



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: 2021

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, Verloader	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	17
4.4 Rückhaltekraft und Vorspannkraft	18
5. Arten der Ladungssicherung	19
5.1 Die formschlüssigen Verfahren	19
5.2 Das kraftschlüssige Verfahren	20
6. Anforderungen an das Transportfahrzeug	21
6.1 Lastverteilungsplan	21
6.2 Schutz zwischen Fahrgastzelle und Laderaum	22
6.3 Belastbarkeit von Bordwänden	22
6.4 Zurrpunkte	23
7. Anforderungen an das Ladegut	28
7.1 Schüttgüter	28
7.2 Erd- und Straßenbaumaschinen	29
7.3 Stückgüter	31
7.4 Bildung von Ladeeinheiten	32
8. Zurrmittel	34
8.1 Zurrgurte	35
8.2 Zurrketten	39
8.3 Hinweise zu Prüfungen	41

9. Hilfsmittel zur Ladungssicherung	42
9.1 Kantenschoner, Kantengleiter	42
9.2 Netze	43
9.3 Rutschhemmendes Material (RHM)	45
9.4 Ladungssicherung für Lasten ohne Zurrpunkte	47
9.5 Füllhölzer, Paletten	48
9.6 Blockierbalken (Zwischenwandverschlüsse)	49
9.7 Transporte von langen Stückgütern	50
9.8 Zurrkraftrechner	52
9.9 Vorspannkraft-Messgeräte	54
10. Beispiele zur Ladungssicherung	55
10.1 Ladungssicherung eines Minibaggers auf einem Tandemanhänger	56
10.2 Ladungssicherung eines Steinpaketes	81
10.3 Ladungssicherung im Gerüstbau	103
10.4 Ladungssicherung beim Transport von Betonfertigteilen	126
10.5 Ladungssicherung im Facility-Management und bei Ausbaugewerken	132
11. Schlussbemerkungen/Fazit	155
12. Vorschriften-, Literatur- und Herstellerverzeichnis, Bildnachweis	156
12.1 Vorschriften und Regeln	156
12.2 Literaturverzeichnis	157
12.3 Herstellerverzeichnis	157
12.4 Bildnachweis	158
Anhang 1 Betriebsanweisung	159
Anhang 2 Checkliste zur Ladungssicherung	160
Anhang 3 Tabelle Niederzurren	162
Anhang 4 Tabelle Diagonalzurren	163
Anhang 5 Berechnung nach DIN EN 12195-1:2011-06	164

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.

„Berechnung 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 1-13 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“.

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



Bild 3

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

3. Verantwortlichkeit

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:



- 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.

Bild 7

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

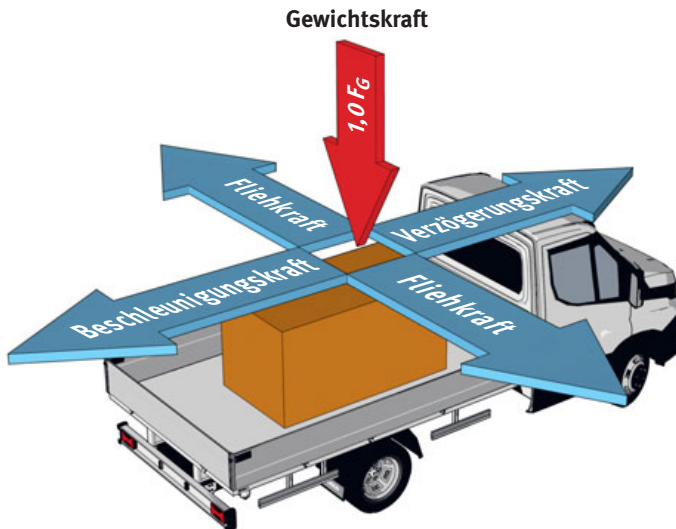
Bei der Ladungssicherung haben wir es mit Kräften (N) zu tun, obwohl die Ladung „nur wiegt“, d. h. eigentlich nur Masse (kg) ist.

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.



Die Normung hat für unterschiedlich schwere Fahrzeuge unterschiedliche Ansätze für die wirkenden Kräfte festgelegt. Diese sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Bild 8: Massekräfte im Fahrbetrieb

4. Physikalische Grundlagen zur Ladungssicherung

zGM	Verzögerungskraft in Fahrtrichtung (rutschen)	Beschleunigungskraft entgegen Fahrtrichtung (rutschen)		Fliehkraft (rutschen)	
		ohne kipppgefährdeter Ladung	mit kipppgefährdeter Ladung	ohne kipppgefährdeter Ladung	mit kipppgefährdeter Ladung
≤ 2,0 t	0,9 F _G	0,5 F _G	–	0,7 F _G	–
> 2 t bis ≤ 3,5	0,8 F _G	0,5 F _G	–	0,6 F _G	–
> 3,5 t	0,8 F _G	0,5 F _G	0,6 F _G	0,5 F _G	0,6 F _G

Tabelle 1: Größe der auftretenden Kräfte in Abhängigkeit der zGM

Wie wirken die auftretenden Kräfte?

- Bei einer Vollbremsung rutscht das Ladegut durch die wirkende Verzögerungskraft in Fahrtrichtung mit ca. dem 0,8-fachen bis 0,9-fachen seiner Gewichtskraft (F_G).
- Beim Anfahren rutscht das Ladegut durch die wirkende Beschleunigungskraft entgegen der Fahrtrichtung mit ca. dem 0,5-fachen seiner Gewichtskraft (F_G).
- In Kurven rutscht das Ladegut durch die wirkende Fliehkraft nach rechts bzw. links mit ca. dem 0,5-fachen bis 0,7-fachen seiner Gewichtskraft (F_G).

Bei kippgefährdeten Ladegütern ist zu berücksichtigen, dass das 0,1-fache der Gewichtskraft des Ladegutes zu den in Querrichtung wirkenden Fliehkräften bei Fahrzeugen > 3,5 zGM hinzu addiert werden muss. Es wirkt dann also das 0,6-fache der Gewichtskraft des Ladegutes (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.

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 (f_μ = 0,75) beim Direktzurren mit in den Berechnungen zu berücksichtigen sind. Bei der Verwendung von Antirutschmatten aus Gummimaterial, beträgt der Umrechnungsfaktor beim Direktzurren f_μ = 1,0.

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		–	DEKRA	
Gitterbox auf Siebdruckladeboden	0,25	–	–		
Verschmutzte Gummireifen auf Stahladebläche	ca. 0,3	0,1 – 0,2	–		
Saubere Gummireifen auf Stahladebläche	ca. 0,4	–	–	DIN EN 12195 Blatt 1:2011	
Schnittholz, auf					
• 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 2: Reibbeiwert „ μ “ in Abhängigkeit der Materialpaarung

4. Physikalische Grundlagen zur Ladungssicherung

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

Die angegebenen Werte in der Tabelle gelten nur, für trockene oder nasse Oberflächen, welche rein und frei von Eis, Öl und Fett sind. Die in der Tabelle 2 angegebenen Reibbeiwerte gelten nur für trockene oder nasse Berührungsflächen, welche besenrein sowie frei von Frost, Eis und Schnee sind. Sind sie das nicht, darf für die Berechnungen im Straßentransport nur ein Reibbeiwert von maximal $\mu = 0,2$ verwendet werden.

Bei der Verwendung von rutschhemmenden Mitteln, welche nicht aus Gummimaterial bestehen, 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 Anti-Rutschmatten muss der Kontakt des Ladegutes mit der Ladefläche verhindert werden. Dies muss auch bei einer eventuellen Durchbiegung des Ladegutes gewährleistet sein. Die Anti-Rutschmatten sollten ca. 2,0 cm unter dem Ladegut hervorschauen.



Bild 9: Einsatz einer Anti-Rutschmatte unter der Bandage 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.

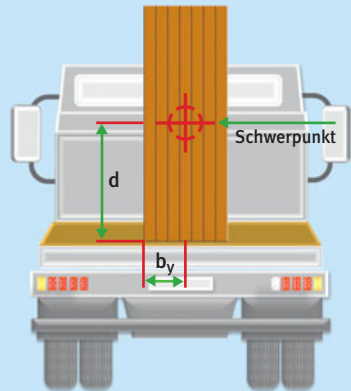
Standsicherheit

Beispiel Holzkiste (Quer zur Längsachse)

- Abmessungen ($h \times b$) 2,0 m \times 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 $c_y \times d$
 - 0,4 m ist **kleiner** als $0,6 \times 1,0 \text{ m} = 0,6 \text{ m}$
- dann ist die Holzkiste **nicht** standsicher.



Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen gegen Kippen sind notwendig!

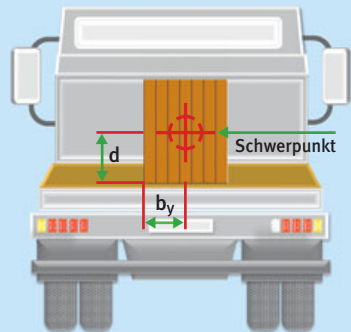
Standsicherheit

Beispiel Holzkiste (Quer zur Längsachse)

- Abmessungen ($h \times b$) 0,8 m \times 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 $c_y \times d$
 - 0,4 m ist **größer** als $0,6 \times 0,4 \text{ m} = 0,24 \text{ m}$
- dann ist die Holzkiste standsicher.



Nur Sicherungsmaßnahmen gegen Rutschen sind notwendig!

Bild 11: Standsicherheitsüberprüfung

4. Physikalische Grundlagen zur Ladungssicherung

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

4.4 Rückhaltekraft und Vorspannkraft

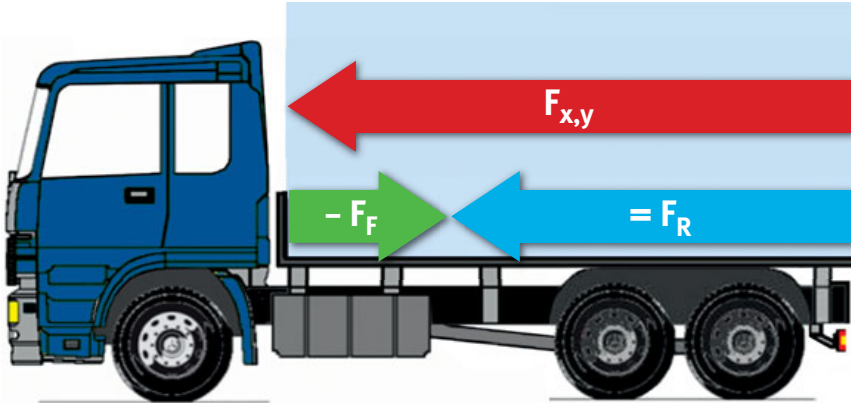


Bild 12: Bildliche Darstellung der Kräfte

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



Die Vorspannkraft (S_{TF}) kann nur mittels Spannungselement 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, Direktzurren (Diagonal-, Schräg- bzw. Horizontalzurren, Umreifungszurren und Kopfschlingenzurren).



Bild 14: Festsetzen an der Trennwand im Kastenfahrzeug mit Umreifungszurren an einer Zurrutsche



Bild 15: Festsetzen an der Stirnwand kombiniert mit Kopfschlingenzurren



Bild 16: Sicherung durch Keile



Bild 17: Horizontalzurren

5. Arten der Ladungssicherung



Bild 18: Kopfschlingenzurren



Bild 19: Diagonalzurren mit Textil-Zurrketten aus Dyneema

Leichte grobere Ladegüter wie zum Beispiel Baumschnitt, ein Styroporpaket, ein Paket Mineralfaserwolle usw. müssen gegen herabwehen durch den Fahrtwind z. B. mit Abdecknetzen und feinkörnige Ladegüter wie zum Beispiel Sand, Kies usw. mit Abdeckplanen gesichert werden (vgl. Kap. 7.1).



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

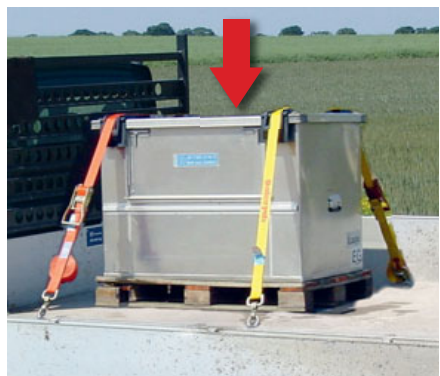


Bild 21: Abdeckung mit Plane, formschlüssige Sicherung für leichte Ladung, welche herunterwehen könnte

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 22: 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.

Die zusätzliche Belastung muss unter der Kurve liegen.

