derjenige, der vor Ort das Verladen organisiert.

In der Bauwirtschaft können Disponent und Verlader z. B. Bauleiter, Platzmeister, Werkstattmeister, Polier, Vorarbeiter aber auch der Fahrer sein. Diese verantwortlichen Personen werden von Baufirmen aber selten als Disponent oder Verlader bezeichnet, obwohl sie in dieser Funktion tätig sind.

Bild 6

Insbesondere wenn Speditionsfirmen Baugeräte, Schalungsmaterialien, Fertigteile oder anderes im Auftrag der Baufirma transportieren, sind der Disponent und der Verlader mitverantwortlich für die Gestellung des richtigen Fahrzeuges.

Der Verlader ist weiterhin für die Beförderungssicherheit des Gutes (die Ladungssicherung) verantwortlich. Dies wurde in zahlreichen Urteilen bestätigt.

Zum beförderungssicheren Verladen gehört nicht nur das Verbringen des Gutes auf die Ladefläche, sondern vielmehr ist dieses dort auch beförderungssicher zu befestigen. Es muss gegen die Erschütterungen und Schwankungen, gegen Umfallen, Verschieben, Herabfallen im Rahmen eines normalen bzw. vertragsgerecht verlaufenden Transportes gesichert werden, d. h. auch gegen Vollbremsung, plötzliche Ausweichmanöver und gegen schlechte Straßenverhältnisse.

Beachtet der Disponent oder der Verlader seine Pflichten nicht, so können beide für einen später eintretenden Unfall verantwortlich bzw. mitverantwortlich sein.

3.3 Fahrzeugführer

Der Fahrzeugführer ist in erster Linie für die betriebssichere Beladung des von ihm zu lenkenden Fahrzeuges verantwortlich. Die betriebssichere Verladung der Fracht bedeutet, dass der Fahrzeugführer darauf achten muss, durch eine sachgerechte Verteilung der Ladung auf dem Fahrzeug Umständen vorzubeugen, die die:

Bild 7

- Stabilität des Fahrzeuges und / oder
- Lenk- und Bremsfähigkeit

negativ beeinträchtigen könnten. Bei der Betriebssicherheit muss z. B. auch der Lastverteilungsplan des Fahrzeugherstellers berücksichtigt werden. Dabei ist die maximale Zuladung meistens nur in bestimmten Bereichen der Ladefläche möglich, damit z. B. die Achslasten nicht überschritten werden. Die Kontrolle der Ladungssicherung ist vor Fahrtantritt, nach Unterbrechungen der Fahrt und bei Bedarf (z. B. Vollbremsung, schlechte Wegstrecke, plötzliche Ausweichbewegungen) durch den Fahrzeugführer durchzuführen.

Kurz gesagt:
Ist ein Fahrzeug betriebssicher, dann ist Arbeits- und Verkehrssicherheit eingehalten.

4. Physikalische Grundlagen zur Ladungssicherung

Im Fahrbetrieb wirken auf das Ladegut sowohl Beschleunigungskräfte beim Anfahren und Bremsen sowie Fliehkräfte bei der Kurvenfahrt.

4.1 Newton für Praktiker

Bei der Ladungssicherung haben wir es mit Kräften (N) zu tun, obwohl die Ladung „nur wiegt“, d. h. eigentlich nur Masse (kg) ist.
Gedanklich müssen wir die Masse der Ladung von Kilogramm (kg) aufgrund der Erdanziehung in die Gewichtskraft Newton (N) umsetzen:

Gewichtskraft:	1 kg	entspricht	10 N	10 N	ist gleich	1 daN
	100 kg	entspricht	100 daN	4000 N	ist gleich	400 daN

Bei der Ladungssicherung sind die Kräfteangaben in der Einheit daN üblich. Die Bezeichnung daN wird im Weiteren mit der kg-Angabe zum besseren Verständnis 1:1 gleichgesetzt.
Die auftretenden Beschleunigungs-, Flieh- und Verzögerungskräfte müssen durch Sicherungsmaßnahmen aufgenommen und sicher über das Fahrzeug in den Untergrund eingeleitet werden können.

G = Gewicht der Ladung

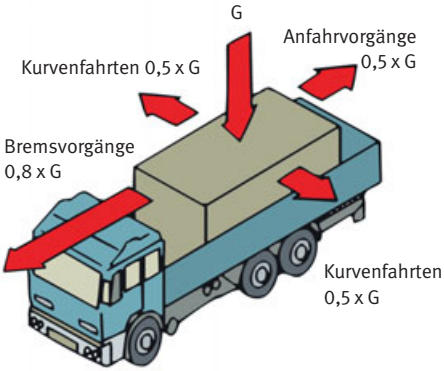


Bild 8:
Massekräfte im Fahrbetrieb bei Fahrzeugen > 3,5 t

- In Längsrichtung nach vorn (aus Bremsvorgängen) wirkt das 0,8-fache der Gewichtskraft der Ladung.
- In Querrichtung (bei Kurvenfahrten) und Längsrichtung nach hinten (beim Anfahren) wirkt das 0,5-fache der Gewichtskraft der Ladung.
- Zu berücksichtigen ist bei kippgefährdeten Ladegütern, dass das 0,1-fache der Gewichtskraft der Ladung zu den in Querrichtung wirkenden Kräften hinzuaddiert werden muss. Es wirkt also das 0,6-fache der Ladung (vgl. Kap. 4.3).

4.2 Reibung

Die Reibung wirkt zwischen zwei sich berührenden Flächen von Gegenständen, z. B. zwischen der Ladefläche und dem Ladegut oder bei gestapelten Ladegütern, zwischen diesen. Es gibt die Haft-, Gleit- und Rollreibung.

Materialpaarung	trocken	nass	fettig	Quelle
Holz/Holz	0,2 – 0,5	0,2 – 0,25	0,05 – 0,15	VDI 2700 Blatt 14:2011
Metall/Holz	0,2 – 0,5	0,2 – 0,25	0,02 – 0,1	
Metall/Metall	0,1 – 0,25	0,1 – 0,2	0,01 – 0,1	
Beton/Holz	0,3 – 0,6	0,3 – 0,5	0,1 – 0,2	
Antirutschmatte	0,6		–	
Gitterbox auf Siebdruckladeboden	0,25	–	–	DEKRA
Verschmutzte Gummireifen auf Stahlladefläche	ca. 0,3	0,1 – 0,2	–	
Saubere Gummireifen auf Stahlladefläche	ca. 0,4	–	–	
Schnittholz, auf				DIN EN 12195 Blatt 1:2011
• Schichtholz	0,45		–	
• geriffeltem Aluminium	0,4		–	
• Stahlblech	0,3		–	
• rauem Beton	0,7		–	
• glattem Beton	0,55		–	
Hobelholz, auf				
• Schichtholz	0,3		–	
• geriffeltem Aluminium	0,25		–	
• Stahlblech	0,2		–	
Kunststoff, auf				
• Schichtholz	0,2		–	
• geriffeltem Aluminium	0,15		–	
• Stahlblech	0,15		–	
Stahl, auf				
• Schichtholz	0,45		–	
• geriffeltem Aluminium	0,3		–	
• Stahlblech	0,2		–	
Rutschhemmende Mittel, aus				
• Gummi	0,6		–	
• anderen Materialien	Bescheinigung des Herstellers		–	

Tabelle 1: Reibbeiwert „μ“ in Abhängigkeit der Materialpaarung bei verschiedenen Zuständen

Nach der VDI 2700 Blatt 14:2011 werden Gleit-Reibbeiwerte berücksichtigt, die zwischen bewegten und sich berührenden Gegenständen durch Messungen ermittelt wurden. Nach der DIN EN 12195-1:2011 werden statische Reibbeiwerte verwendet, welche mit einem Umrechnungsfaktor beim Direktzurren ($f_\mu = 0{,}75$) mit in den Berechnungen zu berücksichtigen sind. Bei der Verwendung von Antirutschmatten aus Gummimaterial, beträgt der Umrechnungsfaktor beim Direktzurren $f_\mu = 1{,}0$.

Zum Beispiel rauer Beton auf Schnittholz $\mu = 0{,}7$ und $f_\mu = 0{,}75$ ergibt für die Berechnung einen Wert von 0,7 x 0,75 = 0,525. Bei der Verwendung von Antirutschmatten aus Gummi ergibt für die Berechnung einen Wert von 0,6 x 1,0 = 0,6. Daran ist erkennbar, dass bei der Verwendung von Antirutschmatten die Reibkräfte höher sind.

Die angegeben Werte in der Tabelle gelten nur, für trockene oder nasse Oberflächen, welche rein und frei von Eis, Öl und Fett sind. Wenn die Berührungsflächen nicht besenrein und frei von Frost, Eis und Schnee sind, darf für die Berechnung im Straßentransport nur ein Reibbeiwert von maximal $\mu = 0{,}2$ verwendet werden.
Bei der Verwendung von nicht aus Gummimaterial bestehenden rutschhemmenden Matten ist eine Herstellerbescheinigung über den Reibbeiwert (μ) erforderlich.

Aus der Tabelle mit den Reibbeiwerten wird ersichtlich, dass über die Reibungskraft maximal 70 % der Gewichtskraft (z. B. rauer Beton auf Schnittholz im Niederzurrverfahren) „festgehalten“ werden können. Die restliche Gewichtskraft muss anderweitig gesichert werden.

Bei der Verwendung von Antirutschmatten muss der Kontakt des Ladegutes mit der Ladefläche verhindert werden. Dies muss auch bei einer eventuellen Durchbiegung des Ladegutes gewährleistet sein. Die Antirutschmatten sollten ca. 2,0 cm unter der Last hervorschauen.

Bild 9: Einsatz einer Anti-Rutschmatte unter einer Walze

Bild 10: Einsatz von Anti-Rutschmatten unter einem Steinpaket

4.3 Standfestigkeit der Ladung, Kippsicherheit

Bei der Ladungssicherung ist die Standsicherheit des Ladegutes zu berücksichtigen. Ob ein Ladegut standsicher ist, hängt vom Verhältnis der Höhe des Schwerpunktes zum Abstand des Schwerpunktes zur Kippkante ab.
Das Ladegut ist standsicher, wenn die Schwerpunkthöhe kleiner ist, als die halbe Breite der Grundfläche des Ladegutes. Bei Ladegütern mit kreisförmigen Böden ist das der Radius. Zusätzlich ist bei der Berechnung der Beschleunigungsbeiwert quer zur Fahrtrichtung (c_y) bzw. der Beschleunigungsbeiwert entgegen der Fahrtrichtung (c_x) zu beachten.

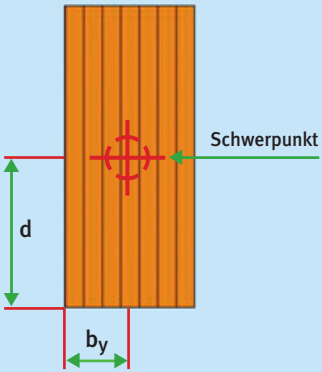
Standsicherheit

Beispiel Holzkiste (Quer zur Längsachse)

- Abmessungen (h × b) 2,0 m × 0,8 m
- Schwerpunkthöhe (d) 1,0 m
- Abstand Schwerpunkt zur Kippkante (b_y) 0,4 m
- Beschleunigungsbeiwert (c_y) 0,6

Wenn seitlich
- b_y **kleiner** ist als c_y × d
- 0,4 m ist **kleiner** als 0,6 × 1,0 m = 0,6 m

dann ist die Holzkiste **nicht** standsicher.



Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen gegen Kippen sind notwendig!

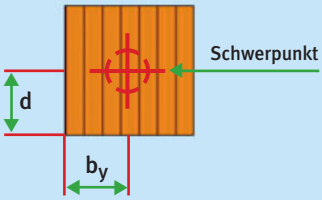
Standsicherheit

Beispiel Holzkiste (Quer zur Längsachse)

- Abmessungen (h × b) 0,8 m × 0,8 m
- Schwerpunkthöhe (d) 0,4 m
- Abstand Schwerpunkt zur Kippkante (b_y) 0,4 m
- Beschleunigungsbeiwert (c_y) 0,6

Wenn seitlich
- b_y **größer** ist als c_y × d
- 0,4 m ist **größer** als 0,6 × 0,4 m = 0,24 m

dann ist die Holzkiste standsicher.



Nur Sicherungsmaßnahmen gegen Rutschen sind notwendig!

Bild 11: Standsicherheitsüberprüfung

Welche zusätzlichen Maßnahmen gegen Kippen im Einzelnen vorzunehmen sind, wird in den Beispielen in Kapitel 10. dargestellt.

4.4 Rückhaltekraft und Vorspannkraft

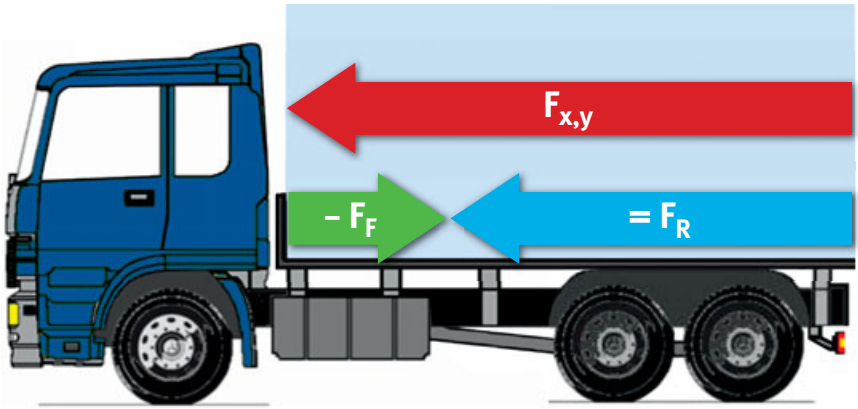


Bild 12: Bildliche Darstellung der Kräfte

Die notwendige Rückhaltekraft (F_R) muss ermittelt werden. Sie berechnet sich aus den auftretenden Beschleunigungs-, Flieh- und Bremskräften ($F_{x,y}$) abzüglich der positiv wirkenden „Haltekraft“ (F_F) durch Reibung und/oder Blockierung. Die sich ergebende Rückhaltekraft (F_R) muss über Sicherungsmaßnahmen aufgebracht werden.

Die Vorspannkraft (S_{TF}) kann nur mittels Ratsche in einem Zurrmittel erzeugt werden. Die tatsächlich vorhandene Vorspannkraft kann nur mittels Messgeräten ermittelt werden.

Bild 13: Vorspannkraftmessgerät

5. Arten der Ladungssicherung

Auch bei günstigsten Verhältnissen z. B. hoher Reibbeiwert, trockenes Wetter, müssen „Bewegungskräfte“ durch Sicherungsmaßnahmen aufgenommen werden.
Bei der Auswahl der Sicherungsmaßnahmen sind die formschlüssigen Verfahren dem kraftschlüssigen Verfahren vorzuziehen.

5.1. Die formschlüssigen Verfahren

Formschlüssige Verfahren sind z. B. Festsetzen an der Stirnwand, Verkeilen, Diagonal-, Schräg- bzw. Horizontalzurren, Umreifungszurren und Kopfschlingenzurren.

Bild 14: Formschlüssige Ladungssicherung durch die Bordwand und durch Verstellen

Bild 15: Festsetzen an der Stirnwand

Bild 16: Sicherung durch Keile

Bild 17: Horizontalzurren

Bild 18: Kopfschlingenzurren

Bild 19: Abdeckung mit Netz, formschlüssige Sicherung für leichte Ladung, welche herunterwehen könnte

Bild 20: Abdeckung mit Plane, formschlüssige Sicherung für leichte Ladung, welche herunterwehen könnte

5.2 Das kraftschlüssige Verfahren

Niederzurren ist das kraftschlüssige Verfahren. Hierbei wird durch die Einleitung von Vorspannkräften in die Zurrmittel das Ladegut auf die Ladefläche gepresst. Durch diesen „zusätzlichen Anpressdruck“ wird die Reibungskraft erhöht.

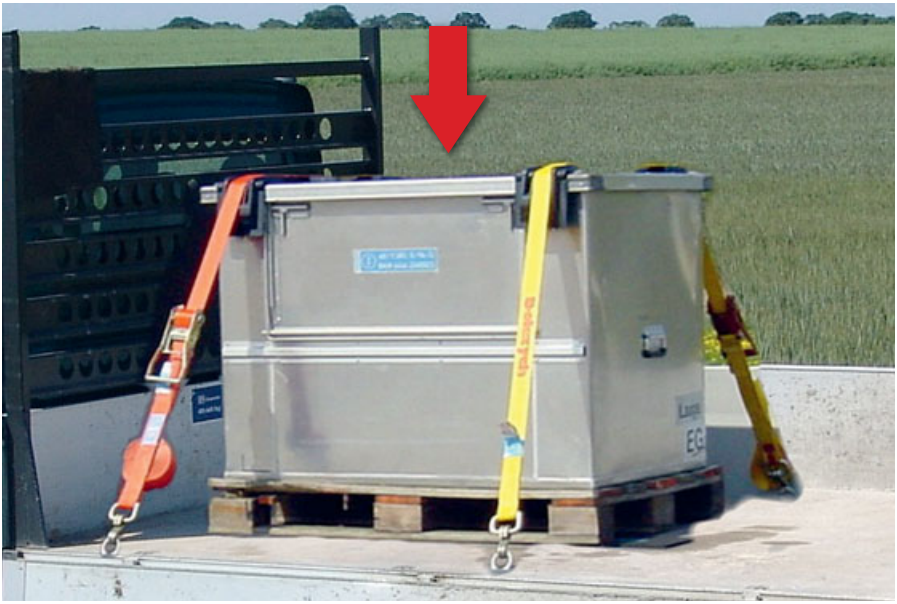


Bild 21: Niederzurren, durch Vorspannung der Gurte über die Ratsche wird eine „Erhöhung des Eigengewichtes“ erreicht

6. Anforderungen an das Transportfahrzeug

Die Grundanforderung an das Transportfahrzeug besteht darin, dass die „Tragfähigkeit“ für die zu transportierende Last ausreichend sein muss.

6.1. Lastverteilungsplan

Der Lastverteilungsplan gibt an, wie die Ladung (Gewicht und Schwerpunktlage) auf dem Fahrzeug zu verteilen ist, damit:

- die zulässige Gesamtmasse nicht überschritten wird,
- die zulässigen Achslasten nicht über- oder unterschritten werden und
- der Schwerpunkt unterhalb der Lastverteilungskurve liegt.

Der Lastverteilungsplan gehört zum Fahrzeug und sollte beim Fahrzeugkauf bzw. vom Fahrzeughersteller oder Aufbauhersteller mitgeliefert bzw. angefordert werden.

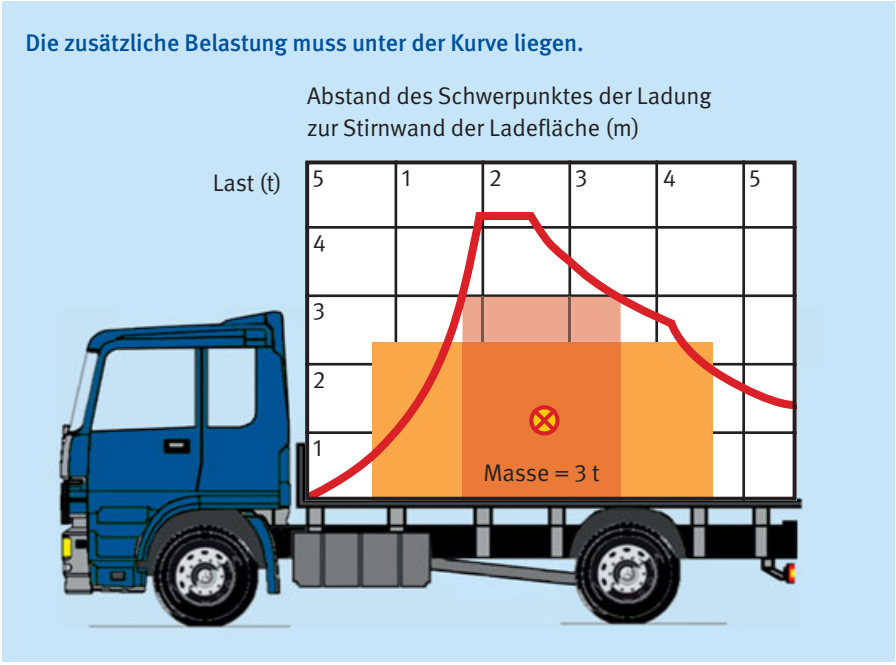


Bild 22: Lastverteilungsplan; in diesem Beispiel muss beim Transport der Kiste mit 3 t der Abstand des Schwerpunktes von der Stirnwand zwischen 1,8 und 3,5 m liegen.

6.2 Schutz zwischen Fahrgastzelle und Laderaum

Kastenwagen und geschlossene Mehrzweck-Pkw müssen mit einem Lastverschiebungsschutz, bestehend aus einer Rückhalteeinrichtung und Zurrpunkten, ausgerüstet sein.

Die Rückhalteeinrichtung kann eine Trennwand, ein Trenngitter oder ein Trennnetz sein. Für die aufnehmbare Belastung wird ein Nachweis des Herstellers nach DIN 75410-3:2004 benötigt.

Bild 23: Trenngitter
zwischen Fahrgastzelle und Laderaum

Bild 24: Trennwand
zwischen Fahrgastzelle und Laderaum

6.3 Belastbarkeit von Bordwänden

Die Belastbarkeit von Bordwänden ist begrenzt und wird von vielen Fahrern überschätzt. Wird ein Nutzfahrzeugaufbau nach DIN EN 12642:2017-03 mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 3,5 t gebaut, dann können folgende Kräfte von den Bordwänden aufgenommen werden. Die Werte in der nachfolgenden Tabelle sind nur im betriebsmäßigen Zustand des Fahrzeuges und bei einer gleichmäßigen Belastung der gesamten Fläche der Stirnwand bis zu einer Höhe von 1,60 m anzunehmen.

Komponente des Fahrzeuges	Standardaufbau „Code L“	Verstärkter Aufbau „Code XL“
Stirnwand	40 % Nutzlast (max. 5000 daN)	50 % Nutzlast
Rückwand	25 % Nutzlast (max. 3100 daN)	30 % Nutzlast
Seitenwände	30 % Nutzlast	40 % Nutzlast

Festigkeit der Bordwände bei Nutzfahrzeugen mit einer zGM ≥ 3,5 t (DIN EN 12642:2017-03)

Bild 25: Kennzeichnung eines 3-Seiten-Kipper-Aufbaus, der Aufbau erfolgte nach DIN EN 12642:2007-01.

Für Fahrzeugaufbauten vor Baujahr 2002 können Belastungen der Bordwände nur nach Angaben des Herstellers angesetzt werden. Bis zu diesem Zeitpunkt gab es keine nationalen oder internationalen Normen.

Besondere betriebliche Erfordernisse der Belastbarkeit der Bordwände, müssen mit dem Aufbauhersteller abgestimmt werden, z. B. die punkt- oder linienförmige Eintragung der Kraft auf die Bordwand, ob unter oder über 1,60 m Höhe.

Bild 26 und 27: „Stabilisierung“ der Stirnwand.
Hierzu kann um die Stirnwand ein Zurrmittel gelegt werden. Dieses wird erst nach der Beladung handfest vorgespannt und vor der Entladung entspannt.

6.4 Zurrpunkte

Häufig ist aufgrund der Einhaltung des Lastverteilungsplans ein Verkeilen, Festsetzen und Verstellen der Ladung in der gewünschten Position nicht möglich. Um die verbleibenden Kräfte in den Fahrzeugaufbau einleiten zu können, sind Zurrpunkte erforderlich. Diese Forderung findet sich z. B. in:

§22 (1) der Unfallverhütungsvorschrift „Fahrzeuge“ (DGUV Vorschrift 70) „Pritschenaufbauten … müssen mit Verankerungen für Zurrmittel zur Ladungssicherung ausgerüstet sein.“

Fahrzeuge mit Pritschenaufbauten und einer zulässigen Gesamtmasse unter 3,5 t sollten nach DIN 75410-1:2003 hergestellt werden. Ist dieses der Fall, müssen je Seite mindestens 2 Zurrpunkten, bei einer Länge der Ladefläche bis 2,20 m bzw. mit 3 Zurrpunkten je Seite bei einer Länge der Ladefläche über 2,20 m vorhanden sein. Die Belastbarkeit der Zurrpunkte muss mindestens 400 daN betragen.

Bei Lkw und Anhängern mit Pritschenaufbauten mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 3,5 t müssen bei Berücksichtigung der DIN EN 12640:2001-01 die Zurrpunkte wie z. B. in Bild 28 angeordnet sein.

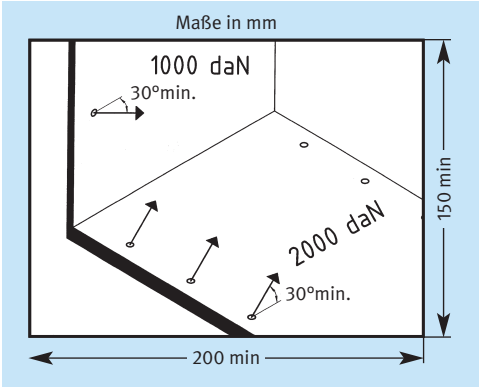


Bild 28: Kennzeichnung von Zurrpunkten nach DIN EN 12640:2001 für ein Fahrzeug mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 12 t.

Fahrzeugtyp	Norm	Zulässige Gesamtmasse (zGM)	Zulässige Zugkraft (F_{LP})
Pkw, Kombi	DIN 75410-2:2005	unabhängig	≥ 350 daN
Kastenwagen	DIN 75410-3:2004 DIN ISO 27956:2011	≤ 2,0 t	≥ 400 daN
		2,0 t bis 5,0 t	≥ 500 daN
		5,0 t bis 7,5 t	≥ 800 daN
Pritsche, Anhänger	DIN 75410-1:2003	≤ 3,5 t	≥ 400 daN
	DIN EN 12640:2001	3,5 t bis 7,5 t	≥ 800 daN
Lkw	DIN EN 12640:2001	3,5 t bis 7,5 t	≥ 800 daN
		7,5 t bis 12,0 t	≥ 1000 daN
		> 12,0 t	≥ 2000 daN

Aus der tabellarischen Darstellung ist ersichtlich, dass die Anforderungen der verschiedenen Normen an Festigkeit und Anzahl der Zurrpunkte unterschiedlich sind.

Pkw-Kombi, Kombi und Kastenwagen müssen ebenfalls mit Zurrpunkten ausgerüstet sein, es besteht aber keine Kennzeichnungspflicht des Zurrpunktes. Die Belastbarkeit der Zurrpunkte ist der Bedienungsanleitung des Herstellers zu entnehmen.

Der Unternehmer sollte im Vorfeld der Bestellung überprüfen, ob Anzahl, Lage und Belastbarkeit der Zurrpunkte nach DIN bzw. DIN EN für seine Anwendungen (geplante Transporte) ausreichend sind.

Bild 29: Beispiel der Kennzeichnung von Zurrpunkten

Bild 30 und 31: Dreiseitenkipper, vom Hersteller mit Zurrpunkten ausgerüstet

Bild 32 und 33: Dreiseitenkipper, Zurrpunkte nach Angaben der Anwender vom Hersteller/Aufbauer nachgerüstet

Dieses Bauteil wurde als Anschlagpunkt in der Hebetechnik konstruiert und gekennzeichnet (Kennzahl). Die Anwendung in der Ladungssicherung lässt eine Verdoppelung der Belastung zu. (Achtung: Hinweise des Herstellers beachten.)

Bild 34: Bisherige Kennzeichnung von Zurrpunkten an einem Tieflader

Die Kennzeichnung der Zurrpunkte für Tieflader ist bisher nicht genormt, sondern muss aus den Bedienungsanleitungen oder der Kennzeichnung der Hersteller entnommen werden.

Bild 35: Kennzeichnung und Belastbarkeit der Zurrpunkte an einem Tieflader

Bild 36 und 37: Neue Kennzeichnung von Zurrpunkten an Tiefladern

7. Anforderungen an das Ladegut

In der Bauwirtschaft werden überwiegend Schüttgüter, Baumaschinen sowie weitere Materialien transportiert. An diese zu transportierenden Güter sind Forderungen im Hinblick auf die Durchführung der Ladungssicherung zu stellen.

7.1 Schüttgüter

Aus der Verwaltungsvorschrift zu §22 Abs. 1 der StVO geht hervor:

„Schüttgüter, wie Kies, Sand, ..., die auf Lkw befördert werden, sind in der Regel nur dann gegen Herabfallen besonders gesichert, wenn durch .... Planen oder ähnliche Mittel sichergestellt ist, dass auch nur unwesentliche Teile der Ladung nicht herabfallen können.“

Ähnliches führt die VDI 2700:2004-11 unter Abschnitt 3.8.2 aus:

„Ladegut, das vom Wind herabgeweht werden kann ... ist abzudecken.“

Bild 38: Schüttgut nicht gesichert

Bild 39: Ladegut mit Plane gesichert

7.2 Erd- und Straßenbaumaschinen

Der Hersteller von Erd- und Straßenbaumaschinen muss die Maschinen mit geeigneten Zurrpunkten versehen und kennzeichnen, deren Nutzung muss in der Betriebsanleitung beschrieben sein. (DIN EN 474-1:2006+A4:2013 Erdbaumaschinen, DIN-EN 500-1:2006 +A1:2009 Straßenbaumaschinen)

Bild 40: Kennzeichnung eines Zurrpunktes an einem Raupenbagger

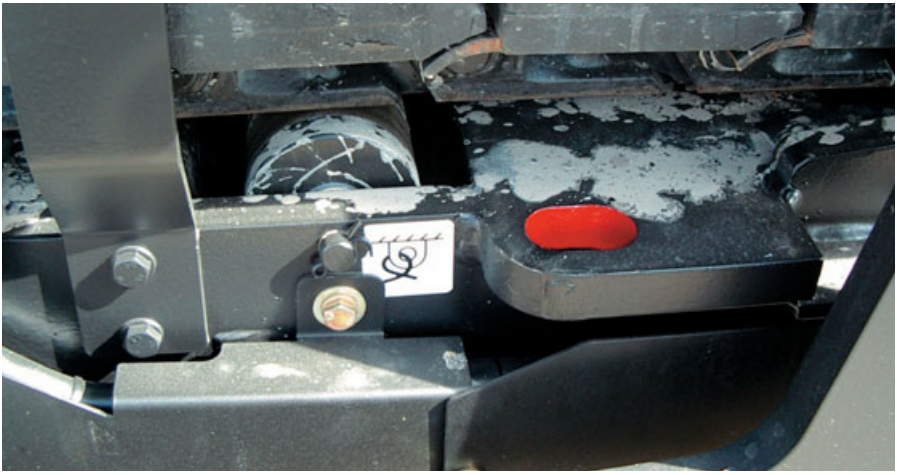


Bild 41: Kennzeichnung eines Zurrpunktes an einem Straßenfertiger

Dieser Forderung aus der Normung wird von den Herstellern von Erd- und Straßenbaumaschinen überwiegend nachgekommen. Jedoch ist die Zugänglichkeit der Zurrpunkte sowie das richtige Anwenden der Zurrmittel, z. B. Vermeiden von scharfen Kanten, häufig ungenügend gelöst.

Wenn die Zurrpunkte an den Maschinen nicht vorhanden bzw. nicht an geeigneten Stellen vorhandenen sind, müssen geeignete Zurrpunkte fachgerecht nachgerüstet werden.

Bild 42: Zurrpunkte am Bagger durch das Bau-Unternehmen in Abstimmung mit dem Hersteller nachgerüstet.

7.3 Stückgüter

Beim Transport von Stückgütern ist das Anbringen von Zurrpunkten nicht grundsätzlich möglich, jedoch müssen die Randbedingungen für die Durchführung eines verkehrssicheren Transportes geschaffen werden.

Der Unternehmer muss in einer von ihm erstellten Betriebsanweisung (evtl. in Zusammenarbeit mit dem Hersteller des Ladegutes als auch des Transportfahrzeuges) festlegen, wie diese Stückgüter fachgerecht auf dem Transportfahrzeug zu sichern sind.

Bild 43: Drahtseilösen zum Heben von Betonfertigteilen als nicht zugelassene Zurrpunkte genutzt.

Bei der Verwendung von Anschlagpunkten (im Hebezeugbetrieb) als Zurrpunkte, besteht bei Fertigteilen (Betonfertigteile, Brettschichtbinder usw.) die Gefahr, dass diese beschädigt werden können. Hier muss der Hersteller der Fertigteile vorgeben, ob und wie Anschlagpunkte als Zurrpunkte verwendet werden können.

Ladegüter müssen den Belastungen aus Stapelung, Transport und Ladungssicherung standhalten. Pappkartons oder Kunststofffässer können ohne weitere Hilfsmittel selten dem Druck der Zurrgurte standhalten. Dies kann aber beispielsweise durch eine stabile Umverpackung erreicht werden.

7.4 Bildung von Ladeeinheiten

Ist eine ausreichende Stabilität der „Einzelgüter“ z. B. Steine, Rohre usw. nicht gewährleistet, müssen Ladeeinheiten gebildet werden. Ladeeinheiten können mit einfachen Hilfsmitteln, z. B. Paletten, einteiligen Zurrgurten gebildet werden. Diese Ladeeinheiten können dann einfacher auf dem Fahrzeug gesichert werden.

Bild 44: Transport von Betonfertigteilen

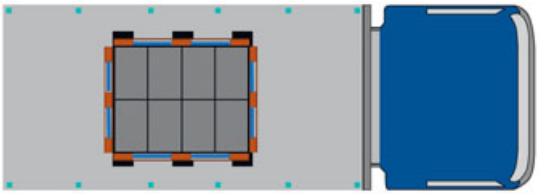


Bild 45: Bildung von Ladeeinheiten mittels Paletten und einem einteiligen Zurrgurt (blau) der Betonfertigteile aus Bild 44.

Bild 46: Eine Verpackung mittels Umreifungsbändern ersetzt nicht die Bildung einer Ladeeinheit.

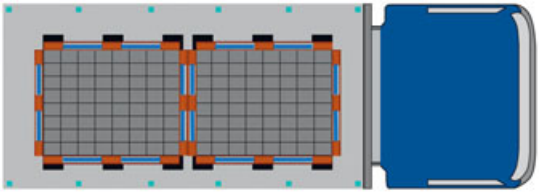


Bild 47: Bildung von Ladeeinheiten der Betonfertigteile aus Bild 46 mittels Paletten und zwei einteiligen Zurrgurten (blau).

Wie kann eine Ladeeinheit gebildet werden?

Palette mit Umreifungsgurt

Palette mit Steinen im Formschluss nach vorne

Palette von oben

Paletten mit Umreifungsgurt und Kantenschutz verzurren

Bild 48: Bildung einer Ladeeinheit mit Paletten

8. Zurrmittel

Gemäß DIN EN 12195-1:2011 müssen Zurrmittel zur Ladungssicherung den anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Das sind:

DIN EN 12195-2
für Zurrgurte aus Chemiefasern

DIN EN 12195-3 für Zurrketten

DIN EN 12195-4 für Zurrdrahtseile

Am häufigsten werden in der Bauwirtschaft zur Ladungssicherung Zurrgurte und Zurrketten verwendet.

Bild 49: Zurrkette mit Spannelement (Ratschenspanner) und Verkürzungsklaue

Bild 50: Zurrgurt mit Spannelement (Ratsche)

Zurrmittel dürfen nicht zum Heben verwendet werden. Vor dem Öffnen von Zurrmitteln ist sicher zu stellen, dass die Ladung auch ohne Sicherung noch sicher steht und die Abladenden nicht durch umkippende oder herunterfallende Ladung gefährdet werden.

8.1 Zurrgurte

Zurrgurte sind Gurtbänder, die aus synthetischen Fasern (meistens Polyester) gefertigt sind.

Jeder Zurrgurt muss gekennzeichnet sein. Bei einem zweiteiligen Zurrgurt müssen sowohl das Losende (Zurrgurt) als auch das Festende (Zurrgurt mit Spannelement z. B. Ratsche) gekennzeichnet sein. Diese einzelnen Zurrgurt-Teile müssen die gleiche Zurrkraft aufnehmen können. Der Hersteller muss dem Anwender eine Bedienungsanleitung mitliefern. Dieses kann z. T. durch Aufnäher erfolgen.

Kennzeichnung

Hersteller

S_{HF} Standard Hand Force – Normale Handkraft = 50 daN – die der Anwender aufbringen muss, um die Vorspannkraft der Ratsche, hier 500 daN, zu erreichen

S_{TF} Standard Tension Force – Vorspannkraft der Ratsche, hier 500 daN

LC Aufnehmbare Kraft im geraden Zug, hier 2000 daN

L_{GF} Länge des Festendes eines zweiteiligen Gurtes

Herstelljahr

Dehnung max. 7 % nach DIN EN 12195-2:2000

Angewandte Norm hier DIN EN 12195-2:2000

ohne Abbildung sind

L_G Länge eines einteiligen Zurrgurtes

L_{GL} Länge des Losendes eines zweiteiligen Gurtes

Bild 51: Kennzeichnung am Festende eines Zurrgurtes

Je nach Sicherungsverfahren kann der Gurt unterschiedliche Kräfte aufnehmen:

- Die Zurrkraft „LC“ (Lashing Capacity) ist die größte Kraft, für die ein Zurrgurt im geraden Zug im Gebrauch ausgelegt ist. Die Zurrkraft „LC“ gibt **nicht** an, welche Ladungsgewichte gesichert werden können oder welche Vorspannkraft erreichbar ist.
- Für das Direktzurren (diagonal, schräg oder horizontal) ist der **LC-Wert** zu berücksichtigen, da das Zurrmittel direkt auf Zug belastet wird.
- Beim Niederzurren wird über die Handkraft S_{HF} die Vorspannkraft S_{TF} erzeugt. Mit dieser Vorspannkraft wird das Ladegut auf die Ladefläche gedrückt und erhöht die Reibungskraft zwischen Ladegut und Ladefläche. Damit ermittelt werden kann, welche Vorspannkräfte erzeugt werden, dürfen nur Zurrgurte zum Niederzurren verwendet werden, die auf der Kennzeichnung den S_{TF}-Wert angegeben haben. Am Markt sind Ratschen erhältlich, mit denen Vorspannkräfte von S_{TF} 750 daN erreicht werden können.

Achtung:
Zurrgurte für Ladungssicherung dürfen keine CE-Kennzeichnung haben, da sie nicht der Maschinenrichtlinie unterliegen.

Bild 52: Zurrgurte dürfen keine CE-Kennzeichung haben.

Benutzung

Bei der Benutzung von Zurrgurten ist die Bedienungsanleitung des Herstellers zu beachten. Grundsätzlich gilt Folgendes:

Zurrgurte dürfen nicht:

- verwendet werden, wenn die Kennzeichnung fehlt oder nicht mehr eindeutig lesbar ist,
- geknotet werden,
- zum Heben verwendet werden,
- ohne Kantenschutz oder Kantengleiter, bei Ladegütern mit scharfen Kanten oder rauen Oberflächen eingesetzt werden,
- beim Zurren verdreht werden.

Bild 53: Nicht zulässiges Knoten von Zurrgurten

Bild 54: Nicht arretierte Zurrgurt-Ratsche und verdrehter Gurt

Spannelemente:

- müssen nach dem Spannvorgang arretiert werden,
- dürfen nicht auf Biegung beansprucht werden,
- dürfen nicht mit Verlängerungen gespannt werden, außer mit Handkraft-Messgeräten.

Verbindungselemente dürfen:

- nicht auf Biegung beansprucht werden,
- nur verwendet werden wenn z. B. Spitzhaken, Klauenhaken, Flachhaken im Hakengrund belastet werden.

Ablegereife

Zurrgurte dürfen nicht verwendet werden (sind „ablegereif“) bei:

- Garnbrüchen und -schnitten im Gewebe von mehr als 10 % des Querschnitts,
- fehlender oder unlesbarer Kennzeichnung,
- Verformungen, Anrissen, Brüchen oder anderen Beschädigungen an Spann- oder Verbindungselementen,
- Beschädigungen an tragenden Nähten,
- Verformungen durch Wärmeeinfluss, z. B. Reibung, Strahlung,
- Schädigungen infolge Einwirkung aggressiver Stoffe.