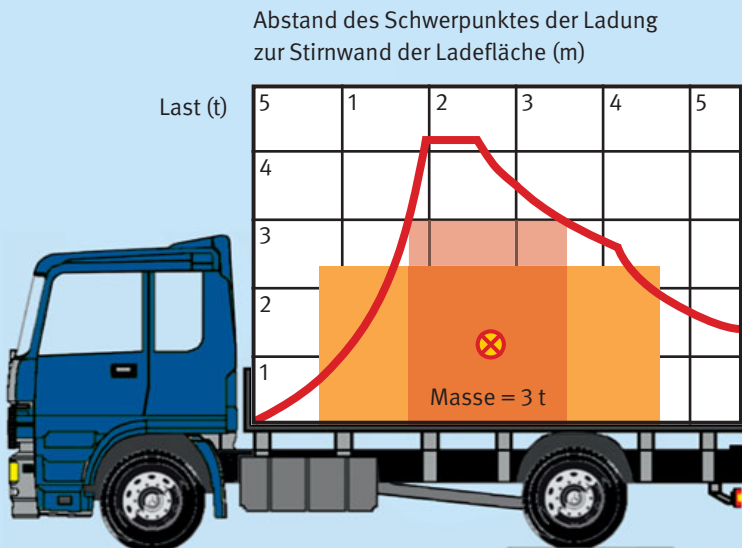


Bild 23: Lastverteilungsplan; in diesem Beispiel muss beim Transport der Kiste mit 3 t der Abstand des Schwerpunktes von der Stirnwand zwischen 1,8 und 3,5 m liegen.

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 24: Trenngitter zwischen Fahrgastzelle und Laderaum



Bild 25: 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 $\geq 3,5$ t (DIN EN 12642:2017-03)

Tabelle 3: Belastbarkeit von Bordwänden bei Fahrzeugen von mehr als 3,5 t Gesamtmasse



Bild 26: 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 27 und 28: „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:

6. Anforderungen an das Transportfahrzeug

**§22 (1) der Unfallverhütungsvorschrift „Fahrzeuge“ (DGUV Vorschrift 70)
„Pritschenaufbauten ... müssen mit Verankerungen für Zurrmittel zur Ladungs-
sicherung ausgerüstet sein.“**

Fahrzeuge mit Pritschenaufbauten sollten nach der DIN EN 12640:2020-05 hergestellt werden. Diese Norm ersetzt die DIN EN 12640:2001-01 und gilt jetzt auch für Fahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse bis einschließlich 3,5 t, welche vorher von der DIN 75410-1:2003-07 „Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen – Teil 1: Zurrpunkte an Nutzfahrzeugen zur Güterbeförderung mit einer zulässigen Gesamtmasse bis 3,5 t; Mindestanforderungen“ erfasst wurden.

Die neue DIN EN 12640:2001-01 erfasst aber keine Kastenfahrzeuge (Kleintransporter) welche von der DIN ISO 27956:2011-11 „Straßenfahrzeuge – Ladungssicherung in Lieferwagen (Kastenwagen) – Anforderungen und Prüfmethode“ erfasst werden.

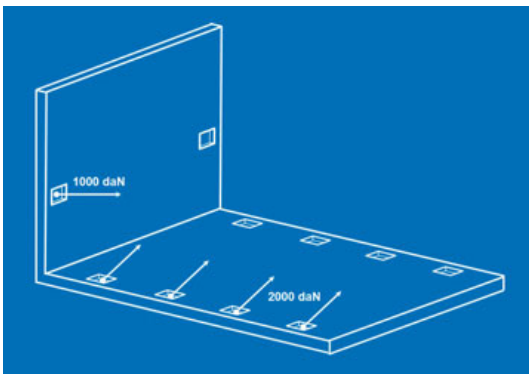
Die Belastbarkeit der Zurrpunkte ist abhängig vom Fahrzeugtyp und in der Regel auch von der zulässigen Gesamtmasse des Fahrzeuges bzw. Anhängers (siehe Tabelle 4).

Die Anzahl der Zurrpunkte ist abhängig von:

1. Länge der Ladefläche
2. Nutzlast des Fahrzeuges
3. aufnehmbare Zurrkraft der vorhandenen Zurrpunkte

Es müssen mindestens 2 Zurrpunktpaare auf der Ladefläche vorhanden sein.

Der Abstand der Zurrpunkte untereinander darf max. 1000 mm (Ausnahme im Bereich über den Fahrzeugachsen mit max. 1200 mm) und von der Stirn- und Heckwand max. 500 mm betragen. Von den seitlichen Bordwänden darf der Abstand max. 250 mm betragen.



Kennzeichnung von Zurrpunkten siehe Bild 29. Wenn der Winkelbereich von 5° bis 85° abweichen sollte, muss das der Hersteller auf der Kennzeichnung angeben.

Bild 29: Kennzeichnung von Zurrpunkten nach DIN EN 12640:2020-05 für einen zulässigen vertikalen Zurrwinkel (α) mindestens 5° bis 85°

Fahrzeugtyp	Norm	Zulässige Gesamtmasse (zGM) in t	Zulässige Zugkraft (F_{LP}) in daN	
Pkw, Pkw-Kombi, Mehrzweck-Pkw	DIN ISO 27955:2012-01	unabhängig	$F_{LP}=1/2 \times P \times g$	$300 \leq 350$
Kastenwagen	DIN ISO 27956:2011-11	$\leq 2,5$	$F_{LP}=1/2 \times P \times g$	$300 \leq 400$
		$> 2,5 \leq 5,0$	$F_{LP}=1/3 \times P \times g$	$350 \leq 500$
		$> 5,0 \leq 7,5$	$F_{LP}=1/4 \times P \times g$	$350 \leq 800$
Pritsche, Anhänger	DIN EN 12640:2020-05 (für Fahrzeuge ab 06/2020)	$\leq 0,75$		400
		$> 0,75 \leq 3,5$		600
Lkw (Ladefläche)	DIN EN 12640:2001-01 (für Fahrzeuge bis 05/2020)	$> 0,35 \leq 7,5$		800
		$> 0,75 \leq 12$		1000
Lkw (Stirnwand)	DIN EN 12640:2020-05 (für Fahrzeuge ab 06/2020)	> 12		2000
		unabhängig		1000

Tabelle 4: Belastbarkeit von Zurrpunkten

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.



Bild 30: Beispiel der Kennzeichnung von Zurrpunkten

6. Anforderungen an das Transportfahrzeug

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 31: Einzel-Zurrpunkte in der Stirnwand bzw. Lade­fläche eines Drei-Seiten-Kippers



Bild 32 und 33: Dreiseitenkipper, vom Hersteller mit Zurrpunkten ausgerüstet

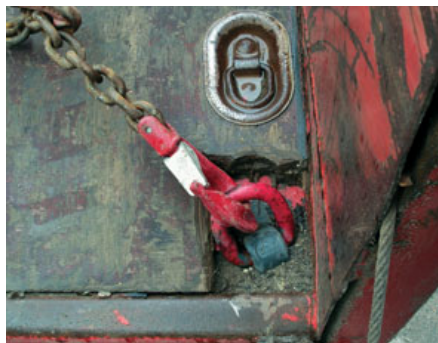


Bild 34 und 35: Dreiseitenkipper, Zurrpunkte nach Angaben der Anwender vom Hersteller/Aufbauer nachgerüstet

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



Bild 36: 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 37: Kennzeichnung und Belastbarkeit der Zurrpunkte an einem Tieflader



Bild 38 und 39: 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 40: Schüttgut nicht gesichert



Bild 41: 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 42: Kennzeichnung eines Zurrpunktes an einem Raupenbagger

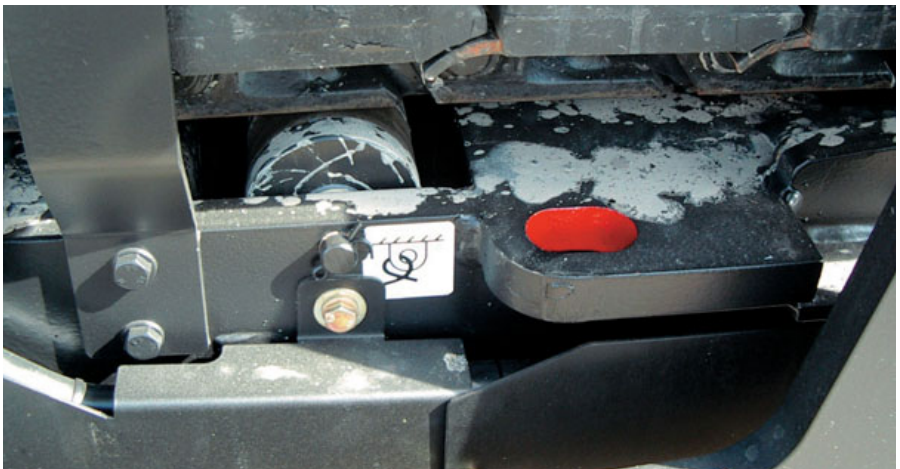


Bild 43: Kennzeichnung eines Zurrpunktes an einem Straßenfertiger

7. Anforderungen an das Ladegut

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 vorhanden sind, müssen geeignete Zurrpunkte fachgerecht nachgerüstet werden.



Bild 44: 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 45: 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 46: Transport von Betonfertigteilen

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

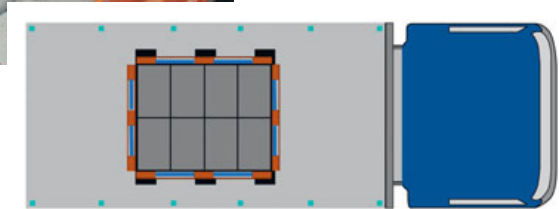
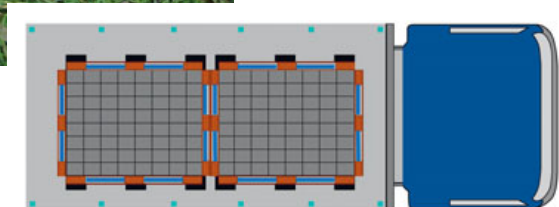


Bild 48: Eine Verpackung mittels Umreifungsbändern ersetzt nicht die Bildung einer Ladeeinheit.

Bild 49: Bildung von Ladeeinheiten der Betonfertigteile aus Bild 48 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 50: 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.

Eine Neuentwicklung gibt es im Bereich der Zurrketten. Hier wurden Zurrketten aus einem hochfesten Textilstoff (Dyneema) hergestellt. Dieses Material verbindet zum einen das leichte Gewicht eines Zurrgurtes und die hohen Zugkräfte einer Zurrkette. Für den Nutzer ergibt das eine geringere körperliche Belastung beim Umgang mit dem Zurrmittel.

Bild 53: Zurrkette aus Dyneema mit Ratschenspanner



Bild 51: Zurrkette mit Spannelement (Ratschenspanner) und Verkürzungsklaue

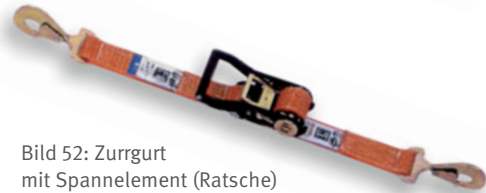


Bild 52: Zurrgurt mit Spannelement (Ratsche)

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 54: Kennzeichnung am Festende eines Zurrgurtes

8. Zurrmittel

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. Am Markt sind Zurrgurte mit einer Zurrkraft im geraden Zug bis 10000 daN (LC) erhältlich.
- 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 Vorspannkraften 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 Vorspannkraften von S_{TF} 1000 daN erreicht werden können.

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



Bild 55: Zurrgurte dürfen keine CE-Kennzeichnung 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 56: Nicht zulässiges Knoten von Zurrgurten



Bild 57: 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.

8. Zurrmittel



Bild 58: Eingerissener Zurrgurt



Bild 59: Nicht lesbare Kennzeichnung am Zurrgurt



Bild 60: Zurrgurt ohne eindeutig lesbare Kennzeichnung

8.2 Zurrketten

Als Zurrketten dürfen nur kurzgliedrige Rundstahlketten der Güteklasse 8 und höherwertig eingesetzt werden. Der Einsatz erfolgt überwiegend im Schwerlastbereich. Am Markt sind Zurrketten aus Stahl der Güteklasse 8 bis 12 mit einer Zurrkraft im geraden Zug (LC) von 2100 daN bis 25000 daN erhältlich.

Die neue Textil-Zurrkette aus dem hochfesten Dyneema ist bis 16000 daN erhältlich, hat jedoch zum einfachen Handling eine Gewichtersparnis von bis zu 80%.

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



Bild 51: Beispielhafte Kennzeichnung von Zurrketten der Güteklasse 10

8. Zurrmittel

- 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.



Bild 62: 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 63: 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, Verloader 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.

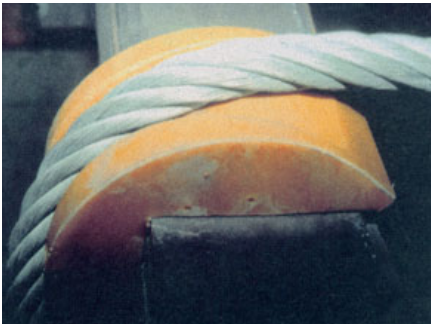
Bewährte Praxis ist, die Zurrmittel mindestens einmal jährlich durch eine zur Prüfung befähigte Person (Sachkundigen) prüfen zu lassen. Diese Prüfung ist zu dokumentieren, z. B. mit einer Prüfplakette auf der Rückseite der Zurrgurtkennzeichnung. In Zweifelsfällen sind die Zurrmittel außer Betrieb zu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

9. Hilfsmittel zur Ladungssicherung

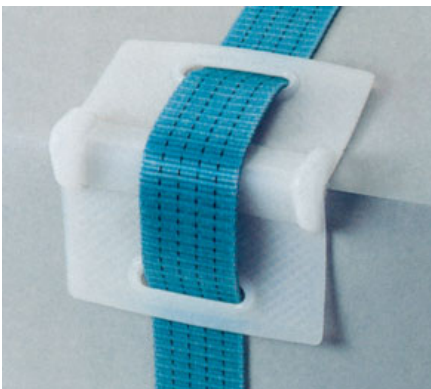
9.1 Kantenschoner, Kantengleiter



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 Zurrmittel 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.