Bild 55: Eingerissener Zurrgurt

Bild 56: Nicht lesbare Kennzeichnung am Zurrgurt

Bild 57: Zurrgurt ohne eindeutig lesbare Kennzeichnung

Bild 58: Beispielhafte Kennzeichnung von Zurrketten der Güteklasse 10

8.2 Zurrketten

Als Zurrketten dürfen nur kurzgliedrige Rundstahlketten der Güteklasse 8 und höherwertig eingesetzt werden. Der Einsatz erfolgt überwiegend im Schwerlastbereich.

Kennzeichnung

Jede Zurrkette muss mit folgenden Angaben gekennzeichnet sein:

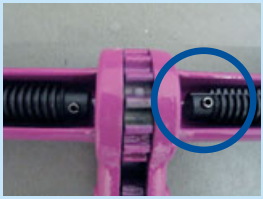
- Zurrkraft LC in daN
- übliche Spannkraft S_{TF} in daN
- Warnhinweis „Darf nicht zum Heben verwendet werden!“
- Name oder Kennzeichen des Herstellers oder Lieferers
- Rückverfolgbarkeits-Code des Herstellers
- Nummer und Teil dieser Europäischen Norm: EN 12195-3

Benutzung

Bei der Benutzung von Zurrketten gelten die gleichen Voraussetzungen wie bei Zurrgurten. Bei Zurrketten muss zusätzlich beachtet werden, dass die Kettenglieder nicht unzulässig verbunden werden.

Merkmale von Zurrketten:

- Spann- und Schnellspannschlösser müssen über eine Spindelausdrehsicherung verfügen
- Spannelemente mit hakenförmigen Endteilen müssen über eine Hakensicherung gegen unbeabsichtigtes Aushängen verfügen und
- Verbindungs- und Verkürzungsteile müssen eine Vorrichtung gegen unbeabsichtigtes Lösen aufweisen oder so konstruiert sein, dass dieses nicht möglich ist.



Spindel – Ausdrehsicherung

Sicherung gegen unbeabsichtigtes Lösen der Spindel (geschlossen)

Sicherung gegen unbeabsichtigtes Lösen der Spindel (geöffnet)

Hakensicherung gegen unbeabsichtigtes Aushängen

Sicherung gegen unbeabsichtigtes Lösen der gekürzten Kette

Sicherungskette gegen unbeabsichtigtes Lösen der Spindel

Bild 59: Sicherungselemente an einer Zurrkette nach DIN EN 12195-3

Ablegereife

Zurrketten dürfen nicht verwendet werden (sind „ablegereif“) wenn:

- die Kennzeichnung nicht mehr lesbar ist oder fehlt,
- an Rundstahlketten: Oberflächenrisse, Dehnung von mehr als 3 %, Verschleiß von mehr als 10 % der Nenndicke, sichtbare Verformungen vorhanden sind;
- an Verbindungsteilen und Spannelementen: Verformungen, Risse, starke Anzeichen von Verschleiß, Anzeichen von Korrosion (Lochfraß z. B. durch ätzende Stoffe vorhanden sind).

Die Sicherheitseinrichtungen an Spann- und Schnellspannschlössern, an Spannelementen sowie an Verbindungs- und Verkürzungsteilen müssen unbeschädigt sein.

8.3 Hinweise zu Prüfungen

Prüfen:
Kettenglied ist innerhalb der Längungstoleranz

Bild 60: geprüft wird, ob sich das Einzelglied der Kette z. B. durch Überlast plastisch gelängt hat

Prüfung vor Benutzung

Zurrmittel sind vor der Benutzung durch den Anwender z. B. Fahrer, Verlader auf augenfällige Mängel zu prüfen. Werden Mängel festgestellt, die die Sicherheit beeinträchtigen, dürfen die Zurrmittel nicht weiter benutzt werden.

Regelmäßige Prüfungen

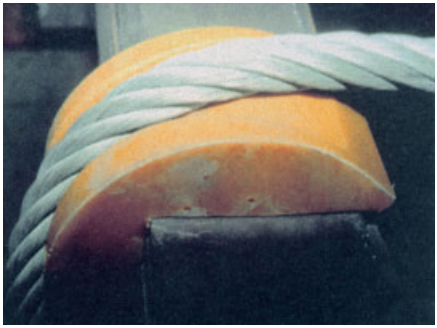
Nach der Betriebssicherheitsverordnung hat der Unternehmer Art, Umfang und Fristen erforderlicher Prüfungen der Zurrmittel zu ermitteln und festzulegen. Bei diesen Prüfungen sollen sicherheitstechnische Mängel durch die zur Prüfung befähigte Person (früher der Sachkundige) systematisch erkannt und abgestellt werden.

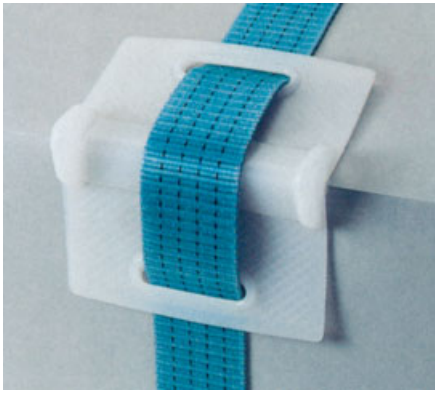
Die in der VDI 2700 Blatt 3.1:2006 enthaltenen Hinweise auf Art, Umfang und Fristen der Prüfungen sind bewährte Praxis und entsprechen den allgemein anerkannten Regeln der Technik.

Bewährte Praxis ist, die Zurrmittel mindestens einmal jährlich durch eine zur Prüfung befähigte Person (Sachkundigen) prüfen zu lassen. Diese Prüfung ist zu dokumentieren, z. B. mit einer Prüfplakette auf der Rückseite der Zurrgurtkennzeichnung. In Zweifelsfällen sind die Zurrmittel außer Betrieb zu nehmen. Entsprechend den Einsatzbedingungen und den betrieblichen Gegebenheiten können zwischenzeitlich weitere Kontrollen durch die zur Prüfung befähigte Person erforderlich werden.

9. Hilfsmittel zur Ladungssicherung

9.1 Kantenschoner, Kantengleiter





Alle Zurrmittel unterliegen mechanischen Beanspruchungen. Insbesondere an Ecken und Kanten werden die Zurrmittel Beanspruchungen ausgesetzt, für die sie nicht konstruiert sind.

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass die Vorspannkräfte beim Niederzurren durch die Kanten des Ladegutes verringert werden. Die Verringerung der Vorspannkräfte entsteht durch die Reibung der Gurte an den Kanten. Damit die Kraftübertragung verbessert und die mechanischen Belastungen an Kanten verringert werden, müssen Kantengleiter verwendet werden.

Materialien wie C-Schläuche, Förderbandgurte, Antirutschmatten oder ähnliches dürfen als Kantenschoner bzw. Kantengleiter im Niederzurren nicht verwendet werden, da die Übertragung der Vorspannkraft durch diese Materialien noch stärker reduziert wird. Daher sollten als Kantenschoner nur Materialien Verwendung finden, die von den Herstellern hierfür angeboten werden.

Bild 61 bis 64: Beispiele von Kantenschonern und Kantengleitern

9.2 Netze

Zur Durchführung der Ladungssicherung werden in der Praxis immer häufiger Netze verwendet. Dabei wird unterschieden zwischen Abdecknetzen, Ladungssicherungsnetzen (Haltenetzen) und Trennnetzen zwischen Laderaum und Fahrerkabine. Jedoch muss sichergestellt werden, dass die verwendeten Netze auch die auftretenden Kräfte aufnehmen können.

Bild 65: Verwendung von Abdecknetzen, um leichte Ladung am Wegfliegen zu hindern.

Abdecknetze sollen verhindern, dass leichte Materialien, z. B. Laub, Baumschnitt etc., durch den Fahrtwind, insbesondere durch die Sogwirkung oder durch Vibrationen / Schwingungen aufgrund der unebenen Fahrbahn, wegfliegen können. Für diese Abdecknetze müssen am Fahrzeug Punkte zum Befestigen vorhanden sein.

Ladungssicherungsnetze leiten die Kräfte über Ratschensysteme bzw. Klemmschlösser und Gurtbänder in die vorhandenen Zurrpunkte des Fahrzeuges ein.

Vertikale Ladungssicherungsnetze sollen verhindern dass die Ladung durch Brems- bzw. Beschleunigungskräfte in Bewegung gerät.

Bild 66: Verwendung von Ladungssicherungsnetzen

Bild 67: Verwendung eines vertikalen Ladungssicherungsnetzes

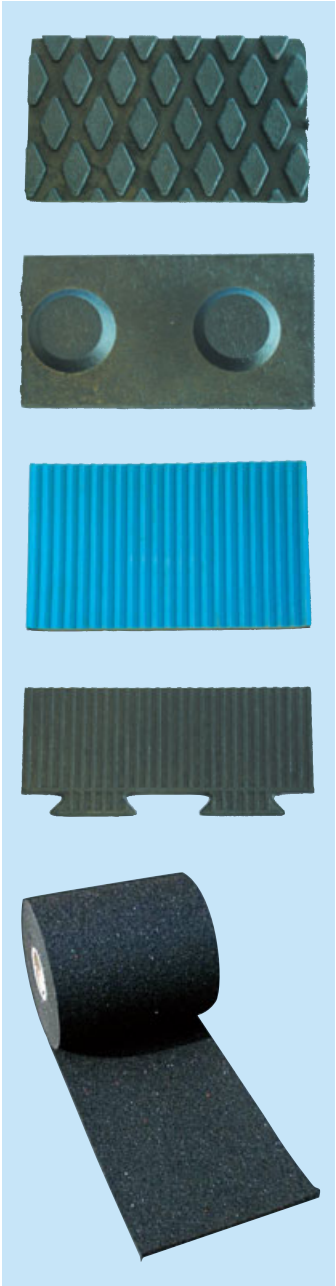


Bild 68: Verschiedene Arten von RHM

9.3 Rutschhemmendes Material (RHM)

In den vorherigen Kapiteln ist deutlich geworden, dass die Reibungskraft einen Anteil der Rückhaltekräfte übernimmt. Die Verwendung von RHM, z. B. Antirutschmatten, ist in Kombination mit dem Niederzurren oder Direktzurren die wirtschaftlichste Art, Ladung auf dem Fahrzeug zu sichern, da sie am schnellsten auszuführen ist.

Im Diagonalzurren können bei der Verwendung von RHM Zurrmittel mit einer geringeren Zugkraft (LC) ausreichen und beim Niederzurren müssen weniger Vorspannkräfte (S_{TF}) aufgebracht werden und somit werden weniger Zurrmittel benötigt. Der Zeitaufwand verringert sich beim Be- und Entladen des Fahrzeuges. Aus diesem Grund sollte die Erhöhung der Reibungskräfte, z. B. durch die Verwendung von RHM nach Möglichkeit durchgeführt werden.

Bei der Verwendung von RHM ist zu berücksichtigen, dass:

- der Reibbeiwert mit mindestens $\mu = 0{,}4$ angesetzt wird (VDI 2700 Blatt 15:2009). Genauere Angaben zu höheren Reibbeiwerten sind den Hersteller-Zertifikaten zu entnehmen.
- dabei zwischen dem Ladegut selbst und dem Fahrzeugboden kein Reibkontakt entstehen darf,
- aufgrund von Kippbewegungen des Ladegutes das RHM ca. 2 cm unter dem Ladegut herausschauen sollte,
- das RHM dem Gewicht / der Belastung des Ladegutes standhalten muss z. B. Schwerlastantirutschmatte.

Damit die Wirkung des RHM genutzt werden kann, muss es zwischen alle Flächen gelegt werden, die aufeinander gleiten können.

Vorteile bei der Verwendung von RHM sind die Verringerung:

- der Anzahl der benötigten Zurrmittel im Niederzurrverfahren,
- der benötigten Zugkräfte im Direktzurrverfahren,
- der Zurrpunktbelastung,
- des Zeitaufwandes zur Durchführung der Ladungssicherung im Niederzurrverfahren,
- der Kosten für Zurrmittel.

Um den direkten Kontakt zwischen Ladung und Ladefläche zu erzielen, muss, unabhängig von der angewandten Sicherungsmethode, die Ladefläche besenrein sein. Somit ist der Besen ein wichtiges Hilfsmittel zur Ladungssicherung.

Bild 69: Reinigen der Ladefläche

9.4 Ladungssicherung für Lasten ohne Zurrpunkte

Häufig sind an Lasten keine Zurrpunkte vorhanden, dann kann man mit einfachen Hilfsmitteln diese „erzeugen“.

Kopflaschen mittels Rundschlingen (Kopflashing)

Durch die Verwendung von Rundschlingen wird an einer Last, welche nicht über einen Zurrpunkt verfügt, ein „Hilfszurrpunkt“ hergestellt. Für das Kopflashing können z. B. genormte Anschlagmittel aus dem Hebezeugbetrieb verwendet werden, wenn diese die auftretenden Kräfte aufnehmen können.
Achtung: Die als Hilfsmittel für die Ladungssicherung verwendeten Anschlagmittel dürfen dann nicht mehr als Anschlagmittel im Hebezeugbetrieb eingesetzt werden.
Hinweis: Anschlagmittel müssen eine CE-Kennzeichnung haben.

Bild 70: Sicherung eines Steinpaketes auf der Ladefläche durch Rundschlingen als Kopflaschen sowie RHM–Materialien unter der Einwegpalette

Die Rundschlingen werden um das zu sichernde Ladegut gelegt und dann durch Zurrmittel (nur Zurrmittel mit Spitzhaken verwenden) im Formschluss gesichert.

Durch diesen Formschluss wird auch die hohe Zugkraft (LC–Wert) des Zurrmittels ausgenutzt.

Falls Rundschlingen nicht eingesetzt werden können, besteht auch die Möglichkeit, dieselbe Wirkung durch den Einsatz von z. B. Paletten oder Zurrecken zu erreichen.

Bild 71: Mittels Paletten formschlüssige Sicherung durchgeführt

Bild 72 und 73: Zurrecken / Zurrwinkel als Hilfsmittel für eine sichere Umreifung bzw. Diagonalverzurrung

9.5 Füllhölzer, Paletten

Ladelücken, welche aufgrund des einzuhaltenden Lastverteilungsplanes oder wegen der Be- und Entladung vorhanden sind, müssen so ausgefüllt werden, dass das Ladegut seine Lage auf dem Fahrzeug nicht verändert.

Bild 74: Mittels Holzkonstruktion formschlüssige Sicherung durchgeführt

Mit Hilfe von Füllhölzern oder Paletten können Ladelücken schnell und kostengünstig geschlossen und Ladeeinheiten gebildet werden. Dies ist notwendig, damit die Ladung z. B. beim Bremsen nicht „Anlauf“ nehmen kann bzw. die Zurrmittel durch Zusammenrutschen der Ladung nicht gelockert werden.

Mittels Holzkonstruktionen und Keilen ist es möglich, Formschluss z. B. mit der Stirnwand zu erreichen. Wobei Keile den Nachteil haben, dass sie nicht auf jeder Ladefläche festzunageln sind. Weiterhin ist diese Lösung bei kippgefährdeten Ladegütern nicht anzuwenden. Sowohl die Minimierung der Kippgefährdung als auch der Formschluss können durch Holzkonstruktionen erreicht werden.

9.6 Blockierbalken (Zwischenwandverschlüsse)

Mit Blockierbalken, welche über eine kraftschlüssige Verbindung durch die Spannelemente auf den Bordwänden gehalten werden, lassen sich auf Pritschenfahrzeugen und Anhängern an beliebiger Stelle auf der Ladefläche, z. B. zur Einhaltung des Lastverteilungsdiagramms, Ladegüter festsetzen.

Bild 75: Blockierbalken

Bild 76 und 77: Blockierbalken für Pritschenfahrzeuge mit einer Blockierkraft (BC) bis zu 1000 daN, bei einer gleichmäßigen Belastung der gesamten Breite des Blockierbalkens, keine Punktlast. (Achtung: der Fahrzeugaufbau muss die Kräfte aufnehmen können. Hinweise der Hersteller des Blockierbalkens und des Fahrzeugaufbaus beachten.)

9.7 Transporte von langen Stückgütern

Für den Transport von langen Stückgütern, welche die Ladeflächenlänge überschreiten, z. B. Dachlatten, Rohre usw. eignen sich Pritschenaufbauten mit erhöhter Stirnwand. Auf dieser Stirnwand bzw. auf der rückwärtigen Bordwand lassen sich die Materialien auflegen und verzurren.

Bild 78 bis 80: Transport von langen Ladegütern

Bild 81 und 82: Kennzeichnung der zulässigen Belastung

Zu beachten ist die zulässige Belastbarkeit dieser Aufbauten und die Überschreitung der Außenmaße des Transportfahrzeuges.

Nach § 22 Abs. 3 und 4 der StVO muss folgendes bei Längenüberschreitung beachtet werden:

Überstand nach vorne:

- allgemein nicht,
- ab 2,50 m Höhe max. 0,50 m über das ziehende Fahrzeug.

Überstand nach hinten:

- max. 1,50 m,
- bis 100 km Fahrstrecke max. 3,0 m (max. Gesamtlänge des Fahrzeuges 20,75 m),
- ab 1,0 m Überstand über die Rückstrahler ist die Ladung zu kennzeichnen.

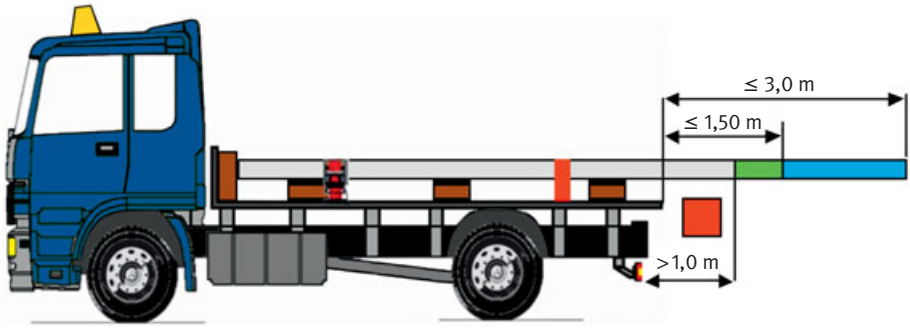


Bild 83: Längenüberschreitung eines Transportfahrzeuges

9.8 Zurrkraftrechner

Damit sich die Verlader sowie die Fahrer, welche in der Praxis in den Baubetrieben die Ladungssicherung durchführen, nicht mit Winkelfunktionen und Kräften „herumschlagen“ müssen, sind Hilfsmittel, sogenannte Zurrkraftrechner, entwickelt worden.

Mit der Verbreitung der Smart-Phones werden von den Herstellern der Zurrmittel auch Apps angeboten.
Die Apps stellen für den Anwender einfache Hilfsmittel da um die Kräfte oder gleich die Anzahl der Zurrmittel für die Ladungssicherung zu ermitteln. Neben der Einstellung mit welcher Norm die Kräfte ermittelt werden sollen ist auch die Ermittlung der Zurrwinkel ein Tool welches in den Apps enthalten ist. Weiterhin können unterschiedlichste Reibbeiwerte und Winkel exakt eingestellt werden.

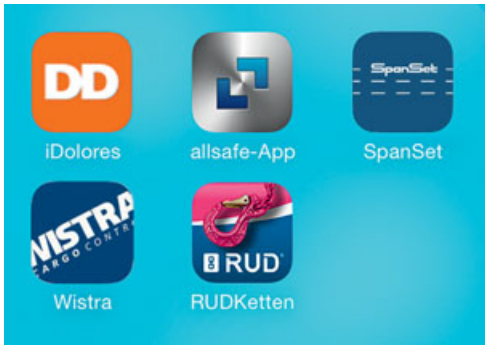


Bild 84: Apps von Zurrkraftrechnern verschiedener Hersteller

Zurrkraftrechner gibt es als elektronische Berechnungsprogramme, die überwiegend durch den Unternehmer, Disponenten oder den Lademeister angewendet werden.

Mit Hilfe von Tabellen, Diagrammen, Scheiben oder Schablonen ist es dem Fahrer auf der Baustelle möglich, die notwendigen Kräfte oder auch gleich die Anzahl der notwendigen Zurrmittel abzulesen.

Bild 85: Zurrmittelrechner Fa. Braun-SiS

Bild 86: Schablone „Trucker-Disc“ zur Ermittlung der Anzahl der erforderlichen Zurrgurte

Bild 87: Vertikal- und Horizontal Winkelmesser zur Winkelbestimmung für die Ermittlung der Anzahl der erforderlichen Zurrgurte aus der Tabelle oder mit Hilfe der abgebildeten „Trucker-Disc“

Ähnliche Hilfsmittel bieten auch folgende Firmen an:

- **Dolezych**
  www.dolezych.de
- **Span-Set**
  www.spanset.de
- **Rud**
  www.rud.de
- **Braun**
  www.braun-sis.de

Bei diesen einfachen Methoden zur Ermittlung der notwendigen Zurrmittel werden relativ große Winkelbereiche abgedeckt. Durch diese Vereinfachung werden mehr Zurrmittel mit einer höheren Zurrkraft errechnet. Bei der praktischen Umsetzung ist man somit „auf der sicheren Seite“, da man mehr Rückhaltekräfte als notwendig aktiviert hat.

Die elektronischen Berechnungsprogramme berücksichtigen alle Winkel und sind somit exakt in der Ermittlung der notwendigen Kräfte und Anzahl der Zurrmittel. Diese sind u. a. von folgenden Institutionen bzw. Anbietern zu beziehen:

- **Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft (BG Verkehr)**
  www.bg-verkehr.de
  Medien / Medienkatalog / elektronische Medien / CD-Rom „Ladung sichern“
- **Firma Dolezych**
  www.dolezych.de
  CD-Rom „Do.L.O.R.E.S.“
- **Firma Unitex**
  www.unitex.org
  CD-Rom „Lashing CD-Rom“
- **Braun GmbH**
  www.braun-sis.de

9.9 Vorspannkraft-Messgeräte

Zur Ermittlung der Vorspannkräfte, die beim Niederzurren tatsächlich erzielt werden, gibt es Vorspannkraft-Messgeräte, die auch in das Zurrmittel integriert sein können.

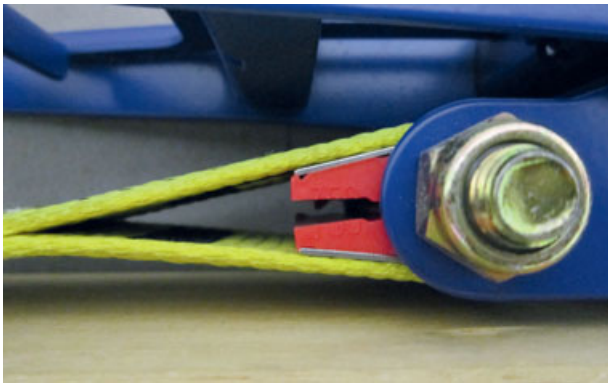


Bild 88 und 89:
Vorspannkraft-Messgerät,
oben Fa. Dolezych,
unten Fa. SpanSet (TFI)

10. Beispiele zur Ladungssicherung

In den folgenden praxisnahen Beispielen werden unterschiedliche Sicherungsmöglichkeiten zur Ermittlung der Kräfte z. B. mittels Tabellen, Zurrmittelrechner durchgeführt. Eine Ermittlung der Kräfte nach DIN EN 12195-1:2011 erfolgt beispielhaft im Anhang 5.

Für die Beschäftigten ist die Verwendung der exakten Berechnung nach DIN EN 12195-1:2011 auf der Einsatzstelle kaum praktikabel umzusetzen. Im Weiteren werden Hilfsmittel zur Ermittlung der Sicherungskräfte unterschiedlicher Anbieter verwendet, um die Anzahl und Ausführung der benötigten Zurrmittel und Hilfsmittel zu bestimmen.

Es werden die in den vorangegangenen Kapiteln behandelten Sicherungsarten „kraftschlüssiges Sichern durch Niederzurren“ sowie „formschlüssiges Sichern durch Diagonalzurren“ als auch der Einsatz von Hilfsmitteln z. B. RHM, Kopflashing angewendet.

Ladungssicherung eines Minibaggers auf einem Tandemanhänger (Kap. 10.1)

Ladungssicherung eines Steinpaketes (Kap. 10.2)

Ladungssicherung in Gerüstbau (Kap. 10.3)

Ladungssicherung beim Transport von Betonfertigteilen (Kap. 10.4)

Ladungssicherung im Facility-Management und bei Ausbaugewerken (Kap. 10.5)

Bei der Verwendung der Dolezych-Einfach-Methode und des Zurrmittelrechners von Braun-SIS im Niederzurren ist zu beachten, dass hier der Übertragungsbeiwert von 1,5 (scharfe Kanten / raue Oberflächen) bzw. aus der DIN EN 12195-1:2004 verwendet wird.

10.1 Ladungssicherung eines Minibaggers auf einem Tandemanhänger

Bild 90: Minibagger auf Tandemanhänger

Ein Minibagger soll auf einem Tandemanhänger zur Baustelle transportiert werden.

Wie muss die Ladungssicherung durchgeführt werden, damit ein betriebssicherer Transport möglich ist?

In diesem Kapitel werden mehrere Berechnungsbeispiele für das Niederzurren und für das Diagonalzurren angewendet.

Bevor mit den Berechnungen begonnen wird, müssen einige grundsätzliche Sachverhalte geprüft werden, welche sich mit der Sicherung eines Minibaggers auf einem Tandemanhänger beschäftigen:

- Sind Zurrpunkte am Tandemanhänger vorhanden und haben diese eine ausreichende Zugfestigkeit (F_{LP}) zum fachgerechten Sichern des Minibaggers?
- Sind Zurrpunkte am Minibagger vorhanden?
- Dürfen die Zurrpunkte am Tandemanhänger, z. B. im Diagonalzurren mit einem vertikalen Zurrwinkel (α) unter 30° belastet werden? (Rückfrage an den Hersteller)
- Ist der Minibagger ausreichend standsicher oder müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, damit dieser standsicher wird?
- Sind die Laufwerksketten und die Ladefläche besenrein bzw. frei von Frost, Eis und Schnee?

Neben den für die Ladungssicherung wichtigen genannten Aspekten sind weitere Punkte, welche für die Betriebssicherheit des Fahrzeuges wichtig sind, zu berücksichtigen.

- Wird die zulässige Gesamtmasse des Tandemanhängers bzw. die zulässige Zuglast des Zugfahrzeuges eingehalten?
- Wo muss der Minibagger auf dem Tandemanhänger stehen, damit die Stützlast der Anhängerzugvorrichtung des Zugfahrzeuges nicht überschritten wird?

Berechnungsbeispiele:
Die Berechnungen beruhen grundsätzlich auf den Regelungen der DIN EN 12195-1:2011-06. In den ersten Schritten werden die Berechnungen mit Hilfsmitteln zur Ermittlung der notwendigen Sicherungsmittel durchgeführt. Im Anhang 5 wird die exakte Berechnung nach den Grundlagen der DIN EN 12195-1:2011-06 vorgestellt.

- Berechnungen der Standsicherheit nach DIN EN 12195-1:2011-06
- Berechnungen im Niederzurrverfahren
  - mit einer **Tabelle** als Hilfsmittel (Anhang 3)
  - mit dem **Zurrmittelrechner** von Braun-SIS
  - mit einer **APP** von Spanset
- Berechnungen im Diagonalzurrverfahren
  - mit einer **Tabelle** als Hilfsmittel (Anhang 4)
  - mit dem **Zurrmittelrechner** von Braun-SIS
    - Variante 1: Nutzung der Zurrpunkte am Abstützschild (Diagonalzurren gekreuzt) und der Zugöse am Unterwagen (Diagonalzurren einfach)
    - Variante 2: Nutzung der Zurrpunkte am Abstützschild (Diagonalzurren einfach) und Zurrpunkte am Fahrwerk (Diagonalzurren einfach)
  - mit einer **App** von Spanset

Technische Daten		
Minibagger	F_G = 2000 daN	Gewichtskraft des Minibaggers (Masse = 2000 kg)
Tandemanhänger	m = 3,5 t	zulässige Gesamtmasse (zGM)
	F_{LP} = 400 daN	zulässige Zugkraft der Zurrpunkte (Achtung Herstellerangaben beachten)

Standsicherheit

Weiterhin muss überprüft werden, ob der Minibagger während des Transportes standsicher oder kippgefährdet ist. Ist er kippgefährdet, muss dies eventuell bei der Ladungssicherung beachtet werden und nicht nur der Aspekt, dass die Ladung rutschen kann. Daher muss überprüft werden ob der Minibagger standsicher ist oder nicht!

Zusätzlich benötigte physikalische Werte	
w = 0,80 m / 1,32 m	Breite Standardfahrwerk / Breite bei hydraulisch verbreiterbarem Fahrwerk
d = 0,85	Höhe des Schwerpunktes
b_y = 0,40 m / 0,66 m	Horizontaler Abstand des Schwerpunktes zur Kippkante bei einem Standardfahrwerk bzw. verbreiterbarem Fahrwerk
c_y = 0,6	Beschleunigungsbeiwert quer zur Fahrtrichtung (Kippen)

Standsicherheit

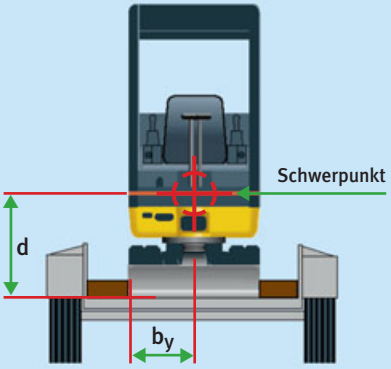
Beispiel Minibagger

- Breite Standardfahrwerk 0,80 m
- Schwerpunkthöhe (d) 0,85 m
- Abstand Schwerpunkt zur Kippkante (b_y) 0,40 m
- Beschleunigungsbeiwert (c_y) 0,6

Wenn seitlich

- b_y **kleiner** ist als $c_y \times d$
- 0,40 m ist **kleiner** als 0,6 × 0,85 m = 0,51 m

ist der Minibagger **nicht** standsicher.



Sicherungsmaßnahmen gegen Kippen **und** gegen Rutschen sind notwendig!

Bild 91: Kippgefährdeter Minibagger

Standsicherheit

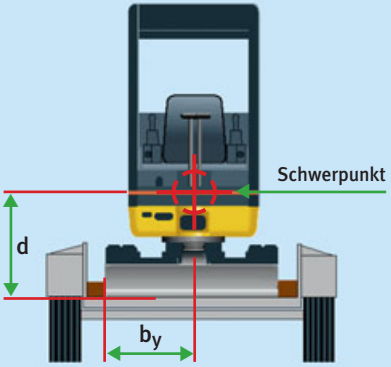
Beispiel Minibagger

- **verbreiterbares** Fahrwerk auf 1,32 m
- Schwerpunkthöhe (d) 0,85 m
- Abstand Schwerpunkt zur Kippkante (b_y) 0,66 m
- Standsicherheitsbeiwert (c_y) 0,6

Wenn seitlich

- b_y **größer** ist als $c_y \times d$
- 0,66 m ist **größer** als 0,6 × 0,85 m = 0,51 m

dann ist der Minibagger standsicher.



Nur Sicherungsmaßnahmen gegen Rutschen sind notwendig!

Bild 92: Standsicherer Minibagger

Fazit:

- Wenn der Minibagger während des Transportes nicht standsicher ist, muss die Standsicherheit durch ergänzende Maßnahmen sichergestellt werden, z. B.
  - durch das Ausfahren der hydraulischen Fahrwerksverbreiterung oder
  - durch eine **zusätzliche** Sicherung mit einem Zurrmittel im Niederzurrverfahren über der Fahrerkabine.

Im Folgenden werden die auftretenden Kräfte für die benötigten Zurrmittel sowie für die Zurrpunkte des Tandemanhängers für die kraftschlüssige Sicherung durch Niederzurren und die formschlüssige Sicherung durch Diagonalzurren berechnet.

Niederzurren

Beim Niederzurren sind die normale Vorspannkraft (S_{TF}) des Spannelementes im Zurrmittel (Bild 93) und die zulässige Belastung des Zurrpunktes (F_{LP}) des Transportmittels (Bild 94), hier jeweils 400 daN, zu beachten.

Bild 93: Kennzeichnung Zurrgurt

Ein Spannelement mit einer Vorspannkraft (S_{TF}) von mehr als 400 daN darf für diesen Zurrpunkt nicht verwendet werden, ansonsten besteht die Gefahr, dass der Zurrpunkt beim Spannen des Spannelementes herausreißt. Dabei wird nicht nur der Aufbau des Transportmittels zerstört, sondern auch der Bediener des Spannelementes gefährdet.

Bild 94: Kennzeichnung Zurrpunkte am Fahrzeug bzw. Tandemanhänger

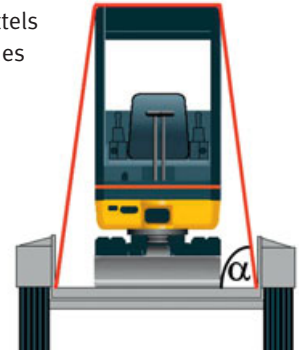


Bild 95: Vertikaler Zurrwinkel (α)

Zusätzlich benötigte physikalische Werte	
$\mu = 0{,}2$	Reibbeiwert, bei verschmutzter Ladefläche / Laufwerkskette oder Schnee, Eis und Frost
$\mu = 0{,}6$	Reibbeiwert, bei sauberer Gummi-Laufwerkskette / Ladefläche (besenrein) oder rutschhemmenden Mitteln aus Gummi
$f_s = 1{,}25$	Sicherheitsbeiwert in Fahrtrichtung
$f_s = 1{,}1$	Sicherheitsbeiwert entgegen und quer der Fahrtrichtung
$\alpha = 75°$	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
$S_{TF} = 400$ daN	Normale Vorspannkraft des Spannelementes

Berechnungen zum Niederzurrverfahren mit verschiedenen Hilfsmitteln

Berechnung gegen Rutschen im Niederzurrverfahren mit der Tabelle unter Verwendung des Reibbeiwert (μ = 0,2)

Die Tabelle kann für die Berechnung des Niederzurrens nur angewendet werden, wenn der Minibagger standsicher ist.

Was ist bei der Verwendung der Tabelle zu beachten?

1. Der vertikale Zurrwinkel (α)

- **30**° ist für die abgelesenen Winkel von 30° bis 44°
- **45**° ist für die abgelesenen Winkel von 45° bis 59°
- **60**° ist für die abgelesenen Winkel von 60° bis 74°
- **75**° ist für die abgelesenen Winkel von 75° bis 89°
- **90**° ist **nur** für den abgelesenen Winkel von 90°

zu verwenden.

2. Die erreichbare Vorspannkraft

- Wenn der abgelesene Wert auf der Kennzeichnung des Zurrmittels nicht in der Tabelle enthalten ist, ist der nächst kleinere Wert zu verwenden.

Berechnung Niederzurrverfahren mit der Tabelle (Anhang 3) unter Verwendung des Reibbeiwert (μ = 0,2)

Nutzlast in t		1					2					3					4					5				
Winkel in °	α	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90
Reibbeiwert	μ	Anzahl der benötigten Zurrmittel																								
erreichbare Vorspannkraft	0,2	15	11	9	8	8	30	21	17	16	15	45	32	26	23	23	59	42	34	31	30	74	53	43	39	37
	0,3	9	6	5	5	5	17	12	10	9	9	25	18	15	13	13	33	24	19	17	17	41	29	24	22	21
	0,45	4	3	3	2	2	8	6	5	4	4	12	9	7	6	6	16	11	9	8	8	20	14	12	10	10
S_{TF} = 250 daN	0,55	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	7	6	5	5	12	8	7	6	6
	0,6	2	2	1*	1*	1*	4	3	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	6	5	5	5
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	4	3	3	2	2
S_{TF} = 400 daN	0,2	10	7	6	5	5	19	14	11	10	10	28	20	16	15	14	37	27	22	20	19	46	33	27	24	23
	0,3	6	4	3	3	3	11	8	6	6	6	16	11	9	8	8	21	15	12	11	11	26	19	15	14	13
	0,45	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	8	6	5	4	4	10	7	6	5	5	12	9	7	7	6
	0,55	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	4	3	3	7	5	5	4	4
	0,6	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	4	3	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	3	3	3
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	2	2	2	1*	1*	3	2	2	2	2

10 Zurrgurte mit S_{TF} = 400 daN

Fazit:

- Es müssen zum Niederzurren des Minibaggers bei einem Reibbeiwert μ = 0,2 mindestens **zehn** Zurrmittel mit einer Vorspannkraft (S_{TF}) = 400 daN verwendet werden. Diese 10 Zurrmittel benötigen 20 Zurrpunkte.
- Der Minibagger mit unsauberen Gummi-Laufwerksketten / Ladefläche bzw. bei Eis, Schnee oder Frost und einem Gewicht von 2000 kg kann nicht im Niederzurrverfahren gesichert werden, da nur **vier** Zurrpunkte zur Verfügung stehen.

Berechnung Niederzurrverfahren mit der Tabelle (Anhang 3) unter Verwendung des Reibbeiwertes (μ = 0,6)

Nutzlast in t		1					2					3					4					5				
Winkel in °	α	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90
Reibbeiwert	μ	Anzahl der benötigten Zurrmittel																								
erreichbare Vorspannkraft	0,2	15	11	9	8	8	30	21	17	16	15	45	32	26	23	23	59	42	34	31	30	74	53	43	39	37
	0,3	9	6	5	5	5	17	12	10	9	9	25	18	15	13	13	33	24	19	17	17	41	29	24	22	21
	0,45	4	3	3	2	2	8	6	5	4	4	12	9	7	6	6	16	11	9	8	8	20	14	12	10	10
S_{TF} = 250 daN	0,55	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	7	6	5	5	12	8	7	6	6
	0,6	2	2	1*	1*	1*	4	3	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	6	5	5	5
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	4	3	3	2	2
S_{TF} = 400 daN	0,2	10	7	6	5	5	19	14	11	10	10	28	20	16	15	14	37	27	22	20	19	46	33	27	24	23
	0,3	6	4	3	3	3	11	8	6	6	6	16	11	9	8	8	21	15	12	11	11	26	19	15	14	13
	0,45	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	8	6	5	4	4	10	7	6	5	5	12	9	7	7	6
	0,55	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	4	3	3	7	5	5	4	4
	0,6	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	4	3	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	3	3	3
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	2	2	2	1*	1*	3	2	2	2	2

2 Zurrgurte mit S_{TF} = 400 daN

Fazit:

- Es müssen zum Niederzurren des Minibaggers mit einer sauberen Gummi-

Laufwerkskette / Ladefläche oder unter Verwendung von rutschhemmendem Material (RHM) aus Gummi mit einem Reibbeiwert von μ = 0,6 mindestens **zwei** Zurrmittel mit einer Vorspannkraft (S_{TF}) = 400 daN verwendet werden. Diese zwei Zurrmittel benötigen vier Zurrpunkte.

- Bei zwei Zurrmitteln sind vier Zurrpunkte notwendig. Aufgrund der unsymmetrischen Form (z. B. Fahrerkabine, Grundarm) eines Minibaggers ist die fachgerechte Überspannung mit zwei Zurrgurten nicht möglich, da bei einem Tandemanhänger mit Grundausstattung die Zurrpunkte in den Außenecken angebracht sind.

Berechnung Niederzurrverfahren gegen Rutschen mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SIS) bei einem vorhandenen Reibbeiwert von μ = 0,2 und 0,6

Bild 96: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

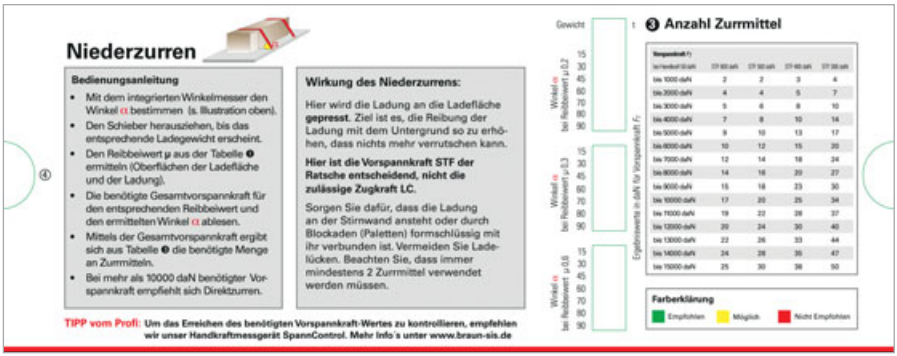


Bild 97: Rückseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Vorgehensweise:

Für die Berechnung des Niederzurrens wird die Rückseite des Zurrmittelrechners Braun-SiS verwendet.