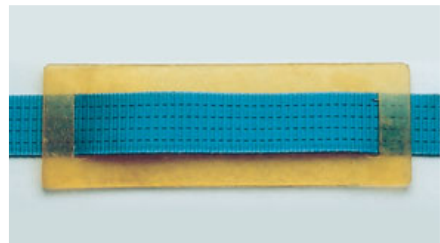


Bild 64 bis 67: Beispiele von Kantenschonern und Kantengleitern

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 68: 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.

9. Hilfsmittel zur Ladungssicherung



Bild 69: Verwendung von Ladungssicherungsnetzen



Bild 70: Verwendung eines vertikalen Ladungssicherungsnetzes

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) verwendet werden. 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,
- das RHM ca. 2 cm unter dem Ladegut heraus-schauen sollte, damit bei Kippbewegungen die Ladung immer noch auf dem RHM steht,
- das RHM dem Gewicht / der Belastung des Ladegutes standhalten muss, z. B. Schwerlast-antirutschmatte.

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

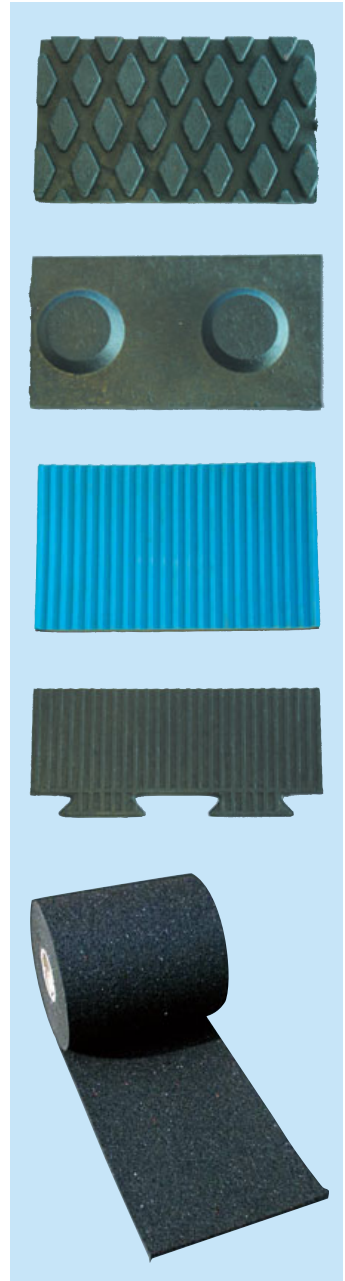


Bild 71: Verschiedene Arten von RHM

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 72: 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 Rundschnlingen (Kopflashing)

Durch die Verwendung von Rundschnlingen 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.

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



Bild 73: Sicherung eines Steinpaketes auf der Ladefläche durch Rundschnlingen als Kopflaschen sowie RHM-Materialien unter der Einwegpalette



Bild 74: Mittels Paletten formschlüssige Sicherung durchgeführt

9. Hilfsmittel zur Ladungssicherung



Bild 75 und 76: 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 77: 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 78: Blockierbalken



Bild 79 und 80: 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 81 bis 83: Transport von langen Ladegütern



Bild 84 und 85: Kennzeichnung der zulässigen Belastung

Zu beachten ist, dass die zulässige Belastbarkeit dieser Aufbauten und die Außenmaße des Transportfahrzeuges nicht überschritten werden.

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.

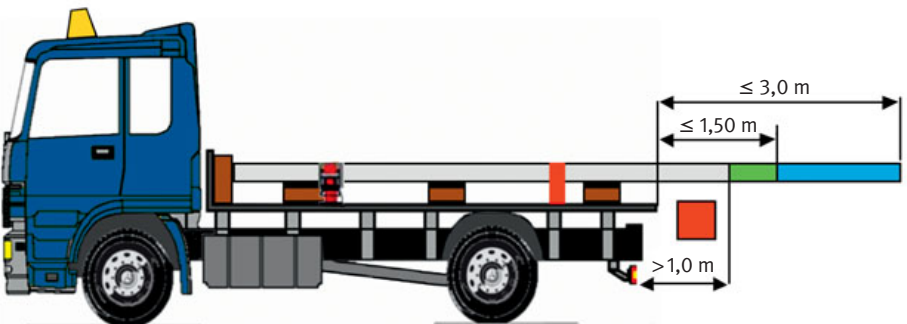


Bild 86: Längenüberschreitung eines Transportfahrzeuges

9.8 Zurrkraftrechner

Damit sich die Verloader 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.

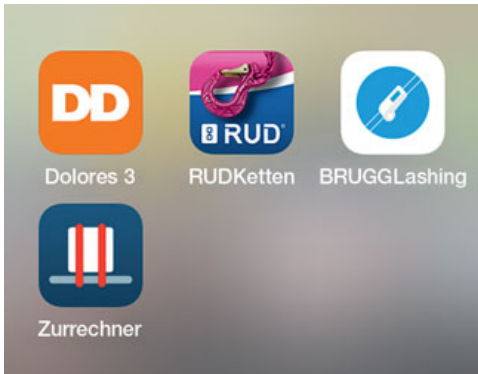


Bild 87: Apps von Zurrkraftrechnern verschiedener Hersteller

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.

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 88: Zurrmittelrechner Fa. Braun-SiS



Bild 89: Schablone „Trucker-Disc“ zur Ermittlung der Anzahl der erforderlichen Zurrmittel



Bild 90: Vertikal- und Horizontal Winkelmesser zur Winkelbestimmung für die Ermittlung der Anzahl der erforderlichen Zurrmittel aus der Tabelle oder mit Hilfe der abgebildeten „Trucker-Disc“

Ähnliche Hilfsmittel bieten auch folgende Firmen an:

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

9. Hilfsmittel zur Ladungssicherung

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 91 und 92:
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 92: 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_{Tp}) 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 **Zurmittelrechner** von Braun-SIS
 - mit einer **APP** von Spanset
- Berechnungen im Diagonalzurrverfahren
 - mit einer **Tabelle** als Hilfsmittel (Anhang 4)
 - mit dem **Zurmittelrechner** 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	$F_G = 2000 \text{ daN}$	Gewichtskraft des Minibaggers (Masse = 2000 kg)
Tandemanhänger	$m = 3,5 \text{ t}$	zulässige Gesamtmasse (zGM)
	$F_{LP} = 400 \text{ daN}$	zulässige Zugkraft der Zurrpunkte (Achtung Herstellerangaben beachten)

Standsicherheit

Weiterhin muss überprüft werden, ob der Minibagger während des Transportes stand-sicher oder kippgefährdet ist. Ist er kippgefährdet, muss dies eventuell bei der Ladungs-sicherung 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	
$w = 0,80 \text{ m} / 1,32 \text{ m}$	Breite Standardfahrwerk / Breite bei hydraulisch verbreiterbarem Fahrwerk
$d = 0,85$	Höhe des Schwerpunktes
$b_y = 0,40 \text{ m} / 0,66 \text{ m}$	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 $0,6 \times 0,85 \text{ m} = 0,51 \text{ m}$

ist der Minibagger **nicht** standsicher.

Sicherungsmaßnahmen gegen Kippen und gegen Rutschen sind notwendig!

Bild 93: Kippgefährdeter Minibagger

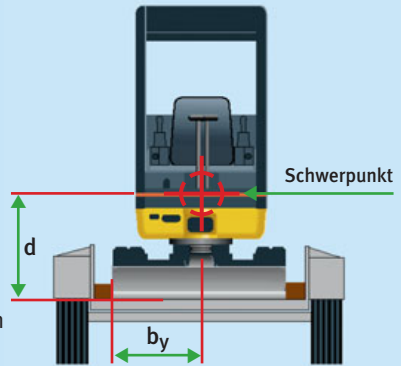
Standsicherheit

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 $0,6 \times 0,85 \text{ m} = 0,51 \text{ m}$ dann ist der Minibagger standsicher.



Nur Sicherungsmaßnahmen gegen Rutschen sind notwendig!

Bild 94: 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 95) und die zulässige Belastung des Zurrpunktes (F_{LP}) des Transportmittels (Bild 96), hier jeweils 400 daN, zu beachten.

S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN
 S_{TF} = Normale Vorspannkraft
 LC 2500 daN
 S_{HF} = 50 daN
 S_{TF} = 400 daN
 EN 12195-2
 Werkstoff: PES
 Herstelljahr 2018

MUSTERMANN
 VDI 2701
 DD / AV-Nr.: xxxxx



LC $\overleftrightarrow{2500}$ daN



LC $\overleftrightarrow{5000}$ daN

Nicht heben, nur zurren!
 Dehnung < 5%

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.

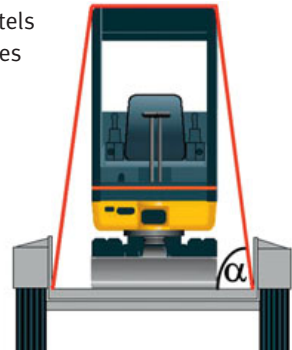


Bild 95: Kennzeichnung Zurrmittel

Bild 96: Kennzeichnung Zurrpunkte am Fahrzeug bzw. Tandemanhänger

Bild 97: 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
$\alpha = 75^\circ$	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 ($\mu = 0,2$)

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 ($\mu = 0,2$)

Nutzlast in t	Winkel in °	1					2					3					4					5									
		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																														
erreichbare Vorspannkraft	S_{TF}	Anzahl der benötigten Zurrmittel																													
$S_{TF} = 250 \text{ daN}$	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						
$S_{TF} = 400 \text{ daN}$	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 $S_{TF} = 400 \text{ daN}$

Fazit:

- Es müssen zum Niederzurren des Minibaggers bei einem Reibbeiwert $\mu = 0,2$ 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 ($\mu = 0,6$)

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 $S_{TF} = 250$ 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

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 $\mu = 0,6$ 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 Niederzurverfahren gegen Rutschen mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SIS) bei einem vorhandenen Reibbeiwert von $\mu = 0,2$ und $0,6$



Bild 98: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Niederzurren

Bedienungsanleitung

- Mit dem integrierten Winkelmesser den Winkel α bestimmen (s. Illustration oben).
- Den Schieber herausziehen, bis das entsprechende Ladegewicht erscheint.
- Den Reibbeiwert μ aus der Tabelle **1** ermitteln (Oberflächen der Ladefläche und der Ladung).
- Die benötigte Gesamtvorspannkraft für den entsprechenden Reibbeiwert und den ermittelten Winkel α ablesen.
- Mittels der Gesamtvorspannkraft ergibt sich aus Tabelle **2** die benötigte Menge an Zurrmitteln.
- Bei mehr als 10000 daN benötigter Vorspannkraft empfiehlt sich Direktzurren.

TIPP vom Profi: Um das Erreichen des benötigten Vorspannkraft-Wertes zu kontrollieren, empfehlen wir unser Handkraftmessgerät SpannControl. Mehr Info's unter www.braun-sis.de

Wirkung des Niederzurrens:

Hier wird die Ladung an die Ladefläche gepresst. Ziel ist es, die Reibung der Ladung mit dem Untergrund so zu erhöhen, dass nichts mehr verrutschen kann.

Hier ist die Vorspannkraft STF der Ratsche entscheidend, nicht die zulässige Zugkraft LC.

Sorgen Sie dafür, dass die Ladung an der Stirnwand ansteht oder durch Blockaden (Paletten) formschlüssig mit ihr verbunden ist. Vermeiden Sie Ladelücken. Beachten Sie, dass immer mindestens 2 Zurrmittel verwendet werden müssen.