1. Das Gewicht des zu transportierenden Minibaggers muss der allgemeinen Betriebserlaubnis (ABE) oder der Kennzeichnung am Gerät entnommen werden, in diesem Beispiel 2000 kg = 2 t. Das Inlett des Zurrmittelrechners wird jetzt so weit nach rechts

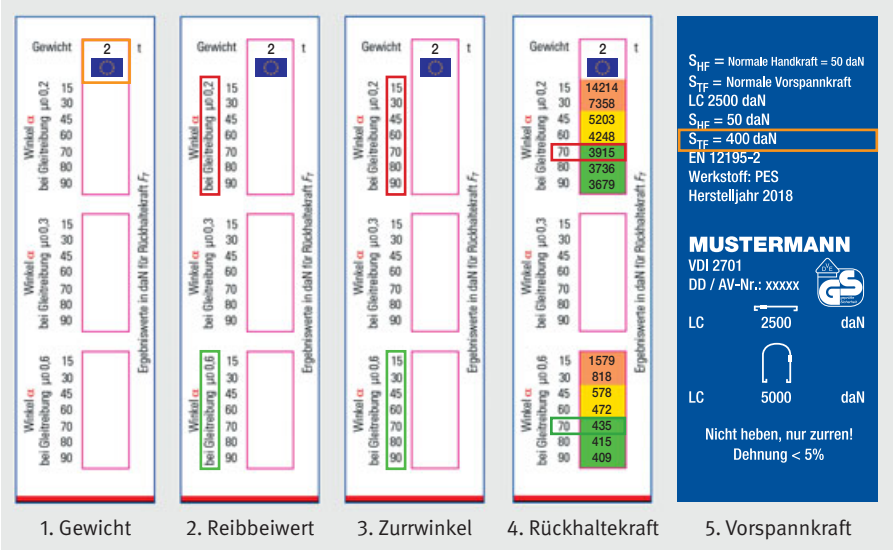
herausgezogen, dass im obersten Feld (Öffnung) neben dem Gewicht, die Zahl 2 (= 2,0 t) sichtbar ist.

2. Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist μ = 0,2 **(rot)** bzw. μ = 0,6 **(grün)**. Dieser Wert steht am linken Rand des obersten bzw. untersten Feldes.

3. Der vertikale Zurrwinkel (α) zwischen Zurrmittel und Ladefläche muss gemessen werden. Der Winkelmesser für diese Messung befindet sich ebenfalls auf dem Zurrmittelrechner. In diesem Beispiel wurde ein vertikaler Zurrwinkel von 75° gemessen. Auf dem Zurrmittelrechner befindet sich am linken Rand neben dem obersten Feld eine Zahlen-Skala von 15 bis 90. Der gemessene Wert muss jetzt abgerundet werden auf den nächst schlechteren Wert, hier 70.

4. Der Wert, der jetzt rechts neben der 70 steht, ist der Wert für die gesamte benötigte Vorspannkraft (F_T) zum Sichern des Minibaggers im Niederzurrverfahren.

5. Normale Vorspannkraft (S_{TF}) des vorhandenen Zurrmittels, hier 400 daN.
   Der Wert der ermittelten gesamten Vorspannkraft (F_T) muss jetzt durch die normale Vorspannkraft (S_{TF}) = 400 daN der vorhandenen Zurrmittel geteilt werden:
   - bei μ = 0,2 (3915 daN : 400 daN ≈ 10)
   - bei μ = 0,6 (435 daN : 400 daN ≈ 2)



1. Gewicht | 2. Reibbeiwert | 3. Zurrwinkel | 4. Rückhaltekraft | 5. Vorspannkraft

Fazit:

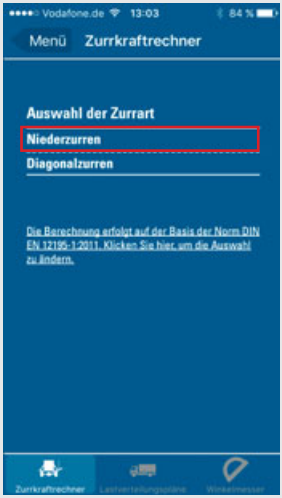
- Es müssen zum fachgerechten Sichern des Minibaggers mit einem Gewicht von 2000 kg bei einem Reibbeiwert von
  - μ = 0,2 mindestens **zehn** Zurrmittel
  - μ = 0,6 mindestens **zwei** Zurrmittel

  mit einer Vorspannkraft (S_{TF}) von 400 daN verwendet werden.
- 10 Zurrmittel benötigen 20 Zurrpunkte, somit ist das fachgerechte Sichern im Niederzurrverfahren aufgrund der Anzahl der vorhandenen Zurrpunkte und der Lage der Zurrpunkte ohne weitere Hilfsmittel nicht möglich.
- 2 Zurrmittel benötigen 4 Zurrpunkte. Aufgrund der unsymmetrischen Form (z. B. der Fahrerkabine, des Grundarmes) eines Minibaggers ist die fachgerechte Überspannung mit zwei Zurrgurten nicht möglich, da bei einem Tandemanhänger mit Grundausstattung die Zurrpunkte in den Außenecken angebracht sind.

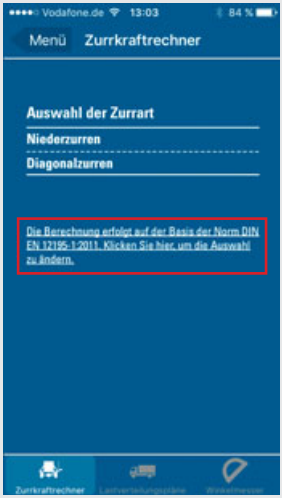
Berechnung Niederzurrverfahren gegen Rutschen mit der APP von SpanSet bei einem vorhandenen Reibbeiwert μ = 0,2 und μ = 0,6

Die kostenfreie APP muss aus dem jeweiligen Store für APPs, in Abhängigkeit des Betriebssystems des Smartphones, heruntergeladen werden.

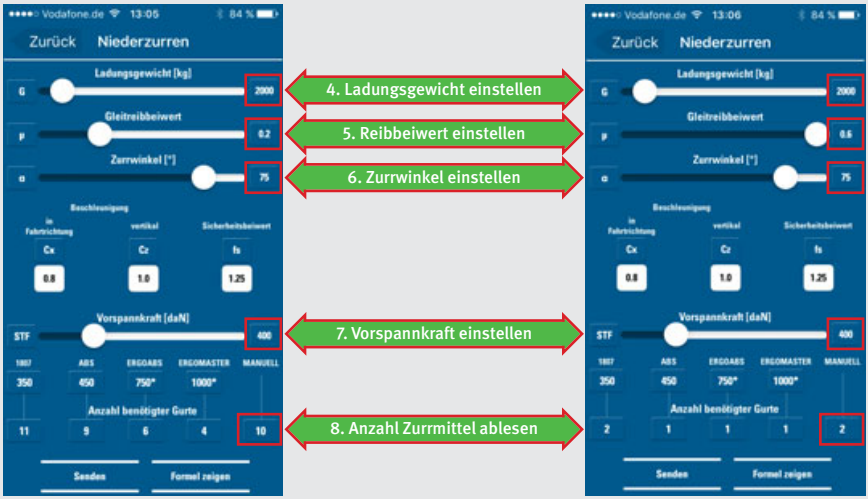
1. Zurrkraftrechner



2. Zurrverfahren wählen



3. Norm wählen



Beispiel Reibbeiwert μ = 0,2 | Beispiel Reibbeiwert μ = 0,6

Zu beachten ist hier die **Einstellung der Berechnungsnorm DIN EN 12195-1:2011**.

Vorgehensweise:

1. Icon Zurrkraftrechner antippen
2. Icon Niederzurren antippen
3. Norm DIN EN 12195-1:2011 einstellen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 2000 kg
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen μ = 0,2 bzw. μ = 0,6
6. Vertikalen Zurrwinkel (α) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 75°
7. Vorspannkraft (S_{TF}) manuell auf 400 daN einstellen
8. Anzahl der benötigten Zurrmittel ablesen, hier 10 bzw. 2

Fazit:

- Es müssen zum fachgerechten Sichern des Minibaggers mit einem Gewicht von 2000 kg bei einem Reibbeiwert von
  - μ = 0,2 mindestens **zehn** Zurrmittel
  - μ = 0,6 mindestens **zwei** Zurrmittel

  mit einer erreichbaren Vorspannkraft (S_{TF}) von je 400 daN zum fachgerechten Sichern des Minibaggers mit einem Gewicht von 2000 kg verwendet werden.

- Aufgrund der unsymmetrischen Form (z. B. Fahrerkabine, Grundarm) eines Minibaggers ist die fachgerechte Überspannung mit zwei Zurrgurten nicht möglich, da bei einem Tandemanhänger mit Grundausstattung die Zurrpunkte in den Außenecken angebracht sind.

Alle Berechnungen ergeben bei einem Reibbeiwert von μ = 0,6, dass eine Ladungssicherung des Minibaggers durch Niederzurren mit zwei Zurrmitteln möglich ist. Man muss jedoch grundsätzlich bei der Umsetzung der für die Ladungssicherung relevanten Kenngrößen den „gesunden Menschenverstand“ einschalten und die schon erwähnten Randbedingungen, wie unsymmetrische Formen oder Kabinen, welche nicht mit Zurrkräften belastet werden dürfen usw., berücksichtigen.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich, dass der Minibagger **nicht** im Niederzurren gesichert werden kann.

Diagonalzurren

Bild 98: Kennzeichnung am Zurrgurt

Beim Diagonalzurren sind die zulässige Zugkraft (LC) des Zurrmittels, hier 2500 daN, und die zulässige Zugkraft des Zurrpunktes (F_{LP}), hier 400 daN, zu beachten.

Bild 99: Kennzeichnung der Zurrpunkte am Fahrzeug bzw. Tandemanhänger

Zusätzlich benötigte physikalische Werte	
$c_{x(v)} = 0{,}8$	Beschleunigungsbeiwert in Fahrtrichtung (Bremsen / Verzögerung)
$c_{x(h)} = 0{,}5$	Beschleunigungsbeiwert entgegen der Fahrtrichtung (Anfahren / Beschleunigen)
$c_y = 0{,}5$	Beschleunigungsbeiwert einer standsicheren Ladung quer zur Fahrtrichtung (Fliehkraft)
$\mu = 0{,}2$	Reibbeiwert, bei verschmutzter Ladefläche / Laufwerkskette oder Schnee, Eis und Frost
$\mu = 0{,}6$	Reibbeiwert, bei sauberer Gummi-Laufwerkskette / Ladefläche (besenrein) oder rutschhemmenden Mitteln aus Gummi
$f_\mu = 0{,}75$	Umrechnungsfaktor Reibung unabhängig von den Materialpaarungen, außer rutschhemmenden Mitteln aus Gummi
$f_\mu = 1{,}0$	Umrechnungsfaktor Reibung bei rutschhemmenden Mitteln aus Gummi
$\alpha = 20°$	Zurrwinkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
$\beta_{x1} = 45°$	Längszurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Längsachse (x-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche), bei Nutzung der Zugöse am Unterwagen als Befestigungspunkt und der Befestigungspunkte am Abstützschild (kreuzweises Diagonalzurren)
$\beta_{x2} = 20°$	Längszurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Längsachse (x-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche), bei Nutzung der Befestigungspunkte am Fahrwerk und am Abstützschild (einfaches Diagonalzurren)
$F_G = 2000$ daN	Gewichtskraft des Minibaggers
$F_{LP} = 400$ daN	Maximale zulässige Zugkraft am Zurrpunkt des Tandemanhängers zGM $\leq$ 3,5 t

Berechnung Diagonalzurrverfahren gegen Rutschen mit einer Tabelle (Anhang 4) als Hilfsmittel

Diese Tabelle ist für die zulässigen Zurrwinkel im Diagonalzurren, vertikaler Zurrwinkel (α) von 20° bis 65° und horizontaler Zurrwinkel (β) von 6° bis 55°, berechnet.
Die gemessenen Zurrwinkel dürfen diese Winkelbereiche nicht unter- bzw. überschreiten. Der gemessene vertikale Zurrwinkel beträgt $\alpha = 20°$ und der horizontale Zurrwinkel $\beta_{x1} = 45°$ bzw. $\beta_{x2} = 20°$.

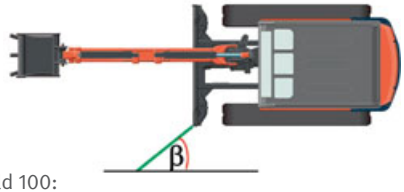


Bild 100:
Horizontaler Zurrwinkel (β)

Bild 101:
Vertikaler Zurrwinkel (α)

Zuordnung der Hintergrundfarben zu den vorhandenen Reibbeiwerten

Reibbeiwert μ = 0,2
(f_μ = 0,75)

(verschmutzte Gummi-Laufwerkskette / Ladefläche nicht besenrein bzw. frei von Eis und Schnee oder bei Frost)

Reibbeiwert μ = 0,6
(f_μ = 0,75)

(saubere Gummi-Laufwerkskette / Ladefläche besenrein)

Reibbeiwert μ = 0,6
(f_μ = 1,0)

(Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi bei sauberer Laufwerkskette und besenreiner Ladefläche)

Gewicht der Ladung in t	Zur Sicherung der Ladung mit 4 Zurrmitteln und einer zulässigen Zugkraft (LC) im direkten Strang von je (daN)					
	Reibbeiwert					
	μ = 0,6	μ = 0,6	μ = 0,55	μ = 0,45	μ = 0,3	μ = 0,2
	mit fμ = 1,0	mit fμ = 0,75				
3,00	500	1000 (800)	1000	1500	2500	4000
2,50	500 (400)	750	750	1500	2000	3000
2,00	500 (400)	750	750	1000	2000	2500
1,70	250	500	500	750	1500	2000
1,50	250	500 (400)	500	750	1500	2000

- Benötigte Rückhaltekraft (F_R) je Zurrmittel 2500 daN.

Gewicht der Ladung in t	Zur Sicherung der Ladung mit 4 Zurrmitteln und einer zulässigen Zugkraft (LC) im direkten Strang von je (daN)					
	Reibbeiwert					
	μ = 0,6	μ = 0,6	μ = 0,55	μ = 0,45	μ = 0,3	μ = 0,2
	mit fμ = 1,0	mit fμ = 0,75				
3,00	500	1000 (800)	1000	1500	2500	4000
2,50	500 (400)	750	750	1500	2000	3000
2,00	500 (400)	750	750	1000	2000	2500
1,70	250	500	500	750	1500	2000
1,50	250	500 (400)	500	750	1500	2000

- Benötigte Rückhaltekraft (F_R) je Zurrmittel 750 daN.

Gewicht der Ladung in t	Zur Sicherung der Ladung mit 4 Zurrmitteln und einer zulässigen Zugkraft (LC) im direkten Strang von je (daN)					
	Reibbeiwert					
	$\mu = 0{,}6$	$\mu = 0{,}6$	$\mu = 0{,}55$	$\mu = 0{,}45$	$\mu = 0{,}3$	$\mu = 0{,}2$
	mit $f\mu = 1{,}0$	mit $f\mu = 0{,}75$				
3,00	500	1000 (800)	1000	1500	2500	4000
2,50	500 (400)	750	750	1500	2000	3000
2,00	500 (400)	750	750	1000	2000	2500
1,70	250	500	500	750	1500	2000
1,50	250	500 (400)	500	750	1500	2000

- Benötigte Rückhaltekraft (F_R) je Zurrmittel 500 daN und benötigte zulässige Zugkraft (F_{LP}) je Zurrpunkt von 400 daN.

Fazit:

- Der Minibagger mit einem Gewicht von 2000 kg kann auf einem Tandemanhänger (zGM ≤ 3,5 t) und Zurrpunkten mit einer max. zulässigen Zugkraft (F_{LP}) von 400 daN nur transportiert werden, wenn rutschhemmende Mittel aus Gummi (Reibbeiwert $\mu = 0{,}6$ und $f_\mu = 1{,}0$) verwendet werden.

Variante 1: Berechnung Diagonalzurrverfahren gegen Rutschen mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SIS) für einen vorhandenen Reibbeiwert μ = 0,2 bzw. μ = 0,6 bei einem horizontalen Zurrwinkel $\beta_{x1} = 45°$

Bild 102: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Bild 103: Obere Innenseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

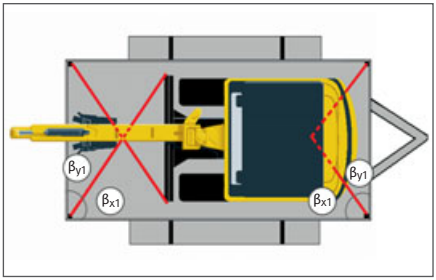


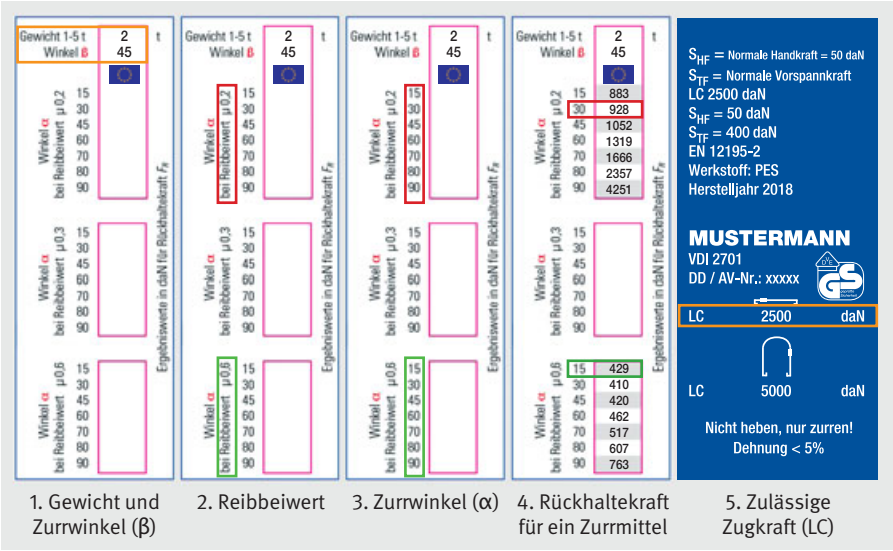
Bild 104: Schematische Darstellung der Diagonalverzurrung eines Minibaggers (kreuzweises Diagonalzurren an den Zurrpunkten des Abstützschildes und einfach Diagonalzurren an der Zugöse am Unterwagen)

Der Zurrmittelrechner Braun-SiS kann nur bei einem **standsicheren** Ladegut (Minibagger) verwendet werden, z. B. wenn das Fahrwerk verbreitert ist.

Vorgehensweise:

Für die Berechnung des Direktzurrens (Diagonalzurren) wird die Innenseite des Zurrmittelrechners Braun-SiS verwendet, bei einem Gewicht von 1-5 t die obere Hälfte. Der Winkelmesser für diese Messung befindet sich ebenfalls auf dem Zurrmittelrechner.

1. Das Gewicht des zu transportierenden Minibaggers muss der allgemeinen Betriebserlaubnis (ABE) oder der Kennzeichnung am Gerät entnommen werden, in diesem Beispiel 2000 kg = 2 t.
   Beim kreuzweisen Diagonalzurren am Abstützschild und bei der Verwendung der Zugöse am Unterwagen ist ein horizontaler Zurrwinkel (β_{x1}) von ca. 45° vorhanden. Das Inlett des Zurrmittelrechners wird jetzt so weit nach rechts herausgezogen, dass im obersten Feld (Öffnung) neben dem Gewicht die Zahl 2 (= 2,0 t) und die Zahl 45 (= 45°) sichtbar sind.
2. Der vorhandene Reibbeiwert in diesem Beispiel ist μ = 0,2 **(rot)** bzw. 0,6 **(grün)**. Dieser Wert steht am linken Rand des obersten bzw. untersten Feldes.
3. Der vertikale Zurrwinkel (α) zwischen Zurrmittel und Ladefläche muss gemessen werden. In diesem Beispiel wurde ein vertikaler Zurrwinkel von 20° gemessen. Auf dem Zurrmittelrechner befindet sich am linken Rand neben dem obersten Feld eine Zahlen-Skala von 15 bis 90.
   Der gemessene Wert 20° liegt jetzt zwischen 2 Werten auf dem Zurrmittelrechner, hier 15 und 30. Der höhere Wert neben den beiden Zahlen ist jetzt zu verwenden (bei μ = 0,2 ist bei 15 = 883 und bei 30 = **928**; bei μ = 0,6 ist bei 15 = **429** und bei 30 = 410).
4. Die benötigte Rückhaltekraft (F_R) **eines** Zurrmittels zum Sichern des Minibaggers im Diagonalzurrverfahren beträgt bei μ = 0,2 somit 928 daN bzw. bei μ = 0,6 somit 429 daN.
5. Die zulässige Zugkraft im geraden Zug (LC) des vorhandenen Zurrmittels beträgt 2500 daN.



1. Gewicht und Zurrwinkel (β) | 2. Reibbeiwert | 3. Zurrwinkel (α) | 4. Rückhaltekraft für ein Zurrmittel | 5. Zulässige Zugkraft (LC)

Fazit:

- Für die fachgerechte Sicherung des Minibaggers mit einem Gewicht von 2000 kg müssen bei einem Reibbeiwert von
  - μ = 0,2 **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 928 daN
  - μ = 0,6 **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 429 daN

  verwendet werden.
- Die zulässige Zugkraft (LC) von 2500 daN der ausgewählten Zurrgurte ist ausreichend. Da aber die maximal zulässigen Zugkräfte der Zurrpunkte des Tandemanhängers (F_{LP}) von 400 daN in allen Fahrsituationen überschritten werden, ist eine fachgerechte Sicherung des Minibaggers ohne weitere Maßnahmen nicht möglich.
- Bei sauberen Laufwerksketten, einer besenreinen Ladefläche bzw. frei von Schnee und Eis und kein Frost (μ = 0,6), wäre eine zusätzliche mögliche Maßnahme, um die geringfügige Überlastung der Zurrpunkte zu verhindern, z. B. das Blockieren gegen die Stirnwand des Tandemanhängers.

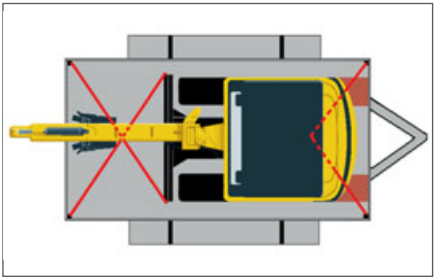


Bild 105: Minibagger in Fahrtrichtung blockiert

Variante 2:
Berechnung Diagonalzurrverfahren gegen Rutschen mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SIS) für einen vorhandenen Reibbeiwert μ = 0,2 bzw. μ = 0,6 bei einem horizontalen Zurrwinkel $\beta_{x2} = 20°$

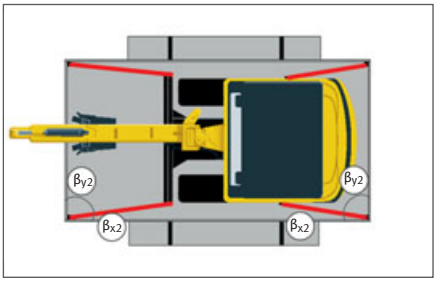


Bild 106: Schematische Darstellung der Diagonalverzurrung eines Minibaggers (einfaches Diagonalzurren an den Zurrpunkten des Abstützschildes und einfach Diagonalzurren an den Zurrpunkten am Fahrwerk)

Bild 107: Zurrpunkt am Abstützschild

Bild 108: Zurrpunkt am Fahrwerk

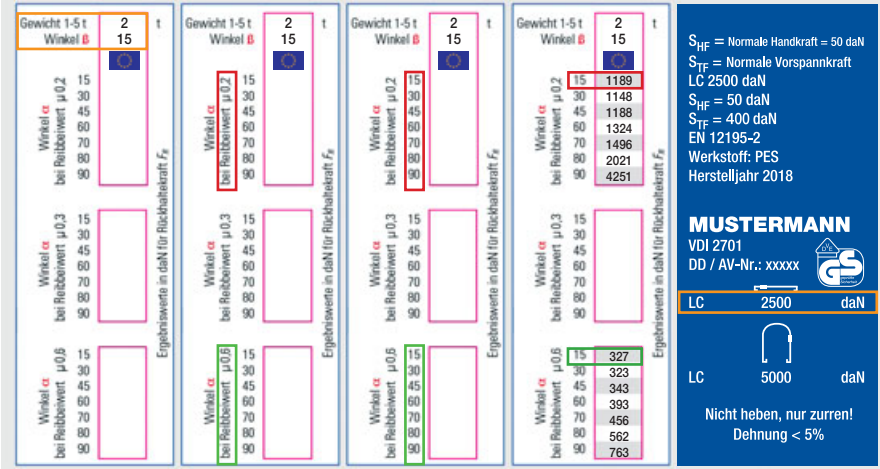
Achtung:
Der Reibbeiwert μ = 0,6 gilt hier für eine saubere Gummi-Laufwerkskette und besenreiner Ladefläche, da hier der Umrechnungsfaktor $f_\mu = 0,75$ verwendet wurde. Bei der Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi und sauberer Laufwerkskette bzw. Ladefläche liegt die Rückhaltekraft F_R unter 400 daN. (Siehe grüne Felder in den Berechnungen mit den Formeln aus der DIN EN 12195-1:2011 im Anhang 5 dieser Broschüre).

Der Zurrmittelrechner Braun-SiS kann nur bei einem standsicheren Ladegut (Minibagger) verwendet werden.

Vorgehensweise:

Für die Berechnung des Direktzurrens (Diagonalzurren) wird die Innenseite des Zurrmittelrechners Braun-SiS verwendet, bei einem Gewicht von 1-5 t die obere Hälfte. Der Winkelmesser für diese Messung befindet sich ebenfalls auf dem Zurrmittelrechner.

1. Das Gewicht des zu transportierenden Minibaggers muss der allgemeinen Betriebserlaubnis (ABE) oder der Kennzeichnung am Gerät entnommen werden, in diesem Beispiel 2000 kg = 2 t.
   Beim einfachen Diagonalzurren am Abstützschild und bei der Verwendung der Zurrpunkte an der Fahrwerksaußenseite ist ca. ein horizontaler Zurrwinkel $\beta_{x2} = 20°$ vorhanden. Das Inlett des Zurrmittelrechners wird jetzt so weit nach rechts herausgezogen, dass im obersten Feld (Öffnung) neben dem Gewicht die Zahl 2 (= 2,0 t) und die Zahl 15 (= 15°) sichtbar sind.
2. Der vorhandene Reibbeiwert in diesem Beispiel ist μ = 0,2 **(rot)** bzw. 0,6 **(grün)**. Dieser Wert steht am linken Rand des obersten bzw. untersten Feldes.
3. Der vertikale Zurrwinkel (α) zwischen Zurrmittel und Ladefläche muss gemessen werden. In diesem Beispiel wurde ein vertikaler Zurrwinkel (α = 20°) gemessen. Auf dem Zurrmittelrechner befindet sich am linken Rand neben dem obersten Feld eine Zahlen-Skala von 15 bis 90.
   Der gemessene Wert 20° liegt jetzt zwischen 2 Werten auf dem Zurrmittelrechner, hier 15 und 30. Der höhere Wert neben den beiden Zahlen ist jetzt zu verwenden (bei μ = 0,2 ist bei 15 = **1189** und bei 30 = 1148; bei μ = 0,6 ist bei 15 = **327** und bei 30 = 323).
4. Die benötigte Rückhaltekraft (F_R) **eines** Zurrmittels zum Sichern des Minibaggers im Diagonalzurrverfahren beträgt bei μ = 0,2 somit 1189 daN bzw. bei μ = 0,6 somit 327 daN.
5. Die zulässige Zugkraft im geraden Zug (LC) des vorhandenen Zurrmittels beträgt 2500 daN.



1. Gewicht und Zurrwinkel (β) | 2. Reibbeiwert | 3. Zurrwinkel (α) | 4. Rückhaltekraft für ein Zurrmittel | 5. Zulässige Zugkraft (LC)

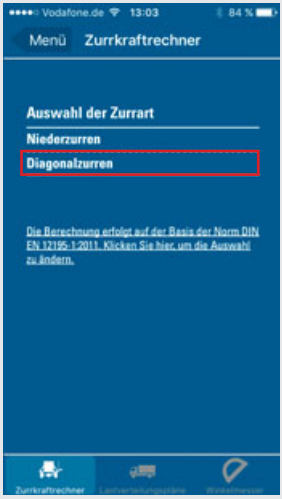
Fazit:

- Für die fachgerechte Sicherung des Minibaggers mit einem Gewicht von 2000 kg müssen bei einem Reibbeiwert von
  – μ = 0,2 **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 1189 daN
  – μ = 0,6 **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 327 daN
  verwendet werden.
- Die zulässige Zugkraft (LC) von 2500 daN der ausgewählten Zurrgurte ist somit ausreichend.
- Eine fachgerechte Sicherung des Minibaggers ist mit verschmutzter Gummi-Laufwerkskette bzw. Ladefläche oder bei Eis und Schnee auf der Ladefläche oder bei Frost aber nicht möglich, da die maximal zulässige Zugkraft der Zurrpunkte des Tandemanhängers (F_{LP}) von 400 daN in allen Fahrsituationen überschritten werden.
- Eine fachgerechte Sicherung ist nur bei sauberer Gummi-Laufwerkskette / besenreiner Ladefläche oder bei der Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi möglich.

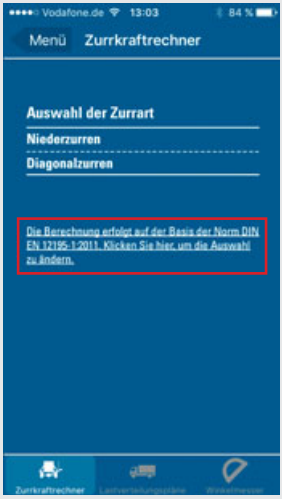
Berechnung Diagonalzurrverfahren gegen Rutschen mit der APP von SpanSet unter Verwendung des Reibbeiwertes (μ = 0,2 und μ = 0,6)

Die kostenfreie APP muss aus dem jeweiligen Store für APPs, in Abhängigkeit des Betriebssystems des Smartphones, heruntergeladen werden.

1. Zurrkraftrechner



2. Zurrverfahren wählen



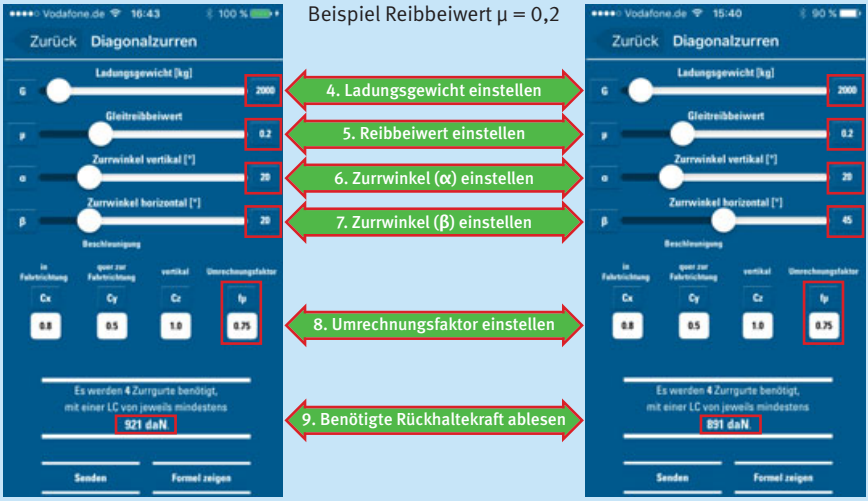
3. Norm wählen

Zu beachten ist hier die **Einstellung der Berechnungsnorm DIN EN 12195-1:2011**.

Ermittlung der erforderlichen Rückhaltekräfte für den Reibbeiwert μ = 0,2 und der horizontalen Zurrwinkel β_{x2} = 20° bzw. β_{x1} = 45°

Vorgehensweise:

1. Icon Zurrkraftrechner antippen
2. Icon Diagonalzurren antippen
3. Norm DIN EN 12195-1:2011 einstellen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 2000 kg
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen μ = 0,2
6. Vertikalen Zurrwinkel (α) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 20°
7. Horizontalen Zurrwinkel (β) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 20° bzw. 45°
8. Umrechnungsfaktor (f_μ) steht vorgegeben auf 0,75
9. Rückhaltekraft (LC) ablesen, in diesem Beispiel 921 daN bzw. 891 daN



Beispiel Zurrwinkel β = 20°

Beispiel Zurrwinkel β = 45°

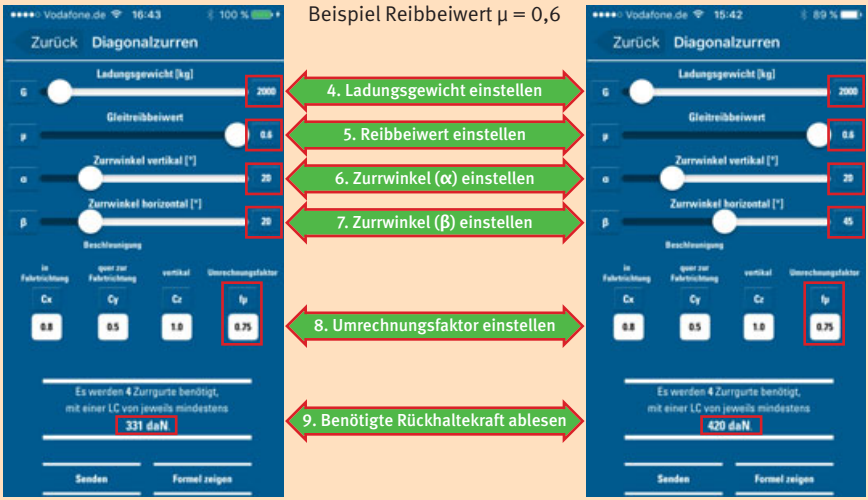
Fazit:

- Der Minibagger mit einem Gewicht von 2000 kg und einem Reibbeiwert von μ = 0,2 kann auf einem Tandemanhänger (zGM ≤ 3,5 t) nicht transportiert werden. Die Zurrpunkte mit einer max. zulässigen Zugkraft (F_{LP}) von 400 daN werden in alle Richtungen bei beiden horizontalen Zurrwinkeln (β_{x1} = 45° und β_{x2} = 20°) überlastet.

Ermittlung der erforderlichen Rückhaltekräfte für den Reibbeiwert μ = 0,6 (f_μ = 0,75) und der horizontalen Zurrwinkel β_{x2} = 20° bzw. β_{x1} = 45°

Vorgehensweise:

1. Icon Zurrkraftrechner antippen
2. Icon Diagonalzurren antippen
3. Norm DIN EN 12195-1:2011 einstellen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 2000 kg
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen μ = 0,6
6. Vertikalen Zurrwinkel (α) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 20°
7. Horizontalen Zurrwinkel (β) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 20° bzw. 45°
8. Umrechnungsfaktor (f_μ) steht vorgegeben auf 0,75
9. Rückhaltekraft (LC) ablesen, in diesem Beispiel 331 daN bzw. 421 daN



Beispiel Zurrwinkel β = 20°

Beispiel Zurrwinkel β = 45°

Fazit:

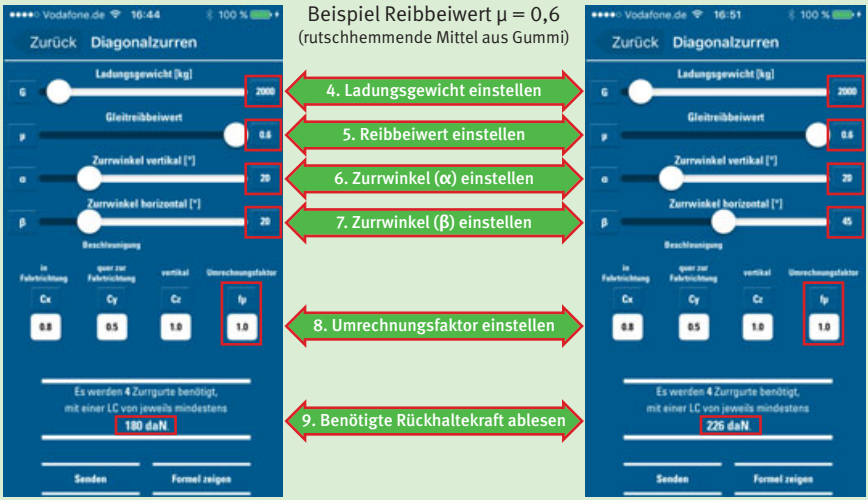
- Bei einer besenreinen Ladefläche und sauberen Gummi-Laufwerksketten (μ = 0,6 und f_μ = 0,75) kann der Minibagger
  - bei einem horizontalen Zurrwinkel (β_{x2} = 20°) mit **vier** Zurrmitteln und einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 331 daN fachgerecht gesichert werden. Die Zurrpunkte werden in keiner Fahrsituation überlastet.

– bei einem horizontalen Zurrwinkel ($\beta_{x1} = 45°$) mit **vier** Zurrmitteln und einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 420 daN fachgerecht gesichert werden, **wenn** in Fahrtrichtung zusätzliche Sicherungsmaßnahmen durchgeführt werden, um die geringfügige Überlastung der Zurrpunkte mit der max. zulässigen Zugkraft (F_{LP}) von 400 daN zu verhindern, z. B. das Blockieren gegen die Stirnwand des Tandemanhängers.

Ermittlung der erforderlichen Rückhaltekräfte für den Reibbeiwert μ = 0,6 ($f_\mu = 1{,}0$) und der horizontalen Zurrwinkel $\beta_{x2} = 20°$ bzw. $\beta_{x1} = 45°$

Vorgehensweise:

1. Icon Zurrkraftrechner antippen
2. Icon Diagonalzurren antippen
3. Norm DIN EN 12195-1:2011 einstellen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 2000 kg
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen μ = 0,6
6. Vertikalen Zurrwinkel (α) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 20°
7. Horizontalen Zurrwinkel (β) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 20° bzw. 45°
8. Umrechnungsfaktor (f_μ) auf 1,0 einstellen (für rutschhemmende Mittel aus Gummi)
9. Rückhaltekraft (LC) ablesen, in diesem Beispiel 180 daN bzw. 226 daN



Beispiel Zurrwinkel β = 20°

Beispiel Zurrwinkel β = 45°

Fazit:

- Bei Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi ($\mu = 0{,}6$ und $f_\mu = 1{,}0$) und der beiden horizontalen Zurrwinkel ($\beta_{x1} = 45°$ und $\beta_{x2} = 20°$) werden die Zurrpunkte mit einer max. zulässigen Zugkraft (F_{LP}) von 400 daN des Tandemanhängers (zGM ≤ 3,5 t) in keiner Fahrsituation überlastet. Der Minibagger kann somit sicher transportiert werden, wenn **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 226 daN bzw. ≥ 180 daN verwendet werden.

Beispielhafte Auswirkung des horizontalen Zurrwinkels (β) auf die benötigte Rückhaltekraft

Bei den Berechnungen wurden das Gewicht eines Minibaggers mit 2000 kg, die verschieden Reibbeiwerte und die geforderten Umrechnungsfaktoren berücksichtigt.