1 Anzahl Zurrmittel

Vorspannkraft (F)	St 100 daN	St 120 daN	St 150 daN	St 200 daN
bis 1000 daN	2	2	3	4
bis 2000 daN	4	4	5	7
bis 3000 daN	5	6	8	10
bis 4000 daN	7	8	10	14
bis 5000 daN	9	10	13	17
bis 6000 daN	10	12	15	20
bis 7000 daN	12	14	18	24
bis 8000 daN	14	16	20	27
bis 9000 daN	15	18	23	30
bis 10000 daN	17	20	25	34
bis 11000 daN	19	22	28	37
bis 12000 daN	20	24	30	40
bis 13000 daN	22	25	33	44
bis 14000 daN	24	28	35	47
bis 15000 daN	25	30	38	50

Farberklärung

■ Empfohlen
 ■ Möglich
 ■ Nicht Empfohlen

Bild 99: Rückseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

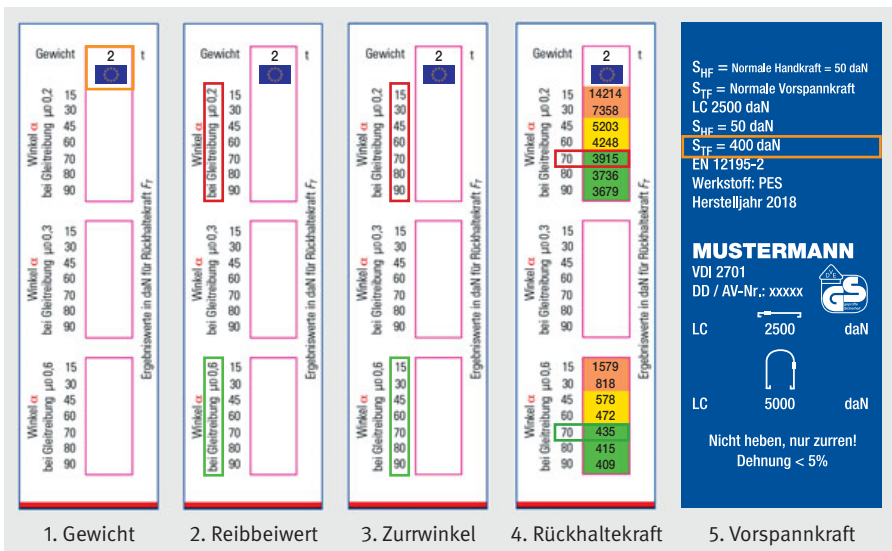
Vorgehensweise:

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

- Das Gewicht des zu transportierenden Minibaggers muss der allgemeinen Betriebs-erlaubnis (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.
- Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist $\mu = 0,2$ (rot) bzw. $\mu = 0,6$ (grün). Dieser Wert steht am linken Rand des obersten bzw. untersten Feldes.
- 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.

10.1 Ladungssicherung eines Minibaggers auf einem Tandemanhänger

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 $\mu = 0,2$ (3915 daN : 400 daN ≈ 10)
 - bei $\mu = 0,6$ (435 daN : 400 daN ≈ 2)



Fazit:

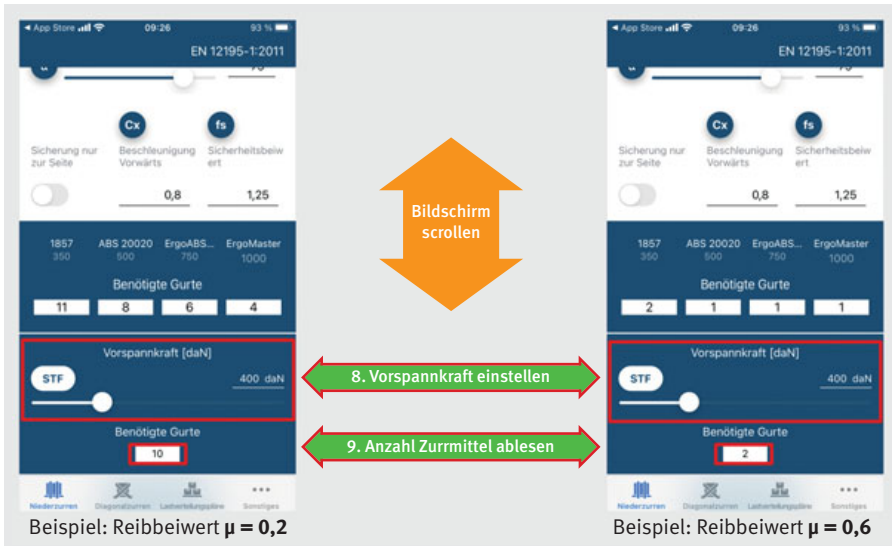
- Es müssen zum fachgerechten Sichern des Minibaggers mit einem Gewicht von 2000 kg bei einem Reibbeiwert von
 - $\mu = 0,2$ mindestens **zehn** Zurrmittel
 - $\mu = 0,6$ mindestens **zwei** Zurrmittel
 mit einer Vorspannkraft (S_{TF}) von 400 daN verwendet werden.
- 10 Zurrmittel benötigen 20 Zurrpunkte, 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 $\mu = 0,2$ und $\mu = 0,6$

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



10.1 Ladungssicherung eines Minibaggers auf einem Tandemanhänger



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

Vorgehensweise:

1. Ladungssicherung auswählen
2. Norm DIN EN 12195-1:2011 auswählen
3. Niederzurren auswählen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 2000 kg
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen $\mu = 0,2$ bzw. $\mu = 0,6$
6. Vertikalen Zurrwinkel (α) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 75°
7. Anzahl der Zurrmittel bei 350 ablesen oder runter scrollen
8. Vorspannkraft $S_{TF} = 400$ daN durch Schieberegler bzw. manuell eingeben
9. Anzahl der Zurrmittel ablesen

Fazit:

- Es müssen zum fachgerechten Sichern des Minibaggers mit einem Gewicht von 2000 kg bei einem Reibbeiwert von
 - $\mu = 0,2$ mindestens **zehn** Zurrmittel
 - $\mu = 0,6$ mindestens **zwei** Zurrmittelmit 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 $\mu = 0,6$, 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 100: 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 101: 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
$\alpha = 20^\circ$	Zurrwinkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
$\beta_{x1} = 45^\circ$	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)
$\beta_{x2} = 20^\circ$	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)
$F_G = 2000 \text{ daN}$	Gewichtskraft des Minibaggers
$F_{LP} = 400 \text{ daN}$	Maximale zulässige Zugkraft am Zurrpunkt des Tandemanhängers $zGM \leq 3,5 \text{ t}$

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 $\alpha = 20^\circ$ und der horizontale Zurrwinkel $\beta_{x1} = 45^\circ$ bzw. $\beta_{x2} = 20^\circ$.

10.1 Ladungssicherung eines Minibaggers auf einem Tandemanhänger

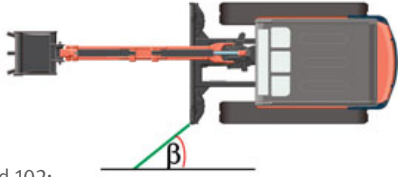


Bild 102:
Horizontaler Zurrwinkel (β)



Bild 103:
Vertikaler Zurrwinkel (α)

Zuordnung der Hintergrundfarben zu den vorhandenen Reibbeiwerten

Reibbeiwert $\mu = 0,2$
($f_{\mu} = 0,75$)
(verschmutzte
Gummi-Laufwerkskette/
Ladefläche nicht besenrein
bzw. frei von Eis und
Schnee oder bei Frost)

Reibbeiwert $\mu = 0,6$
($f_{\mu} = 0,75$)
(saubere Gummi-
Laufwerkskette/
Ladefläche besenrein)

Reibbeiwert $\mu = 0,8$
($f_{\mu} = 1,0$)
(Verwendung von rutsch-
hemmenden 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					
	$\mu = 0,6$	$\mu = 0,6$	$\mu = 0,55$	$\mu = 0,45$	$\mu = 0,3$	$\mu = 0,2$
	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 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					
	$\mu = 0,6$	$\mu = 0,6$	$\mu = 0,55$	$\mu = 0,45$	$\mu = 0,3$	$\mu = 0,2$
	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 750 daN.

10.1 Ladungssicherung eines Minibaggers auf einem Tandemanhänger

Gewicht der Ladung in t	Zur Sicherung der Ladung mit 4 Zurrmitteln und einer zulässigen Zugkraft (LC) im direkten Strang von je (daN)					
	Reibbeiwert					
	$\mu = 0,6$ mit $f_{\mu} = 1,0$	$\mu = 0,6$	$\mu = 0,55$	$\mu = 0,45$	$\mu = 0,3$	$\mu = 0,2$
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 ($zGM \leq 3,5 t$) 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 $\mu = 0,2$ bzw. $\mu = 0,6$ bei einem horizontalen Zurrwinkel $\beta_{x1} = 45^\circ$



Bild 104: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Vorgehensweise

Um die Anzahl und den Typ der benötigten Zurrzute zu berechnen, benötigen Sie:

- das **Ladegewicht**
- Kenntnis über **Art und Form der Ladegüter**, daraus ergeben sich die Sicherungsarten **Direktzurren** oder **Niederzurren**
 - Direktzurren finden Sie auf den Seiten ② + ③
 - Niederzurren finden Sie auf der Seite ④
- den **Reibbeiwert μ**
- den **Winkel α** beim Niederzurren, die **Winkel α** und **β** beim Direktzurren

Direktzurren

Wirkung des Direktzurrens:
Beim Schräg- oder Direktzurren wird die Ladung direkt mit dem Fahrzeug verbunden. Die Zurrmittel müssen nur handfest gespannt werden.

Hier ist die zulässige Zugkraft LC des Gurtes entscheidend, und nicht die Vorspannkraft der Ratsche.

Kontrolle
Zurrzute müssen vor jedem Einsatz auf Beschädigungen überprüft werden.
Nur technisch einwandfreie Zurrzute benutzen!

1 Reibbeiwerte μ

Schleifholz auf	Wert	Stahl und Metall auf	Wert
Schleifholz/Spertholz	0,45	Schleifholz/Spertholz	0,40
geriffeltes Aluminium	0,4	geriffeltes Aluminium	0,3
Schweißblech	0,3	Stahlblech	0,2
Stahlblech	0,2		

2

Niederzurren auf	Wert	Stahl und Metall auf	Wert
Schleifholz/Spertholz	0,3	Ries- / Schweißblechen	0,7
geriffeltes Aluminium	0,25	Stahl- / Schweißblechen	0,55
Schleifholz	0,2		
geriffeltes Aluminium	0,15		
Stahlblech	0,15		

3 Anzahl Zurrmittel, immer 4 Stück

Rückhaltekraft F_R	750	1000	2500	2500	5000	10000	2010	2013
bis 750 daN	x	x	x	x	x	x	x	x
bis 1000 daN	x	x	x	x	x	x	x	x
bis 2500 daN	x	x	x	x	x	x	x	x
bis 2500 daN	x	x	x	x	x	x	x	x
bis 5000 daN	x	x	x	x	x	x	x	x
bis 9300 daN	x	x	x	x	x	x	x	x
bis 10000 daN	x	x	x	x	x	x	x	x

Bild 105: Obere Innenseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

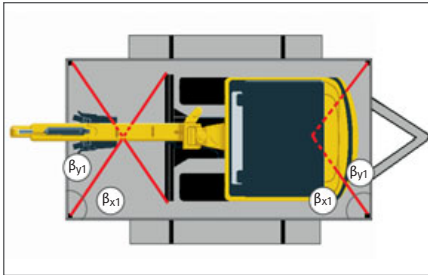


Bild 106: Schematische Darstellung der Diagonalverzurrung eines Minibaggers (kreuzweises Diagonalzurren an den Zurrpunkten des Abstützschildes und einfach Diagonalzurren an der Zugöse am Unterwagen)

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 Betriebs-erlaubnis (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 $\mu = 0,2$ (**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 $\mu = 0,2$ ist bei 15 = 883 und bei 30 = **928**; bei $\mu = 0,6$ ist bei 15 = **429** und bei 30 = 410).
4. Die benötigte Rückhaltekraft (F_R) **eines** Zurrmittels zum Sichern des Minibaggers im Diagonalzurrverfahren beträgt bei $\mu = 0,2$ somit 928 daN bzw. bei $\mu = 0,6$ somit 429 daN.
5. Die zulässige Zugkraft im geraden Zug (LC) des vorhandenen Zurrmittels beträgt 2500 daN.

Variante 2:

Berechnung Diagonalzurrverfahren gegen Rutschen mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SiS) für einen vorhandenen Reibbeiwert $\mu = 0,2$ bzw. $\mu = 0,6$ bei einem horizontalen Zurrwinkel $\beta_{x2} = 20^\circ$

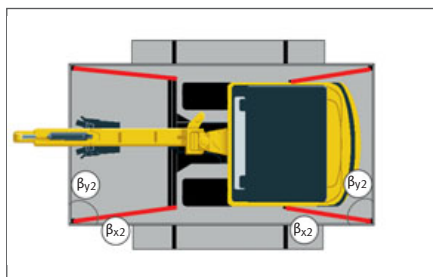


Bild 108: Schematische Darstellung der Diagonalverzurrung eines Minibaggers (einfaches Diagonalzurren an den Zurrpunkten des Abstützschildes und einfach Diagonalzurren an den Zurrpunkten am Fahrwerk)



Bild 109: Zurrpunkt am Abstützschild



Bild 110: Zurrpunkt am Fahrwerk

Achtung:

Der Reibbeiwert $\mu = 0,6$ 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.

10.1 Ladungssicherung eines Minibaggers auf einem Tandemanhänger

- Das Gewicht des zu transportierenden Minibaggers muss der allgemeinen Betriebs-erlaubnis (ABE) oder der Kennzeichnung am Gerät entnommen werden, in diesem Beispiel $2000 \text{ kg} = 2 \text{ t}$.
Beim einfachen Diagonalzurren am Abstützschild und bei der Verwendung der Zurrpunkte an der Fahrwerksaußenseite ist ca. ein horizontaler Zurrwinkel $\beta_{x2} = 20^\circ$ 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.
- Der vorhandene Reibbeiwert in diesem Beispiel ist $\mu = 0,2$ (**rot**) bzw. 0,6 (**grün**). Dieser Wert steht am linken Rand des obersten bzw. untersten Feldes.
- Der vertikale Zurrwinkel (α) zwischen Zurrmittel und Ladefläche muss gemessen werden. In diesem Beispiel wurde ein vertikaler Zurrwinkel ($\alpha = 20^\circ$) 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 $\mu = 0,2$ ist bei 15 = **1189** und bei 30 = 1148; bei $\mu = 0,6$ ist bei 15 = **327** und bei 30 = 323).
- Die benötigte Rückhaltekraft (F_R) **eines** Zurrmittels zum Sichern des Minibaggers im Diagonalzurrverfahren beträgt bei $\mu = 0,2$ somit 1189 daN bzw. bei $\mu = 0,6$ somit 327 daN.
- Die zulässige Zugkraft im geraden Zug (LC) des vorhandenen Zurrmittels beträgt 2500 daN.