1. Reibbeiwert $\mu = 0{,}2 / f_\mu = 0{,}75$ (Ladefläche und Laufwerksketten nicht besenrein sowie frei von Eis, Schnee und Frost)

	Horizontaler Zurrwinkel (β)						
Richtung der Krafteinwirkung	10°	20°	30°	40°	50°	60°	
In Fahrtrichtung	666 daN	696 daN	752 daN	843 daN	992 daN	1248 daN	
Entgegen der Fahrtrichtung	359 daN	374 daN	405 daN	454 daN	535 daN	672 daN	
Quer zur Fahrtrichtung	1632 daN	940 daN	672 daN	535 daN	454 daN	405 daN	

2. Reibbeiwert $\mu = 0{,}6 / f_\mu = 0{,}75$ (Saubere Gummi-Fahrwerkskette / besenreine Ladefläche, kein Frost)

	Horizontaler Zurrwinkel (β)						
Richtung der Krafteinwirkung	10°	20°	30°	40°	50°	60°	
In Fahrtrichtung	325 daN	338 daN	362 daN	401 daN	462 daN	562 daN	
Entgegen der Fahrtrichtung	47 daN	49 daN	52 daN	58 daN	66 daN	81 daN	
Quer zur Fahrtrichtung	158 daN	106 daN	81 daN	66 daN	58 daN	52 daN	

3. Reibbeiwert $\mu = 0{,}6 / f_\mu = 1{,}0$ (Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi)

	Horizontaler Zurrwinkel (β)						
Richtung der Krafteinwirkung	10°	20°	30°	40°	50°	60°	
In Fahrtrichtung	177 daN	184 daN	197 daN	217 daN	248 daN	297 daN	
Entgegen der Fahrtrichtung	0 daN	0 daN	0 daN	0 daN	0 daN	0 daN	
Quer zur Fahrtrichtung	0 daN	0 daN	0 daN	0 daN	0 daN	0 daN	

Fazit:

- Aus den Tabellen ist erkennbar, dass neben den Reibbeiwerten (Reibbeiwert $\mu = 0{,}2 / f_\mu = 0{,}75$ bzw. Reibbeiwert $\mu = 0{,}6 / f_\mu = 1{,}0$) auch der horizontale Zurrwinkel (β) wesentlichen Einfluss auf die wirkende Rückhaltekraft (F_R) hat.
- Bei Frost oder verschmutzter Ladefläche bzw. Eis oder Schnee auf der Ladefläche (Reibbeiwert $\mu = 0{,}2 / f_\mu = 0{,}75$) ist ein Transport des Minibaggers im Diagonalzurrverfahren ohne weitere Sicherungsmaßnahmen in alle Bewegungsrichtungen, z. B. Blockieren, nicht möglich.
- Bei sauberen Laufwerksketten und besenreiner Ladefläche (Reibbeiwert $\mu = 0{,}6 / f_\mu = 0{,}75$) müssen in Fahrtrichtung bei Überschreitung des horizontalen Zurrwinkels (β) von 30°, z. B. beim kreuzweisen Diagonalzurren, zusätzliche Sicherungsmaßnahmen in Fahrtrichtung durchgeführt werden, z. B. Blockieren an der Stirnwand (siehe Bild 105).
- Bei der Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi (Reibbeiwert $\mu = 0{,}6 / f_\mu = 1{,}0$) wird die zulässige Zugkraft der Zurrpunkte (F_{LP}) von 400 daN von Fahrzeugen mit einer zulässigen Gesamtmasse (zGM $\leq$ 3,5 t) in keiner Fahrsituation überschritten.

10.2 Ladungssicherung eines Steinpaketes

Bild 109: Versuchte Ladungssicherung eines Steinpaketes im Niederzurrverfahren

Auf einem Transporter soll eine Palette Steine transportiert werden. Wie muss die Ladungssicherung durchgeführt werden, damit ein betriebssicherer Transport möglich ist?

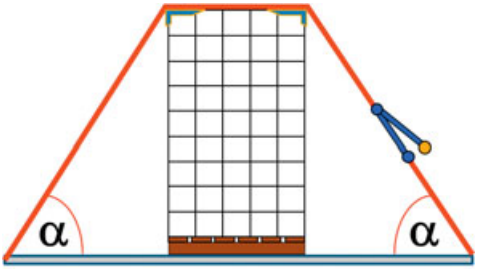


Bild 110: Darstellung des vertikalen Zurrwinkels (α) im Niederzurrverfahren

Technische Daten	
Ladung	Gewicht / Gewichtskraft = 1000 kg / 1000 daN Transport auf einer Einwegpalette; siehe Anmerkungen auf Seite 79
Fahrzeug	zGM = 3,5 t
	6 Zurrpunkte mit einer zulässigen Zugkraft (F_{LP}) 400 daN
	Stirnwand mit zulässiger Belastung (BC) max. 500 daN

Voraussetzung für diese Sicherung und den Transport ist, dass die Steine und die Einwegpalette eine feste Ladeeinheit bilden.

Berechnungsbeispiele in diesem Kapitel

- Berechnungen im Niederzurrverfahren nach DIN EN 12195-1:2011
  - Berechnung der Sicherung gegen Kippen
  - Berechnung der Sicherung gegen Rutschen
    - mit einer **Tabelle** als Hilfsmittel (Anhang 3)
    - mit dem **Zurrmittelrechner** (Fa. Braun-SIS)
- Berechnungen im Diagonalzurrverfahren nach DIN EN 12195-1:2011
  - Berechnung der Sicherung gegen Kippen
  - Berechnung der Sicherung gegen Rutschen
    - mit einer **Tabelle** als Hilfsmittel (Anhang 4)
    - mit dem **Zurrmittelrechner** (Fa. Braun-SIS)
- Berechnung der benötigten Blockierkraft in Fahrtrichtung (z. B. durch die Stirnwand) nach DIN 12195-1:2011

Standsicherheit

Zusätzlich benötigte physikalische Werte	
w = 0,60 m	Breite der Palette (z. B. Einwegpalette)
d = 0,58	Höhe des Schwerpunktes
b_y = 0,30	Abstand des Schwerpunktes zur Kippkante
c_y = 0,6	Beschleunigungsbeiwert quer zur Fahrtrichtung (Kippen)
c_z = 1,0	Beschleunigungsbeiwert vertikal (nach unten)
F_T	Benötigte Vorspannkraft
f_s = 1,1	Sicherheitsbeiwert entgegen und quer der Fahrtrichtung

Standsicherheit

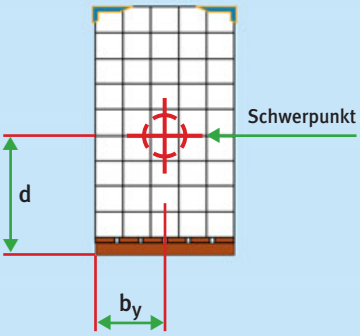
Beispiel Steinpaket auf Einwegpalette

- Abmessungen (h x b) 1,16 x 0,60 m
- Schwerpunkthöhe (d) 0,58 m
- Abstand Schwerpunkt zur Kippkante (b_y) 0,30 m
- Beschleunigungsbeiwert (c_y) 0,6

Wenn seitlich

- b_y **kleiner** ist als c_y × d
- 0,30 m ist **kleiner** als 0,6 × 0,58 m = 0,35 m

dann ist das Steinpaket **nicht** standsicher.



Sicherungsmaßnahmen gegen Kippen **und** gegen Rutschen sind notwendig!

Bild 111: Standsicherheit Steinpaket

Niederzurren

Bild 112: Kennzeichnung am Zurrgurt

Beim Niederzurren sind die normale Vorspannkraft (S_{TF}) des Spannelementes im Zurrmittel und die zulässige Belastung der Zurrpunkte (F_{LP}) des Transportmittels, hier jeweils 400 daN, zu beachten.

Bild 113: Kennzeichnung der Zurrpunkte am Fahrzeug bzw. Tandemanhänger

Berechnung Niederzurrverfahren gegen Kippen nach DIN EN 12195-1:2011

Nach der DIN EN 12195-1:2011 muss zusätzlich zur Sicherung gegen Rutschen das Kippen einer Ladung quer zur Fahrtrichtung oder entgegen der Fahrtrichtung beachtet werden, nicht in Fahrtrichtung (Regelung in der DIN EN 12195-1:2011).

$$F_T \geq \frac{(c_y \times d - c_z \times b_y)\, F_G}{w \times \sin \alpha} \times f_s = \frac{(0{,}6 \times 0{,}58 - 1{,}0 \times 0{,}3)\ 1000\ \text{daN}}{0{,}6 \times \sin 75°} \times 1{,}1 = 92\ \text{daN}$$

Fazit:

- Um die Standsicherheit des Steinpaketes quer zur Fahrtrichtung oder entgegen der Fahrtrichtung zu gewährleisten, muss eine Vorspannkraft (S_{TF}) von 92 daN, **zusätzlich** zur Vorspannkraft gegen Rutschen, aufgebracht werden.
- Das bedeutet, dass bei der Verwendung von zwei Zurrgurten zum Niederzurren eine Vorspannkraft (S_{TF}) von = 46 daN zusätzlich je Zurrgurt aufgebracht werden muss.
- Da aber die benötigte Vorspannkraft einer freistehenden Ladung zur Sicherung in Fahrtrichtung gegen Rutschen bei diesen Abmessungen des Steinpaketes grundsätzlich höher ist, kann dieser Wert bei den weiteren Berechnungen vernachlässigt werden.

Berechnung Niederzurrverfahren gegen Rutschen nach DIN EN 12195-1:2011 mit einer Tabelle (Anhang 3) als Hilfsmittel

Physikalische Werte	
F_G = 1000 daN	Gewichtskraft des Steinpaketes (1000 kg)
S_{TF} = 400 daN	Normale Vorspannkraft einer Ratsche, die Vorspannkraft darf nicht größer sein als die zulässige Zugkraft (F_{LP}) des Zurrpunktes am Transportmittel
α = 75°	Vertikaler Zurrwinkel zwischen Zurrmittel und Ladefläche
μ = 0,2	Reibbeiwert, bei verschmutzter Ladefläche bzw. Schnee, Eis oder Frost
μ = 0,45	Reibbeiwert, bei besenreiner Ladefläche Palette (Schnittholz) auf Schichtholz
μ = 0,6	Reibbeiwert, bei rutschhemmenden Mitteln aus Gummi

Zuordnung der Hintergrundfarben zu den Reibbeiwerten

Reibbeiwert μ = 0,2 (f_μ = 0,75)	**Reibbeiwert μ = 0,45 (f_μ = 0,75)**	**Reibbeiwert μ = 0,6 (f_μ = 1,0)**
(Ladefläche nicht besenrein bzw. nicht frei von Eis und Schnee oder bei Frost)	(Palette (Schnittholz) / Ladefläche besenrein)	(Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi)

Nutzlast in t		1					2					3					4					5				
Winkel in °	α	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90
Reibbeiwert	μ	Anzahl der benötigten Zurrmittel																								
erreichbare Vorspannkraft	0,2	15	11	9	8	8	30	21	17	16	15	45	32	26	23	23	59	42	34	31	30	74	53	43	39	37
	0,3	9	6	5	5	5	17	12	10	9	9	25	18	15	13	13	33	24	19	17	17	41	29	24	22	21
	0,45	4	3	3	2	2	8	6	5	4	4	12	9	7	6	6	16	11	9	8	8	20	14	12	10	10
S_{TF} = 250 daN	0,55	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	7	6	5	5	12	8	7	6	6
	0,6	2	2	1*	1*	1*	4	3	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	6	5	5	5
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	4	3	3	2	2
	0,2	10	7	6	5	5	19	14	11	10	10	28	20	16	15	14	37	27	22	20	19	46	33	27	24	23
	0,3	6	4	3	3	3	11	8	6	6	6	16	11	9	8	8	21	15	12	11	11	26	19	15	14	13
S_{TF} = 400 daN	0,45	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	8	6	5	4	4	10	7	6	5	5	12	9	7	7	6
	0,55	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	4	3	3	7	5	5	4	4
	0,6	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	4	3	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	3	3	3
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	2	2	2	1*	1*	3	2	2	2	2

5 Zurrgurte mit S_{TF} = 400 daN

Fazit:

- Bei einer unsauberen Ladefläche, Eis, Schnee oder Frost (Reibbeiwert μ = 0,2) müssen zum Niederzurren des freistehenden Steinpaketes mindestens **fünf** Zurrmittel mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von je 400 daN zum fachgerechten Sichern verwendet werden.
- Das freistehende Steinpaket kann im Niederzurrverfahren ohne weitere Hilfsmittel **nicht** fachgerecht gesichert werden, da mindestens 10 Zurrpunkte benötigt werden aber nur vier bzw. sechs Zurrpunkte auf dem gewählten Fahrzeug vorhanden sind.

Nutzlast in t		1					2					3					4					5				
Winkel in °	α	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90
Reibbeiwert	μ	Anzahl der benötigten Zurrmittel																								
erreichbare Vorspannkraft	0,2	15	11	9	8	8	30	21	17	16	15	45	32	26	23	23	59	42	34	31	30	74	53	43	39	37
	0,3	9	6	5	5	5	17	12	10	9	9	25	18	15	13	13	33	24	19	17	17	41	29	24	22	21
	0,45	4	3	3	2	2	8	6	5	4	4	12	9	7	6	6	16	11	9	8	8	20	14	12	10	10
S_{TF} = 250 daN	0,55	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	7	6	5	5	12	8	7	6	6
	0,6	2	2	1*	1*	1*	4	3	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	6	5	5	5
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	4	3	3	2	2
	0,2	10	7	6	5	5	19	14	11	10	10	28	20	16	15	14	37	27	22	20	19	46	33	27	24	23
	0,3	6	4	3	3	3	11	8	6	6	6	16	11	9	8	8	21	15	12	11	11	26	19	15	14	13
S_{TF} = 400 daN	0,45	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	8	6	5	4	4	10	7	6	5	5	12	9	7	7	6
	0,55	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	4	3	3	7	5	5	4	4
	0,6	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	4	3	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	3	3	3
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	2	2	2	1*	1*	3	2	2	2	2

2 Zurrgurte mit S_{TF} = 400 daN

Fazit:

- Bei einer besenreinen Ladefläche und frei von Eis und Schnee oder Frost (Reibbeiwert μ = 0,45) müssen zum Niederzurren des freistehenden Steinpaketes mindestens **zwei** Zurrmittel mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von je 400 daN zum fachgerechten Sichern verwendet werden.
- Eine parallele Niederzurrung (Überspannung) des Steinpaketes ist bei einem Standardaufbau des Fahrzeuges nicht möglich, da eine Einwegpalette nur eine Länge von ca. 1 m hat und der Abstand der Zurrpunkte auf dem gewählten Fahrzeug > 1 m ist.

Nutzlast in t		1					2					3					4					5				
Winkel in °	α	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90
Reibbeiwert	μ	Anzahl der benötigten Zurrmittel																								
erreichbare Vorspannkraft	0,2	15	11	9	8	8	30	21	17	16	15	45	32	26	23	23	59	42	34	31	30	74	53	43	39	37
	0,3	9	6	5	5	5	17	12	10	9	9	25	18	15	13	13	33	24	19	17	17	41	29	24	22	21
	0,45	4	3	3	2	2	8	6	5	4	4	12	9	7	6	6	16	11	9	8	8	20	14	12	10	10
S_{TF} = 250 daN	0,55	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	7	6	5	5	12	8	7	6	6
	0,6	2	2	1*	1*	1*	4	3	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	6	5	5	5
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	4	3	3	2	2
	0,2	10	7	6	5	5	19	14	11	10	10	28	20	16	15	14	37	27	22	20	19	46	33	27	24	23
	0,3	6	4	3	3	3	11	8	6	6	6	16	11	9	8	8	21	15	12	11	11	26	19	15	14	13
S_{TF} = 400 daN	0,45	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	8	6	5	4	4	10	7	6	5	5	12	9	7	7	6
	0,55	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	4	3	3	7	5	5	4	4
	0,6	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	4	3	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	3	3	3
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	2	2	2	1*	1*	3	2	2	2	2

1* Zurrgurt mit S_{TF} = 400 daN

Fazit:

- Bei der Verwendung von rutschhemmenden Mittel aus Gummi (Reibbeiwert μ = 0,6) und wenn das Steinpaket nicht freisteht, also gegen verdrehen gesichert ist, z. B. durch die Bordwände, muss zum Niederzurren des Steinpaketes mindestens **ein** Zurrmittel mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von 400 daN verwendet werden. Bei einem freistehenden Steinpaket müssen grundsätzlich mindestens zwei Zurrmittel verwendet werden, um das Verdrehen der Ladung und somit Lösen des Zurrmittels zu verhindern.
- Voraussetzung für diese Sicherung und den Transport ist, dass die Steine und die Einwegpalette eine feste Ladeeinheit bilden.

Bild 114: im Niederzurren mit zwei Zurrgurten und RHM gesichert

Bild 115: Im Niederzurren mit einem Zurrgurt, RHM und Blockieren gegen die Stirnwand gesichert

Berechnung Niederzurrverfahren gegen Rutschen nach DIN EN 12195-1:2011 mit dem Zurrmittelrechner (Fa. Braun-SiS)

Bild 116: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

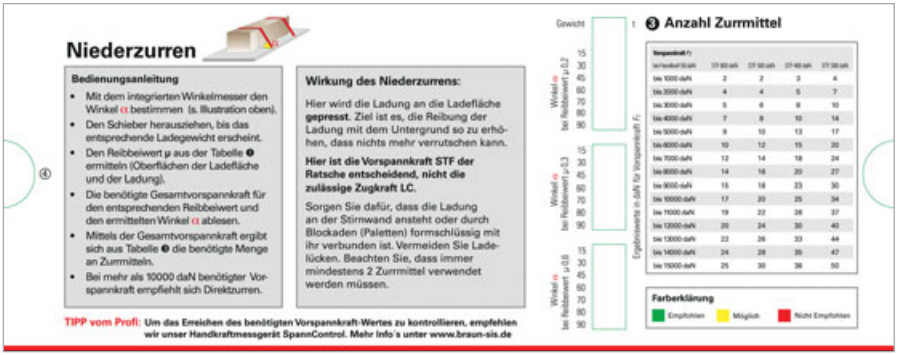
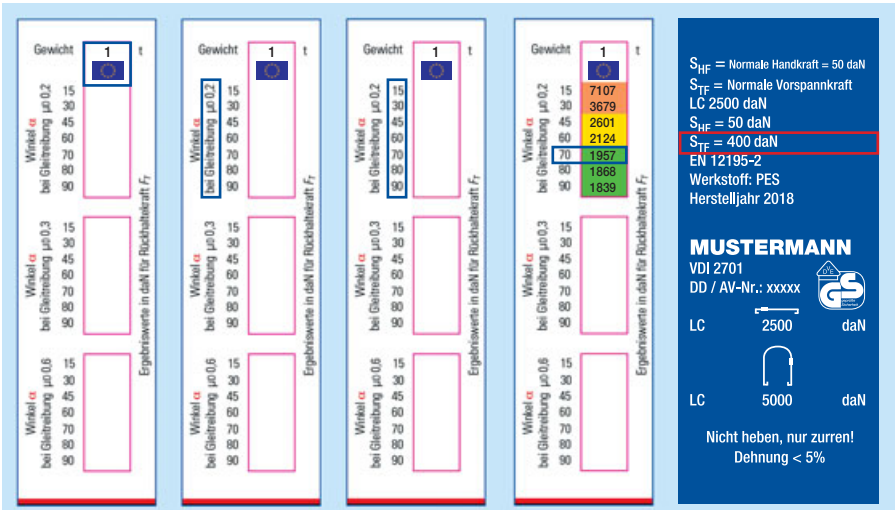


Bild 117: Rückseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Vorgehensweise:

Für die Berechnung des Niederzurrens wird die Rückseite des Zurrmittelrechners ZRM Braun-SiS verwendet. Der Winkelmesser für diese Messung befindet sich ebenfalls auf dem Zurrmittelrechner.

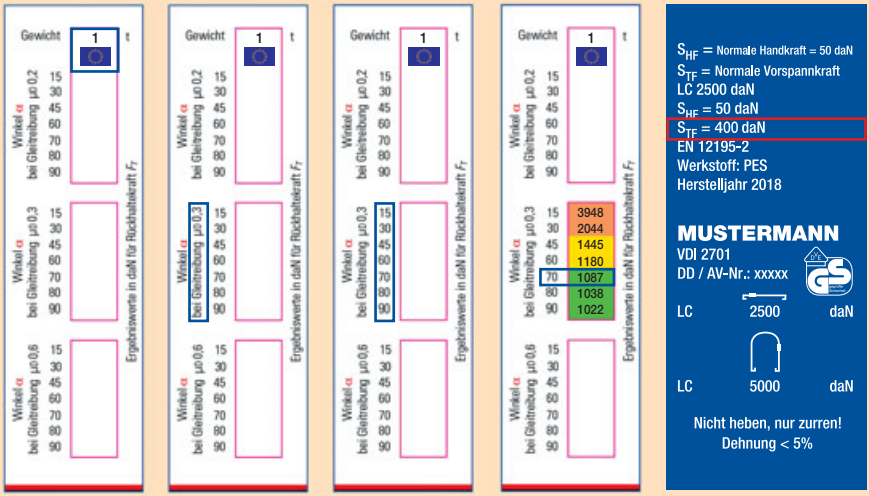
1. Das Gewicht des zu transportierenden Materials muss dem Lieferschein entnommen werden, in diesem Beispiel 1000 kg = 1 t. Das Inlett des Zurrmittelrechners wird jetzt so weit nach rechts herausgezogen, dass im obersten Feld (Öffnung) neben dem Gewicht die Zahl 1 (= 1,0 t) sichtbar ist.
2. Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist μ = 0,2 / μ = 0,45 bzw. μ = 0,6. Dieser Wert steht am linken Rand der Felder. Der Reibbeiwert μ = 0,45 ist auf dem ZRM nicht vorhanden. Dieser Wert muss auf den nächst kleineren Wert eingestellt werden, in diesem Fall 0,3.
3. Der vertikale Zurrwinkel (α) zwischen Zurrmittel und Ladefläche muss gemessen werden. In diesem Beispiel wurde ein vertikaler Zurrwinkel von 70° gemessen. Auf dem Zurrmittelrechner befindet sich am linken Rand neben den Feldern eine Zahlen-Skala von 15 bis 90.
4. Der Wert, der jetzt rechts neben der 70 steht, ist der Wert für die gesamte benötigte Vorspannkraft (F_T) zum Sichern des Steinpaketes im Niederzurrverfahren.
5. Dieser Wert der ermittelten gesamten Vorspannkraft (F_T) muss jetzt durch die normale Vorspannkraft (S_{TF}) = 400 daN der vorhandenen Zurrmittel geteilt werden:
   - bei μ = 0,2 (1957 daN : 400 daN ≈ 5 Zurrmittel)
   - bei μ = 0,45 (0,3) (1087 daN : 400 daN ≈ 3 Zurrmittel)
   - bei μ = 0,6 (217 daN : 400 daN ≈ 1 Zurrmittel)



1. Gewicht | 2. Reibbeiwert | 3. Zurrwinkel | 4. Rückhaltekraft | 5. Vorspannkraft

Fazit:

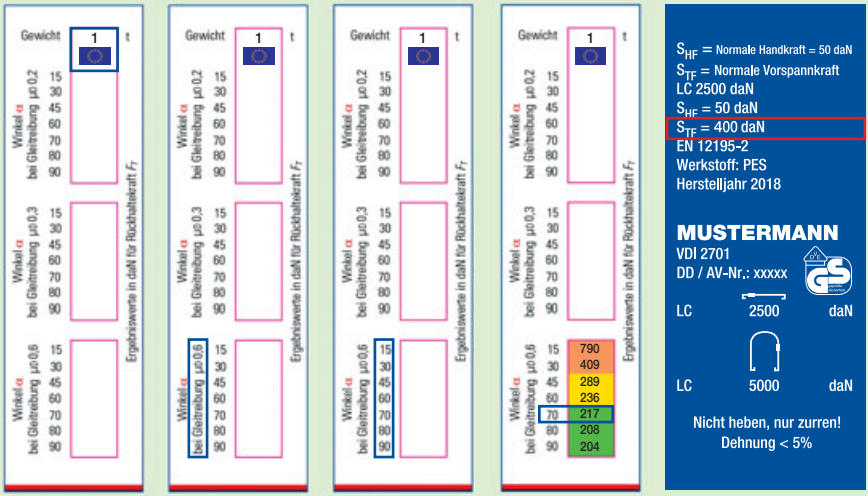
- Es müssen zum Niederzurren des Steinpaketes bei einem Reibbeiwert μ = 0,2 mindestens **fünf** Zurrmittel mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von 400 daN verwendet werden. Diese 5 Zurrmittel benötigen 10 Zurrpunkte.
- Das Sichern im Niederzurrverfahren ist aufgrund der zu geringen Anzahl der vorhandenen Zurrpunkte und der Lage der Zurrpunkte ohne weitere Hilfsmittel nicht möglich.



1. Gewicht 2. Reibbeiwert 3. Zurrwinkel 4. Rückhaltekraft 5. Vorspannkraft

Fazit:

- Bei einer besenreinen Ladefläche (Reibbeiwert μ = 0,45) müssen zum Niederzurren des Steinpaketes mindestens **drei** Zurrmittel mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von 400 daN verwendet werden. Diese 3 Zurrmittel benötigen 6 Zurrpunkte.
- Das Sichern im Niederzurrverfahren ist aufgrund der zu geringen Anzahl der vorhandenen Zurrpunkte und der Lage der Zurrpunkte ohne weitere Hilfsmittel nicht möglich.



1. Gewicht 2. Reibbeiwert 3. Zurrwinkel 4. Rückhaltekraft 5. Vorspannkraft

Fazit:

- Bei der Verwendung von rutschhemmenden Mittel aus Gummi (Reibbeiwert μ = 0,6) und wenn das Steinpaket nicht freisteht, also gegen verdrehen gesichert ist, z. B. durch die Bordwände, muss zum Niederzurren des Steinpaketes mindestens **ein** Zurrmittel mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von 400 daN verwendet werden.
- Bei einem freistehenden Steinpaket müssen grundsätzlich mindestens zwei Zurrmittel verwendet werden, um das Verdrehen der Ladung und somit Lösen des Zurrmittels zu verhindern.
- Voraussetzung für diese Sicherung und den Transport ist, dass die Steine und die Einwegpalette eine feste Ladeeinheit bilden.

Diagonalzurren

Bild 118: Kennzeichnung am Zurrgurt

Beim Diagonalzurren sind die zulässige Zugkraft (LC) des Zurrmittels, hier 2500 daN, und die zulässige Zugkraft des Zurrpunktes (F_{LP}), hier 400 daN, zu beachten.

Bild 119: Kennzeichnung der Zurrpunkte am Fahrzeug bzw. Tandemanhänger

Berechnung der benötigten Kräfte zur Gewährleistung der Standsicherheit

Physikalische Werte	
F_G = 1000 daN	Gewichtskraft des Steinpaketes (m = 1000 kg)
w = 0,60 m	Breite der Palette (z. B. Einwegpalette)
d = 0,58	Höhe des Schwerpunktes
p = 0,60 m	Horizontaler Abstand zwischen der Außenkante der Ladung zu dem Punkt, an dem die Zurrung auf die Ladung wirkt
r = 0 m	horizontaler Abstand von der Außenkante der Ladung zum Kipppunkt
s = 1,16 m	Vertikaler Abstand von der Ladefläche zu dem Punkt, an dem die Zurrung auf die Ladung wirkt
t = 0 m	Vertikaler Abstand von der Ladefläche zum Kipppunkt
b_y = 0,30	Abstand des Schwerpunktes zur Kippkante

$c_y = 0{,}6$	Beschleunigungsbeiwert quer zur Fahrtrichtung (Kippen)
$c_z = 1{,}0$	Beschleunigungsbeiwert vertikal (nach unten)
$n = 2$	Anzahl der Zurrmittel je Richtung
$\alpha = 45°$	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
$\beta_x = 30°$	Längszurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Längsachse (x-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche)
$\beta_y = 60°$	Querzurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Querachse (y-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche)

$$F_{R(K)} = F_G \times \frac{c_y \times d - c_z \times b_y}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_y \times (s - t) + \sin\alpha \times (p - r))}$$

$$F_{R(K)} = 1000 \times \frac{0{,}6 \times 0{,}58 - 1{,}0 \times 0{,}30}{2\,(\cos 45° \times \cos 60° \times (1{,}16) + \sin 45° \times (0{,}60))} = 29 \text{ daN}$$

Fazit:

- Um die Standsicherheit des Steinpaketes quer zur Fahrtrichtung oder entgegen der Fahrtrichtung zu gewährleisten, muss eine Rückhaltekraft gegen Kippen ($F_{R(K)}$) von 29 daN je Zurrmittel zusätzlich zur Rückhaltekraft gegen Rutschen ($F_{R(R)}$) aufgebracht werden.
- Da aber die benötigte Rückhaltekraft einer freistehenden Ladung zur Sicherung in Fahrtrichtung bei diesen Abmessungen grundsätzlich höher ist, kann dieser Wert bei den weiteren Berechnungen vernachlässigt werden.

Berechnung Diagonalzurrverfahren nach DIN EN 12195-1:2011 mit einer Tabelle (Anhang 4) als Hilfsmittel

Diese Tabellen (Einfach-Methode) sind für die zulässigen Zurrwinkel im Diagonalzurren, vertikaler Zurrwinkel (α) von 20° bis 65° und horizontaler Zurrwinkel (β) von 6° bis 55°, berechnet. Diese Winkelbereiche dürfen die gemessenen Zurrwinkel nicht unter- bzw. überschreiten, gemessen vertikaler Zurrwinkel $\alpha = 45°$ und vertikaler Zurrwinkel $\beta_x = 30°$.

Zusätzlich benötigte physikalische Werte	
F_G = 1000 daN	Gewichtskraft des Steinpaketes (m = 1000 kg)
F_{LP} = 400 daN	Zulässige Zugkraft des Zurrpunktes am Transportmittel
α = 45°	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
β_x = 30°	Längszurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Längsachse (x-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche)
β_y = 60°	Querzurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Querachse (y-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche)
μ = 0,2	Reibbeiwert, bei verschmutzter Ladefläche oder Schnee, Eis und Frost
μ = 0,45	Reibbeiwert, bei besenreiner Ladefläche Palette (Schnittholz) auf Schichtholz
μ = 0,6	Reibbeiwert, bei rutschhemmenden Mitteln aus Gummi

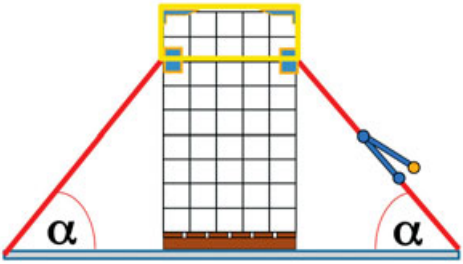


Bild 120: Darstellung vertikaler Zurrwinkel (α)

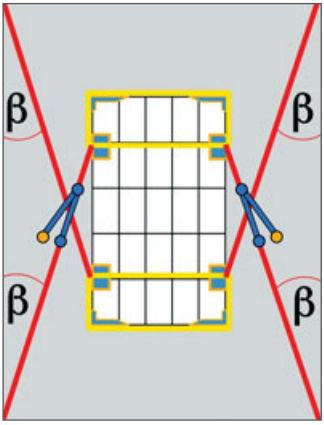


Bild 121: Darstellung horizontaler Zurrwinkel (β)

Zuordnung der Hintergrundfarben zu den Reibbeiwerten

Reibbeiwert μ = 0,2 (f_μ = 0,75)
(Ladefläche nicht besenrein bzw. nicht frei von Eis und Schnee oder bei Frost)

Reibbeiwert μ = 0,45 (f_μ = 0,75)
(Palette (Schnittholz) / Ladefläche besenrein)

Reibbeiwert μ = 0,6 (f_μ = 1,0)
(Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi)

Gewicht der Ladung in t	Zur Sicherung der Ladung mit 4 Zurrmitteln und einer zulässigen Zugkraft (LC) im direkten Strang von je (daN)					
	Reibbeiwert					
	$\mu = 0{,}6$	$\mu = 0{,}6$	$\mu = 0{,}55$	$\mu = 0{,}45$	$\mu = 0{,}3$	$\mu = 0{,}2$
	mit $f\mu = 1{,}0$	mit $f\mu = 0{,}75$				
1,50	250	500 (400)	500	750	1500	2000
1,25	250	500 (400)	500 (400)	750	1000	1500
1,00	250	500 (400)	500 (400)	500	1000 (800)	1500
0,75	250	250	250	500 (400)	750	1000
0,50	250	250	250	250	500 (400)	750

- Nicht zulässig! Die Benötigte Rückhaltekraft (F_R) **je** Zurrmittel beträgt 1500 daN. Die Zurrpunkte mit einer max. zulässigen Zugkraft (F_{LP}) von 400 daN werden in allen Fahrsituationen überlastet.

Gewicht der Ladung in t	Zur Sicherung der Ladung mit 4 Zurrmitteln und einer zulässigen Zugkraft (LC) im direkten Strang von je (daN)					
	Reibbeiwert					
	$\mu = 0{,}6$	$\mu = 0{,}6$	$\mu = 0{,}55$	$\mu = 0{,}45$	$\mu = 0{,}3$	$\mu = 0{,}2$
	mit $f\mu = 1{,}0$			mit $f\mu = 0{,}75$		
1,50	250	500 (400)	500	750	1500	2000
1,25	250	500 (400)	500 (400)	750	1000	1500
1,00	250	500 (400)	500 (400)	500	1000 (800)	1500
0,75	250	250	250	500 (400)	750	1000
0,50	250	250	250	250	500 (400)	750

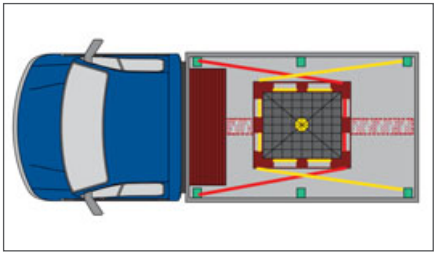
- Nicht zulässig! Die Benötigte Rückhaltekraft (F_R) **je** Zurrmittel beträgt 500 daN. Die Zurrpunkte mit einer max. zulässigen Zugkraft (F_{LP}) von 400 daN werden in allen Fahrsituationen überlastet.

Gewicht der Ladung in t	Zur Sicherung der Ladung mit 4 Zurrmitteln und einer zulässigen Zugkraft (LC) im direkten Strang von je (daN)					
	Reibbeiwert					
	$\mu = 0{,}6$	$\mu = 0{,}6$	$\mu = 0{,}55$	$\mu = 0{,}45$	$\mu = 0{,}3$	$\mu = 0{,}2$
	mit $f\mu = 1{,}0$	mit $f\mu = 0{,}75$				
1,50	250	500 (400)	500	750	1500	2000
1,25	250	500 (400)	500 (400)	750	1000	1500
1,00	250	500 (400)	500 (400)	500	1000 (800)	1500
0,75	250	250	250	500 (400)	750	1000
0,50	250	250	250	250	500 (400)	750

- Zulässig! Die Benötigte Rückhaltekraft (F_R) **je** Zurrmittel beträgt 250 daN. Die Zurrpunkte mit einer max. zulässigen Zugkraft (F_{LP}) von 400 daN werden in allen Fahrsituationen nicht überlastet.

Fazit:

- Das Steinpaket mit einem Gewicht von 1000 kg kann, bei der Verwendung dieser Tabellen als Hilfsmittel zur Berechnung, nur unter Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi ($\mu = 0{,}6$) auf einem Transportmittel ($zGM \leq 3{,}5$ t) transportiert werden. **Ohne** Verwendung von RHM aus Gummi werden die Zurrpunkte mit einer max. zulässigen Zugkraft (F_{LP}) von 400 daN in allen Fahrsituationen überlastet.
- Bei der Verwendung von RHM aus Gummi müssen somit vier Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 250 daN im geraden Zug bzw. zwei Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 500 daN in der Umreifung (∩) (vgl. Bild 122 und 123) verwendet werden.



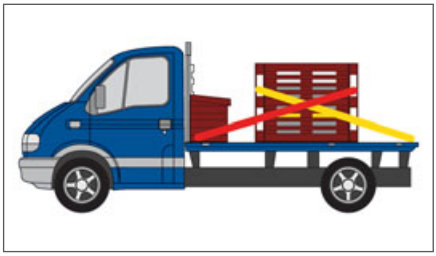


Bild 122 und 123: Freistehendes Steinpaket mittels Umreifung im Diagonalzurrverfahren gesichert.

Berechnung Diagonalzurrverfahren gegen Rutschen mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SIS) unter Verwendung des Reibbeiwertes (μ = 0,2)

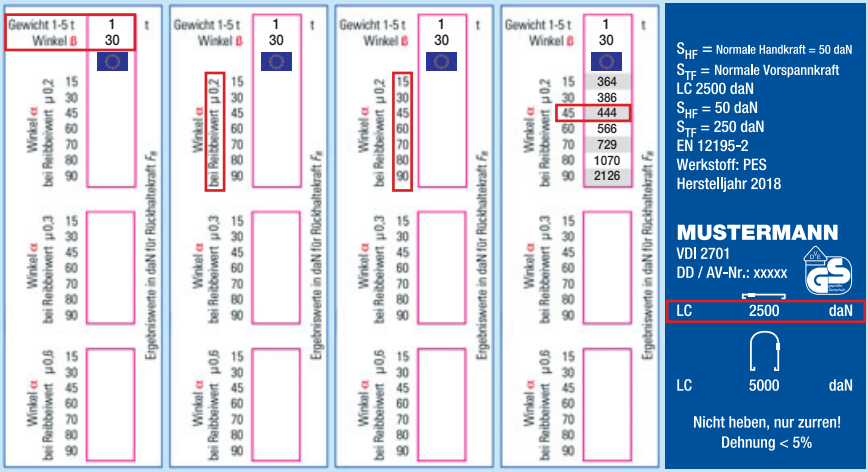
Bild 124: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Bild 125: Obere Innenseite des des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Vorgehensweise:

Für die Berechnung des Direktzurrens (Diagonalzurren) wird die Innenseite des Zurrmittelrechners Braun-SiS verwendet, bei einem Gewicht von 1-5 t die obere Hälfte. Der Winkelmesser für diese Messung befindet sich ebenfalls auf dem Zurrmittelrechner.

1. Das Gewicht des zu transportierenden Steinpaketes muss dem Lieferschein entnommen werden, in diesem Beispiel 1000 kg = 1 t.
   Beim Diagonalzurren ist ein horizontaler Zurrwinkel β (hier $\beta_x = 30°$) vorhanden.
   Das Inlett des Zurrmittelrechners wird jetzt so weit nach rechts herausgezogen, dass im obersten Feld (Öffnung) neben dem Gewicht die Zahl 1 (= 1,0 t) und die Zahl 30 (= 30°) sichtbar sind.
2. Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist μ = 0,2. Dieser Wert steht am linken Rand des obersten Feldes.
3. Der vertikale Zurrwinkel (α) zwischen Zurrmittel und Ladefläche muss gemessen werden, in diesem Beispiel α = 45°.
   Auf dem Zurrmittelrechner befindet sich am linken Rand neben dem obersten Feld eine Zahlen-Skala von 15 bis 90.
4. Die benötigte Rückhaltekraft (F_R) **eines** Zurrmittels zum Sichern des Steinpaketes im Diagonalzurrverfahren beträgt somit 444 daN.
5. Die zulässige Zugkraft (LC) der vorhandenen Zurrmittel beträgt 2500 daN.



1. Gewicht und Zurrwinkel (β) | 2. Reibbeiwert | 3. Zurrwinkel (α) | 4. Rückhaltekraft für ein Zurrmittel | 5. Zulässige Zugkraft (LC)

Fazit:

- Für die fachgerechte Sicherung des Steinpaketes mit einem Gewicht von 1000 kg müssen somit **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 444 daN im

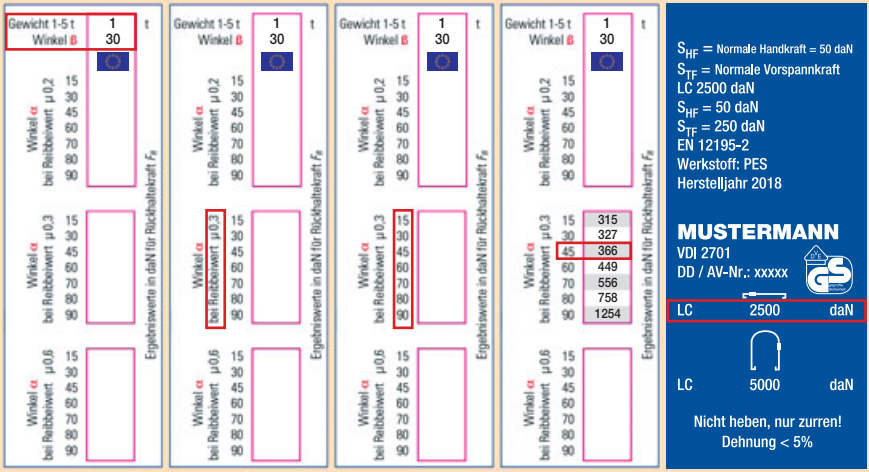
geraden Zug bzw. **zwei** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 888 daN in der Umreifung (∩) (vgl. Bild 122 und 123) verwendet werden.