Gewicht 1-5 t	2	t
Winkel β	15	
Winkel α		
bei Reibbeiwert $\mu 0,2$		
15		
30		
45		
60		
70		
80		
90		
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		
Winkel α		
bei Reibbeiwert $\mu 0,3$		
15		
30		
45		
60		
70		
80		
90		
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		
Winkel α		
bei Reibbeiwert $\mu 0,6$		
15		
30		
45		
60		
70		
80		
90		
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		

Gewicht 1-5 t	2	t
Winkel β	15	
Winkel α		
bei Reibbeiwert $\mu 0,2$		
15		
30		
45		
60		
70		
80		
90		
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		
Winkel α		
bei Reibbeiwert $\mu 0,3$		
15		
30		
45		
60		
70		
80		
90		
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		
Winkel α		
bei Reibbeiwert $\mu 0,6$		
15		
30		
45		
60		
70		
80		
90		
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		

Gewicht 1-5 t	2	t
Winkel β	15	
Winkel α		
bei Reibbeiwert $\mu 0,2$		
15		
30		
45		
60		
70		
80		
90		
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		
Winkel α		
bei Reibbeiwert $\mu 0,3$		
15		
30		
45		
60		
70		
80		
90		
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		
Winkel α		
bei Reibbeiwert $\mu 0,6$		
15		
30		
45		
60		
70		
80		
90		
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		

Gewicht 1-5 t	2	t
Winkel β	15	
Winkel α		
bei Reibbeiwert $\mu 0,2$		
15		
30		
45		
60		
70		
80		
90		
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		
Winkel α		
bei Reibbeiwert $\mu 0,3$		
15		
30		
45		
60		
70		
80		
90		
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		
Winkel α		
bei Reibbeiwert $\mu 0,6$		
15		
30		
45		
60		
70		
80		
90		
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		

S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN
S_{TF} = Normale Vorspannkraft
LC 2500 daN
S_{HF} = 50 daN
S_{TF} = 400 daN
EN 12195-2
Werkstoff: PES
Herstelljahr: 2018
MUSTERMANN
VDI 2701
DD / AV-Nr.: xxxxx
LC 2500 daN
LC 5000 daN
Nicht heben, nur zurren!
Dehnung < 5%

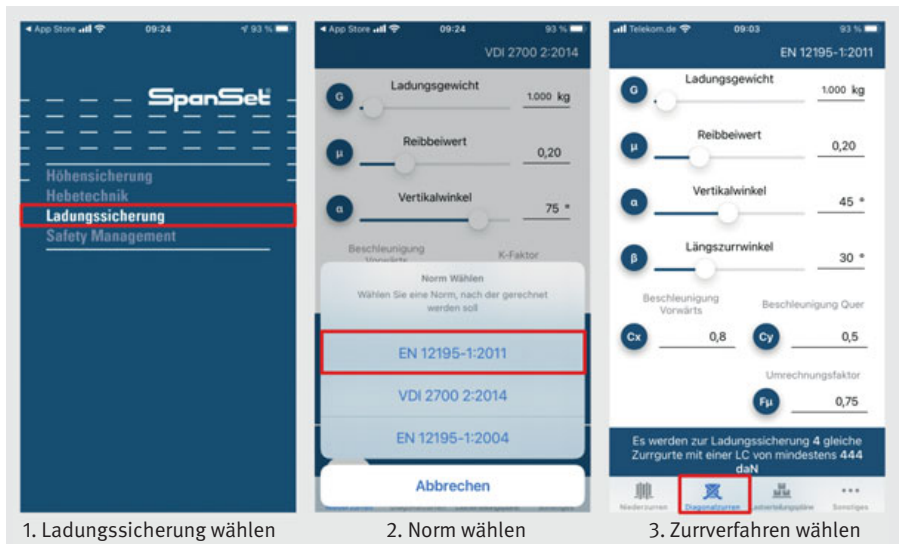
- Gewicht und Zurrwinkel (β)
- Reibbeiwert
- Zurrwinkel (α)
- Rückhaltekraft für ein Zurrmittel
- Zulässige Zugkraft (LC)

Fazit:

- Für die fachgerechte Sicherung des Minibaggers mit einem Gewicht von 2000 kg müssen bei einem Reibbeiwert von
 - $\mu = 0,2$ **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 1189 daN
 - $\mu = 0,6$ **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 ($\mu = 0,2$ und $\mu = 0,6$)

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**.

Ermittlung der erforderlichen Rückhaltekräfte für den Reibbeiwert $\mu = 0,2$ und der horizontalen Zurrwinkel $\beta_{x2} = 20^\circ$ bzw. $\beta_{x1} = 45^\circ$

Vorgehensweise:

1. Ladungssicherung auswählen
2. Norm DIN EN 12195-1:2011 auswählen
3. Diagonalzurrgen auswählen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 2000 kg
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen $\mu = 0,2$
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 922 daN bzw. 891 daN

Beispiel Reibbeiwert $\mu = 0,2$
(Verschmutzte Kette/Ladefläche oder Frost)

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

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

Fazit:

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

Ermittlung der erforderlichen Rückhaltekräfte für den Reibbeiwert $\mu = 0,6$ ($f_{\mu} = 0,75$) und der horizontalen Zurrwinkel $\beta_{x2} = 20^{\circ}$ bzw. $\beta_{x1} = 45^{\circ}$

Vorgehensweise:

1. Ladungssicherung auswählen
2. Norm DIN EN 12195-1:2011 auswählen
3. Diagonalzurren auswählen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 2000 kg
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen $\mu = 0,6$
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 332 daN bzw. 420 daN

Beispiel Reibbeiwert $\mu = 0,6$ (Saubere Gummikette und Ladeboden)

4. Ladungsgewicht einstellen

5. Reibbeiwert einstellen

6. Zurrwinkel (α) einstellen

7. Zurrwinkel (β) einstellen

8. Umrechnungsfaktor einstellen

9. Benötigte Rückhaltekraft ablesen

Beispiel: Zurrwinkel $\beta = 20^{\circ}$

Beispiel: Zurrwinkel $\beta = 45^{\circ}$

Fazit:

- Bei einer besenreinen Ladefläche und sauberen Gummi-Laufwerksketten ($\mu = 0,6$ und $f_{\mu} = 0,75$) kann der Minibagger
 - bei einem horizontalen Zurrwinkel ($\beta_{x2} = 20^{\circ}$) mit **vier** Zurrmitteln und einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 332 daN fachgerecht gesichert werden. Die Zurrpunkte werden in keiner Fahrsituation überlastet.

10.1 Ladungssicherung eines Minibaggers auf einem Tandemanhänger

- bei einem horizontalen Zurrwinkel ($\beta_{x1} = 45^\circ$) 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 $\mu = 0,6$ ($f_\mu = 1,0$) und der horizontalen Zurrwinkel $\beta_{x2} = 20^\circ$ bzw. $\beta_{x1} = 45^\circ$

Vorgehensweise:

1. Ladungssicherung auswählen
2. Norm DIN EN 12195-1:2011 auswählen
3. Diagonalzurren auswählen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 2000 kg
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen $\mu = 0,6$
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 181 daN bzw. 226 daN

Beispiel Reibbeiwert $\mu = 0,6$
(Verwendung rutschhemmender Mittel)

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

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




Fazit:

- Bei Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi ($\mu = 0,6$ und $f_{\mu} = 1,0$) und der beiden horizontalen Zurrwinkel ($\beta_{x1} = 45^{\circ}$ und $\beta_{x2} = 20^{\circ}$) werden die Zurrpunkte mit einer max. zulässigen Zugkraft (F_{LP}) von 400 daN des Tandemanhängers (zGM $\leq 3,5$ t) in keiner Fahrsituation überlastet. Der Minibagger kann somit sicher transportiert werden, wenn **vier** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 226 daN bzw. ≥ 181 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 verschiedenen 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)




Richtung der Krafteinwirkung	Horizontaler Zurrwinkel (β)						
	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)

Richtung der Krafteinwirkung	Horizontaler Zurrwinkel (β)						
	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	

10.1 Ladungssicherung eines Minibaggers auf einem Tandemanhänger

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

Richtung der Krafteinwirkung	Horizontaler Zurrwinkel (β)						
	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 107).
- 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.

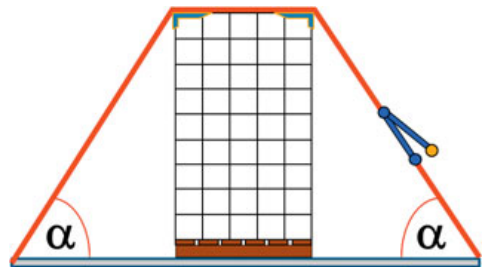
10.2 Ladungssicherung eines Steinpaketes



Bild 111: Versuchte Ladungssicherung eines Steinpaketes im Niederzurverfahren

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

Bild 112: Darstellung des vertikalen Zurrwinkels (α) im Niederzurverfahren



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 Ladeinheit 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 **Zurmittelrechner** (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 **Zurmittelrechner** (Fa. Braun-SIS)
- Berechnung der benötigten Blockierkraft in Fahrtrichtung (z. B. durch die Stirnwand) nach DIN 12195-1:2011

Standsicherheit

Zusätzlich benötigte physikalische Werte	
$w = 0,60 \text{ m}$	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

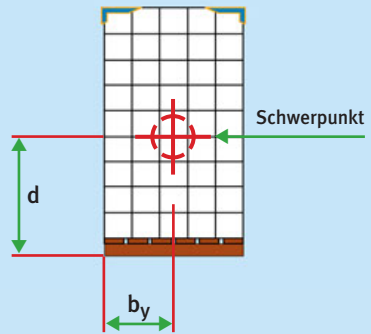
Standsicherheit

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 $c_y \times d$
- 0,30 m ist **kleiner** als $0,6 \times 0,58 \text{ m} = 0,35 \text{ m}$ dann ist das Steinpaket **nicht** standsicher.



Sicherungsmaßnahmen gegen Kippen und gegen Rutschen sind notwendig!

Bild 113: Standsicherheit Steinpaket

Niederzurren

S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN
 S_{TF} = Normale Vorspannkraft
 LC 2500 daN
 S_{HF} = 50 daN
 S_{TF} = 400 daN
 EN 12195-2
 Werkstoff: PES
 Herstelljahr 2018

MUSTERMANN

VDI 2701

DD / AV-Nr.: xxxxxx



LC 2500 daN

LC 5000 daN

Nicht heben, nur zurren!
 Dehnung < 5%

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 114: Kennzeichnung am Zurrgurt

Bild 115: Kennzeichnung der Zurrpunkte am Fahrzeug bzw. Tandemanhänger

Berechnung Niederzurverfahren 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).

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

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

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

Zuordnung der Hintergrundfarben zu den Reibbeiwerten

Reibbeiwert $\mu = 0,2$
($f_{\mu} = 0,75$)
 (Ladefläche nicht besenrein bzw. nicht frei von Eis und Schnee oder bei Frost)

Reibbeiwert $\mu = 0,45$
($f_{\mu} = 0,75$)
 (Palette (Schnittholz) / Ladefläche besenrein)

Reibbeiwert $\mu = 0,6$
($f_{\mu} = 1,0$)
 (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 $S_{TF} = 250$ 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	

5 Zurrgurte mit $S_{TF} = 400$ daN

Fazit:

- Bei einer unsauberen Ladefläche, Eis, Schnee oder Frost (Reibbeiwert $\mu = 0,2$) 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 $S_{TF} = 250$ 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	

2 Zurrgurte mit $S_{TF} = 400$ daN

10.2 Ladungssicherung eines Steinpaketes

Fazit:

- Bei einer besenreinen Ladefläche und frei von Eis und Schnee oder Frost (Reibbeiwert $\mu = 0,45$) 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 $S_{TF} = 250$ 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	

1* Zurrgut mit $S_{TF} = 400$ daN

Fazit:

- Bei der Verwendung von rutschhemmenden Mittel aus Gummi (Reibbeiwert $\mu = 0,6$) 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 Ladeinheit bilden.



Bild 116: im Niederzurren mit zwei Zurrgurten und RHM gesichert



Bild 117: 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 118: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Niederzurren

Bedienungsanleitung

- Mit dem integrierten Winkelmesser den Winkel α bestimmen (s. Illustration oben).
- Den Schieber herausziehen, bis das entsprechende Ladegewicht erscheint.
- Den Reibbeiwert μ aus der Tabelle **1** ermitteln (Oberflächen der Ladefläche und der Ladung).
- Die benötigte Gesamtvorspannkraft für den entsprechenden Reibbeiwert und den ermittelten Winkel α ablesen.
- Mittels der Gesamtvorspannkraft ergibt sich aus Tabelle **2** die benötigte Menge an Zurrmitteln.
- Bei mehr als 10000 daN benötigter Vorspannkraft empfiehlt sich Direktzurren.