- Die maximal zulässige Zugkraft der Zurrpunkte des Transportmittels (F_{LP}) von 400 daN wird in allen Fahrsituationen überschritten.
- Eine fachgerechte Sicherung des Steinpaketes mit verschmutzter Ladefläche oder bei Eis und Schnee auf der Ladefläche oder bei Frost ohne weitere Sicherungsmaßnahmen, z. B. Blockieren an der Stirnwand, ist nicht möglich.

Berechnung Diagonalzurrverfahren gegen Rutschen mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SIS) unter Verwendung des Reibbeiwertes (μ = 0,45)

Vorgehensweise:

1. Der Zurrmittelrechner wird wieder so verwendet wie im Beispiel zuvor.
2. Der Reibbeiwert von μ = 0,45 ist auf dem Zurrmittelrechner nicht vorhanden. Dieser Wert muss auf den nächst kleineren Wert eingestellt werden, in diesem Fall μ = 0,3.
3. Der vertikale Zurrwinkel α = 45°.
4. Die benötigte Rückhaltekraft (F_R) **eines** Zurrmittels zum Sichern des Steinpaketes im Diagonalzurrverfahren beträgt somit 366 daN.
5. Die zulässige Zugkraft (LC) der vorhandenen Zurrmittel beträgt 2500 daN.



1. Gewicht und Zurrwinkel (β) | 2. Reibbeiwert | 3. Zurrwinkel (α) | 4. Rückhaltekraft für ein Zurrmittel | 5. Zulässige Zugkraft (LC)

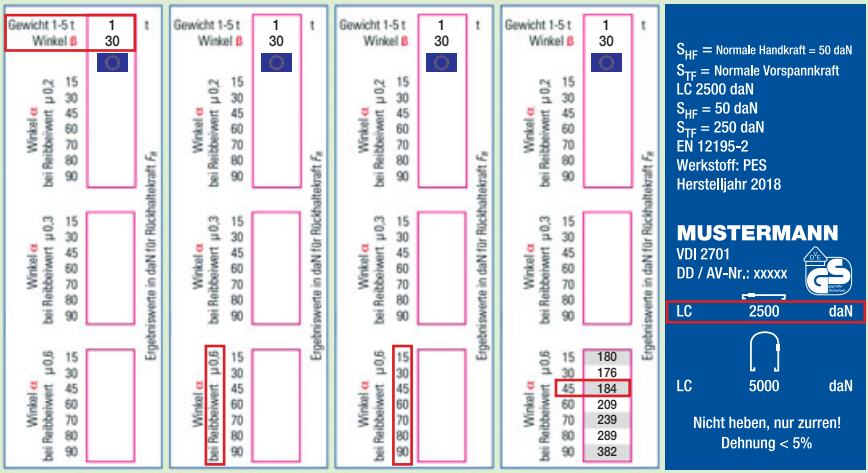
Fazit:

- Für die fachgerechte Sicherung des Steinpaketes mit einem Gewicht von 1000 kg müssen somit **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 366 daN im geraden Zug bzw. **zwei** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 732 daN in der Umreifung (∩) (vgl. Bild 122 und 123) verwendet werden.
- Die maximal zulässige Zugkraft der Zurrpunkte des Transportmittels (F_{LP}) von 400 daN wird bei einer besenreinen Ladefläche in keiner Fahrsituation überschritten.

Berechnung Diagonalzurrverfahren gegen Rutschen mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SIS) unter Verwendung des Reibbeiwertes (μ = 0,6)

Vorgehensweise:

1. Der Zurrmittelrechner wird wieder so verwendet wie im Beispiel zuvor.
2. Der Reibbeiwert von μ = 0,6 steht jetzt aber am linken Rand des untersten Feldes.
3. Der vertikale Zurrwinkel α = 45°.
4. Die benötigte Rückhaltekraft (F_R) **eines** Zurrmittels zum Sichern des Steinpaketes im Diagonalzurrverfahren beträgt somit 184 daN.
5. Die zulässige Zugkraft (LC) der vorhandenen Zurrmittel beträgt 2500 daN.

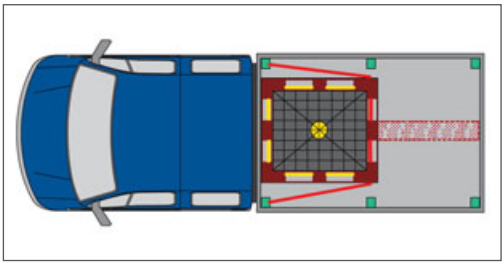


1. Gewicht und Zurrwinkel (β) | 2. Reibbeiwert | 3. Zurrwinkel (α) | 4. Rückhaltekraft für ein Zurrmittel | 5. Zulässige Zugkraft (LC)

Fazit:

- Für die fachgerechte Sicherung des Steinpaketes mit einem Gewicht von 1000 kg müssen somit **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 184 daN im geraden Zug bzw. **zwei** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 368 daN in der Umreifung (∩) (vgl. Bild 122 und 123) verwendet werden.
- Die maximal zulässige Belastung der Zurrpunkte des Transportmittels (F_{LP}) von 400 daN wird bei der Verwendung rutschhemmender Mittel aus Gummi in keiner Fahrsituation überschritten.

Blockierung durch die Stirnwand



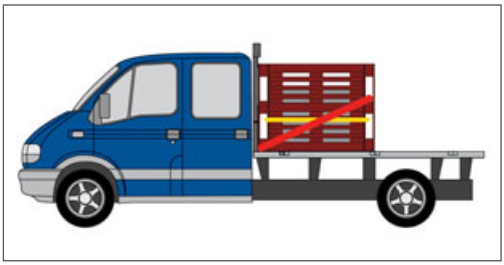


Bild 126 und 127: Blockierung durch Stirnwand

Die Stirnwand des Transporters kann Kräfte bis zu 40 % der zulässigen Nutzlast, max. 500 daN, aufnehmen (tatsächliche Blockierkraft (BC)) und kann somit für die Ladungssicherung verwendet werden, **wenn der Hersteller den Fahrzeugaufbau der Pritsche in Anlehnung an die DIN EN 12642:2007:01 hergestellt hat und dieses bescheinigt. Für den Fahrzeugaufbau (z. B. Pritschen) von Fahrzeugen < 3,5 t zGM gibt es keine Norm für die Hersteller.** Achtung: Beim Hersteller des Fahrzeugaufbaus die Belastbarkeit der Stirnwand erfragen.

Berechnung der benötigten Blockierkraft (F_B) nach DIN EN 12195-1:2011

1. Berechnung mit Reibbeiwert μ = 0,2
   (unsaubere Ladefläche oder Schnee und Eis auf der Ladefläche bzw. bei Frost)

$BC \geq F_B = (c_x - \mu \times c_z) \times F_G$

$500\ daN \geq F_B = (0{,}8 - 0{,}2 \times 1{,}0) \times 1000\ daN =$ **600 daN**

500 daN < **600 daN**

2. Berechnung mit Reibbeiwert μ = 0,45
   (Holzpalette auf besenreinem Siebdruckladeboden ohne Frost)

$BC \geq F_B = (c_x - \mu \times c_z) \times F_G$

$500\ daN \geq F_B = (0{,}8 - 0{,}45 \times 1{,}0) \times 1000\ daN =$ **350 daN**

500 daN ≥ **350 daN**

3. Berechnung mit einem Reibbeiwert μ = 0,6
   (rutschhemmende Mittel aus Gummi)

$BC \geq F_B = (c_x - \mu \times c_z) \times F_G$

$500\ daN \geq F_B = (0{,}8 - 0{,}6 \times 1{,}0) \times 1000\ daN =$ **200 daN**

500 daN ≥ **200 daN**

Fazit:

- Bei einer nicht besenreinen Ladefläche bzw. die Ladefläche ist nicht frei von Frost, Eis oder Schnee (Reibbeiwert μ = 0,2) ist die Blockierkraft der Stirnwand nicht ausreichend. Es müssen zusätzliche Sicherungsmaßnahmen auch in Fahrtrichtung durchgeführt werden.

- Bei einer besenreinen Ladefläche bzw. kein Frost, Eis oder Schnee auf der Ladefläche (Reibbeiwert μ = 0,45) ist die Blockierkraft der Stirnwand in Fahrtrichtung ausreichend ist. Das Steinpaket muss nur noch quer bzw. entgegen der Fahrtrichtung gegen Rutschen gesichert werden.

- Werden rutschhemmende Mittel aus Gummi (Reibbeiwert μ = 0,6) verwendet, ist die Blockierkraft der Stirnwand in Fahrtrichtung ausreichend. Da die Reibungskraft gleich groß bzw. größer ist als die auftretende Beschleunigungs- oder Fliehkraft, muss in diesem Fall z. B. durch eine Niederzurrung garantiert werden, dass der Kontakt zwischen dem Ladegut, dem rutschhemmenden Mittel und der Ladefläche in allen Fahrsituationen bestehen bleibt.
- Mit rutschhemmendem Material wird nur noch eine Blockierkraft (F_B) von 200 daN benötigt, die die Stirnwand eines Kleintransporters (zGM 3,5 t) mit einer tatsächlichen Blockierkraft (BC) von max. 500 daN aufnehmen kann.

Möglichkeiten zur Sicherung des Steinpaketes auf dem Transporter

- Im Niederzurrverfahren kann das Steinpaket nur innerhalb einer Ladeeinheit und unter Verwendung von rutschhemmendem Material betriebssicher transportiert werden (Bild 114 / 115).
- Im Diagonalzurrverfahren kann das Steinpaket entweder frei stehend (Bild 122 / 123) oder mit Blockierung durch die Stirnwand (Bild 126 / 127) auf einem Transporter gesichert werden, wenn die Ladefläche besenrein oder kein Frost ist bzw. rutschhemmende Mittel aus Gummi verwendet werden.
- Bei der Verwendung von rutschhemmendem Mitteln aus Gummi reicht beim Transport mit Blockierung ein Zurrmittel im Diagonalzurrverfahren (Umreifung) bzw. ein Zurrmittel im Niederzurren zum Positionieren aus (Bild 115 / 128).

Bild 128: Steinpaket mit einem Zurrgurt und rutschhemmendem Material gesichert, gegen Verdrehen durch Blockierung an der Stirnwand gesichert

- Das Steinpaket muss je nach Lastverteilungsplan des Fahrzeuges auf der Ladefläche positioniert werden. Laut den beiden Beispielen Bild 129/130 kann das Steinpaket mit einem Gewicht von 1,0 t auf der gesamten Ladefläche positioniert werden, ohne dass die Achslasten über- bzw. unterschritten werden.

Die leicht anwendbaren Hilfsmittel wie z. B. der Zurrmittelrechner von Braun-SiS bringen ein schnelles und auf der „sicheren Seite“ liegendes Ergebnis.

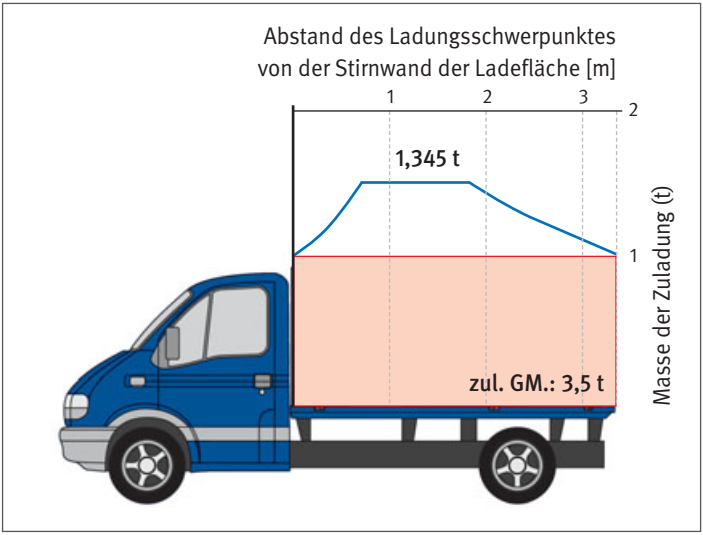


Bild 129:
Lastverteilungsplan
Einzelkabine

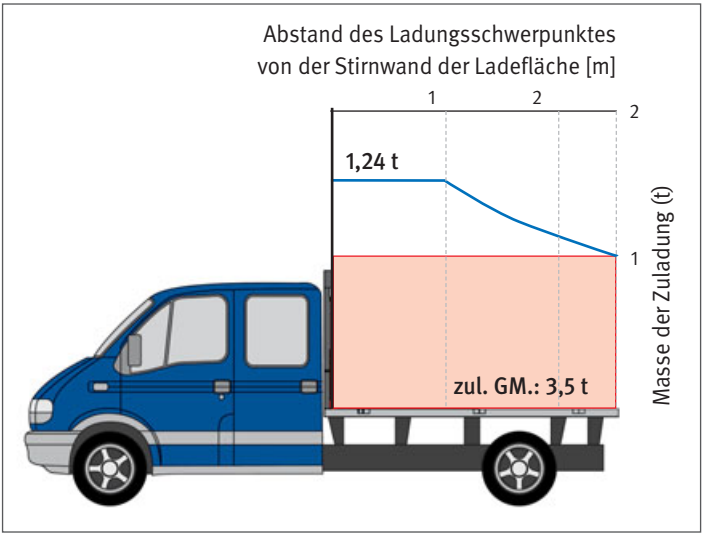


Bild 130:
Lastverteilungsplan
Doppelkabine

10.3 Ladungssicherung im Gerüstbau

Im Gerüstbau besteht das Problem, dass verschiedene Ladegüter, z. B. Gerüst-Stellrahmen, Beläge, Verstrebungen, Holme, Bordbretter und Kleinmaterial, mit einem Fahrzeug zur Baustelle transportiert werden müssen.

Dazu werden oft Fahrzeuge verwendet, die eine zu geringe Nutzlast aufweisen bzw. wird die Achslast hinten, aufgrund der Anordnung des Gerüstmaterials, überschritten und damit die Mindest-Achslast vorne unterschritten.

Im folgenden Beispiel wird **eine** Möglichkeit des Ladens und Sicherns gezeigt.

Vorhandenes Fahrzeug

- Mercedes ATEGO 1844 mit einer Nutzlast (P) = 10940 kg

Berechnungsbeispiele in diesem Kapitel

Berechnungen zur Sicherung der Gerüst-Stellrahmen (stehend)

- Berechnung der benötigten Blockierkraft in Fahrtrichtung (z. B. durch die Stirnwand) nach DIN 12195-1:2011
  - Berechnungen im Diagonalzurrverfahren nach DIN EN 12195-1:2011
  - Berechnung der Sicherung gegen Rutschen
  - mit einer **App** von SpanSet als Hilfsmittel
  - mit dem **Zurrmittelrechner** (Fa. Braun-SIS)

Berechnungen zur Sicherung der zwei Gitterboxen mit Kleinmaterial

- Berechnungen im Niederzurrverfahren nach DIN EN 12195-1:2011
  - Berechnung der Sicherung gegen Rutschen
  - mit einer **App** von SpanSet als Hilfsmittel
  - mit dem **Zurrmittelrechner** (Fa. Braun-SIS)

Berechnungen zur Sicherung der zwei Barellen mit Gerüstholmen und zwei Gerüstbohlenstapel

- Berechnungen im Niederzurrverfahren nach DIN EN 12195-1:2011
  - Berechnung der Sicherung gegen Rutschen
  - mit einer **App** von SpanSet als Hilfsmittel
  - mit dem **Zurrmittelrechner** (Fa. Braun-SIS)

Zu transportierendes Gerüstmaterial (Ladegüter, hier z. B. Layher)

Material Teil 1:

- 60 Stahl – Stellrahmen je 21,3 kg = 1278 kg
  – (2,16 m × 0,73 m × 48,3 mm)
- 3 Stellrahmenpaletten je 36 kg = 108 kg
  – (für je 20 Stellrahmen)

Gesamtgewicht: = 1386 kg

Bild 131 und Bild 132: Stehende Stellrahmen in Stellrahmenpalette oder angelehnt an die Stirnwand

Material Teil 2:

- 1. Modulgitterbox = 85,5 kg
  – 20 Stück Fußspindel 80 verstärkt je 4,9 kg = 98 kg
  – 1 Stück Aufzug Maxi 150 S = 65 kg
- 2. Modulgitterbox = 85,5 kg
  – 50 Stück Konsolen je 3,5 kg = 175 kg
  – 25 Gerüsthalter 97 je 3,7 kg = 92,5 kg

Gesamtgewicht: = 602 kg

Bild 133: Gitterbox für Kleinmaterial

Material Teil 3:

- 136 Stück Vollholz – Boden je 26 kg = 3536 kg
  – (2,57 m × 0,32 m × 50 mm)
- 1. Barelle = 38 kg
  – 45 Stück Bordbrett je 6,1 kg = 275 kg
- 2. Barelle = 38 kg
  – 108 Stück Geländer je 5,6 kg = 605 kg
  – 18 Stück diagonale Streben je 7,8 kg = 141 kg
  – 3 Stück horizontale Streben je 10 kg = 30 kg

Gesamtgewicht: = 4663 kg

Bild 134: Barellen mit Gerüstbohlen, Holmen und Bordbrettern

Gesamtbeladung:

- Material Teil 1 = 1386 kg
- Material Teil 2 = 602 kg
- Material Teil 3 = 4663 kg

Gesamtgewicht = 6651 kg

– davon im Diagonalzurrverfahren = 1386 kg
– davon im Niederzurrverfahren = 5265 kg

Bild 135: Gesamtbeladung Fahrzeug

Berechnungen zur Sicherung der stehenden Gerüst-Stellrahmen (Material Teil 1)

Bild 136: Stellrahmen an Stirnwand gestellt

Bild 137: Stellrahmen in Stellrahmenpaletten

Berechnung der tatsächlich benötigten Blockierkraft (F_B) in Fahrtrichtung nach DIN EN 12195-1:2011

Technische Daten	
P = 10940 kg	Nutzlast des Fahrzeuges
F_G = 1386 daN	Gewichtskraft der Gerüst-Stellrahmen (Stahl) mit Stellrahmenpaletten
F_{LP} = 2000 daN	Zulässige Zugkraft der Zurrpunkte bei Fahrzeugen zGM ≥ 12 t
μ = 0,45	Reibbeiwert von Stahl auf Schichtholz (Stellrahmenpalette auf Siebdruckboden)
c_x = 0,8	Beschleunigungsbeiwert in Fahrtrichtung
c_z = 1,0	Beschleunigungsbeiwert vertikal nach unten
BC = 4376 daN	Vorhandene Blockierkraft = Maximalkraft, mit der eine Blockiereinrichtung in einer festgelegten Richtung belastet werden darf (z. B. Stirnwand) (40 % der Nutzlast / 40 % von 10940 kg)
F_B	Tatsächliche Blockierkraft = Kraft, die auf eine Blockiervorrichtung in einer festgelegten Richtung wirkt

$$BC \geq F_B = (c_x - \mu \times c_z) \times F_G$$
$$4376\ daN \geq F_B = (0{,}8 - 0{,}45 \times 1{,}0) \times 1386\ daN = \mathbf{486\ daN}$$
$$4376\ daN \geq \mathbf{486\ daN}$$

Fazit:

- Es muss eine **tatsächliche Blockierkraft** (F_B) von 486 daN durch die Stirnwand aufgebracht werden, um die Gerüst-Stellrahmen in den Stellrahmenpaletten mit einem Gewicht von 1386 kg in Fahrtrichtung zu sichern.
- Rechnerisch reicht die **vorhandene Blockierkraft** (BC) der Stirnwand von 4376 daN aus, wenn der Aufbauhersteller den Fahrzeugaufbau nach der DIN EN 12642 hergestellt und geprüft hat.
- Werden die Gerüst-Stellrahmen ohne Stellrahmenpalette, also durch das geneigte Anstellen an die Stirnwand transportiert, ist ein Nachweis des Aufbauherstellers zu erbringen. Nach DIN EN 12642 wird die Stirnwand mit einer Kraft von 40 % der zulässigen Nutzlast (max. 5000 daN) auf der Gesamtfläche geprüft, so dass der Nachweis zu erbringen ist, dass die Stirnwand die eingebrachte Linien-Kraft in der jeweiligen Höhe aufnehmen kann, in der die Gerüst-Stellrahmen durch das Ankippen nach vorne anliegen.
- Ist der Nachweis durch den Hersteller oder Fahrzeugausrüster nicht zu erbringen, ist die Stirnwand mit zwei Zurrgurten im Diagonalzurrverfahren zu sichern (siehe Bild 140 / 141 – rot dargestellt)!

Jetzt müssen die Gerüst-Stellrahmen noch quer und entgegen der Fahrtrichtung gesichert werden.

Berechnung der Rückhaltekraft im Diagonalzurrverfahren der Gerüststellrahmen

Berechnung mit einer App von SpanSet als Hilfsmittel

Die kostenfreie APP muss aus dem jeweiligen Store für APPs, in Abhängigkeit des Betriebssystems des Smartphones, heruntergeladen werden.

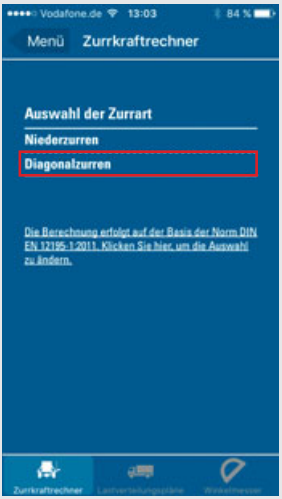
Zu beachten ist hier die Einstellung der Berechnungsnorm DIN EN 12195-1:2011.

Zusätzlich benötigte physikalische Werte	
F_G = 1386 daN	Gewichtskraft der Gerüst-Stellrahmen
μ = 0,45	Reibbeiwert von Stahl auf Schichtholz (Stellrahmenpalette auf Siebdruckladefläche oder Stellrahmen auf Siebdruckladefläche)
μ = 0,2	Reibbeiwert bei unsauberer Ladefläche bzw. Eis und Schnee auf der Ladefläche oder bei Frost
$f_μ$ = 0,75	Umrechnungsfaktor Reibung
$f_μ$ = 1,0	Umrechnungsfaktor Reibung bei rutschhemmenden Mitteln aus Gummi
$c_{x(v)}$ = 0,8	Beschleunigungsbeiwert in Fahrtrichtung (Bremsen / Verzögerung)
$c_{x(h)}$ = 0,5	Beschleunigungsbeiwert entgegen der Fahrtrichtung (Anfahren / Beschleunigen)
α = 60°	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
$β_x$ = 20°	Längszurrwinkel (Winkel horizontal) zwischen Zurrmittel und Längsachse (x-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche)

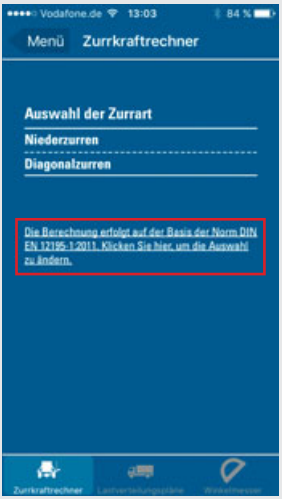
Vorgehensweise:

1. Icon Zurrkraftrechner antippen
2. Icon Diagonalzurren antippen
3. Norm DIN EN 12195-1:2011 einstellen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 1386 kg ≈ 1400
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen μ = 0,2 bzw. μ = 0,45
6. Vertikalen Zurrwinkel (α) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 60°
7. Horizontalen Zurrwinkel (β) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 20°
8. Beschleunigungsbeiwert (c_x) entgegen der Fahrtrichtung manuell auf 0,5 einstellen
9. Rückhaltekraft (LC) ablesen, in diesem Beispiel 799 daN bzw. 241 daN

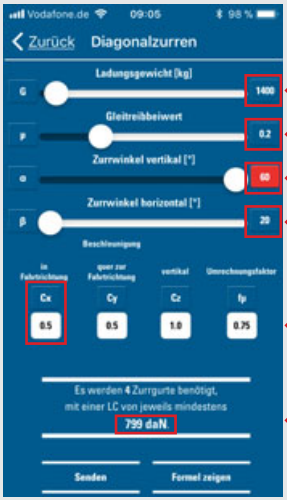
1. Zurrkraftrechner



2. Zurrverfahren wählen



3. Norm wählen



Berechnung mit
Reibbeiwert μ = 0,2

4. Ladungsgewicht einstellen

5. Reibbeiwert einstellen

6. Zurrwinkel (α) einstellen

7. Zurrwinkel (β) einstellen

8. Beschleunigungsbeiwert einstellen

9. Benötigte Rückhaltekraft ablesen

Berechnung mit
Reibbeiwert μ = 0,45

Fazit:

- Ist eine Stirnwand vorhanden und deren Blockierkraft ausreichend, muss ein Beschleunigungsbeiwert $c_x = 0{,}5$ eingestellt werden und die Gerüst-Stellrahmen müssen entgegen bzw. quer zur Fahrtrichtung bei einem Reibbeiwert
  - $\mu = 0{,}2$ mit **zwei** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 799 daN bzw. mit **einem** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft in der Umreifung (∩) (LC) ≥ 1598 daN
  - $\mu = 0{,}45$ mit **zwei** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 241 daN bzw. mit **einem** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft in der Umreifung (∩) (LC) ≥ 482 daN

  gesichert werden.
- Die max. zulässige Zugkraft der Zurrpunkte (F_{LP}) von 2000 daN wird in keiner Fahrsituation überschritten.

Berechnung mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SIS) als Hilfsmittel

Zusätzlich benötigte physikalische Werte	
$F_G = 1386$ daN	Gewichtskraft der Gerüst-Stellrahmen
$\mu = 0{,}2$	Reibbeiwert bei unsauberer Ladefläche bzw. Eis und Schnee auf der Ladefläche oder bei Frost
$\mu = 0{,}45$	Reibbeiwert von Stahl auf Schichtholz (Stellrahmenpalette auf Siebdruckladefläche oder Stellrahmen auf Siebdruckladefläche)
$\alpha = 60°$	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
$\beta_x = 20°$	Längszurrwinkel (Winkel horizontal) zwischen Zurrmittel und Längsachse (x-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche)

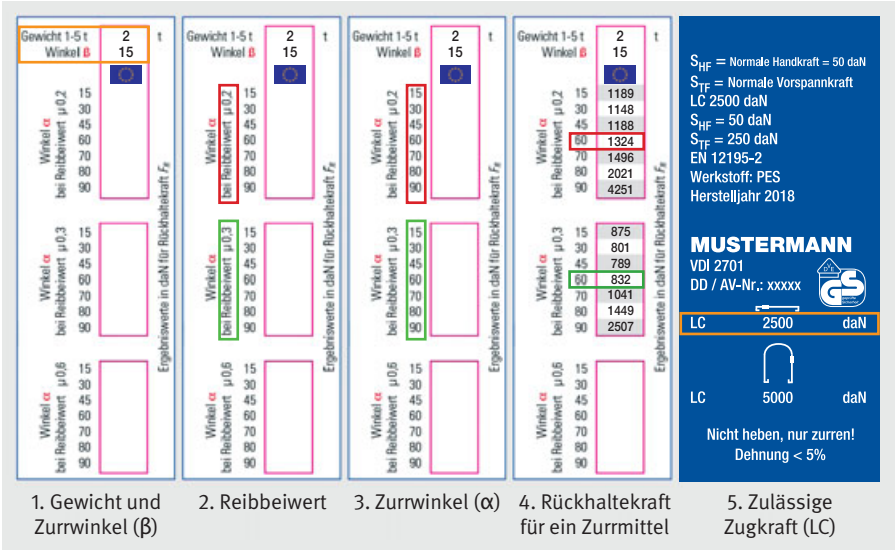
Vorgehensweise:

Für die Berechnung des Direktzurrens (Diagonalzurren) wird die Innenseite des Zurrmittelrechners Braun-SiS (ZRM) verwendet, bei einem Gewicht von 1-5 t die obere Hälfte des aufgeklappten ZRM. Der Winkelmesser für die Winkelmessung befindet sich ebenfalls auf dem ZRM.

Bild 138: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Bild 139: Obere Innenseite des des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

1. Das Gewicht der zu transportierenden Gerüst-Stellrahmen muss der Aufbau- und Verwendungsanleitung des Herstellers entnommen werden, in diesem Beispiel 1386 kg (60 Stellrahmen (Stahl) mit je 21,3 kg und 3 Stellrahmenpaletten mit je 36 kg). Das Gewicht muss auf den nächst höheren Wert, in diesem Fall auf 2 t, aufgerundet werden.
   Beim Diagonalzurren wurde ein horizontaler Zurrwinkel (β_x = 20°) gemessen. Dieser Wert ist auf dem ZRM nicht vorhanden, es muss auf den nächst schlechteren Wert, in diesem Fall auf 15, abgerundet werden.
   Das Inlett des ZRM wird jetzt so weit nach rechts herausgezogen, dass im obersten Feld (Öffnung) neben dem Gewicht, die Zahl 2 (= 2,0 t) und die Zahl 15 (= 15°) sichtbar ist.
2. Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist μ = 0,2 (rot) μ = 0,45 (grün). Auf dem ZRM ist der Wert 0,45 nicht vorhanden, es muss der nächst schlechtere Wert, in diesem Fall auf 0,3, eingestellt werden. Diese Werte stehen am linken Rand des mittleren bzw. unteren Feldes.
3. Der vertikale Zurrwinkel (α) zwischen Zurrmittel und Ladefläche muss ebenfalls gemessen werden. In diesem Beispiel wurde ein vertikaler Zurrwinkel von 60° gemessen. Auf dem ZRM befindet sich am linken Rand neben dem mittleren bzw. untersten Feld eine Zahlen-Skala von 15 bis 90.
4. Die benötigte Rückhaltekraft (F_R) **eines** Zurrmittels zum Sichern der Stellrahmen im Diagonalzurrverfahren an der Stirnwand beträgt somit 1324 daN.
5. Die zulässige Zugkraft im geraden Zug (LC) der vorhandenen Zurrmittel beträgt 2500 daN.

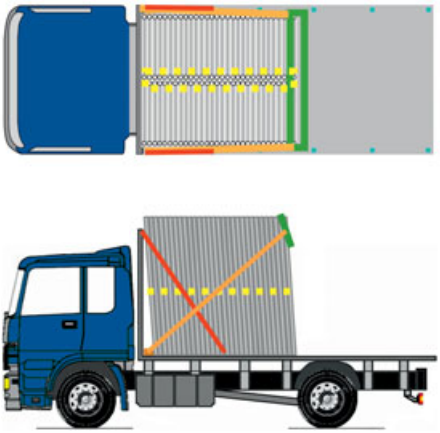


1. Gewicht und Zurrwinkel (β) | 2. Reibbeiwert | 3. Zurrwinkel (α) | 4. Rückhaltekraft für ein Zurrmittel | 5. Zulässige Zugkraft (LC)

Fazit:

- Ist eine Stirnwand vorhanden und deren Blockierkraft ausreichend, müssen die Gerüst-Stellrahmen entgegen bzw. quer zur Fahrtrichtung bei einem Reibbeiwert von
  - μ = 0,2 mit **zwei** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft im geraden Zug (LC) ≥ 1324 daN bzw. mit **einem** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft in der Umreifung (∩) (LC) ≥ 2648 daN
  - μ = 0,45 mit **zwei** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft im geraden Zug (LC) ≥ 832 daN bzw. mit **einem** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft in der Umreifung (∩) (LC) ≥ 1664 daN

  gesichert werden.
- Die Zugkraft im geraden Zug (LC = 2500 daN) und in der Umreifung (LC = 5000 daN) der vorhandenen Zurrmittel ist somit ausreichend und die max. zulässige Zugkraft der Zurrpunkte (F_{LP}) von 2000 daN wird in keiner Fahrsituation überschritten.



Bilder 140 und 141: Sicherungsvariante für Gerüststellrahmen ohne Stellrahmenpalette und ohne Zurrpunkte in der Stirnwand mit Rücksicherung der Stirnwand (roter Zurrgurt)

Hinweise:

- Wenn die Stirnwand des Transportmittels nicht ausreichend stabil ist, müssen auch zwei Zurrmittel mit gleicher Zugkraft zum Sichern der Stirnwand eingesetzt werden.
- Beide Hilfsmittel (App und ZRM) zur Berechnung der Rückhaltekräfte bzw. benötigten Zugkräfte der Zurrmittel können nur verwendet werden, wenn es sich um ein standsicheres Ladegut handelt.
- Die Standsicherheit eines Gerüststellrahmen-Stapels (siehe Kapitel Standsicherheit) kann hergestellt bzw. erhöht werden,
  - indem eine Ladeeinheit aus mindestens zwei nebeneinander stehenden Stapeln (100er Gerüststellrahmen) bzw. aus drei Stapeln (70er Gerüststellrahmen) gebildet wird (siehe Bild 140/141 gelb dargestellt) oder
  - indem die Gerüststellrahmen beim Beladen des Fahrzeuges in vorhandene Stecksysteme (Stellrahmenpaletten) gesteckt werden (siehe Bilder 142/143).
- Gerüststellrahmen haben keine Anschlagpunkte, um Zurrhaken fachgerecht einzusetzen. Eine Rundschlinge, z. B. ein Lastaufnahmemittel (Schlupf), oder ein einteiliger Zurrgurt mit entsprechender Trag- bzw. Zugfestigkeit kann als Hilfsmittel verwendet werden (siehe Bilder 140/141 grün dargestellt). Ein als Hilfsmittel für die Ladungssicherung eingesetztes Anschlagmittel darf dann nicht mehr als Anschlagmittel verwendet werden.

Bilder 142 und 143: Stellrahmenpalette zum sicheren Transport von 20 Gerüststellrahmen

Bild 144: Sicherung der Stellrahmen auf Stellrahmenpaletten im Diagonalzurrverfahren

Bild 145: Sicherung der Stellrahmen auf Stellrahmenpaletten mit waagerechter Umreifung bei vorhandenen Zurrpunkten an der Stirnwand

Berechnungen zur Sicherung der Modul-Gitterboxen mit Kleinmaterial (Material Teil 2)

Bei der Beladung der Modul-Gitterboxen ist zu beachten, dass diese nicht zu hoch beladen werden bzw. die Modul-Gitterboxen mit einer Abdeckung versehen werden müssen, damit bei Straßenunebenheiten oder bei einer Vollbremsung das Material nicht herausfällt oder heraus geschleudert wird.

Bild 146 und 147: Transport von Kleinmaterial in Gitterboxen

Berechnung der benötigten Vorspannkraft (F_T) im Niederzurrverfahren zur Sicherung der zwei Modul-Gitterboxen

Zusätzlich benötigte physikalische Werte	
F_G = 602 daN	Gewichtskraft des Gerüstmaterials in zwei Modul-Gitterboxen (≈ 700 daN)
μ = 0,45	Reibbeiwert von Stahl auf Schichtholz (Modul-Gitterbox oder Barelle auf Siebdruckboden)
μ = 0,6	Reibbeiwert von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi
α = 90°	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
S_{TF} = 500 daN	Erreichbare Vorspannkraft einer Ratsche, die Vorspannkraft darf nicht größer sein, als die zulässige Zugkraft (F_{LP}) des Zurrpunktes am Transportmittel

Vorgehensweise:

1. Icon Zurrkraftrechner antippen
2. Icon Niederzurren antippen
3. Norm DIN EN 12195-1:2011 einstellen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 602 kg ≈ 700

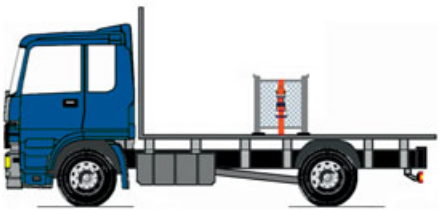
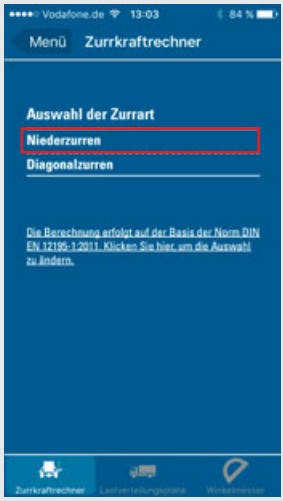


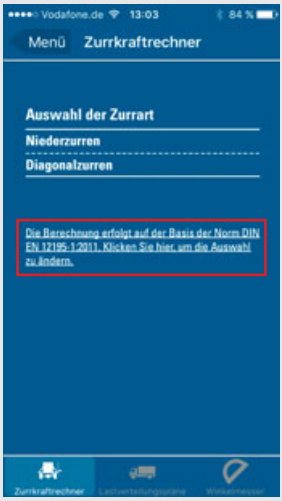
Bild 148: Sicherung der Modul-Gitterboxen

5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen μ = 0,45 bzw. μ = 0,6
6. Vertikalen Zurrwinkel (α) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 90°
7. Vorspannkraft (S_{TF}) auf 500 daN einstellen
8. Anzahl der benötigten Zurrmittel ablesen.

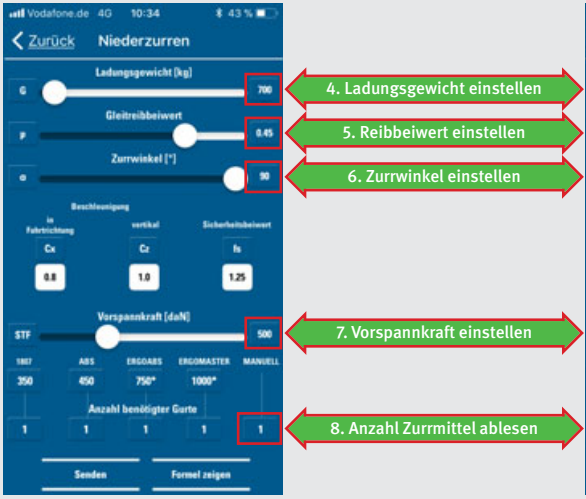
1. Zurrkraftrechner



2. Zurrverfahren wählen



3. Norm wählen



Beispiel Reibbeiwert μ = 0,45

Beispiel Reibbeiwert μ = 0,6

Fazit:

- **Ein** Zurrgurt mit einer Vorspannkraft S_{TF} = 500 daN muss mindestens verwendet werden, wenn die Modul-Gitterboxen gegen Verdrehen, z. B. durch das Blockieren gegen die seitlichen Bordwände, gesichert sind. Sind die Modul-Gitterboxen nicht gegen Verdrehen gesichert müssen mindestens zwei Zurrmittel mit einer Vorspannkraft S_{TF} = 500 daN verwendet werden.

Berechnung mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SIS) als Hilfsmittel

Bild 149: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Bild 150: Rückseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

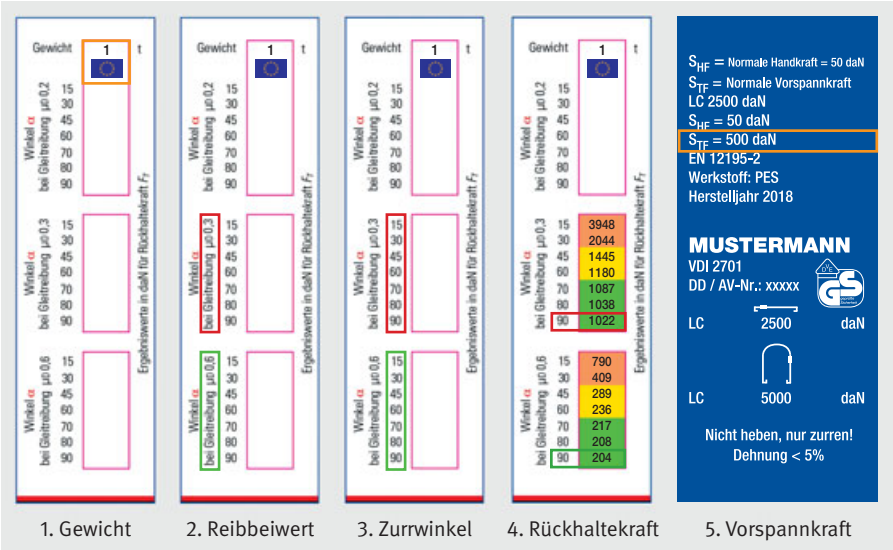
Berechnung **mit** und **ohne** Verwendung von rutschhemmendem Material aus Gummi

Vorgehensweise:

Für die Berechnung des Niederzurrens wird die Rückseite des Zurrmittelrechners Braun-SiS verwendet. Der Winkelmesser für diese Messung befindet sich ebenfalls auf dem Zurrmittelrechner.

1. Das Gewicht des zu transportierenden Gerüstmaterials muss der Aufbau- und Verwendungsanleitung des Herstellers entnommen werden. Das Gewicht muss auf den nächst höheren verfügbaren Wert, hier 1000 kg = 1 t, aufgerundet werden.
2. Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist μ = 0,45 (rot) bzw. μ = 0,6 (grün). Auf dem Zurrmittelrechner ist der Wert 0,45 nicht vorhanden, er muss auf den nächst schlechteren Wert abgerundet werden, in diesem Fall 0,3. Dieser Wert steht am linken Rand des mittleren Feldes bzw. 0,6 steht linken Rand des untersten Feldes.

3. Der vertikale Zurrwinkel (α) zwischen Zurrmittel und Ladefläche muss gemessen werden. In diesem Beispiel wurde ein vertikaler Zurrwinkel von 90° gemessen. Auf dem Zurrmittelrechner befindet sich am linken Rand neben dem mittleren bzw. untersten Feld eine Zahlen-Skala von 15 bis 90.
4. Der Wert der jetzt rechts neben der 90 steht, ist der Wert für die gesamte benötigte Vorspannkraft (F_T) zum Sichern des Gerüstmaterials im Niederzurrverfahren, hier 1022 daN bzw. 204 daN.
5. Die normale Vorspannkraft (S_{TF}) der vorhandenen Zurrmittel beträgt 500 daN.



1. Gewicht | 2. Reibbeiwert | 3. Zurrwinkel | 4. Rückhaltekraft | 5. Vorspannkraft

Fazit:

- Bei der Verwendung von Langhebelratschen mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von je **500 daN** müssen bei einem Reibbeiwert von
  - μ = 0,45 mindestens **drei** Zurrmittel (1022 daN : 500 daN ≈ 3)
  - μ = 0,6 mindestens **ein** Zurrmittel (204 daN : 500 daN ≈ 1)

  verwendet werden.
- Die Verwendung von drei Zurrmitteln ist aufgrund der in diesem Bereich vorhanden Zurrpunkte nicht möglich.
- Ein Zurrmittel ist ausreichend, wenn die Modul-Gitterboxen gegen Verdrehen gesichert sind, z. B. durch das Blockieren gegen die seitlichen Bordwände.

Berechnung der benötigten Vorspannkraft (F_T) im Niederzurrverfahren zur Sicherung der Barellen und/oder Gerüstbohlenboxen (Material Teil 3)

Bild 151: Sicherung der Gerüstbohlen und Gerüstholme in Barellen

Bild 152: Sicherung der Gerüstbohlen in Gerüstbohlenboxen und Gerüstholme in Barellen

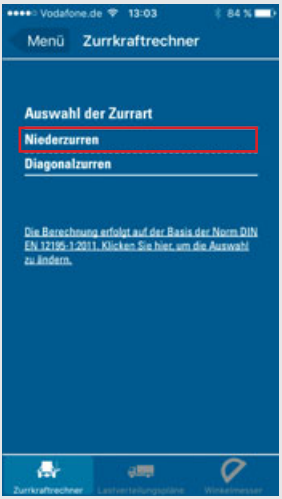
Zusätzlich benötigte physikalische Werte	
F_G = 4663 daN	Gewichtskraft des Gerüstmaterials in Barellen und/oder Gerüstbohlenboxen (≈ 5000 daN)
μ = 0,45	Reibbeiwert von Stahl auf Schichtholz (Barelle/Gerüstbohlenbox auf Siebdruckboden)
μ = 0,6	Reibbeiwert von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi
α = 90°	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
S_{TF} = 500 daN	Erreichbare Vorspannkraft einer Ratsche, die Vorspannkraft darf nicht größer sein, als die zulässige Zugkraft (F_{LP}) des Zurrpunktes am Transportmittel

Berechnung mit Verwendung der App von SpanSet als Hilfsmittel

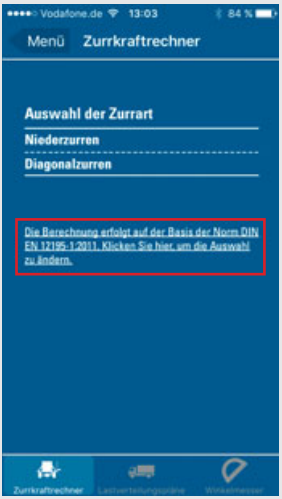
Vorgehensweise:

1. Icon Zurrkraftrechner antippen
2. Icon Niederzurren antippen
3. Norm DIN EN 12195-1:2011 einstellen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 4663 kg ≈ 4700
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen **μ = 0,45** bzw. **μ = 0,6**
6. Vertikalen Zurrwinkel (α) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 90°
7. Vorspannkraft (S_{TF}) auf 500 daN einstellen
8. Anzahl der benötigten Zurrmittel ablesen.

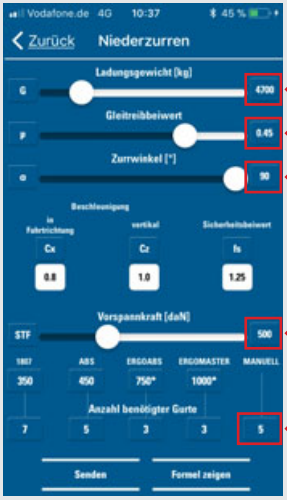
1. Zurrkraftrechner



2. Zurrverfahren wählen



3. Norm wählen



Beispiel Reibbeiwert μ = 0,45

Beispiel Reibbeiwert μ = 0,6

4. Ladungsgewicht einstellen

5. Reibbeiwert einstellen

6. Zurrwinkel einstellen

7. Vorspannkraft einstellen

8. Anzahl Zurrmittel ablesen

Fazit:

- Bei der Verwendung von Langhebelratschen mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von je **500 daN** müssen bei einem Reibbeiwert von
  - μ = 0,45 mindestens **fünf** Zurrmittel
  - μ = 0,6 mindestens **zwei** Zurrmittel

  verwendet werden.
- Es müssen also für die fachgerechte Sicherung der Barellen und Gerüstbohlen rutschhemmende Mittel aus Gummi verwendet werden. Aus den Gerustbohlen bzw. den Barellen sind einzelne Ladeeinheiten zu bilden, z. B. mit einteiligen Zurrgurten in der Umreifung/Umschnürung.

Berechnung mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SIS) als Hilfsmittel

Bild 153: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

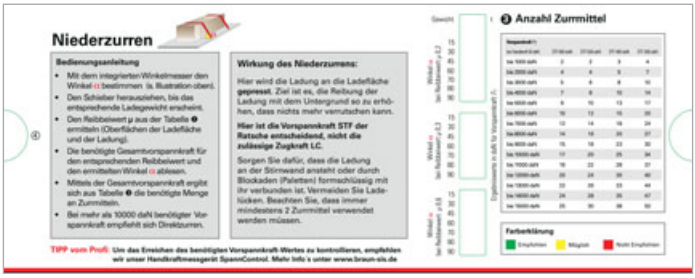


Bild 154: Rückseite des Zurrmittel-rechners (Braun-SiS)

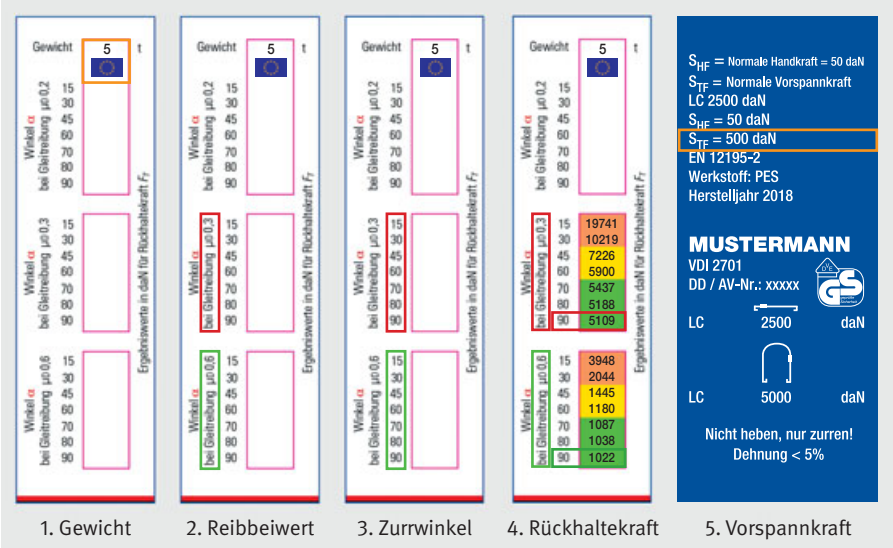
Berechnung **mit** und **ohne** Verwendung von rutschhemmendem Material aus Gummi

Vorgehensweise:

Für die Berechnung des Niederzurrens wird die Rückseite des Zurrmittelrechners Braun-SiS verwendet. Der Winkelmesser für diese Messung befindet sich ebenfalls auf dem Zurrmittelrechner.

1. Das Gewicht des zu transportierenden Gerüstmaterials muss der Aufbau- und Verwendungsanleitung des Herstellers entnommen werden. Das Gewicht muss auf den nächst höheren verfügbaren Wert, hier 5000 kg = 5 t, aufgerundet werden.

2. Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist μ = 0,45 **(rot)** bzw. μ = 0,6 **(grün)**. Auf dem Zurrmittelrechner ist der Wert 0,45 nicht vorhanden, er muss auf den nächst schlechteren Wert abgerundet werden, in diesem Fall 0,3. Dieser Wert steht am linken Rand des mittleren Feldes bzw. 0,6 steht am linken Rand des untersten Feldes.
3. Der vertikale Zurrwinkel (α) zwischen Zurrmittel und Ladefläche muss gemessen werden. In diesem Beispiel wurde ein vertikaler Zurrwinkel von 90° gemessen. Auf dem Zurrmittelrechner befindet sich am linken Rand neben dem mittleren bzw. untersten Feld eine Zahlen-Skala von 15 bis 90.
4. Der Wert der jetzt rechts neben der 90 steht, ist der Wert für die gesamte benötigte Vorspannkraft (F_T) zum Sichern des Gerüstmaterials im Niederzurrverfahren, hier 5109 daN bzw. 1022 daN.
5. Die normale Vorspannkraft (S_{TF}) der vorhandenen Zurrmittel beträgt 500 daN.



1. Gewicht 2. Reibbeiwert 3. Zurrwinkel 4. Rückhaltekraft 5. Vorspannkraft

Fazit:

- Bei der Verwendung von Langhebelratschen mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von je **500 daN** müssen bei einem Reibbeiwert von
  - μ = 0,45 mindestens **elf** Zurrmittel (5109 daN : 500 daN ≈ 11)
  - μ = 0,6 mindestens **drei** Zurrmittel (1022 daN : 500 daN ≈ 3)

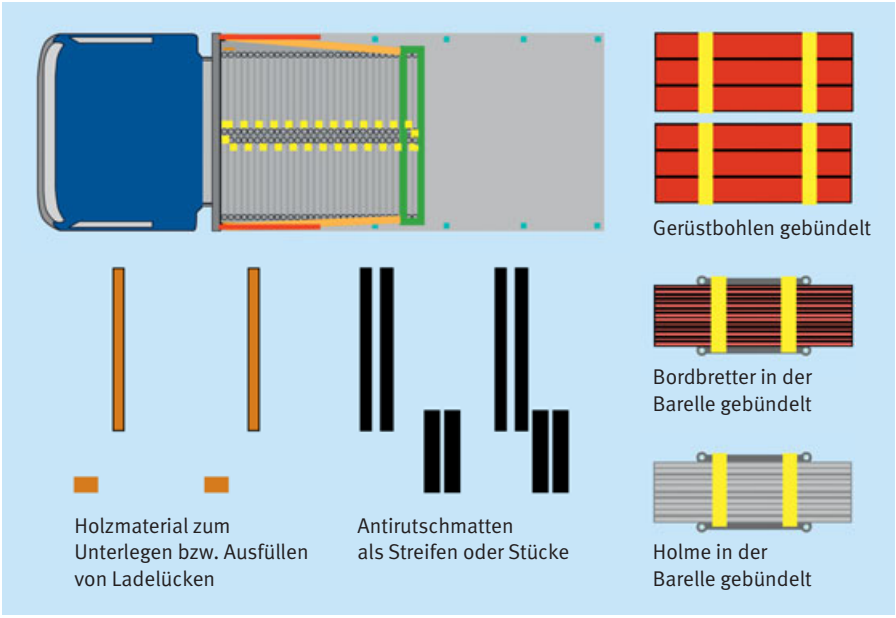
  verwendet werden.

- Die Verwendung von **elf** Zurrmitteln ist aufgrund der in diesem Bereich vorhanden Zurrpunkte nicht möglich.
- Es müssen also für die fachgerechte Sicherung der Barellen und Gerüstbohlen rutschhemmende Mittel aus Gummi verwendet werden. Aus den Gerüstbohlen bzw. den Barellen sind einzelne Ladeeinheiten zu bilden, z. B. mit einteiligen Zurrgurten in der Umreifung / Umschnürrung.

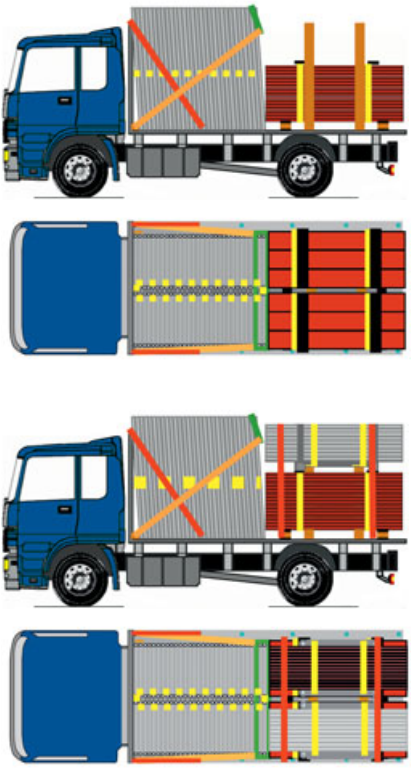
Beim Verladen auf das Transportfahrzeug ist zu beachten, dass zwischen den Gerüstbohlen und den Verladehölzern bzw. zwischen den Gerüstbohlen und der Ladefläche das rutschhemmende Material aus Gummi, z. B. Antirutschmatte, gelegt werden muss. Nur wenn so Verladen wird kann der Reibbeiwert von μ = 0,6 verwendet werden.

Werden seitliche Ladelücken zwischen den einzelnen Materialstapeln gelassen, damit z. B. eine Entladung mit dem Kran möglich ist, müssen die Ladelücken so gesichert werden, dass ein Zusammenrutschen der Ladegüter verhindert wird, z. B. mit Abstandhölzern.

Ablauf einer fachgerechten Beladung ohne Stellrahmenpalette und Modul-Gitterboxen



1. Auflegen der Antirutschmattenstreifen 15 cm x 2,40 m
2. Auflegen der Kanthölzer rechteckiger Querschnitt, z. B.
   - 12 cm x 8 cm Länge 2,40 m
3. Auflegen der zweiten Lage Antirutschmatten 15 cm x 2,40 m
4. Aufsetzen der zwei gebündelten Stapel mit Gerüstbohlen (Ladeeinheiten), die Ladelücke mit Kanthölzern ausgefüttert
5. Auflegen der dritten Lage von Antirutschmatten, unter den Barellenfüßen sind auch Stücke von 15 cm x 15 cm ausreichend
6. Aufsetzen der Barellen mit Holmen und Bordbrettern auf die Antirutschmatten
7. Niederzurren des Gerüstmaterials mit zwei Zurrgurten mit einer erreichbaren Vorspannkraft ≥ 500 daN



Bilder 155 bis 158: Detailzeichnung der Verladung

Bei der Sicherung von Gerüstrohren in Barellen ist es sicherer, wenn die Gerüstrohre in Fahrtrichtung bzw. entgegen der Fahrtrichtung durch Formschluss, z. B. Blockieren gesichert werden. Auch bei der Bildung von Ladeeinheiten, z. B. Umreifen mit einem einteiligen Zurrgurt ist es möglich, einzelne Gerüstrohre aus der Ladeeinheit heraus zu ziehen.

Bild 159: Stirnwand aus Gerüstbohlen

Bild 160: Barellen als Formschluss für liegendes Gerüstmaterial

Bild 161 bis 164: Sicherer Transport von 44 Gerüstbohlen in einer Stapelbox

Für den sicheren Transport zur Baustelle und die sichere Lagerung auf dem Betriebshof bietet z. B. die Firma Altrad Plettac Assco eine Gerüstbohlenstapelbox (Palette HB) für 44 Holzböden an. Diese besteht aus einem Front- und einem Rückteil, die mit max. 44 Gerüstbohlen gleicher Länge zur einer Stapelbox verbunden werden.

Dieses System stellt eine kompakte Ladeeinheit dar, die dann z. B. auf rutschhemmendem Material im Niederzurrverfahren einfach gesichert werden kann.
Zu beachten ist, dass sich das Gesamtgewicht um ca. 51 kg je Stapelbox erhöht.

Ablauf einer fachgerechten Verladung und Sicherung mit Stellrahmenpaletten, Gitterboxen und Barellen (aus dem Zubehör der Gerüsthersteller)

1. Auslegen von 2 Streifen rutschhemmenden Mitteln aus Gummi ca. 2,40 m x 15 cm
2. Aufstellen der drei Stellrahmenpaletten (z. B. Layher) mit 60 Gerüststellrahmen
3. Umreifung der drei Stellrahmenstapel mit einem Zurrgurt bei vorhandenen Zurrpunkten in der Stirnwand bzw. Diagonalzurren mit zwei Zurrgurten und einem Umreifungsgurt ≥ 500 daN / ≥ 1500 daN / Hebeband ≥ 2 t

Bild 165: Gerüstrahmen stehend mit Umreifung

Bild 166: Gerüstrahmen stehend mit Kopflashing und Diagonalzurren

4. Sicherung der Modul-Gitterboxen durch Niederzurren
   a. Auslegen von zwei Streifen Antirutschmatte ca. 2,40 m x 15 cm auf den besenreinen Ladeboden
   b. Aufstellen der Modul-Gitterboxen auf die Antirutschmattenstreifen
   c. Sichern der zwei freistehenden Modul-Gitterboxen mit zwei Zurrgurten S_{TF} ≥ 500 daN im Niederzurrverfahren

Bild 167 und 168: Sicherung der freistehenden Modul-Gitterboxen durch zwei Niederzurrungen

5. Sicherung der Modul-Gitterboxen im formschlüssigen Verfahren
   a. Aufstellen der zwei Modul-Gitterboxen in die auf der Ladefläche befestigten Stahlwinkel
   b. Sicherung der zwei blockierten Modul-Gitterboxen mit einem Zurrgurt $S_{TF} \geq 500$ daN im Niederzurrverfahren

Bild 169 und 170: Sicherung der blockierten Modul-Gitterbox mit einer Niederzurrung

6. Sicherung der Gerüstbohlen, Bordbretter und Holme
   a. Auslegen von zwei Streifen Antirutschmatte ca. 2,40 m x 15 cm auf den Ladeboden
   b. Aufstellen der drei Bohlen-Stapelboxen (z. B. Plettac)
   c. Auslegen von zwei Streifen Antirutschmatte auf die Gerüstbohlenstapel
   d. Aufstellen der zwei Barellen mit den umreiften Holmen bzw. Bordbrettern (gelb) auf die Antirutschmattenstreifen
   e. Niederzurren des gesamten Stapels mit zwei Zurrgurten mit einer Vorspannkraft (S_{TF}) $\geq$ 500 daN (rot).

Bild 171 und 172: Sicherung der Gerüstbohlenstapel und Barellen mit zwei Niederzurrungen

10.4. Ladungssicherung beim Transport von Betonfertigteilen

Auch beim Transport von Betonfertigteilen bestehen Probleme, aufgrund des Gewichtes der verschieden Formen und Abmessungen der Fertigteile, diese fachgerecht zu sichern und sicher zu transportieren.

Im folgenden Beispiel wird **eine** Möglichkeit des Ladens und Sicherns gezeigt.

Bild 173 und 174: Transport von Betonfertigteilen auf A-Böcken

Achtung: Beim Be- und Entladen ist auch auf Transportgestellen, z. B. A-Böcken, eine Gefährdung durch umstürzende / umkippende Fertigteile durch Kopflastigkeit oder auch Querneigung des Fahrzeuges zu beachten!

Berechnungsbeispiele in diesem Kapitel

- Berechnungen im Niederzurrverfahren nach DIN EN 12195-1:2011
  - mit dem **Zurrmittelrechner** (Fa. Braun-SIS) als Hilfsmittel
  - mit einer **App** (Fa. SpanSet) als Hilfsmittel

Technische Daten	
F_G = 12000 daN	Gewichtskraft der 2 Betonfertigteile mit dem A-Bock
F_{LP} = 2000 daN	Zulässige Zugkraft der Zurrpunkte bei Fahrzeugen zGM ≥ 12 t
μ = 0,45	Reibbeiwert von Stahl auf Schichtholz (A-Bock auf Siebdruckboden)
μ = 0,6	Reibbeiwert bei Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi
α = 80°	Vertikaler Zurrwinkel (Zurrwinkel zwischen Zurrmittel und Ladefläche)
S_{TF} = 500 daN	Normale Vorspannkraft des Zurrmittels mit Langhebelratsche

Bild 175: Kennzeichnung am Zurrgurt

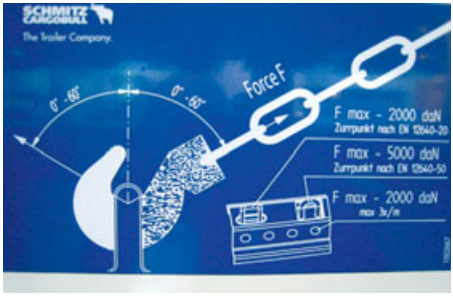


Bild 176: Kennzeichnung des Zurrpunktes am Transportmittel

Beim Niederzurren sind die normale Vorspannkraft (S_{TF}) des Spannelementes im Zurrmittel, hier 500 daN, und die zulässige Belastung des Zurrpunktes ($F_{max} = F_{LP}$) des Transportmittels (Bild 175), hier 2000 daN, zu beachten.

Berechnung Niederzurrverfahren gegen Rutschen mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SIS) unter Verwendung des Reibbeiwertes (μ = 0,45 und 0,6)

Bild 177: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

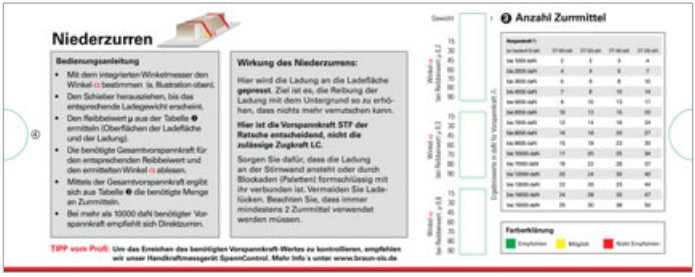


Bild 178: Rückseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

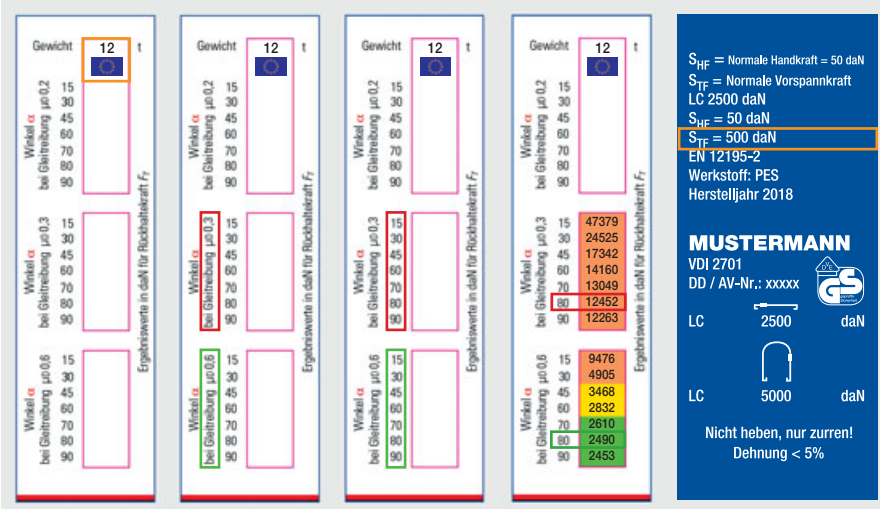
Vorgehensweise:

Für die Berechnung des Niederzurrens wird die Rückseite des Zurrmittelrechners Braun-SiS verwendet. Der Winkelmesser für diese Messung befindet sich ebenfalls auf dem Zurrmittelrechner.

1. Das Gewicht der zu transportierenden Betonfertigteile und des A-Bockes muss dem Lieferschein des Versenders / Verladers entnommen werden, in diesem Beispiel 12000 kg = 12 t. Das Inlett des Zurrmittelrechners wird jetzt so weit nach rechts herausgezogen, dass im obersten Feld (Öffnung) neben dem Gewicht die Zahl 12 (= 12,0 t) sichtbar ist.
2. Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist μ = 0,45 **(rot)** bzw. μ = 0,6 **(grün)**. Auf dem Zurrmittelrechner ist der Wert 0,45 nicht vorhanden, er muss auf den nächst schlechteren Wert eingestellt werden, in diesem Fall 0,3. Dieser Wert steht am linken Rand des mittleren Feldes bzw. 0,6 steht am linken Rand des untersten Feldes.
3. Der vertikale Zurrwinkel (α) zwischen Zurrmittel und Ladefläche muss gemessen werden. In diesem Beispiel wurde ein vertikaler Zurrwinkel von 80° gemessen. Auf dem Zurrmittelrechner befindet sich am linken Rand neben dem mittleren Feld eine Zahlen-Skala von 15 bis 90.
4. Der Wert der jetzt rechts neben der 80 steht, ist der Wert für die gesamte benötigte Vorspannkraft (F_T) zum Sichern der Betonfertigteile inklusive A-Bock im Niederzurrverfahren, hier 12452 daN **(rot)** bzw. 2490 daN **(grün)**.
5. Die normale Vorspannkraft (S_{TF}) der vorhandenen Zurrmittel beträgt 500 daN.

   Der Wert der ermittelten gesamten Vorspannkraft (F_T) muss jetzt durch die normale Vorspannkraft (S_{TF}) der vorhandenen Zurrmittel geteilt werden:

   - bei μ = 0,45 (12452 daN : 500 daN ≈ 25 Zurrmittel)
   - bei μ = 0,6 (2490 daN : 500 daN ≈ 5 Zurrmittel)



1. Gewicht 2. Reibbeiwert 3. Zurrwinkel 4. Rückhaltekraft 5. Vorspannkraft

Fazit:

- Bei der Verwendung von Langhebelratschen mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von je **500 daN** müssen bei einem Reibbeiwert von
  - μ = 0,45 mindestens **fünfundzwanzig** Zurrmittel
  - μ = 0,6 mindestens **fünf** Zurrmittel

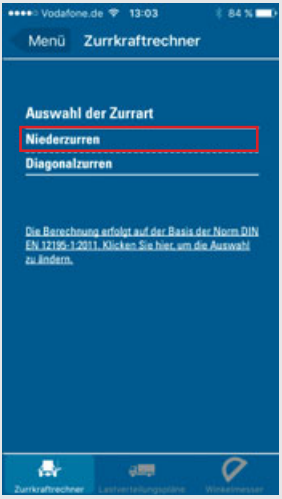
  zum fachgerechten Sichern des Betonfertigteile inklusive A-Bock mit einem Gewicht von 12000 kg verwendet werden.
- Es ist in der Praxis nur schwerlich umsetzbar die Ladung mit 25 Zurrgurte zu sichern. Es müsste dann je Fahrzeugseite auf der Länge des Betonfertigteiles auch die gleiche Menge an Zurrpunkten zur Verfügung stehen.
- Ohne die Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi ist eine fachgerechte Sicherung der Betonfertigteile inklusive A-Bock somit nicht möglich.

Berechnung Niederzurrverfahren gegen Rutschen mit der APP von SpanSet unter Verwendung des Reibbeiwertes (μ = 0,45 und μ = 0,6)

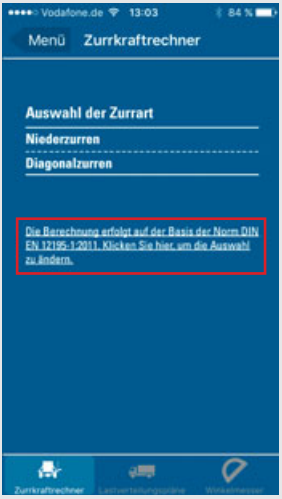
Die kostenfreie APP muss aus dem jeweiligen Store für APPs, in Abhängigkeit des Betriebssystems des Smartphones, heruntergeladen werden.

Zu beachten ist hier die Einstellung der Berechnungsnorm DIN EN 12195-1:2011.

1. Zurrkraftrechner



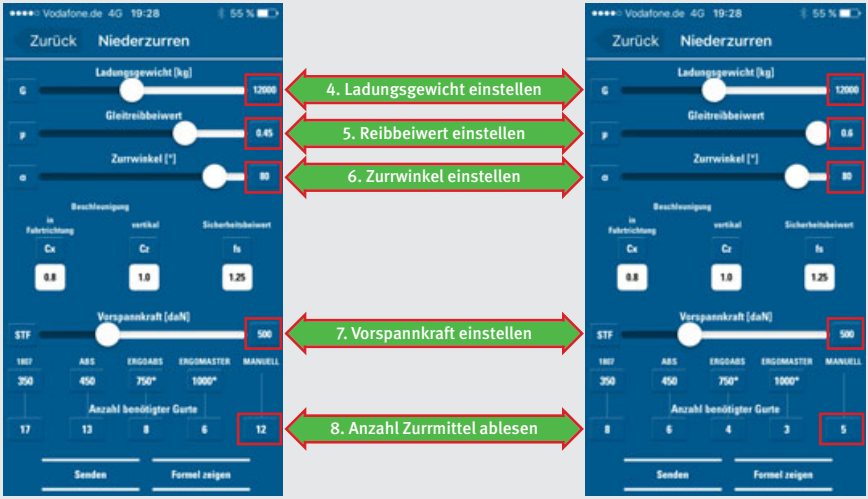
2. Zurrverfahren wählen



3. Norm wählen

Vorgehensweise:

1. Icon Zurrkraftrechner antippen
2. Icon Niederzurren antippen
3. Norm DIN EN 12195-1:2011 einstellen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 12000 kg
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen **μ = 0,45** bzw. **μ = 0,6**
6. Vertikalen Zurrwinkel (α) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 80°
7. Vorspannkraft (S_{TF}) auf 500 daN einstellen
8. Anzahl der benötigten Zurrmittel ablesen.



Beispiel Reibbeiwert μ = 0,45 | Beispiel Reibbeiwert μ = 0,6

Fazit:

- Bei der Verwendung von Langhebelratschen mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von je **500 daN** müssen bei einem Reibbeiwert von
  - μ = 0,45 mindestens **zwölf** Zurrmittel
  - μ = 0,6 mindestens **fünf** Zurrmittel

  zum fachgerechten Sichern des Betonfertigteile inklusive A-Bock mit einem Gewicht von 12000 kg verwendet werden.

- Es ist in der Praxis nur schwerlich umsetzbar die Ladung mit 12 Zurrmitteln zu sichern. Es muss dann je Fahrzeugseite auf der Länge des Betonfertigteiles auch die gleiche Menge an Zurrpunkten zur Verfügung stehen.
- Ohne die Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi ist eine fachgerechte Sicherung der Betonfertigteile inklusive A-Bock nicht möglich.

Bild 179:
Einsatz von Kantengleitern

Bild 180:
Fehlendes RHM unter dem A-Bock

Bei der Sicherung der Fertigteile mit Zurrgurten ist darauf zu achten, dass die Gurtbänder durch Kantenschoner/-gleiter geschützt werden, denn auch wenn die Kante mittels einer Fase angeschrägt ist, ist die Oberfläche rau und kann das Gurtband zerstören.

10.5 Ladungssicherung im Facility-Management und bei Ausbaugewerken

Bei der Objekt-, Unterhalts- oder Glasreinigung, der Pflege von Grünanlagen oder auch im Maler- und Installationshandwerk werden Leitern, Reinigungsmaschinen und Gefahrstoffe / Gefahrgüter (z. B. Reinigungsmittel, Betriebsstoffe, Farben, Verdünnung usw.) in kleinen Verpackungen (z. B. Flaschen, Sprayflaschen oder Kanister) transportiert.

Die Sicherung dieser Ladegüter in oder auf einem Pkw, Mehrzweck-Pkw oder auch Kleintransporter fachgerecht auszuführen, stellt viele Fahrzeugführer vor große Herausforderungen.

Bild 181: Reinigungsmittel gegen Umkippen im Flaschenträger transportieren

Bild 182: Flaschenträger in geeigneter Außenverpackung, **Hohlräume noch Auffüllen!**

Bild 183: Außenverpackung mit einem Umreifungsgurt (einteiliger Zurrgurt) gesichert

Bild 184: Außenverpackung mit einem Ladungssicherungsnetz gesichert

Transport von Gefahrgütern

Beim Transport von Gefahrgütern muss jeder am Transport beteiligte, neben der Sicherung der Ladung, auch die ihn betreffenden Vorschriften der Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB) sowie das Europäische Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) beachten und einhalten. Bei Nichteinhaltung dieser Vorschriften drohen Bußgelder.

Fahrzeuge für den Transport von Gefahrgut müssen mit Einrichtungen zur Ladungssicherung so ausgestattet sein, dass die Versandstücke mit geeigneten Mitteln gesichert werden können. Die Bewegungen der Versandstücke kann z. B. durch das Auffüllen von Hohlräumen mit Hilfe von Stauhölzern oder durch Blockieren und Verspannen verhindert werden.

Bild 185: Sicherung eines Kraftstoffkanisters im Kofferraum mit einem Umreifungsgurt

Bild 186: Sicherung von Kraftstoffkanistern in Blockiereinrichtungen / Halterungen

Die Verpackungen, z. B. Sprayflaschen müssen mit der Schutzkappe (Schutz des Ventils) und Flaschen oder Kanister müssen mit dichtschließenden Deckeln ausgestattet sein, so dass kein Gefahrgut austreten kann.

Außenverpackungen (Kartons oder Behälter) können entweder durch Blockieren, mit Ladungssicherungsnetzen oder in der Umreifung mit einem einteiligen oder zweiteiligen Zurrgurt im Kofferraum, auf der Ladefläche oder im Fahrzeugregal gesichert werden.

Nachfolgend werden positive praktische Beispiele zur Sicherung von Gefahrgütern auf Fahrzeugen im Facility-Management und bei Ausbaugewerken gezeigt.

Bild 187 und 188: Sicherung einer Flüssiggasflasche mit einem Umreifungsgurt und Bordwandkrallen an der Bordwand eines Kleintransporters (Pritschenfahrzeug)

Bild 189 und 190: Sicherung von Schweißgasflaschen in einem Kastenwagen

Informationen zum Transport von Gefahrgütern finden Sie im Sonderdruck der BG BAU „Transport von Gefahrgütern – Die Kleinmengenregelung in der Bauwirtschaft“ und der BG-Information „Sichere Beförderung von Flüssiggasflaschen und Druckgaspackungen mit Fahrzeugen auf der Straße“ (DGUV Information 210-001).

Ladungssicherung von Reinigungs- und Unterhaltsmaschinen

Reinigungsmaschinen, wie z. B. Ein- oder Zweischeibenbohnermaschinen, Mitgänger- oder Aufsetzkehrmaschinen oder Maschinen für die Grundstückspflege, z. B. Mitgänger- oder Aufsitzrasenmäher, lassen sich nur schwer im oder auf dem Fahrzeug bzw. Anhänger sichern, weil die Hersteller meistens keine Zurrpunkte an den Maschinen vorgesehen haben.

Wird zum Sichern der Maschinen das Niederzurren angewendet, besteht eventuell die Gefahr, dass die Gehäuse der Maschinen, welche zum größten Teil aus Kunststoff sind, durch die erreichbare Vorspannkraft des Zurrmittels beschädigt werden.

In diesem Kapitel werden mehrere Berechnungsbeispiele für das Niederzurren und für das Diagonalzurren angewendet.

Berechnungsbeispiele in diesem Kapitel

- Berechnungen im Niederzurrverfahren nach DIN EN 12195-1:2011
  - mit einer **Tabelle** als Hilfsmittel (Anhang 3)
  - mit dem **Zurrmittelrechner** (Fa. Braun-SIS)
- Berechnungen im Diagonalzurrverfahren nach DIN EN 12195-1:2011
  - mit einer **Tabelle** als Hilfsmittel (Anhang 4)
  - mit dem **Zurrmittelrechner** (Fa. Braun-SIS)

Bild 191: Transport eines Aufsitzrasenmähers auf einem Tandemanhänger

Was ist zu beachten beim Transport, wie kann der Fahrzeugführer diesen sichern?

Bild 192: Tandemanhänger

Bild 193: Auffahrrampen auf Spurweite

Der Tandemanhänger sollte für den Transport geeignet sein. Das bedeutet, er muss eine ausreichende Nutzlast haben, mit einer ausreichenden Anzahl von Zurrpunkten und mit ausreichend breiten Auffahrrampen ausgestattet sein. Die Auffahrrampen müssen auf Spurbreite eingestellt und sicher arretiert sein, damit sie beim Befahren nicht vom Auflager abrutschen können.

Bild 194: nicht bestimmungsgemäße Verwendung einer Anhängerauffahrrampe am Kastenfahrzeug, nicht arretiert

Bild 195: bestimmungsgemäße Verwendung, sicher arretiert

Die zulässige Zugkraft der Zurrpunkte des Tandemanhängers und die zulässige Stützlast (hier: 100 kg) und Mindeststützlast der Zugvorrichtung des Tandemanhängers und des Zugfahrzeuges dürfen nicht überschritten werden.

Niederzurren

Bild 196: Kennzeichnung am Zurrgurt

Beim Niederzurren sind die normale Vorspannkraft (S_{TF}) des Spannelementes im Zurrmittel und die zulässige Belastung der Zurrpunkte (F_{LP}) des Transportmittels, hier jeweils 400 daN, zu beachten.

Bild 197: Kennzeichnung der Zurrpunkte am Tandemanhänger

Berechnung Niederzurrverfahren gegen Rutschen nach DIN EN 12195-1:2011 mit einer Tabelle als Hilfsmittel

Bild 198: Zulässige Stützlast der Deichsel des Anhängers

Bild 199 und 200: Niederzurren des Aufsitzrasenmähers im Bereich der Fußbretter

Physikalische Werte	
F_G = 230 daN	Gewichtskraft des Aufsitzrasenmähers (230 kg)
F_{LP} = 400 daN	Maximal zulässige Zugkraft der Zurrösen des Tandemanhängers
S_{TF} = 400 daN	Normale Vorspannkraft einer Ratsche, die Vorspannkraft darf nicht größer sein, als die zulässige Zugkraft (FLP) des Zurrpunktes am Transportmittel
α = 45°	Vertikaler Zurrwinkel zwischen Zurrmittel und Ladefläche
μ = 0,2	Reibbeiwert, bei verschmutzter Ladefläche bzw. Schnee, Eis oder bei Frost
μ = 0,6	Reibbeiwert, saubere gebremste Gummiräder auf besenreiner Ladefläche, frei von Eis und Schnee und kein Frost

Nutzlast in t		1					2					3					4					5				
Winkel in °	α	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90
Reibbeiwert	μ	Anzahl der benötigten Zurrmittel																								
erreichbare Vorspannkraft S_{TF} = 250 daN	0,2	15	11	9	8	8	30	21	17	16	15	45	32	26	23	23	59	42	34	31	30	74	53	43	39	37
	0,3	9	6	5	5	5	17	12	10	9	9	25	18	15	13	13	33	24	19	17	17	41	29	24	22	21
	0,45	4	3	3	2	2	8	6	5	4	4	12	9	7	6	6	16	11	9	8	8	20	14	12	10	10
	0,55	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	7	6	5	5	12	8	7	6	6
	0,6	2	2	1*	1*	1*	4	3	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	6	5	5	5
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	4	3	3	2	2
S_{TF} = 400 daN	0,2	10	7	6	5	5	19	14	11	10	10	28	20	16	15	14	37	27	22	20	19	46	33	27	24	23
	0,3	6	4	3	3	3	11	8	6	6	6	16	11	9	8	8	21	15	12	11	11	26	19	15	14	13
	0,45	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	8	6	5	4	4	10	7	6	5	5	12	9	7	7	6
	0,55	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	4	3	3	7	5	5	4	4
	0,6	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	4	3	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	3	3	3
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	2	2	2	1*	1*	3	2	2	2	2

7 Zurrgurte mit S_{TF} = 400 daN

Fazit:

- Bei einer nicht besenreinen Ladefläche, Eis, Schnee oder Frost (Reibbeiwert μ= 0,2) müssen zum Niederzurren des Aufsitzrasenmähers mindestens **sieben** Zurrmittel mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von je 400 daN zum fachgerechten Sichern verwendet werden.
- Der Aufsitzrasenmäher kann im Niederzurrverfahren ohne weitere Hilfsmittel **nicht** fachgerecht gesichert werden, da mindestens 14 Zurrpunkte benötigt werden, aber nur vier bzw. sechs Zurrpunkte vorhanden sind.