Wirkung des Niederzurrens:

Hier wird die Ladung an die Ladefläche **gepresst**. Ziel ist es, die Reibung der Ladung mit dem Untergrund so zu erhöhen, dass nichts mehr verrutschen kann.

Hier ist die Vorspannkraft STF der Ratsche entscheidend, nicht die zulässige Zugkraft LC.

Sorgen Sie dafür, dass die Ladung an der Stirnwand ansieht oder durch Blockaden (Paletten) formschlüssig mit ihr verbunden ist. Vermeiden Sie Ladelücken. Beachten Sie, dass immer mindestens 2 Zurrmittel verwendet werden müssen.

1 Anzahl Zurrmittel

Vorspannkraft F _v	STF 200 daN	STF 300 daN	STF 400 daN	STF 500 daN
bis 1000 daN	2	2	3	4
bis 2000 daN	4	4	5	7
bis 3000 daN	5	6	8	10
bis 4000 daN	7	8	10	14
bis 5000 daN	9	10	13	17
bis 6000 daN	10	12	15	20
bis 7000 daN	12	14	18	24
bis 8000 daN	14	16	20	27
bis 9000 daN	15	18	23	30
bis 10000 daN	17	20	25	34
bis 11000 daN	18	22	28	37
bis 12000 daN	20	24	30	40
bis 13000 daN	22	26	33	44
bis 14000 daN	24	28	35	47
bis 15000 daN	26	30	38	50

Farberklärung

■ Empfohlen ■ Möglich ■ Nicht Empfohlen

TIPP vom Profi: Um das Erreichen des benötigten Vorspannkraft-Wertes zu kontrollieren, empfehlen wir unser Handfahrmessgerät **SpannControl**. Mehr Info's unter www.braun-sis.de

Bild 119: Rückseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

10.2 Ladungssicherung eines Steinpaketes

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 $1000 \text{ kg} = 1 \text{ t}$. Das Inlett des Zurrmittelrechners wird jetzt so weit nach rechts herausgezogen, dass im obersten Feld (Öffnung) neben dem Gewicht die Zahl $1 (= 1,0 \text{ t})$ sichtbar ist.
2. Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist $\mu = 0,2 / \mu = 0,45$ bzw. $\mu = 0,6$. Dieser Wert steht am linken Rand der Felder. Der Reibbeiwert $\mu = 0,45$ 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 Niederzurverfahren.
5. Dieser Wert der ermittelten gesamten Vorspannkraft (F_T) muss jetzt durch die normale Vorspannkraft ($S_{TF} = 400 \text{ daN}$) der vorhandenen Zurrmittel geteilt werden:
 - bei $\mu = 0,2$ ($1957 \text{ daN} : 400 \text{ daN} \approx 5$ Zurrmittel)
 - bei $\mu = 0,45$ ($0,3$) ($1087 \text{ daN} : 400 \text{ daN} \approx 3$ Zurrmittel)
 - bei $\mu = 0,6$ ($217 \text{ daN} : 400 \text{ daN} \approx 1$ Zurrmittel)

<p>1. Gewicht</p>	<p>2. Reibbeiwert</p>	<p>3. Zurrwinkel</p>	<p>4. Rückhaltekraft</p>	<p>5. Vorspannkraft</p> <p> S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN S_{TF} = Normale Vorspannkraft LC 2500 daN S_{HF} = 50 daN S_{TF} = 400 daN EN 12195-2 Werkstoff: PES Herstelljahr 2018 </p> <p> MUSTERMANN VDI 2701 DD / AV-Nr.: xxxxx </p> <p> LC 2500 daN </p> <p> LC 5000 daN </p> <p>Nicht heben, nur zurren! Dehnung < 5%</p>
-------------------	-----------------------	----------------------	--------------------------	--

Fazit:

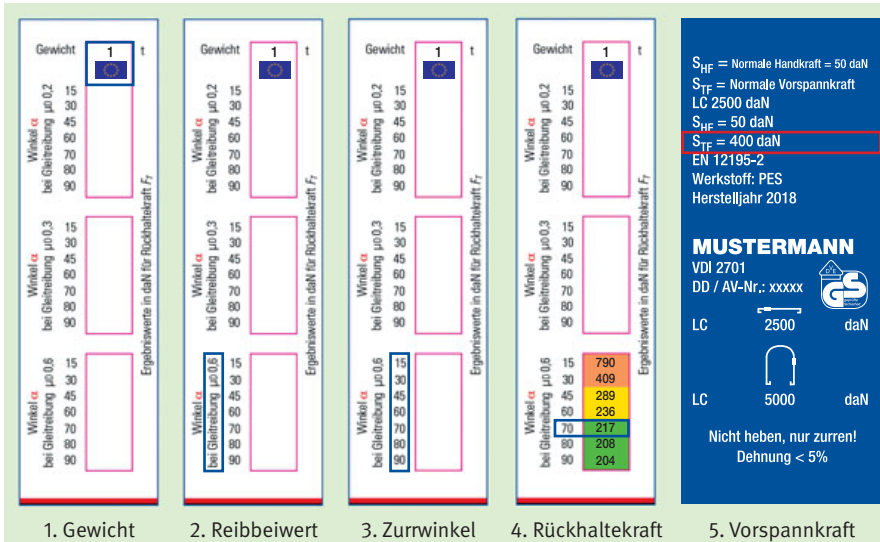
- Es müssen zum Niederzurren des Steinpaketes bei einem Reibbeiwert $\mu = 0,2$ mindestens **fünf** Zurrmittel mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von 400 daN verwendet werden. Diese 5 Zurrmittel benötigen 10 Zurrpunkte.
- Das Sichern im Niederzurrverfahren ist aufgrund der zu geringen Anzahl der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

<p>Gewicht \uparrow 1 t</p> <p>Winkel α bei Gleitreibung $\mu 0,2$</p> <p>Winkel α bei Gleitreibung $\mu 0,3$</p> <p>Winkel α bei Gleitreibung $\mu 0,6$</p> <p>Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R</p>	<p>Gewicht \uparrow 1 t</p> <p>Winkel α bei Gleitreibung $\mu 0,2$</p> <p>Winkel α bei Gleitreibung $\mu 0,3$</p> <p>Winkel α bei Gleitreibung $\mu 0,6$</p> <p>Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R</p>	<p>Gewicht \uparrow 1 t</p> <p>Winkel α bei Gleitreibung $\mu 0,2$</p> <p>Winkel α bei Gleitreibung $\mu 0,3$</p> <p>Winkel α bei Gleitreibung $\mu 0,6$</p> <p>Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R</p>	<p>Gewicht \uparrow 1 t</p> <p>Winkel α bei Gleitreibung $\mu 0,2$</p> <p>Winkel α bei Gleitreibung $\mu 0,3$</p> <p>Winkel α bei Gleitreibung $\mu 0,6$</p> <p>Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R</p>	<p>S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN S_{TF} = Normale Vorspannkraft LC 2500 daN S_{HF} = 50 daN S_{TF} = 400 daN EN 12195-2 Werkstoff: PES Herstelljahr 2018</p> <p>MUSTERMANN VDI 2701 DD / AV-Nr.: xxxxx</p> <p>LC $\overbrace{\hspace{2cm}}$ 2500 daN</p> <p>LC $\overbrace{\hspace{2cm}}$ 5000 daN</p> <p>Nicht heben, nur zurren! Dehnung < 5%</p>
1. Gewicht	2. Reibbeiwert	3. Zurrwinkel	4. Rückhaltekraft	5. Vorspannkraft

Fazit:

- Bei einer besenreinen Ladefläche (Reibbeiwert $\mu = 0,45$) 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.

10.2 Ladungssicherung eines Steinpaketes



Fazit:

- Bei der Verwendung von rutschhemmenden Mittel aus Gummi (Reibbeiwert $\mu = 0,6$) 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 Ladeinheit bilden.

Diagonalzurren

S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN
 S_{VF} = Normale Vorspannkraft
 LC 2500 daN
 S_{HF} = 50 daN
 S_{VF} = 400 daN
 EN 12195-2
 Werkstoff: PES
 Herstelljahr 2018

MUSTERMANN
 VDI 2701
 DD / AV-Nr.: xxxxx


 LC 2500 daN


 LC 5000 daN

Nicht heben, nur zurren!
 Dehnung < 5%

Bild 120: Kennzeichnung am Zurrgerät

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 121: 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

10.2 Ladungssicherung eines Steinpaketes

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

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

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

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 $\alpha = 45^\circ$ und vertikaler Zurrwinkel $\beta_x = 30^\circ$.

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

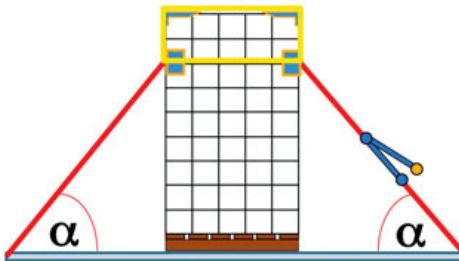


Bild 122: Darstellung vertikaler Zurrwinkel (α)

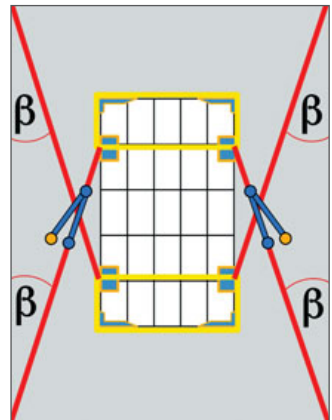


Bild 123: Darstellung horizontaler Zurrwinkel (β)

Zuordnung der Hintergrundfarben zu den Reibbeiwerten

Reibbeiwert $\mu = 0,2$
($f_\mu = 0,75$)
 (Ladefläche nicht besenrein bzw. nicht frei von Eis und Schnee oder bei Frost)

Reibbeiwert $\mu = 0,45$
($f_\mu = 0,75$)
 (Palette (Schnittholz) / Ladefläche besenrein)

Reibbeiwert $\mu = 0,6$
($f_\mu = 1,0$)
 (Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi)

10.2 Ladungssicherung eines Steinpaketes

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 ($LC \geq 250$ daN im geraden Zug bzw. zwei Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft ($LC \geq 500$ daN in der Umreifung (n) (vgl. Bild 124 und 125) verwendet werden.

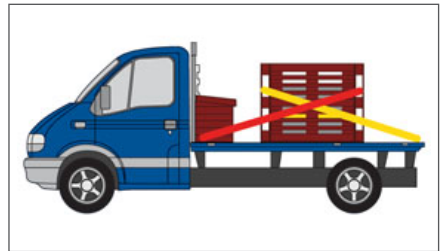
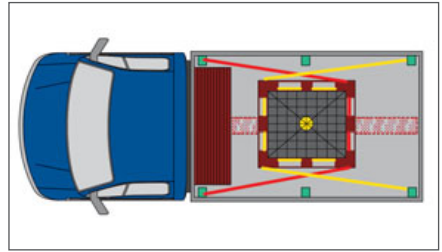


Bild 124 und 125: Freistehendes Steinpaket mittels Umreifung im Diagonalzurrverfahren gesichert.

Berechnung Diagonalzurrverfahren gegen Rutschen mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SiS) unter Verwendung des Reibbeiwertes ($\mu = 0,2$)



Bild 126: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Vorgehensweise

Um die Anzahl und den Typ der benötigten Zurrzeuge zu berechnen, benötigen Sie:

- das **Ladegewicht**
- Kenntnis über **Art und Form der Ladegüter**, daraus ergeben sich die Sicherungsarten **Direktzurren** oder **Niederzurren**
 - Direktzurren finden Sie auf den Seiten ② + ③
 - Niederzurren finden Sie auf der Seite ④
- den **Reibbeiwert μ**
- den **Winkel α** beim Niederzurren, die **Winkel α und β** beim Direktzurren

Direktzurren

Wirkung des Direktzurrens:

Beim Schräg- oder Direktzurren wird die Ladung direkt mit dem Fahrzeug verbunden. Die Zurrmittel müssen nur handfest gespannt werden.

Hier ist die zulässige Zugkraft LC des Gurtes entscheidend, und nicht die Vorspannkraft der Ratsche.

Kontrolle

Zurrgurte müssen vor jedem Einsatz auf Beschädigungen überprüft werden.

Nur technisch einwandfreie Zurrgurte benutzen!

1 Reibbeiwerte μ

Schleiftipp auf	Wert	Stahl und Metall auf	Wert
Schleiftipp/Schleiftipp	0,25	Schleiftipp/Schleiftipp	0,25
geriffeltes Aluminium	0,3	geriffeltes Aluminium	0,3
Unverunreinigte	0,2	Stahlblech	0,2
Stahlblech	0,3		

2 Anzahl Zurrmittel, immer 4 Stück

Niederbeiwert μ	700	1000	2000	3000	3000	3000	2000	1000	700
im 70° Winkel	*	*	*	*	*	*	*	*	*
im 30° Winkel	*	*	*	*	*	*	*	*	*
im 20° Winkel	*	*	*	*	*	*	*	*	*
im 10° Winkel	*	*	*	*	*	*	*	*	*
im 5° Winkel	*	*	*	*	*	*	*	*	*
im 0° Winkel	*	*	*	*	*	*	*	*	*


Bild 127: Obere Innenseite des des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

10.2 Ladungssicherung eines Steinpaketes

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.