Nutzlast in t		1					2					3					4					5				
Winkel in °	α	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90
Reibbeiwert	μ	Anzahl der benötigten Zurrmittel																								
erreichbare Vorspannkraft	0,2	15	11	9	8	8	30	21	17	16	15	45	32	26	23	23	59	42	34	31	30	74	53	43	39	37
	0,3	9	6	5	5	5	17	12	10	9	9	25	18	15	13	13	33	24	19	17	17	41	29	24	22	21
	0,45	4	3	3	2	2	8	6	5	4	4	12	9	7	6	6	16	11	9	8	8	20	14	12	10	10
S_{TF} = 250 daN	0,55	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	7	6	5	5	12	8	7	6	6
	0,6	2	2	1*	1*	1*	4	3	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	6	5	5	5
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	4	3	3	2	2
S_{TF} = 400 daN	0,2	10	7	6	5	5	19	14	11	10	10	28	20	16	15	14	37	27	22	20	19	46	33	27	24	23
	0,3	6	4	3	3	3	11	8	6	6	6	16	11	9	8	8	21	15	12	11	11	26	19	15	14	13
	0,45	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	8	6	5	4	4	10	7	6	5	5	12	9	7	7	6
	0,55	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	4	3	3	7	5	5	4	4
	0,6	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	4	3	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	3	3	3
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	2	2	2	1*	1*	3	2	2	2	2

1* Zurrgurt mit S_{TF} = 400 daN

Fazit:

- Bei sauberen, gebremsten Gummirädern und einer besenreinen Ladfläche sowie frei von Eis und Schnee bzw. kein Frost (Reibbeiwert μ = 0,6) muss zum Niederzurren rechnerisch mindestens **ein** Zurrmittel mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von 400 daN verwendet werden.
- Bei einem freistehenden Aufsitzrasenmäher müssen grundsätzlich mindestens **zwei** Zurrmittel verwendet werden, um das Verdrehen der Ladung und somit Lösen des Zurrmittels zu verhindern.

Berechnung Niederzurrverfahren gegen Rutschen nach DIN EN 12195-1:2011 mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SiS)

Bild 201: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

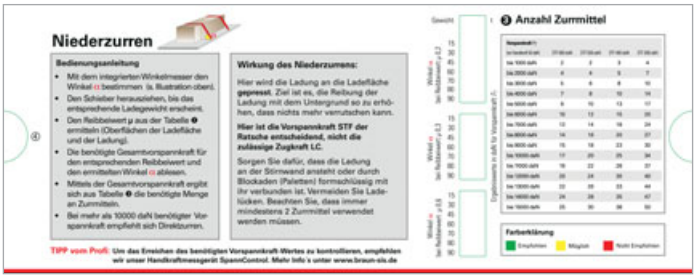
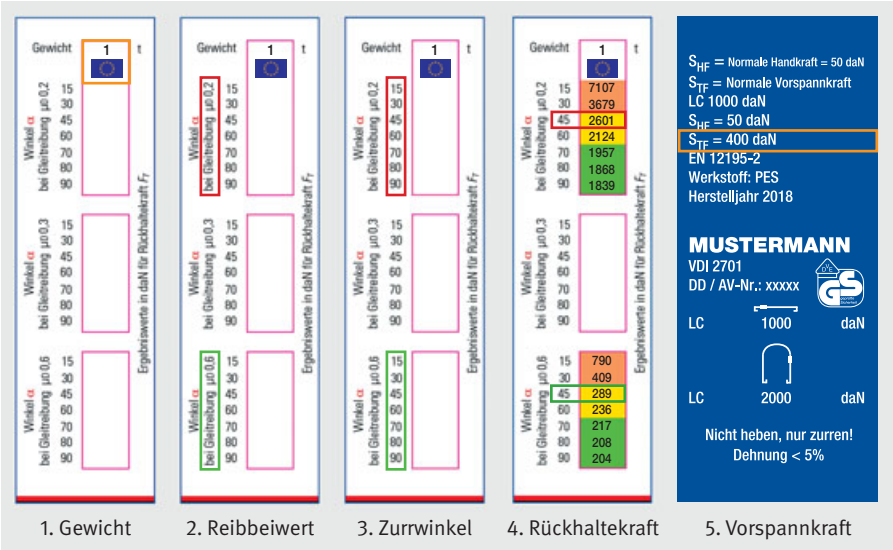


Bild 202: Rückseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Vorgehensweise:

Für die Berechnung des Niederzurrens wird die Rückseite des Zurrmittelrechners Braun-SiS verwendet. Der Winkelmesser für diese Messung befindet sich ebenfalls auf dem Zurrmittelrechner.

1. Das Gewicht des zu transportierenden Aufsitzrasenmähers muss der Bedienungsanleitung oder der Kennzeichnung am Gerät entnommen werden, in diesem Beispiel 230 kg, aufgerundet auf 1 t.
   Das Inlett des Zurrmittelrechners wird jetzt so weit nach rechts herausgezogen, dass im obersten Feld (Öffnung) neben dem Gewicht die Zahl 1 (= 1,0 t) sichtbar ist.
2. Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist μ = 0,2 (rot) bzw. μ = 0,6 (grün).
   Dieser Wert steht am linken Rand des obersten bzw. untersten Feldes.
3. Der vertikale Zurrwinkel (α) zwischen Zurrmittel und Ladefläche muss gemessen werden. In diesem Beispiel wurde ein vertikaler Zurrwinkel von 45° gemessen.
   Auf dem Zurrmittelrechner befindet sich am linken Rand neben dem obersten Feld eine Zahlen-Skala von 15 bis 90.
4. Der Wert der jetzt rechts neben der 45 steht, ist der Wert für die gesamte benötigte Vorspannkraft (F_T) zum Sichern des Aufsitzrasenmähers im Niederzurrverfahren, hier 2601 daN bzw. 289 daN.
5. Dieser Wert der ermittelten gesamten Vorspannkraft (F_T) muss jetzt durch die normale Vorspannkraft (S_{TF}) = 400 daN der vorhandenen Zurrmittel geteilt werden: (2601 : 400 ≈ 7 (rot) bzw. 289 : 400 ≈ 1 (grün)).



1. Gewicht | 2. Reibbeiwert | 3. Zurrwinkel | 4. Rückhaltekraft | 5. Vorspannkraft

Fazit:

- Es müssen zum Niederzurren bei einem Reibbeiwert von
  - μ = 0,2 mindestens **sieben** Zurrmittel,
  - μ = 0,6 mindestens **ein** Zurrmittel

  mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von 400 daN verwendet werden.
- 7 Zurrmittel benötigen 14 Zurrpunkte und somit ist das fachgerechte Sichern im Niederzurrverfahren aufgrund der Anzahl der vorhandenen Zurrpunkte und der Lage der Zurrpunkte ohne weitere Hilfsmittel nicht möglich.

Bild 203: Sicherung des Fangkorbes am Aufsitzrasenmäher durch eine Niederzurrung

- Bei einem **freistehenden** Aufsitzrasenmäher müssen grundsätzlich mindestens **zwei** Zurrmittel verwendet werden, um das Verdrehen der Ladung und somit lösen des Zurrmittels zu verhindern.
- Weiterhin ist zu beachten, dass Anbauteile am Gerät, welche z. B. nur eingehängt sind (z. B. der Fangkorb), auch gesichert werden müssen, damit sich diese beim Transport durch Straßenunebenheiten (vertikale Kräfte) nicht lösen können.

Diagonalzurren

Beim Diagonalzurren sind die zulässige Zugkraft (LC) des Zurrmittels im geraden Zug, hier 1000 daN, bzw. in der Umreifung (∩), hier 2000 daN, und die zulässige Zugkraft des Zurrpunktes (F_{LP}), hier 400 daN, zu beachten.

Bild 205: Kennzeichnung Zurrpunkte am Tandemanhänger

Bild 204: Kennzeichnung am Zurrgurt

Berechnung Diagonalzurrverfahren nach DIN EN 12195-1:2011 mit einer Tabelle als Hilfsmittel

Bild 206: Sicherung des Aufsitzrasenmähers mit zwei Umreifungen (roter Zurrgurt in Fahrtrichtung, blauer Zurrgurt entgegen der Fahrtrichtung)

Diese Tabellen (Einfach-Methode) sind für die zulässigen Zurrwinkel im Diagonalzurren, vertikaler Zurrwinkel (α) von 20° bis 65° und horizontaler Zurrwinkel (β) von 6° bis 55°, berechnet. Diese Winkelbereiche dürfen die gemessenen Zurrwinkel nicht unter- bzw. überschreiten, gemessen vertikaler Zurrwinkel $\alpha = 45°$ und horizontaler Zurrwinkel $\beta_x = 20°$.

Bild 207 bis 210: Detail der Umreifung (Achtung: bei scharfen Kanten Kantenschoner verwenden)

Alternativ zur Umreifung kann, wenn die Möglichkeit an der Maschine besteht, das Diagonalzurren angewendet werden. Dazu müssen ausreichend stabile Ösen vorhanden sein, in die die Zurrhaken eingehängt werden können, z. B. die Traverse für ein Schneeräumschild.

Bild 211 und 212: Nutzung der Räumschildtraverse als Zurrpunkt (Achtung: Zurrmittel müssen die gleiche Zugkraft (LC) und die gleiche Dehnung (%) aufweisen, Farbe ist nicht genormt)

Zusätzlich benötigte physikalische Werte	
F_G = 230 daN	Gewichtskraft des Aufsitzrasenmäher (m = 230 kg)
F_{LP} = 400 daN	Zulässige Zugkraft des Zurrpunktes am Transportmittel
α = 45°	Zurrwinkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
β_x = 20°	Längszurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Längsachse (x-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche)
μ = 0,2	Reibbeiwert, bei nicht besenreiner Ladefläche bzw. Schnee, Eis oder bei Frost
μ = 0,6	Reibbeiwert, saubere gebremste Gummiräder auf besenreiner Ladefläche, frei von Eis und Schnee und kein Frost
f_μ = 0,75	Umrechnungsfaktor Reibung unabhängig von den Materialpaarungen, außer rutschhemmenden Mitteln aus Gummi

Gewicht der Ladung in t	Zur Sicherung der Ladung mit 4 Zurrmitteln und einer zulässigen Zugkraft (LC) im direkten Strang von je (daN)					
	Reibbeiwert					
	$\mu = 0{,}6$	$\mu = 0{,}6$	$\mu = 0{,}55$	$\mu = 0{,}45$	$\mu = 0{,}3$	$\mu = 0{,}2$
	mit $f\mu = 1{,}0$	mit $f\mu = 0{,}75$				
1,00	250	500 (400)	500 (400)	500	1000 (800)	1500
0,75	250	250	250	500 (400)	750	1000
0,50	250	250	250	250	500 (400)	750
0,40	250	250	250	250	500 (400)	500
0,25	250	250	250	250	250	500 (400)

- Benötigte Rückhaltekraft (F_R) **je** Zurrmittel 500 daN und benötigte zulässige Zugkraft (F_{LP}) **je** Zurrpunkt von 400 daN. (Die zulässige Zugkraft (F_{LP}) jedes verwendeten Zurrpunktes muss mindestens der abgelesenen Zahl bzw. der in Klammer stehenden Zahl entsprechen.)

Gewicht der Ladung in t	Zur Sicherung der Ladung mit 4 Zurrmitteln und einer zulässigen Zugkraft (LC) im direkten Strang von je (daN)					
	Reibbeiwert					
	$\mu = 0{,}6$	$\mu = 0{,}6$	$\mu = 0{,}55$	$\mu = 0{,}45$	$\mu = 0{,}3$	$\mu = 0{,}2$
	mit $f\mu = 1{,}0$		mit $f\mu = 0{,}75$			
1,00	250	500 (400)	500 (400)	500	1000 (800)	1500
0,75	250	250	250	500 (400)	750	1000
0,50	250	250	250	250	500 (400)	750
0,40	250	250	250	250	500 (400)	500
0,25	250	250	250	250	250	500 (400)

- Benötigte Rückhaltekraft (F_R) **je** Zurrmittel 250 daN.

Fazit:

- Es müssen zur fachgerechten Sicherung bei einem Reibbeiwert von
  - $\mu = 0{,}2$ **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 500 daN im geraden Zug bzw. **zwei** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 1000 daN in der Umreifung (∩),
  - $\mu = 0{,}6$ **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 250 daN im geraden Zug bzw. **zwei** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 500 daN in der Umreifung (∩)

  verwendet werden.
- Der Aufsitzrasenmäher kann auf einem Transportmittel (zGM ≤ 3,5 t) transportiert werden. Die zulässige Zugkraft (LC) der vorhandenen Zurrmittel von 1000 daN (Bild 204) bzw. die max. zulässige Zugkraft der Zurrpunkte (F_{LP}) von 400 daN (Bild 205) wird in keiner Fahrsituation überlastet.

Berechnung Diagonalzurrverfahren gegen Rutschen mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SIS) für einen vorhandenen Reibbeiwert μ = 0,2 bzw. μ = 0,6

Bild 213: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Bild 214: Obere Innenseite des des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Vorgehensweise:

Für die Berechnung des Direktzurrens (Diagonalzurren) wird die Innenseite des Zurrmittelrechners Braun-SiS verwendet, bei einem Gewicht von 1-5 t die obere Hälfte. Der Winkelmesser für diese Messung befindet sich ebenfalls auf dem Zurrmittelrechner.

1. Das Gewicht des zu transportierenden Aufsitzrasenmähers muss der Bedienungsanleitung des Herstellers oder der Kennzeichnung am Gerät entnommen werden, in diesem Beispiel 230 kg, aufgerundet auf 1 t.

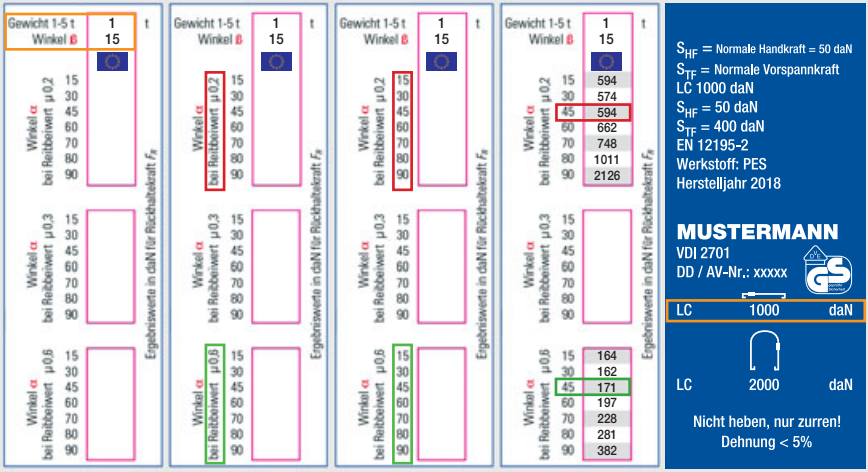
2. Beim Diagonalzurren bzw. in der Umreifung wurde ein horizontaler Zurrwinkel (β_x) von ca. 20° gemessen. Dieser Wert muss jetzt auf den nächst schlechteren Wert auf dem Zurrmittrechner abgerundet werden, hier 15°.
   Das Inlett des Zurrmittelrechners wird jetzt so weit nach rechts herausgezogen, dass im obersten Feld (Öffnung) neben dem Gewicht die Zahl 1 (= 1,0 t) und die Zahl 15 (= 15°) sichtbar sind.

3. Der vorhandene Reibbeiwert in diesem Beispiel ist μ = 0,2 (rot) bzw. μ = 0,6 (grün). Dieser Wert steht am linken Rand des obersten bzw. untersten Feldes.

4. Der vertikale Zurrwinkel (α) zwischen Zurrmittel und Ladefläche muss gemessen werden. In diesem Beispiel wurde ein vertikaler Zurrwinkel von 45° gemessen. Auf dem Zurrmittelrechner befindet sich am linken Rand neben dem obersten Feld eine Zahlen-Skala von 15 bis 90.

Die benötigte Rückhaltekraft (F_R) **eines** Zurrmittels zum Sichern des Aufsitzrasenmähers im Diagonalzurrverfahren beträgt bei μ = 0,2 somit 594 daN bzw. bei μ = 0,6 somit 171 daN.

5. Die zulässige Zugkraft (LC) der vorhandenen Zurrmittel beträgt 1000 daN.



1. Gewicht und Zurrwinkel (β) | 2. Reibbeiwert | 3. Zurrwinkel (α) | 4. Rückhaltekraft für ein Zurrmittel | 5. Zulässige Zugkraft (LC)

Fazit:

- Für die fachgerechte Sicherung des Aufsitzrasenmähers mit einem Gewicht von 230 kg (bis 1000 kg) müssen bei einem Reibbeiwert von
  - μ = 0,2 **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 594 daN
  - μ = 0,6 **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 171 daN

  verwendet werden.
- Die zulässige Zugkraft (LC) von 1000 daN der ausgewählten Zurrgurte ist ausreichend. Da aber die maximal zulässigen Zugkräfte der Zurrpunkte des Tandemanhängers (F_{LP}) von 400 daN bei einem Reibbeiwert μ = 0,2 in allen Fahrsituationen überschritten werden, ist eine fachgerechte Sicherung des Aufsitzrasenmähers ohne weitere Maßnahmen nicht möglich, z. B. Blockierung gegen die vordere Bordwand des Anhängers.
- Bei einer besenreinen Ladefläche, frei von Eis und Schnee bzw. kein Frost(somit μ = 0,6) kann der Aufsitzrasenmäher mit den vorhandenen Zurrmitteln fachgerecht gesichert und transportiert werden. Die zulässige Zugkraft der Zurrpunkte wird in keiner Fahrsituation überschritten.

Bild 215 und Bild 216: In Ablagefächern unter der Ladefläche verstaute Auffahrrampen

Beim Transport auf dem Fahrzeug oder auch auf einem Anhänger müssen nicht nur die Maschinen gesichert werden, sondern auch die abnehmbaren Auffahrrampen. Diese können z. B., wenn keine anderen Verstaumöglichkeiten vom Hersteller vorgesehen sind, neben der zu transportierenden Maschine formschlüssig an der vorderen und der seitlichen Bordwand im Niederzurrverfahren gesichert werden.

Berechnung Diagonalzurrverfahren mit der APP von SpanSet unter Verwendung des Reibbeiwertes (μ = 0,2 und μ = 0,6)

Bild 217: Aufsitzrasenmäher mit einem Gewicht von ca. 625 kg auf einem Tandemanhänger im Diagonalzurrverfahren gesichert

Bild 218: Kennzeichnung am Zurrgurt

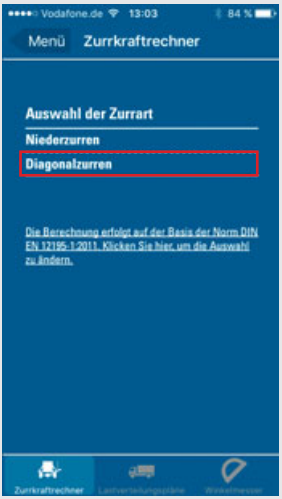
Bild 219: Kennzeichnung Zurrpunkte am Tandemanhänger

Benötigte physikalische Werte	
F_G = 625 daN	Gewichtskraft des Aufsitzrasenmäher (m = 625 kg)
F_{LP} = 850 daN	Zulässige Zugkraft des Zurrpunktes am Transportmittel
α = 20°	Zurrwinkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
β_x = 40°	Längszurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Längsachse (x-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche)
μ = 0,2	Reibbeiwert, bei nicht besenreiner Ladefläche bzw. Schnee, Eis oder bei Frost
μ = 0,6	Reibbeiwert, saubere gebremste Gummiräder auf besenreiner Ladefläche, frei von Eis und Schnee und kein Frost
f_μ = 0,75	Umrechnungsfaktor für alle Materialpaarrungen, außer rutschhemmende Mittel aus Gummi

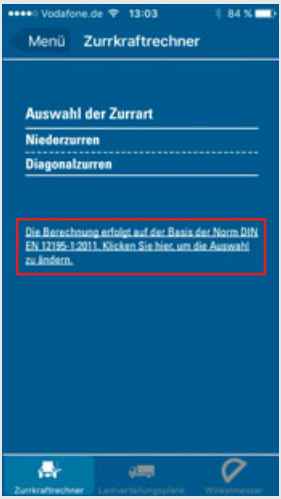
Vorgehensweise:

1. Icon Zurrkraftrechner antippen
2. Icon Diagonalzurren antippen
3. Norm DIN EN 12195-1:2011 einstellen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 625 kg ≈ 700
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen μ = 0,2 bzw. 0,6
6. Vertikalen Zurrwinkel (α) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 20°
7. Horizontalen Zurrwinkel (β) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 40°
8. Umrechnungsfaktor ((f_μ) steht vorgegeben auf 0,75
9. Rückhaltekraft (LC) ablesen, in diesem Beispiel 289 daN bzw. 138 daN

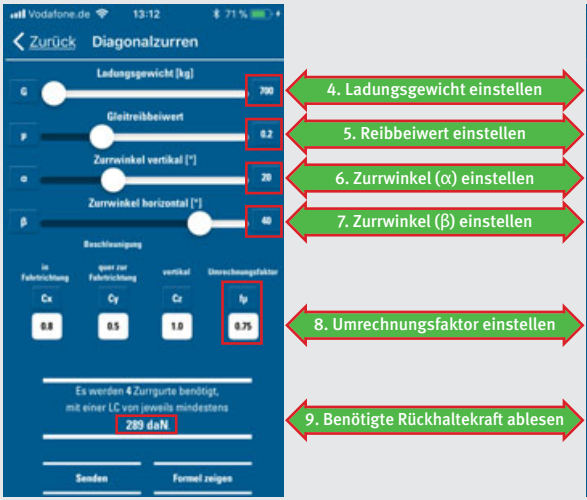
1. Zurrkraftrechner



2. Zurrverfahren wählen



3. Norm wählen



Beispiel Reibbeiwert μ = 0,2

Beispiel Reibbeiwert μ = 0,6

Fazit:

- Es müssen zur fachgerechten Sicherung bei einem Reibbeiwert von
  - μ = 0,2 **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 289 daN
  - μ = 0,6 **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 138 daN

  verwendet werden.

- Die zulässige Zugkraft (LC) von 1000 daN der ausgewählten Zurrgurte ist ausreichend und die max. zulässige Zugkraft der Zurrpunkte (F_{LP}) von 850 daN des verwendeten Tandemanhängers wird in keiner Fahrsituation überlastet.

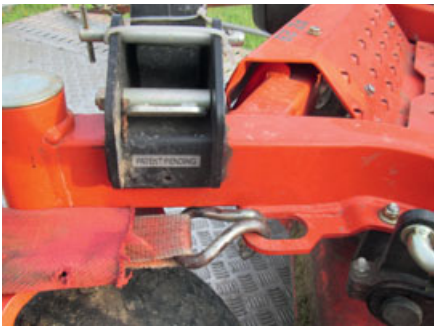


Bild 220 und 221: Diagonalzurren mit Zurrgurten, Zulässige Zugkraft der Zurrpunkte am Tandemanhänger lt. Hersteller 850 daN

Bild 222 und 223: Nutzung der **hier vorhandenen** Zurrpunkte am Aufsitzrasenmäher

Fahrzeugausrüstungsfirmen bieten branchenbezogene Transport- und Sicherungssysteme an.

Bild 224: Ausrüstung eines Fahrzeuges mit einem Ladungssicherungssystem für die Unterhaltsreinigung

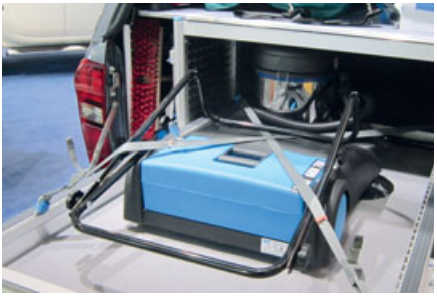


Bild 225 und 226: Details der Ausrüstung eines Fahrzeuges mit einem Ladungssicherungssystem für die Unterhaltsreinigung

Ladungssicherung von Leitern

Bild 227: Leitertransport auf dem Dach

Bild 228: Leitertransport auf dem Spriegelgestell

Grundsätzlich muss sich die Frage gestellt werden:
Soll der Transport der Leitern im oder auf dem Fahrzeug erfolgen?
Kurze Leitern, wie z. B. Stehleitern, lassen sich im Kastenwagen stehend an der Seitenwand befestigen. Lange Leitern müssen auf dem Dachträger oder Spriegelgestell des Fahrzeuges transportiert werden.

Bild 229: Leitertransport auf dem Dach mit Sicherung, siehe Details

Bei der Sicherung der Leiter auf dem Fahrzeugdach ist beim Anbringen der Sicherungselemente darauf zu achten, dass Personen nicht herunterfallen.

Bild 230 und 231: Details der Leitersicherung

Bild 232 und 233: Leitersicherung auf dem Dach eines Transportfahrzeuges. Einstellen der Leiter in den Tragschlitten, Befestigung mit Zurrgurten, Schieben des Tragschlittens auf das Dach, Einrasten in den Grundträger, Lösen der Sicherung von unten

Bild 234 und 235: Sicherung einer Leiter mittels Zurrschienen und Zurrgurten am Fahrzeugdach

Arbeitsplätze und Aufstiege auf Fahrzeugaufbauten

Zum Transport von Material werden vielfach Dachträgersysteme auf dem Fahrzeugdach verwendet. Teilweise sind diese auch mit Laufstegen ausgestattet. Bei vielen Kleintransportern/Kastenwagen überschreitet die Höhe des Fahrzeugdaches inkl. Dachträgersystem 2 m.

Nach § 24 der UVV „Fahrzeuge“ (DGUV Vorschrift 70 bisher BGV D 29) müssen Arbeitsplätze auf Fahrzeugen, die 2 m oder höher über dem Boden liegen und betriebsmäßig begangen werden, mit feststehenden, mindestens 1 m hohen Geländern ausgerüstet sein. Ist die Anbringung von feststehenden Geländern aus verkehrs- oder betriebstechnischen Gründen nicht durchführbar, müssen leicht und gefahrlos zu betätigende klappbare oder versenkbare Geländer vorhanden sein. Geländer dürfen jedoch nicht nach außen klappbar sein.

Bild 236 und 237: Leiteraufstieg am Kastenwagen/Kleintransporter

Bild 238 und 239: „Laufsteg“ im Dachträgersystem integriert

Weiterhin müssen diese Arbeitsplätze gefahrlos erreicht werden können, z. B. über Aufstiege / Leitern mit ausreichend breiten und tiefen Trittflächen mit rutschhemmender Oberfläche sowie griffgünstig angebrachten Haltegriffen oder anderen gleichwertigen Halteeinrichtungen. Am oberen Leiterende muss eine Haltemöglichkeit vorhanden sein, die die Aufstiegsstelle um 1 m überragt, z. B. durch Holmverlängerung, klappbaren Haltegriff oder Geländer. Viele Hersteller bieten diese Sicherheitseinrichtungen mit an. Der Nutzer sollte dafür Sorge tragen, dass diese Sicherheitseinrichtungen verbaut werden.

11. Schlussbemerkungen / Fazit

Ladungssicherung ist keine Tätigkeit, die „mal so nebenbei“ durchgeführt werden kann. Das zu transportierende Ladegut, z. B. Großgeräte, Schalungen, Gerüste, stellt häufig einen erheblichen finanziellen Wert dar. Auch aus diesem Grund ist bei der Sicherung der Ladung äußerste Sorgfalt anzuwenden.

Es gibt für ein Ladegut nicht „die einzig richtige“ Methode der Sicherung.
Die Zusammenhänge zwischen Ladegut – Transportfahrzeug – Zurrmittel – Hilfsmittel müssen berücksichtigt werden, und dann muss eine Entscheidung getroffen werden, wie die Ladungssicherung durchgeführt wird.

Insbesondere beim Räumen einer Baustelle wird die Sicherung des Ladegutes häufig dem Fahrer überlassen, da mit möglichst wenigen Fahrten alles „weg“ muss. Dabei wird die Ladungssicherung oft nicht berücksichtigt.

Ladungssicherung muss geplant werden. So sollte bei gleichartigen Transporten dem Ausführenden z. B. in Form einer Betriebsanweisung (Anhang 1) bzw. Verladeanweisung dargelegt werden, wie die Ladungssicherung durchgeführt werden muss. Weiterhin müssen die betroffenen Personenkreise die notwendigen Informationen in Form von Unterweisungen erhalten.

12. Rechtliche Grundlagen, Literatur und Hersteller zur Ladungssicherung

12.1 Vorschriften und Regeln

Die wichtigsten Vorschriften und Regeln sind nachfolgend aufgeführt:	
Unfallverhütungsvorschrift	Grundsätze der Prävention
Unfallverhütungsvorschrift	Fahrzeuge
DGUV Information 214-003	Ladungssicherung auf Fahrzeugen
StVO	Straßenverkehrs-Ordnung
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
VDI 2700 ff.	Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen
DIN 75410-1:2003-07	Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen – Zurrpunkte an Nutzfahrzeugen bis 3,5 t
DIN ISO 27956:2011-11	Ladungssicherung in Lieferwagen (Kastenwagen)
DIN EN 12195-1:2011-06	Berechnung von Zurrkräften
DIN EN 12195-2:2001-02	Zurrgurte aus Chemiefasern
DIN EN 12195-3:2001-07	Zurrketten
DIN EN 12195-4:2004-04	Zurrdrahtseile
DIN EN 12640:2001-01	Zurrpunkte an Nutzfahrzeugen zur Güterbeförderung > 3,5 t zGM
DIN EN 12642:2017-03	Aufbauten an Nutzfahrzeugen > 3,5 t zGM

12.2 Literaturverzeichnis

Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen
Praxishandbuch Laden und Sichern
Beladung und Ladungssicherung auf dem Nutzfahrzeug
Band 1: Grundlagen der Ladungssicherung

Ladungssicherung auf Fahrzeugen
Ein Handbuch für Unternehmer, Einsatzplaner,
Fahr- und Ladepersonal
BGI 649 / DGUV Information 214-003

Dolezych
Dolezych – einfach sichern
DOLECO Bestseller

ecomed Sicherheit
Ladungssicherung – Aber richtig
Rechtliche Anforderungen, Sicherungsarten,
Praktische Beispiele
Verfasser: W. Schlobohm

GDV Dienstleistungs GmbH
Ladungssicherungshandbuch
Eine Information der deutschen Transportversicherer

Resch-Verlag
Ladungssicherung
Praxis der Verkehrs- u. Arbeitssicherheit
Autoren: Michael Barfuß, Albert Horn

SpanSet
Ladungssicherung
Leitfaden für den Anwender
Autor: Alfred Lampen

Steinbruchs-Berufsgenossenschaft (jetzt BG RCI)
Arbeit und Gesundheit Basics
Ladung Sichern
Heft 21: BGI 597-21

12.3 Herstellerverzeichnis

allsafe

allsafe GmbH & Co. KG
Gerwigstraße 31
78234 Engen
Telefon: +49 (0) 7733 50 02 0
Fax: +49 (0) 7733 50 02 47
E-Mail: sales@allsafe-group.com
Internet: www.allsafe-group.com

Dolezych

Westdeutscher Drahtseil-Verkauf
Dolezych GmbH & Co. KG
Hartmannstraße 8
44147 Dortmund
Telefon: +49 (0) 231 82 85 – 0
Telefax: +49 (0) 231 | 77 82
E-Mail: dolezych@dolezych.de
Internet: www.dolezych.de

Braun

Braun GmbH
Am Grünberg 8
92318 Neumarkt/OPf.
Telefon: +49 (0) 9181 2307-0
Telefax: +49 (0) 9181 2307-70
E-Mail: info@braun-sis.de
Internet: www.braun-sis.de

RUD

RUD Ketten Rieger & Dietz GmbH u. Co. KG
Friedensinsel
73432 Aalen
Telefon: +49 (0) 7361 504-0
Telefax: +49 (0) 7361 504-1450
E-Mail: rudketten@rud.com
Internet: www.rud.com

SpanSet

SpanSet GmbH & Co. KG
Jülicher Straße 49-51
52531 Übach-Palenberg
Telefon: +49 (0) 2451 4831-0
Telefax: +49 (0) 2451 4831-207
E-Mail: info@spanset.de
Internet: www.spanset.de

Wistra

WISTRA GmbH Cargo Control
An der Trave 11
23923 Selmsdorf
Telefon: +49 (0) 38823 258-0
Telefax: +49 (0) 38823 258-23
E-Mail: info@wistra.eu
Internet: www.wistra.eu

12.4 Bildnachweis

Titelbild	BG BAU
Bild 1	Verlag Gunther Hendrisch GmbH & Co. KG
Bild 2	DGUV – Deutsche Gesetzliche Unfall Versicherung
Bilder 4, 6 – 20, 22 – 27, 29 – 43, 45 – 48, 53, 54, 57, 59, 60, 65, 67, 70 – 72, 74 – 83, 87 – 95, 98 – 101, 104 – 108, 110 – 115, 118 – 123, 126 – 128, 131 – 137, 140 – 148, 151, 152, 155 – 176, 179 – 200, 203 – 212, 215 – 249	BG BAU
Bilder 21, 66, 69 73	GWS-Schlobohm
Bild 28	DIN EN 12 640
Bild 44	Wolfgang Jaspers
Bilder 49, 50, 61 – 64, 86	Firma Dolezych, Dortmund
Bild 58	Firma RUD
Bild 68	verschiedene Hersteller, vgl. Herstellerverzeichnis
Bilder 3, 5	fotolia.com
Bilder 96, 97, 102, 103, 116, 117, 124, 125, 138, 139, 149, 150, 153, 154, 177, 178, 201, 202, 213, 214	Braun GmbH

Anhang 1: Betriebsanweisung

Nr.		Betriebsanweisung	
Baustelle:		**Arbeitsplatz:**	
Betrieb:		**Tätigkeit:**	
freigegeben (Unterschrift):		**Erfassungsdatum:**	

Anwendungsbereich

Ladungssicherung auf Fahrzeugen

Gefährdungen für den Menschen

- durch verrutschte, umfallende, kippende, herabfallende Ladungen.
- Umkippen des Fahrzeugs.
- Außer Kontrolle geratende Ladung bzw. Ladungsteile.
- Außer Kontrolle geratendes Fahrzeug.

Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln

- Geeignetes Transportfahrzeug auswählen.
- Lastverteilungsplan beachten, zul. Gesamtgewicht einhalten.
- Lademaße einhalten, ggf. bes. Kennzeichnung der Ladung – Sonderkennzeichnung –
- Ladungsschwerpunkt so niedrig wie möglich über Längsmittelachse des Fahrzeugs platzieren.
- Hilfsmittel zur formschlüssigen Ladungssicherung (z. B. Kanthölzer, Paletten, Polster) verwenden.
- Die verwendeten Zurrmittel für das Direktzurren auf ausreichende Zurrkraft „LC“ und Vorspannkraft „S_{TF}“ (Standard Tension Force) prüfen.
- Die angegebene Festigkeit der Zurrpunkte beachten – Zurrpunkte nicht überlasten.
- Spannung der Zurrmittel in regelmäßigen Abständen überprüfen und ggf. nachspannen.
- Die Fahrgeschwindigkeit dem Ladegut, den Straßen- u. Verkehrsverhältnissen anpassen.
- Fahrstrecke sorgfältig planen.
- Geeignete Lade- und Entladestellen wählen z. B. keine Querneigung.
- Geeignete Körperschutzmittel tragen (z. B. Sicherheitsschuhe, Schutzhandschuhe, Schutzhelm).

Verhalten bei Mängeln, Störungen — Feuer:

- Bei Unregelmäßigkeiten im Fahrverhalten, z. B. Schlingerbewegung oder Abdriften, Fahrt unterbrechen und Ladung kontrollieren
- Bei Unfällen
  - Unfallstelle absperren.
  - Personen aus Gefahrenbereich herausbringen.
  - Verkehrssicherung der Unfallstelle gegenüber dem öffentlichen Straßenverkehr.

Verhalten bei Unfällen, Erste Hilfe — Notruf:

- Selbstschutz beachten, Erste Hilfe erst dann leisten, wenn sich Verletzte außerhalb des Gefahrenbereiches befinden
- **Erste-Hilfe-Maßnahmen:**
  Falls erforderlich Blutungen stillen, verletzte Gliedmaßen ruhigstellen, Schockbekämpfung; bei Herz- und Atemstillstand Wiederbelebung mit Defibrillator.
- **Ersthelfer: ...**
- **Zuständiger Arzt oder Krankenhaus: ...**
- Aufsichtführenden informieren

Prüfung / Wartung / Instandhaltung

- Fahrzeuge regelmäßig durch eine zur Prüfung befähigte Person (Sachkundige) prüfen lassen.
- Hilfsmittel für die Ladungssicherung und Zurrmittel regelmäßig, bei Bedarf, mind. 1x jährlich durch eine zur Prüfung befähigte Person überprüfen lassen.
- Zurrmittel und Hilfsmittel zur Ladungssicherung vor jeder Verwendung kontrollieren.

Folgen der Nichtbeachtung

Der vorliegende Entwurf muss z. B. auf eventuell veränderte Rechtsvorschriften überprüft werden. Er ist durch unternehmens-, arbeitsplatz- bzw. tätigkeitsbezogene Angaben zu ergänzen und durch Unterschrift zu bestätigen (Stand 05/2016).
Die im Dokument dargestellten Sicherheitskennzeichen entsprechen der Kennzeichnung nach ASR A 1.3.

Anhang 2:
CHECKLISTE zur Ladungssicherung

1. Fahrzeug

Ist das Transportfahrzeug geeignet?	○ ja	○ nein
Sind die zulässige Gesamtmasse, der Lastverteilungsplan sowie die zulässigen Achslasten berücksichtigt worden?	○ ja	○ nein
Gereinigte (besenreine) Ladefläche?	○ ja	○ nein
Zurrpunkte vorhanden und für die Ladung geeignet?	○ ja	○ nein

2. Ladegut

Zurrpunkte vorhanden und geeignet?	○ ja	○ nein
Schwerpunkt bekannt?	○ ja	○ nein
Ist das Ladegut kippgefährdet?	○ ja	○ nein
Gewicht bekannt?	○ ja	○ nein

3. Ladungssicherung

Zurrgurte geprüft und Angaben auf dem Zurretikett beachtet?	○ ja	○ nein
Kantenschutz, Kantengleiter verwendet?	○ ja	○ nein
max. Belastbarkeit der Zurrpunkte eingehalten?	○ ja	○ nein
Wurden Ladelücken geschlossen?	○ ja	○ nein

Niederzurren

Ermittlung der notwendigen Vorspannkräfte erfolgt?	○ ja	○ nein
Die verwendeten Zurrmittel zur Ladungssicherung haben eine ausreichende Vorspannkraft? Die Ladungssicherung ist ausreichend.	○ ja	○ nein*
* Reibung ist z. B. mit rutschhemmendem Material aus Gummi zu erhöhen oder stärkere Zurrmittel sind zu verwenden		

Diagonal-, Schräg- bzw. Horizontalzurren

Die verwendeten Zurrmittel haben eine ausreichende Zurrkraft (L_C)? Die Ladungssicherung ist ausreichend.	○ ja	○ nein*
* Reibung ist z. B. mit rutschhemmendem Material aus Gummi zu erhöhen oder stärkere Zurrmittel sind zu verwenden		
Das Fahr- und Verladepersonal ist unterwiesen?	○ ja	○ nein

4. Nach Fahrtantritt

Bei Fahrtunterbrechungen ist die Ladungssicherung zu kontrollieren	○ ja	○ nein
Nach Teilentladungen muss die Ladung ggf. neu gesichert werden.	○ ja	○ nein
Die Fahrgeschwindigkeit muss dem Ladegut, den Straßen- und Verkehrsverhältnissen angepasst werden?	○ ja	○ nein

Anhang 3: Tabelle Niederzurren

Einfachtabelle - Niederzurren

(mit Sicherheitsbeiwert f_s= 1,25 in Fahrtrichtung und Reibbeiwerten aus Anhang B nach DIN EN 12195-1:2011-06)

Nutzlast in t		1					2					3					4					5					6				
Winkel in °	α	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90
Reibbeiwert	μ	Anzahl der benötigten Zurrmittel																													
erreichbare Vorspannkraft S_{TF} = 250 daN	0,2	15	11	9	8	8	30	21	17	16	15	45	32	26	23	23	59	42	34	31	30	74	53	43	39	37	89	63	51	46	45
	0,3	9	6	5	5	5	17	12	10	9	9	25	18	15	13	13	33	24	19	17	17	41	29	24	22	21	50	35	29	26	25
	0,45	4	3	3	2	2	8	6	5	4	4	12	9	7	6	6	16	11	9	8	8	20	14	12	10	10	23	17	14	12	12
	0,55	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	7	6	5	5	12	8	7	6	6	14	10	8	7	7
	0,6	2	2	1*	1*	1*	4	3	2	2	2	5	4	3	3	3	7	5	4	4	4	9	6	5	5	5	10	7	6	6	5
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	4	3	3	2	2	5	3	3	3	3
S_{TF} = 400 daN	0,2	10	7	6	5	5	19	14	11	10	10	28	20	16	15	14	37	27	22	20	19	46	33	27	24	23	56	40	32	29	28
	0,3	6	4	3	3	3	11	8	6	6	6	16	11	9	8	8	21	15	12	11	11	26	19	15	14	13	31	22	18	16	16
	0,45	3	2	2	2	2	5	4	3	3	3	8	6	5	4	4	10	7	6	5	5	12	9	7	7	6	15	11	9	8	8
	0,55	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	4	3	3	7	5	5	4	4	9	6	5	5	5
	0,6	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	4	3	2	2	2	5	3	3	3	3	6	4	3	3	3	7	5	4	4	4
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	2	2	2	1*	1*	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2
S_{TF} = 500 daN	0,2	8	6	5	4	4	15	11	9	8	8	23	16	13	12	12	30	21	17	16	15	37	27	22	20	19	45	32	26	23	23
	0,3	5	3	3	3	3	9	6	5	5	5	13	9	8	7	7	17	12	10	9	9	21	15	12	11	11	25	18	15	13	13
	0,45	2	2	2	1*	1*	4	3	3	2	2	6	5	4	3	3	8	6	5	4	4	10	7	6	5	5	12	9	7	6	6
	0,55	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	4	3	2	2	2	5	4	3	3	3	6	4	4	3	3	7	5	4	4	4
	0,6	1*	1*	1*	1*	1*	2	2	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	4	3	2	2	2	5	3	3	3	3	5	4	3	3	3
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	2	2	2	1*	1*	3	2	2	2	2
S_{TF} = 720 daN	0,2	6	4	3	3	3	11	8	6	6	6	16	11	9	8	8	21	15	12	11	11	26	19	15	14	13	31	22	18	16	16
	0,3	3	2	2	2	2	6	5	4	3	3	9	7	5	5	5	12	9	7	6	6	15	11	9	8	8	18	13	10	9	9
	0,45	2	1*	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	4	3	3	3	2	6	4	4	3	3	7	5	4	4	4	8	6	5	5	4
	0,55	1*	1*	1*	1*	1*	2	2	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	4	3	2	2	2	4	3	3	3	2	5	4	3	3	3
	0,6	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	2	2	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	4	3	2	2	2
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	2	2	1*	1*	1*
S_{TF} = 1000 daN	0,2	4	3	3	2	2	8	6	5	4	4	12	8	7	6	5	15	11	9	8	8	19	14	11	10	10	23	16	13	12	12
	0,3	3	2	2	2	2	5	3	3	3	3	7	5	4	4	4	9	6	5	5	5	11	7	6	6	6	13	9	8	7	7
	0,45	1*	1*	1*	1*	1*	2	2	2	1*	1*	3	3	2	2	2	4	3	3	2	2	5	4	3	3	3	6	5	4	3	3
	0,55	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	2	2	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	4	3	2	2	2
	0,6	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*	2	2	1*	1*	1*	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2
	0,7	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	2	1*	1*	1*	1*

(1*) Ein Zurrmittel darf nur verwendet werden, wenn die Ladung gegen Verdrehen gesichert ist, z.B. durch den vorderen oder seitlichen Fahrzeugaufbau, Keile usw.

Anhang 4: Tabelle Diagonalzurren

Einfachmethode - Diagonalzurren

(nach DIN EN 12195-1:2011)

Gewicht der Ladung in t	Zur Sicherung der Ladung mit 4 Zurrmitteln und einer zulässigen Zugkraft (LC) im direkten Strang von je (daN)					
	Reibbeiwert					
	μ = 0,6	μ = 0,6	μ = 0,55	μ = 0,45	μ = 0,3	μ = 0,2
	mit fμ = 1,0	mit fμ = 0,75				
25,00	4000	8000	8000	13400	25000	~
24,00	4000	6300	8000	13400	25000	~
23,00	4000	6000	8000	10000	25000	~
22,00	3000	6000	6300	10000	25000	~
21,00	3000	6000	6000	10000	25000	25000
20,00	3000	6000	6000	10000	16000	25000
19,00	3000	5000	6000	10000	16000	25000
18,00	2500	5000	6000	8000	16000	25000
17,00	2500	5000	5000	8000	13400	20000
16,00	2500	5000	5000	8000	13400	20000
15,00	2500	4000	5000	8000	13400	20000
14,00	2000	4000	4000	6000	13400	20000
13,00	2000	4000	4000	6000	13400	16000
12,00	2000	4000	4000	6000	10000	16000
11,00	1500	3000	4000	5000	10000	13400
10,00	1500	3000	3000	5000	8000	13400
9,00	1500	2500	3000	4000	8000	13400
8,50	1500	2500	2500	4000	8000	10000
8,00	1500	2500	2000	4000	6300	10000
7,00	1000	2000	2000	3000	6000	10000
6,75	1000	2000	2000	3000	6000	8000
6,00	1000	2000	2000	3000	5000	8000
5,00	750	1500	1500	2500	4000	6000
4,00	750	1500	1500	2000	4000	5000
3,00	500	1000 (800)	1000	1500	2500	4000
2,50	500 (400)	750	750	1500	2000	3000
2,00	500 (400)	750	750	1000	2000	2500
1,70	250	500	500	750	1500	2000
1,50	250	500 (400)	500	750	1500	2000
1,25	250	500 (400)	500 (400)	750	1000	1500
1,00	250	500 (400)	500 (400)	500	1000 (800)	1500
0,75	250	250	250	500 (400)	750	1000
0,50	250	250	250	250	500 (400)	750
0,40	250	250	250	250	500 (400)	500
0,25	250	250	250	250	250	500 (400)

Berechnungen unter dem zulässigen vertikalen Zurrwinkel (α) 20 bis 65° und horizontalen Zurrwinkel (β) 6 bis 55°
Alle Tabellenwerte wurden auf LC-Werte der auf dem Markt verfügbaren Zurrmittel aufgerundet.

Achtung: Die zulässige Zugkraft (F_{LP}) jedes verwendeten Zurrpunktes, muss mindestens der abgelesenen Zahl bzw. der in Klammer stehenden entsprechen.

Anhang 5

Berechnungen mit den Formeln aus der DIN EN 12195-1:2011-06 am Beispiel eines Minibaggertransportes auf einem Tandemanhänger

Berechnungsbeispiele:

- Berechnungen im Niederzurrverfahren
  - mit den **Formeln** aus der DIN EN 12195-1:2011-06
- Berechnungen im Diagonalzurrverfahren
  - mit den **Formeln** aus der DIN EN 12195-1:2011-06
    - Variante 1: Nutzung der Zurrpunkte am Abstützschild (Diagonalzurren gekreuzt) und der Zugöse am Unterwagen (Diagonalzurren einfach)
    - Variante 2: Nutzung der Zurrpunkte am Abstützschild (Diagonalzurren einfach) und Zurrpunkte am Fahrwerk (Diagonalzurren einfach)

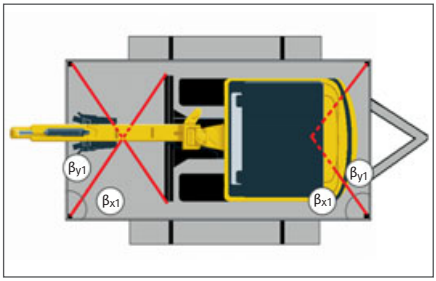


Bild 240: Darstellung Variante 1

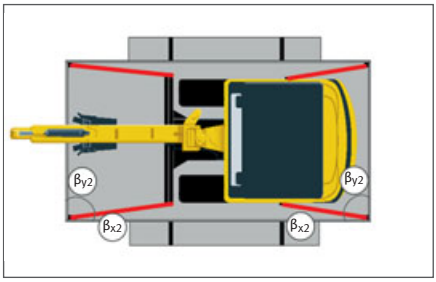


Bild 241: Darstellung Variante 2

Berechnung Niederzurrverfahren nach der DIN EN 12195-1:2011

Beim Niederzurren sind die normale Vorspannkraft des Spannelementes (S_{TF}), hier 400 daN, und die zulässige Zugkraft des Zurrpunktes (F_{LP}), hier 400 daN, zu beachten.

Bei der Berechnung für das Niederzurrverfahren wird die Vorspannkraft (F_T) ermittelt, die insgesamt aufgebracht werden muss, um das Ladegut sicher auf dem Transportmittel zu halten.

Durch Reibung des Zurrmittels an den Kanten bzw. auf der oberen Fläche des Ladegutes ergeben sich Verluste der Vorspannkraft auf der Seite, die dem Spannelement gegenüber liegt. Aus diesem Grund muss beim Niederzurren nach der DIN EN 12195-1:2011 in Fahrtrichtung ein Sicherheitsbeiwert (f_s) = 1,25 quer und entgegen der Fahrtrichtung ein Sicherheitsbeiwert (f_s) = 1,1 beachtet werden.

Bild 242: Kennzeichnung am Zurrgurt

Bild 243: Kennzeichnung Zurrpunkte am Tandemanhänger

Physikalische Werte	
F_G = 2000 daN	Gewichtskraft des Minibaggers (Masse = 2000 kg)
m = 3,5 t	Zulässige Gesamtmasse (zGM)
F_{LP} = 400 daN	Zulässige Zugkraft der Zurrpunkte (Achtung! Herstellerangaben beachten)
d = 0,85 m	Schwerpunkthöhe
w = 0,80 m	Breite des Standardfahrwerkes
w = 1,32 m	Breite des hydraulisch verbreiterbaren Fahrwerks
b_{y1} = 0,40 m	Abstand des Schwerpunktes zur Kippkante (Fahrwerksbreite 0,80 m)
b_{y2} = 0,66 m	Abstand des Schwerpunktes zur Kippkante (Fahrwerksbreite 1,32 m)
c_z = 1,0	Beschleunigungsbeiwert vertikal (nach unten)
$c_{x(v)}$ = 0,8	Beschleunigungsbeiwert in Fahrtrichtung (Bremsen / Verzögerung)
$c_{x(h)}$ = 0,5	Beschleunigungsbeiwert entgegen der Fahrtrichtung (Anfahren / Beschleunigen)
c_y = 0,5	Beschleunigungsbeiwert einer standsicheren Ladung quer zur Fahrtrichtung (Rutschen)
c_y = 0,6	Beschleunigungsbeiwert einer kippgefährdeten Ladung quer zur Fahrtrichtung
μ = 0,2	Reibbeiwert, bei verschmutzter Ladefläche / Laufwerkskette oder Schnee, Eis und Frost
μ = 0,6	Reibbeiwert, bei sauberer Gummi-Laufwerkskette / Ladefläche (besenrein) oder rutschhemmendes Mitteln aus Gummi
f_s = 1,25	Sicherheitsbeiwert in Fahrtrichtung
f_s = 1,1	Sicherheitsbeiwert entgegen und quer der Fahrtrichtung
α = 75°	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche

Zuordnung der Hintergrundfarben nach Reibbeiwert

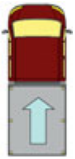
Reibbeiwert μ = 0,2
(verschmutzte Gummi-Laufwerkskette/ Ladefläche nicht besenrein bzw. frei von Eis und Schnee oder bei Frost)

Reibbeiwert μ = 0,6
(Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi und/oder bei sauberer Laufwerkskette und besenreiner Ladefläche)

Benötigte Vorspannkraft in Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert

$$F_T \geq \frac{(c_{x(v)} - \mu \times c_z)\, F_G}{2 \times n \times \mu \times \sin \alpha} \times f_s = \frac{(0{,}8 - 0{,}2 \times 1{,}0)\ 2000\ \text{daN}}{2 \times 1 \times 0{,}2 \times \sin 75°} \times 1{,}25 = 3883\ \text{daN}$$

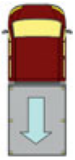
$$F_T \geq \frac{(c_{x(v)} - \mu \times c_z)\, F_G}{2 \times n \times \mu \times \sin \alpha} \times f_s = \frac{(0{,}8 - 0{,}6 \times 1{,}0)\ 2000\ \text{daN}}{2 \times 1 \times 0{,}6 \times \sin 75°} \times 1{,}25 = 432\ \text{daN}$$



Benötigte Vorspannkraft entgegen der Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert

$$F_T \geq \frac{(c_{x(h)} - \mu \times c_z)\, F_G}{2 \times n \times \mu \times \sin \alpha} \times f_s = \frac{(0{,}5 - 0{,}2 \times 1{,}0)\ 2000\ \text{daN}}{2 \times 1 \times 0{,}2 \times \sin 75°} \times 1{,}1 = 1709\ \text{daN}$$

$$F_T \geq \frac{(c_{x(h)} - \mu \times c_z)\, F_G}{2 \times n \times \mu \times \sin \alpha} \times f_s = \frac{(0{,}5 - 0{,}6 \times 1{,}0)\ 2000\ \text{daN}}{2 \times 1 \times 0{,}6 \times \sin 75°} \times 1{,}1 = 0\ \text{daN}$$

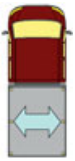


Benötigte Vorspannkraft quer zur Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert

- Für einen standsicheren Minibagger mit verbreitertem Fahrwerk

$$F_T \geq \frac{(c_y - \mu \times c_z)\, F_G}{2 \times n \times \mu \times \sin \alpha} \times f_s = \frac{(0{,}5 - 0{,}2 \times 1{,}0)\ 2000\ \text{daN}}{2 \times 1 \times 0{,}2 \times \sin 75°} \times 1{,}1 = 1709\ \text{daN}$$

$$F_T \geq \frac{(c_y - \mu \times c_z)\, F_G}{2 \times n \times \mu \times \sin \alpha} \times f_s = \frac{(0{,}5 - 0{,}6 \times 1{,}0)\ 2000\ \text{daN}}{2 \times 1 \times 0{,}6 \times \sin 75°} \times 1{,}1 = 0\ \text{daN}$$



- Kontrollberechnung für die Standsicherheit mit verbreitertem Fahrwerk

$$F_T \geq \frac{(c_y \times d - c_z \times b_{y2})\, F_G}{w \times \sin\alpha} \times f_s = \frac{(0{,}6 \times 0{,}85 - 1{,}0 \times 0{,}66)\ 2000\ \text{daN}}{1{,}32 \times \sin 75°} \times 1{,}1 = -259\ \text{daN}$$

- Ein negativer Wert bedeutet, dass der Minibagger standsicher ist und keine zusätzliche Kraft zum Sichern gegen Kippen notwendig ist.
- Für einen kippgefährdeten Minibagger, welcher z. B. kein verbreitertes Fahrwerk hat, muss **zusätzlich** eine Berechnung der Zurrkraft gegen Kippen im Niederzurrverfahren erfolgen (unsymmetrischer Schwerpunkt).

$$F_T \geq \frac{(c_y \times d - c_z \times b_{y1})\, F_G}{w \times \sin\alpha} \times f_s = \frac{(0{,}6 \times 0{,}85 - 1{,}0 \times 0{,}4)\ 2000\ \text{daN}}{0{,}8 \times \sin 75°} \times 1{,}1 = 314\ \text{daN}$$

- Es müsste somit zusätzlich **ein** Zurrgurt im Niederzurrverfahren mit einer Vorspannkraft (F_T) ≥ 314 daN zum Sichern gegen Kippen quer zur Fahrtrichtung angebracht werden.
- Der höhere Wert aller Berechnungen je nach Reibbeiwert ist nun für die Auswahl der benötigten Zurrmittel/Spannmittel heranzuziehen.

3883 daN > 1709 daN + 314 daN

432 daN > 0 daN + 314 daN

- Die beiden Vergleiche zeigen, dass die benötigte Vorspannkraft gegen Kippen und Rutschen quer zur Fahrtrichtung vernachlässigt werden kann, da in beiden Fällen die benötigte Vorspannkraft in Fahrtrichtung höher ist.

Fazit:

- Bei einem Reibbeiwert μ = 0,2 muss eine Vorspannkraft (F_T) von ≥ 3883 daN zum fachgerechten Sichern des Minibaggers aufgebracht werden. Für die Aufbringung dieser Vorspannkraft (F_T) sind **zehn** Zurrmittel mit einer max. erreichbaren Vorspannkraft (S_{TF}) = 400 daN notwendig (3883 : 400 ≈ 10).
- Ein Tandemanhänger mit einer zulässigen Gesamtmasse zGM ≤ 3,5 t hat 4 bzw. 6 Zurrpunkte, notwendig sind 20 Zurrpunkte.
- Wenn die Ladefläche und Laufwerksketten nicht besenrein sowie frei von Eis, Schnee und Frost sind (μ = 0,2), kann der Minibagger mit einem Gewicht von 2000 kg nicht auf einem Tandemanhänger mit einer zGM ≤ 3,5 t transportiert werden.

- Bei einem Reibbeiwert μ = 0,6 muss eine Vorspannkraft (F_T) von 432 daN zum fachgerechten Sichern des Minibaggers aufgebracht werden. Für die Aufbringung sind **zwei** Zurrmittel mit einer max. erreichbaren Vorspannkraft (S_{TF}) = 400 daN notwendig (432 : 400 ≈ 2).
- Bei zwei Zurrmitteln sind vier Zurrpunkte notwendig. Aufgrund der unsymmetrischen Form (z. B. Fahrerkabine, Grundarm) eines Minibaggers ist die fachgerechte Überspannung mit **zwei** Zurrgurten nicht möglich, da bei einem Tandemanhänger mit Grundausstattung die Zurrpunkte in den Außenecken angebracht sind.

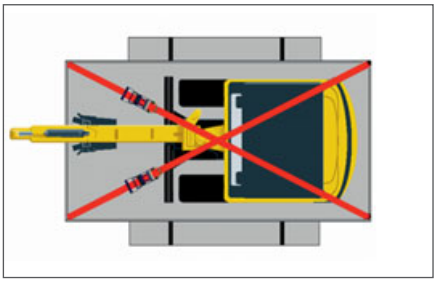


Bild 244: Mögliche Anordnung der Zurrgurte im Niederzurren über die Kabine des Minibaggers, entspricht aber nicht der Systematik des Niederzurrens. **Nicht zulässig!**

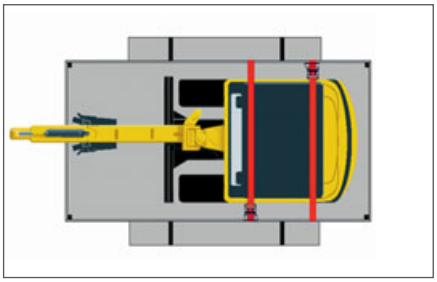


Bild 245: Mögliche Anordnung der Zurrgurte im Niederzurren über die Kabine des Minibaggers, hier sind aber **keine** Zurrpunkte vorhanden. **Nicht umsetzbar!**

Das Sichern des Minibaggers auf dem Tandemanhänger ist im Niederzurrverfahren selbst bei einer sauberen Ladefläche bzw. Gummi-Laufwerkskette nicht möglich.

Diagonalzurren

Beim Diagonalzurren sind die zulässige Zugkraft (LC) des Zurrmittels, hier 2500 daN, und die zulässige Zugkraft des Zurrpunktes (F_{LP}), hier 400 daN, zu beachten.

Bild 246: Kennzeichnung der Zurrpunkte am Fahrzeug bzw. Tandemanhänger

Bild 247: Kennzeichnung am Zurrgurt

Berechnung Diagonalzurrverfahren nach DIN EN 12195-1:2011

Nach der DIN EN 121195-1:2011 ist ein statischer Reibbeiwert für die Ermittlung der Rückhaltekräfte beim Direktzurren (z. B. Diagonalzurren) zu berücksichtigen (vgl. DIN EN 12195-1:2011 Tabelle B.1 im normativen Anhang B). Da bei den verschiedenen Fahrbewegungen des Fahrzeuges jedoch eine Dynamik vorhanden ist, muss der statische Reibbeiwert mit einem Umrechnungsfaktor in einen dynamischen Reibbeiwert umgerechnet werden. Bei allen Materialpaarungen, die aufeinander treffen, ist der Umrechnungsfaktor $f_\mu = 0{,}75$. Nur bei rutschhemmenden Mitteln aus Gummi beträgt der Umrechnungsfaktor $f_\mu = 1{,}0$.

Physikalische Werte	
$c_z = 1{,}0$	Beschleunigungsbeiwert vertikal (nach unten)
$c_{x(v)} = 0{,}8$	Beschleunigungsbeiwert in Fahrtrichtung (Bremsen / Verzögerung)
$c_{x(h)} = 0{,}5$	Beschleunigungsbeiwert entgegen der Fahrtrichtung (Anfahren / Beschleunigen)
$c_y = 0{,}5$	Beschleunigungsbeiwert einer standsicheren Ladung quer zur Fahrtrichtung (Rutschen)
$c_y = 0{,}6$	Beschleunigungsbeiwert einer kippgefährdeten Ladung quer zur Fahrtrichtung (Kippen)
$\mu = 0{,}2$	Reibbeiwert, bei verschmutzter Ladefläche / Laufwerkskette oder Schnee, Eis und Frost
$\mu = 0{,}6$	Reibbeiwert, bei sauberer Gummi-Laufwerkskette / Ladefläche (besenrein) oder rutschhemmendes Mitteln aus Gummi
$f_\mu = 0{,}75$	Umrechnungsfaktor Reibung unabhängig von den Materialpaarungen, außer rutschhemmenden Mitteln aus Gummi
$f_\mu = 1{,}0$	Umrechnungsfaktor Reibung bei rutschhemmenden Mitteln aus Gummi
$\alpha = 20°$	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
$\beta_{x1} = 45°$	Längszurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Längsachse (x-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche), bei Nutzung der Zugöse am Unterwagen als Befestigungspunkt und der Befestigungspunkte am Abstützschild (kreuzweises Diagonalzurren)
$\beta_{y1} = 45°$	Querzurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Querachse (y-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche)
$\beta_{x2} = 20°$	Längszurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Längsachse (x-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche), bei Nutzung der Befestigungspunkte am Fahrwerk und am Abstützschild (einfaches Diagonalzurren)
$\beta_{y2} = 70°$	Querzurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Querachse (y-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche)

F_G = 2000 daN	Gewichtskraft des Minibaggers
F_R	Rückhaltekraft
$F_{R(R)}$	Rückhaltekraft (Rutschen)
$F_{R(K)}$	Rückhaltekraft (Kippen)
F_{Rges}	Rückhaltekraft gesamt (Rutschen + Kippen)
F_{LP} = 400 daN	Maximale zulässige Zugkraft am Zurrpunkt des Tandemanhängers zGM ≤ 3,5 t
n = 2	Anzahl der Zurrmittel je Richtung

Variante 1:

Berechnung Diagonalzurrverfahren nach der DIN 12195-1:2011 bei Nutzung des Abstützschildes und kreuzweisem Diagonalzurren (β_{x1} = 45°)

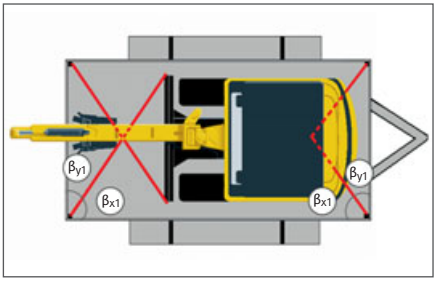
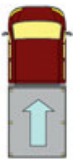


Bild 248: Schematische Darstellung der Diagonalverzurrung eines Minibaggers (kreuzweises Diagonalzurren an den Zurrpunkten des Abstützschildes und einfach Diagonalzurren an der Zugöse am Unterwagen)

Zuordnung der Hintergrundfarben nach Reibbeiwert

Reibbeiwert μ = 0,2 (f_μ = 0,75)	**Reibbeiwert μ = 0,6 (f_μ = 0,75)**	**Reibbeiwert μ = 0,6 (f_μ = 1,0)**
(verschmutzte Gummi-Laufwerkskette / Ladefläche nicht besenrein bzw. frei von Eis und Schnee oder bei Frost)	(saubere Gummi-Laufwerkskette / Ladefläche besenrein)	(Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi bei sauberer Laufwerkskette und besenreiner Ladefläche)

Benötigte Rückhaltekraft in Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert

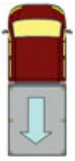


$$F_R = \frac{F_G\,(c_{x(v)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{x1} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}8 - 0{,}2 \times 0{,}75 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 45° + 0{,}2 \times 0{,}75 \times \sin 20°)} = 942\ \text{daN}$$

$$F_R = \frac{F_G\,(c_{x(v)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{x1} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}8 - 0{,}6 \times 0{,}75 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 45° + 0{,}6 \times 0{,}75 \times \sin 20°)} = 428\ \text{daN}$$

$$F_R = \frac{F_G\,(c_{x(v)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{x1} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}8 - 0{,}6 \times 1{,}0 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 45° + 0{,}6 \times 1{,}0 \times \sin 20°)} = 230\ \text{daN}$$

Benötigte Rückhaltekraft entgegen der Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert



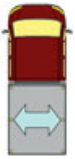
$$F_R = \frac{F_G\,(c_{x(h)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{x1} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}5 - 0{,}2 \times 0{,}75 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 45° + 0{,}2 \times 0{,}75 \times \sin 20°)} = 508\ \text{daN}$$

$$F_R = \frac{F_G\,(c_{x(h)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{x1} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}5 - 0{,}6 \times 0{,}75 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 45° + 0{,}6 \times 0{,}75 \times \sin 20°)} = 62\ \text{daN}$$

$$F_R = \frac{F_G\,(c_{x(h)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{x1} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}5 - 0{,}6 \times 1{,}0 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 45° + 0{,}6 \times 1{,}0 \times \sin 20°)} = 0\ \text{daN}$$

Benötigte Rückhaltekraft quer zur Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert

- Für einen standsicheren Minibagger mit verbreitertem Fahrwerk



$$F_{R(R)} = \frac{F_G\,(c_y - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{y1} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}5 - 0{,}2 \times 0{,}75 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 45° + 0{,}2 \times 0{,}75 \times \sin 20°)} = 508\ \text{daN}$$

$$F_{R(R)} = \frac{F_G\,(c_y - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{y1} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}5 - 0{,}6 \times 0{,}75 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 45° + 0{,}6 \times 0{,}75 \times \sin 20°)} = 62\ \text{daN}$$

$$F_{R(R)} = \frac{F_G\,(c_y - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{y1} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}5 - 0{,}6 \times 1{,}0 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 45° + 0{,}6 \times 1{,}0 \times \sin 20°)} = 0\ \text{daN}$$

- Für einen kippgefährdeten Minibagger, welcher z. B. kein verbreitertes Fahrwerk hat, muss **zusätzlich** eine Berechnung der Rückhaltekraft gegen Kippen im Diagonalzurrverfahren erfolgen.

$$F_{R(K)} = F_G \times \frac{c_y \times d - c_z \times b_y}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{y1} \times (s - t) + \sin\alpha \times (p - r))}$$

$$F_{R(K)} = 2000 \times \frac{0{,}6 \times 0{,}85 - 1{,}0 \times 0{,}40}{2\,(\cos 20° \times \cos 45° \times (0{,}20) + \sin 20° \times (0{,}80))} = 271\ \text{daN}$$

- Dieser berechnete Wert ($F_{R(K)}$ = 271 daN) muss nun mit der benötigten Rückhaltekraft quer zur Fahrtrichtung gegen Rutschen addiert werden. Das muss für alle Reibbeiwerte ausgeführt werden.

$$F_{Rges} = F_{R(R)} + F_{R(K)} = 508\ \text{daN} + 271\ \text{daN} = 779\ \text{daN}$$

$$F_{Rges} = F_{R(R)} + F_{R(K)} = 62\ \text{daN} + 271\ \text{daN} = 333\ \text{daN}$$

$$F_{Rges} = F_{R(R)} + F_{R(K)} = 0\ \text{daN} + 271\ \text{daN} = 271\ \text{daN}$$

- Der **höhere** Wert der Summe der Kräfte aus Rutschen und Kippen wird der Rückhaltekraft je nach Reibbeiwert gegenüber gestellt. Der größere Wert ist maßgebend für die Auswahl der Zurrmittel (LC) und die Überschreitung bzw. Einhaltung der zulässigen Zugkraft der Zurrpunkte (F_{LP}).

$F_{Rges}\,(F_{R(R)} + F_{R(K)}) < F_R$	$F_{Rges}\,(F_{R(R)} + F_{R(K)}) < F_R$	$F_R < F_{Rges}\,(F_{R(R)} + F_{R(K)})$
779 daN < 942 daN	333 daN < 428 daN	230 daN < 271 daN

Fazit:

- Die zulässige Zugkraft (LC) von 2500 daN (siehe Bild 99) der ausgewählten Zurrmittel ist ausreichend. Aber die Zurrpunkte des Tandemanhängers (zGM ≤ 3,5 t) mit einer zulässigen Zugkraft (F_{LP}) von 400 daN werden:
  - bei einem Reibbeiwert μ = 0,2 in alle Richtungen überlastet,
  - bei einem Reibbeiwert μ = 0,6 und f_μ = 0,75 in Fahrtrichtung überlastet (F_R = 428 daN). Es müssen zusätzliche Sicherungsmaßnahmen, z. B. Blockierung gegen die Stirnwand, durchgeführt werden.
- Bei einem Reibbeiwert μ = 0,6 und fμ = 1,0 (Verwendung rutschhemmender Mittel aus Gummi) werden die Zurrpunkte mit einer max. zulässigen Zugkraft (F_{LP}) von 400 daN des Tandemanhängers in keiner Fahrsituation überlastet.

  Der Minibagger kann somit sicher transportiert werden, wenn **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 271 daN verwendet werden.

Variante 2:

Berechnung Diagonalzurrverfahren nach der DIN 12195-1:2011 bei Nutzung des Abstützschildes und einfachem Diagonalzurren (β_{x2} = 20°)

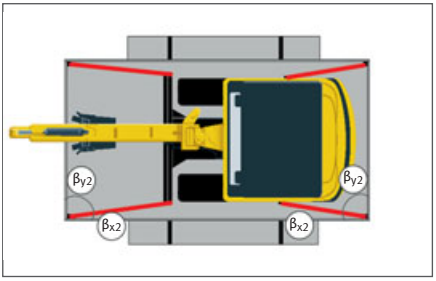
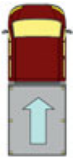


Bild 249: Schematische Darstellung der Diagonalverzurrung eines Minibaggers (einfaches Diagonalzurren an den Zurrpunkten des Abstützschildes und einfach Diagonalzurren an den Zurrpunkten am Fahrwerk)

Zuordnung der Hintergrundfarben nach Reibbeiwert

Reibbeiwert μ = 0,2 (f_μ = 0,75)	**Reibbeiwert μ = 0,6 (f_μ = 0,75)**	**Reibbeiwert μ = 0,6 (f_μ = 1,0)**
(verschmutzte Gummi-Laufwerkskette / Ladefläche nicht besenrein bzw. frei von Eis und Schnee oder bei Frost)	(saubere Gummi-Laufwerkskette / Ladefläche besenrein)	(Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi bei sauberer Laufwerkskette und besenreiner Ladefläche)

Benötigte Rückhaltekraft in Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert

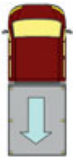


$$F_R = \frac{F_G\,(c_{x(v)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{x2} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}8 - 0{,}2 \times 0{,}75 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 20° + 0{,}2 \times 0{,}75 \times \sin 20°)} = 696\ \text{daN}$$

$$F_R = \frac{F_G\,(c_{x(v)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{x2} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}8 - 0{,}6 \times 0{,}75 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 20° + 0{,}6 \times 0{,}75 \times \sin 20°)} = 338\ \text{daN}$$

$$F_R = \frac{F_G\,(c_{x(v)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{x2} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}8 - 0{,}6 \times 1{,}0 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 20° + 0{,}6 \times 1{,}0 \times \sin 20°)} = 184\ \text{daN}$$

Benötigte Rückhaltekraft entgegen der Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert



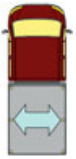
$$F_R = \frac{F_G\,(c_{x(h)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{x2} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}5 - 0{,}2 \times 0{,}75 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 20° + 0{,}2 \times 0{,}75 \times \sin 20°)} = 375\ \text{daN}$$

$$F_R = \frac{F_G\,(c_{x(h)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{x2} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}5 - 0{,}6 \times 0{,}75 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 20° + 0{,}6 \times 0{,}75 \times \sin 20°)} = 49\ \text{daN}$$

$$F_R = \frac{F_G\,(c_{x(h)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{x2} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}5 - 0{,}6 \times 1{,}0 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 20° + 0{,}6 \times 1{,}0 \times \sin 20°)} = 0\ \text{daN}$$

Benötigte Rückhaltekraft quer zur Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert

- Für einen standsicheren Minibagger mit verbreitertem Fahrwerk



$$F_{R(R)} = \frac{F_G\,(c_y - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{y2} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}5 - 0{,}2 \times 0{,}75 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 70° + 0{,}2 \times 0{,}75 \times \sin 20°)} = 940\ \text{daN}$$

$$F_{R(R)} = \frac{F_G\,(c_y - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{y2} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}5 - 0{,}6 \times 0{,}75 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 70° + 0{,}6 \times 0{,}75 \times \sin 20°)} = 106\ \text{daN}$$

$$F_{R(R)} = \frac{F_G\,(c_y - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{y2} + \mu \times f_\mu \times \sin\alpha)} = \frac{2000\,(0{,}5 - 0{,}6 \times 1{,}0 \times 1{,}0)}{2\,(\cos 20° \times \cos 70° + 0{,}6 \times 1{,}0 \times \sin 20°)} = 0\ \text{daN}$$

- Für einen kippgefährdeten Minibagger, welcher z. B. kein verbreitertes Fahrwerk hat, muss **zusätzlich** eine Berechnung der Rückhaltekraft gegen Kippen im Diagonalzurrverfahren erfolgen.

$$F_{R(K)} = F_G \times \frac{c_y \times d - c_z \times b_y}{n\,(\cos\alpha \times \cos\beta_{y2} \times (s - t) + \sin\alpha \times (p - r))}$$

$$F_{R(K)} = 2000 \times \frac{0{,}6 \times 0{,}85 - 1{,}0 \times 0{,}40}{2\,(\cos 20° \times \cos 70° \times (0{,}20) + \sin 20° \times (0{,}80))} = 326\ \text{daN}$$

- Dieser berechnete Wert ($F_{R(K)}$ = 326 daN) muss nun mit der benötigten Rückhaltekraft gegen Rutschen quer zur Fahrtrichtung addiert werden.

$$F_{Rges} = F_{R(R)} + F_{R(K)} = 940\ \text{daN} + 326\ \text{daN} = 1266\ \text{daN}$$

$$F_{Rges} = F_{R(R)} + F_{R(K)} = 106\ \text{daN} + 326\ \text{daN} = 432\ \text{daN}$$

$$F_{Rges} = F_{R(R)} + F_{R(K)} = 0\ \text{daN} + 326\ \text{daN} = 326\ \text{daN}$$

- Der **höhere** Wert der Summe der Kräfte aus Rutschen und Kippen wird der Rückhaltekraft je nach Reibbeiwert gegenüber gestellt. Der größere Wert ist maßgebend für die Auswahl der Zurrmittel (LC) und Überschreitung bzw. Einhaltung der zulässigen Belastung der Zurrpunkte (F_{LP}).

$F_R < F_{Rges}\ (F_{R(R)} + F_{R(K)})$	$F_R < F_{Rges}\ (F_{R(R)} + F_{R(K)})$	$F_R < F_{Rges}\ (F_{R(R)} + F_{R(K)})$
940 daN < 1266 daN	338 daN < 432 daN	184 daN < 326 daN

Fazit:

- Die zulässige Zugkraft (LC) von 2500 daN (siehe Bild 247) der ausgewählten Zurrmittel ist ausreichend. Aber:

  – Bei einem Reibbeiwert μ = 0,2 werden die Zurrpunkte des Tandemanhängers, mit einer maximal zulässigen Zugkraft (F_{LP}) von 400 daN in alle Richtungen überlastet (F_{Rges} = 1266 daN),

  – Bei einem Reibbeiwert μ = 0,6 und f_{μ} = 0,75 werden die Zurrpunkte mit einer maximal zulässigen Zugkraft (F_{LP}) von 400 daN quer zur Fahrtrichtung bei einem **nicht** standsicheren Minibagger überlastet (F_{Rges} = 432 daN).
  Es müssen zusätzliche Sicherungsmaßnahmen durchgeführt werden, z. B.:

  1. Herstellen der Standsicherheit durch Ausfahren des verbreiterbaren Fahrwerkes oder Niederzurren über die Fahrerkabine
     (432 daN (F_{Rges}) – 326 daN ($F_{R(K)}$) = **106 daN**)
     oder
  2. Verhindern des seitlichen Rutschens, z. B. durch formschlüssig gelegte Kanthölzer zwischen Laufwerkskette und den seitlichen Bordwänden (siehe Bild 91/92)
     (432 daN (F_{Rges}) – 106 daN ($F_{R(R)}$) = **326 daN**)

  – Wenn eine dieser zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen durchgeführt wurde, kann der Minibagger auf einer besenreinen Ladefläche und mit sauberen Gummi-Laufwerksketten sicher transportiert werden. Es müssen dann **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 338 daN verwendet werden.

- Bei der Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi (μ = 0,6 und f_{μ} = 1,0) werden die Zurrpunkte mit einer max. zulässigen Belastung (F_{LP}) von 400 daN des Tandemanhängers (zGM ≤ 3,5 t) in keiner Fahrsituation überlastet (F_{Rges} = 326 daN).
  Der Minibagger kann somit sicher transportiert werden, wenn **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 326 daN verwendet werden.

Hier erhalten Sie weitere Informationen

Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Berlin
Prävention

Präventions-Hotline der BG BAU: 0800 80 20 100 (gebührenfrei)

www.bgbau.de
praevention@bgbau.de

Fachliche Ansprechpartner für Ihren Betrieb vor Ort finden Sie im Internet unter www.bgbau.de – Ansprechpartner/Adressen – Prävention

Um die Kontaktdaten des Ansprechpartners der Prävention der BG BAU zu finden, können Sie ihn direkt über die Postleitzahl bzw. den Ortsnamen Ihrer Baustelle suchen.

Wenn Ihnen keine dieser Angaben vorliegt, haben Sie zusätzlich noch die Möglichkeit, sich über die Kartendarstellung zur Adresse Ihrer Baustelle „durchzuklicken“.

Auch dort finden Sie die entsprechenden Kontaktdaten.

Berufsgenossenschaft
der Bauwirtschaft

Hildegardstraße 29/30
10715 Berlin
www.bgbau.de

Abruf-Nr. 681