- 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 $\beta_x = 30^\circ$) 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.
- Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist $\mu = 0,2$. Dieser Wert steht am linken Rand des obersten Feldes.
- Der vertikale Zurrwinkel (α) zwischen Zurrmittel und Ladefläche muss gemessen werden, in diesem Beispiel $\alpha = 45^\circ$.
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 Steinpaketes im Diagonalzurrverfahren beträgt somit 444 daN.
- Die zulässige Zugkraft (LC) der vorhandenen Zurrmittel beträgt 2500 daN.

<table border="1"> <tr><td>Gewicht 1-5 t</td><td>1</td><td>t</td></tr> <tr><td>Winkel β</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,2$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,3$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,6$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Ergebnswerte in daN für Rückhaltekraft F_R</p>	Gewicht 1-5 t	1	t	Winkel β	30		Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,2$			15			30			45			60			70			80			90			Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,3$			15			30			45			60			70			80			90			Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,6$			15			30			45			60			70			80			90			<table border="1"> <tr><td>Gewicht 1-5 t</td><td>1</td><td>t</td></tr> <tr><td>Winkel β</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,2$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,3$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,6$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Ergebnswerte in daN für Rückhaltekraft F_R</p>	Gewicht 1-5 t	1	t	Winkel β	30		Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,2$			15			30			45			60			70			80			90			Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,3$			15			30			45			60			70			80			90			Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,6$			15			30			45			60			70			80			90			<table border="1"> <tr><td>Gewicht 1-5 t</td><td>1</td><td>t</td></tr> <tr><td>Winkel β</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,2$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,3$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,6$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Ergebnswerte in daN für Rückhaltekraft F_R</p>	Gewicht 1-5 t	1	t	Winkel β	30		Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,2$			15			30			45			60			70			80			90			Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,3$			15			30			45			60			70			80			90			Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,6$			15			30			45			60			70			80			90			<table border="1"> <tr><td>Gewicht 1-5 t</td><td>1</td><td>t</td></tr> <tr><td>Winkel β</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,2$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>364</td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td>396</td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td>444</td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td>566</td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td>729</td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td>1070</td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td>2126</td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,3$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,6$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Ergebnswerte in daN für Rückhaltekraft F_R</p>	Gewicht 1-5 t	1	t	Winkel β	30		Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,2$			15	364		30	396		45	444		60	566		70	729		80	1070		90	2126		Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,3$			15			30			45			60			70			80			90			Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,6$			15			30			45			60			70			80			90			<p> S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN S_{TF} = Normale Vorspannkraft LC 2500 daN S_{HF} = 50 daN S_{TF} = 250 daN EN 12195-2 Werkstoff: PES Herstelljahr 2018 </p> <table border="1"> <tr><td>LC</td><td>2500</td><td>daN</td></tr> </table> <p>  LC 5000 daN </p> <p>Nicht heben, nur zurren! Dehnung < 5%</p>	LC	2500	daN
Gewicht 1-5 t	1	t																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Winkel β	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Winkel α																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
bei Reibbeiwert $\mu 0,2$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Winkel α																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
bei Reibbeiwert $\mu 0,3$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Winkel α																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
bei Reibbeiwert $\mu 0,6$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Gewicht 1-5 t	1	t																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Winkel β	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Winkel α																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
bei Reibbeiwert $\mu 0,2$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Winkel α																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
bei Reibbeiwert $\mu 0,3$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Winkel α																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
bei Reibbeiwert $\mu 0,6$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Gewicht 1-5 t	1	t																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Winkel β	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Winkel α																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
bei Reibbeiwert $\mu 0,2$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Winkel α																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
bei Reibbeiwert $\mu 0,3$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Winkel α																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
bei Reibbeiwert $\mu 0,6$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Gewicht 1-5 t	1	t																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Winkel β	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Winkel α																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
bei Reibbeiwert $\mu 0,2$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
15	364																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
30	396																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
45	444																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
60	566																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
70	729																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
80	1070																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
90	2126																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Winkel α																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
bei Reibbeiwert $\mu 0,3$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Winkel α																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
bei Reibbeiwert $\mu 0,6$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
LC	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 (n) (vgl. Bild 124 und 125) 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 ($\mu = 0,45$)

Vorgehensweise:

1. Der Zurrmittelrechner wird wieder so verwendet wie im Beispiel zuvor.
2. Der Reibbeiwert von $\mu = 0,45$ ist auf dem Zurrmittelrechner nicht vorhanden. Dieser Wert muss auf den nächst kleineren Wert eingestellt werden, in diesem Fall $\mu = 0,3$.
3. Der vertikale Zurrwinkel $\alpha = 45^\circ$.
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.

<table border="1"> <tr><td>Gewicht 1-5 t</td><td>1</td><td>t</td></tr> <tr><td>Winkel β</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,2$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> </table>	Gewicht 1-5 t	1	t	Winkel β	30		Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,2$			15			30			45			60			70			80			90			<table border="1"> <tr><td>Gewicht 1-5 t</td><td>1</td><td>t</td></tr> <tr><td>Winkel β</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,2$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> </table>	Gewicht 1-5 t	1	t	Winkel β	30		Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,2$			15			30			45			60			70			80			90			<table border="1"> <tr><td>Gewicht 1-5 t</td><td>1</td><td>t</td></tr> <tr><td>Winkel β</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,2$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> </table>	Gewicht 1-5 t	1	t	Winkel β	30		Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,2$			15			30			45			60			70			80			90			<table border="1"> <tr><td>Gewicht 1-5 t</td><td>1</td><td>t</td></tr> <tr><td>Winkel β</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Winkel α</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bei Reibbeiwert $\mu 0,2$</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td></tr> </table>	Gewicht 1-5 t	1	t	Winkel β	30		Winkel α			bei Reibbeiwert $\mu 0,2$			15			30			45			60			70			80			90			<p>S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN S_{TF} = Normale Vorspannkraft LC 2500 daN S_{HF} = 50 daN S_{TF} = 250 daN EN 12195-2 Werkstoff: PES Herstelljahr 2018</p> <p>MUSTERMANN VDI 2701 DD / AV-Nr.: xxxxx</p> <p>LC 2500 daN</p> <p>LC 5000 daN</p> <p>Nicht heben, nur zurren! Dehnung < 5%</p>
Gewicht 1-5 t	1	t																																																																																																																																						
Winkel β	30																																																																																																																																							
Winkel α																																																																																																																																								
bei Reibbeiwert $\mu 0,2$																																																																																																																																								
15																																																																																																																																								
30																																																																																																																																								
45																																																																																																																																								
60																																																																																																																																								
70																																																																																																																																								
80																																																																																																																																								
90																																																																																																																																								
Gewicht 1-5 t	1	t																																																																																																																																						
Winkel β	30																																																																																																																																							
Winkel α																																																																																																																																								
bei Reibbeiwert $\mu 0,2$																																																																																																																																								
15																																																																																																																																								
30																																																																																																																																								
45																																																																																																																																								
60																																																																																																																																								
70																																																																																																																																								
80																																																																																																																																								
90																																																																																																																																								
Gewicht 1-5 t	1	t																																																																																																																																						
Winkel β	30																																																																																																																																							
Winkel α																																																																																																																																								
bei Reibbeiwert $\mu 0,2$																																																																																																																																								
15																																																																																																																																								
30																																																																																																																																								
45																																																																																																																																								
60																																																																																																																																								
70																																																																																																																																								
80																																																																																																																																								
90																																																																																																																																								
Gewicht 1-5 t	1	t																																																																																																																																						
Winkel β	30																																																																																																																																							
Winkel α																																																																																																																																								
bei Reibbeiwert $\mu 0,2$																																																																																																																																								
15																																																																																																																																								
30																																																																																																																																								
45																																																																																																																																								
60																																																																																																																																								
70																																																																																																																																								
80																																																																																																																																								
90																																																																																																																																								
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R	Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R	Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R	Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R																																																																																																																																					
Winkel α	Winkel α	Winkel α	Winkel α																																																																																																																																					
bei Reibbeiwert $\mu 0,3$	bei Reibbeiwert $\mu 0,3$	bei Reibbeiwert $\mu 0,3$	bei Reibbeiwert $\mu 0,3$																																																																																																																																					
15	15	15	15																																																																																																																																					
30	30	30	30																																																																																																																																					
45	45	45	45																																																																																																																																					
60	60	60	60																																																																																																																																					
70	70	70	70																																																																																																																																					
80	80	80	80																																																																																																																																					
90	90	90	90																																																																																																																																					
bei Reibbeiwert $\mu 0,6$	bei Reibbeiwert $\mu 0,6$	bei Reibbeiwert $\mu 0,6$	bei Reibbeiwert $\mu 0,6$																																																																																																																																					
15	15	15	15																																																																																																																																					
30	30	30	30																																																																																																																																					
45	45	45	45																																																																																																																																					
60	60	60	60																																																																																																																																					
70	70	70	70																																																																																																																																					
80	80	80	80																																																																																																																																					
90	90	90	90																																																																																																																																					

1. Gewicht und Zurrwinkel (β)

2. Reibbeiwert

3. Zurrwinkel (α)

4. Rückhaltekraft für ein Zurrmittel

5. Zulässige Zugkraft (LC)

10.2 Ladungssicherung eines Steinpaketes

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 (n) (vgl. Bild 124 und 125) 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 ($\mu = 0,6$)

Vorgehensweise:

- Der Zurrmittelrechner wird wieder so verwendet wie im Beispiel zuvor.
- Der Reibbeiwert von $\mu = 0,6$ steht jetzt aber am linken Rand des untersten Feldes.
- Der vertikale Zurrwinkel $\alpha = 45^\circ$.
- Die benötigte Rückhaltekraft (F_R) **eines** Zurrmittels zum Sichern des Steinpaketes im Diagonalzurrverfahren beträgt somit 184 daN.
- Die zulässige Zugkraft (LC) der vorhandenen Zurrmittel beträgt 2500 daN.

Gewicht 1-5 t	1	30	t
Winkel β	15	30	
Winkel α	15	30	
bei Reibbeiwert $\mu 0,2$	30	45	
	45	60	
	60	70	
	70	80	
	80	90	
Ergebnisse in daN für Rückhaltekraft F_R			
Winkel α	15	30	
bei Reibbeiwert $\mu 0,3$	30	45	
	45	60	
	60	70	
	70	80	
	80	90	
Ergebnisse in daN für Rückhaltekraft F_R			
Winkel α	15	30	
bei Reibbeiwert $\mu 0,3$	30	45	
	45	60	
	60	70	
	70	80	
	80	90	
Ergebnisse in daN für Rückhaltekraft F_R			
Winkel α	15	30	
bei Reibbeiwert $\mu 0,6$	15	30	
	30	176	
	45	184	
	60	209	
	70	239	
	80	289	
	90	382	
Ergebnisse in daN für Rückhaltekraft F_R			

1. Gewicht und Zurrwinkel (β)

2. Reibbeiwert

3. Zurrwinkel (α)

4. Rückhaltekraft für ein Zurrmittel

5. Zulässige Zugkraft (LC)

S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN
 S_{TF} = Normale Vorspannkraft
 LC 2500 daN
 S_{HF} = 50 daN
 S_{TF} = 250 daN
 EN 12195-2
 Werkstoff: PES
 Herstelljahr 2018

LC

2500

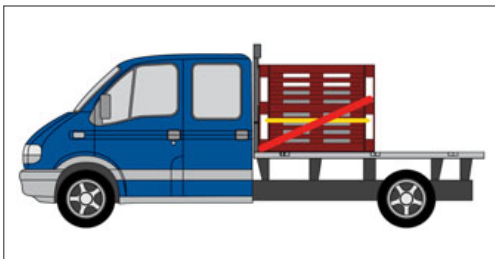
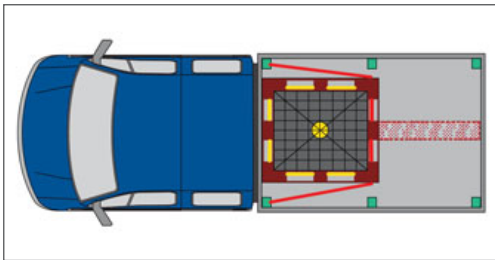
daN

LC 5000 daN

Nicht heben, nur zurren!
Dehnung < 5%

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 (n) (vgl. Bild 124 und 125) 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

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.

Bild 128 und 129: Blockierung durch Stirnwand

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

1. Berechnung mit Reibbeiwert $\mu = 0,2$

(unsaubere Ladefläche oder Schnee und Eis auf der Ladefläche bzw. bei Frost)

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

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

$$500 \text{ daN} < \mathbf{600 \text{ daN}}$$

2. Berechnung mit Reibbeiwert $\mu = 0,45$

(Holzpalette auf besenreinem Siebdruckladeboden ohne Frost)

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

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

$$500 \text{ daN} \geq \mathbf{350 \text{ daN}}$$

3. Berechnung mit einem Reibbeiwert $\mu = 0,6$

(rutschhemmende Mittel aus Gummi)

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

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

$$500 \text{ daN} \geq \mathbf{200 \text{ daN}}$$

Fazit:

- Bei einer nicht besenreinen Ladefläche bzw. die Ladefläche ist nicht frei von Frost, Eis oder Schnee (Reibbeiwert $\mu = 0,2$) 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 $\mu = 0,45$) 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 $\mu = 0,6$) 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 Ladeinheit und unter Verwendung von rutschhemmendem Material betriebssicher transportiert werden (Bild 116/117).
- Im Diagonalzurrverfahren kann das Steinpaket entweder frei stehend (Bild 124/125) oder mit Blockierung durch die Stirnwand (Bild 128/129) 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 117/130).



Bild 130: Steinpaket mit einem Zurrgurt und rutschhemmendem Material gesichert, gegen Verdrehen durch Blockierung an der Stirnwand gesichert

10.2 Ladungssicherung eines Steinpaketes

- Das Steinpaket muss je nach Lastverteilungsplan des Fahrzeuges auf der Ladefläche positioniert werden. Laut den beiden Beispielen Bild 131/132 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 Zurmittelrechner von Braun-SiS bringen ein schnelles und auf der „sicheren Seite“ liegendes Ergebnis.

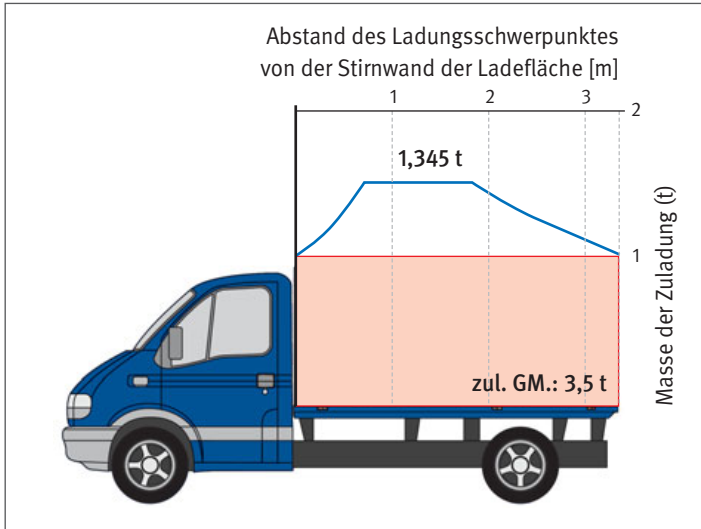


Bild 131:
Lastverteilungsplan
Einzelkabine

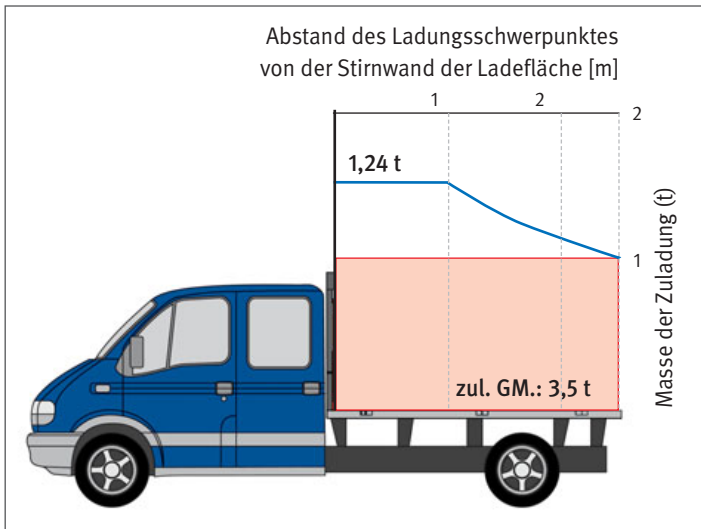


Bild 132:
Lastverteilungsplan
Doppelkabine

10.3 Ladungssicherung im Gerüstbau

Im Gerüstbau besteht das Problem, dass verschiedene Ladegüter, z. B. Gerüst-Stellrahmen, Beläge, Verstreben, 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 **Zurmittelrechner** (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 **Zurmittelrechner** (Fa. Braun-SIS)

Berechnungen zur Sicherung der zwei Borellen 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 **Zurmittelrechner** (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

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

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

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 133 und Bild 134: Stehende Stellrahmen in Stellrahmenpalette oder angelehnt an die Stirnwand



Bild 135: Gitterbox für Kleinmaterial



Bild 136: Barelle mit Gerüstbohlen, Holmen und Bordbrettern



Bild 137: Gesamtbeladung Fahrzeug

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



Bild 138: Stellrahmen an Stirnwand gestellt



Bild 139: Stellrahmen in Stellrahmenpaletten

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

Technische Daten	
$P = 10940 \text{ kg}$	Nutzlast des Fahrzeuges
$F_G = 1386 \text{ daN}$	Gewichtskraft der Gerüst-Stellrahmen (Stahl) mit Stellrahmenpaletten
$F_{LP} = 2000 \text{ daN}$	Zulässige Zugkraft der Zurrpunkte bei Fahrzeugen $zGM \geq 12 \text{ t}$
$\mu = 0,45$	Reibbeiwert von Stahl auf Schichtholz (Stellrahmenpalette auf Siebdruckboden)
$c_x = 0,8$	Beschleunigungsbeiwert in Fahrtrichtung
$c_z = 1,0$	Beschleunigungsbeiwert vertikal nach unten
$BC = 4376 \text{ daN}$	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

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

$$4376 \text{ daN} \geq F_B = (0,8 - 0,45 \times 1,0) \times 1386 \text{ daN} = \mathbf{486 \text{ daN}}$$

$$4376 \text{ daN} \geq \mathbf{486 \text{ daN}}$$

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 142/143 – 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	
$F_G = 1386 \text{ daN}$	Gewichtskraft der Gerüst-Stellrahmen
$\mu = 0,45$	Reibbeiwert von Stahl auf Schichtholz (Stellrahmenpalette auf Siebdruckladefläche oder Stellrahmen auf Siebdruckladefläche)
$\mu = 0,2$	Reibbeiwert bei unsauberer Ladefläche bzw. Eis und Schnee auf der Ladefläche oder bei Frost
$f_\mu = 0,75$	Umrechnungsfaktor Reibung
$f_\mu = 1,0$	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)
$\alpha = 60^\circ$	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
$\beta_x = 20^\circ$	Längszurrwinkel (Winkel horizontal) zwischen Zurrmittel und Längsachse (x-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche

Vorgehensweise:

1. Ladungssicherung auswählen
2. Norm DIN EN 12195-1:2011 auswählen
3. Diagonalzurren auswählen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 1386 kg
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen $\mu = 0,2$ bzw. $\mu = 0,45$
6. Vertikalen Zurrwinkel (α) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 60°
7. Horizontalen Zurrwinkel (β) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 20°
8. Beschleunigungsbeiwert (c_x) 0,5 entgegen der Fahrtrichtung manuell eingeben
9. Rückhaltekraft (LC) ablesen, in diesem Beispiel 791 daN bzw. 239 daN

10.3 Ladungssicherung im Gerüstbau

1. Ladungssicherung wählen

2. Norm wählen

3. Zurrverfahren wählen

4. Ladungsgewicht einstellen

5. Reibbeiwert einstellen

6. Zurrwinkel (α) einstellen

7. Zurrwinkel (β) einstellen

8. Beschleunigungsbeiwert einstellen

9. Benötigte Rückhaltekraft ablesen

Beispiel: Reibbeiwert $\mu = 0,2$

Beispiel: Reibbeiwert $\mu = 0,45$

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 (n) (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 (n) (LC) ≥ 482 daN gesichert werden.
- Die max. zulässige Zugkraft der Zurrpunkte (F_{LP}) von 2000 daN wird in keiner Fahr-situation 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)
$\alpha = 60^\circ$	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
$\beta_x = 20^\circ$	Längszurrwinkel (Winkel horizontal) zwischen Zurrmittel und Längs-achse (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.

10.3 Ladungssicherung im Gerüstbau



Bild 140: Vorderseite des Zurmittelrechners (Braun-SiS)



Bild 141: Obere Innenseite des Zurmittelrechners (Braun-SiS)

- 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 ($\beta_x = 20^\circ$) 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.
- Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist $\mu = 0,2$ (rot) $\mu = 0,45$ (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.
- 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.
- Die benötigte Rückhaltekraft (F_R) eines Zurrmittels zum Sichern der Stellrahmen im Diagonalzurrverfahren an der Stirnwand beträgt somit 1324 daN.
- Die zulässige Zugkraft im geraden Zug (LC) der vorhandenen Zurrmittel beträgt 2500 daN.

Gewicht 1-5 t		2	t	Gewicht 1-5 t		2	t	Gewicht 1-5 t		2	t	Gewicht 1-5 t		2	t
Winkel β		15		Winkel β		15		Winkel β		15		Winkel β		15	
Winkel α	bei Reibbeiwert $\mu 0,2$	15	30	45	60	70	80	90	15	30	45	60	70	80	90
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		1189	1148	1188	1188	1324	1496	2021	875	801	789	832	1041	1449	2507
Winkel α	bei Reibbeiwert $\mu 0,3$	15	30	45	60	70	80	90	15	30	45	60	70	80	90
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		15	30	45	60	70	80	90	15	30	45	60	70	80	90
Winkel α	bei Reibbeiwert $\mu 0,6$	15	30	45	60	70	80	90	15	30	45	60	70	80	90
Ergebniswerte in daN für Rückhaltekraft F_R		15	30	45	60	70	80	90	15	30	45	60	70	80	90

1. Gewicht und Zurrwinkel (β)

2. Reibbeiwert

3. Zurrwinkel (α)

4. Rückhaltekraft für ein Zurrmittel

5. Zulässige Zugkraft (LC)

SHF = Normale Handkraft = 50 daN
 STF = Normale Vorspannkraft
 LC 2500 daN
 SHF = 50 daN
 STF = 250 daN
 EN 12195-2
 Werkstoff: PES
 Herstelljahr 2018

MUSTERMANN
 VDI 2701
 DD / AV-Nr.: xxxxx

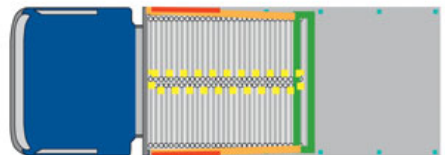
LC 2500 daN

LC 5000 daN

Nicht heben, nur zurren!
 Dehnung < 5%

Fazit:

- Ist eine Stirnwand vorhanden und deren Blockierkraft ausreichend, müssen die Gerüst-Stellrahmen entgegen bzw. quer zur Fahrtrichtung bei einem Reibbeiwert von
 - $\mu = 0,2$ mit **zwei** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft im geraden Zug (LC) ≥ 1324 daN bzw. mit **einem** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft in der Umreifung (n) (LC) ≥ 2648 daN
 - $\mu = 0,45$ mit **zwei** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft im geraden Zug (LC) ≥ 832 daN bzw. mit **einem** Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft in der Umreifung (n) (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 142 und 143: 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 stand-sicheres 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 Bilder 142/143 gelb dargestellt) oder
 - indem die Gerüststellrahmen beim Beladen des Fahrzeuges in vorhandene Stecksysteme (Stellrahmenpaletten) gesteckt werden (siehe Bilder 144/145).
- 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 142/143 grün dargestellt). Ein als Hilfsmittel für die Ladungssicherung eingesetztes Anschlagmittel darf dann nicht mehr als Anschlagmittel verwendet werden.



Bilder 144 und 145: Stellrahmenpalette zum sicheren Transport von 20 Gerüststellrahmen



Bild 146: Sicherung der Stellrahmen auf Stellrahmenpaletten im Diagonalzurverfahren



Bild 147: 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 148 und 149: Transport von Kleinmaterial in Gitterboxen

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

Zusätzlich benötigte physikalische Werte

$F_G = 602 \text{ daN}$	Gewichtskraft des Gerüstmaterials in zwei Modul-Gitterboxen ($\approx 700 \text{ daN}$)
$\mu = 0,45$	Reibbeiwert von Stahl auf Schichtholz (Modul-Gitterbox oder Barelle auf Siebdruckboden)
$\mu = 0,6$	Reibbeiwert von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi
$\alpha = 90^\circ$	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
$S_{TF} = 500 \text{ daN}$	Erreichbare Vorspannkraft einer Ratsche, die Vorspannkraft darf nicht größer sein, als die zulässige Zugkraft (F_{LP}) des Zurrpunktes am Transportmittel

Vorgehensweise:

1. Ladungssicherung auswählen
2. Norm DIN EN 12195-1:2011 auswählen
3. Niederzurren auswählen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 602 kg



Bild 150: Sicherung der Modul-Gitterboxen

10.3 Ladungssicherung im Gerüstbau

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



Fazit:

- Ein Zurrgerät 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 151: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Niederzurren

Bedienungsanleitung

- Mit dem integrierten Winkelmesser den Winkel α bestimmen. In Situation ident.
- Den Schieber herausziehen, bis das entsprechende Ladengewicht erscheint.
- Den Reibbeiwert μ aus der Tabelle Φ ermitteln (Oberflächen der Ladefläche und der Ladung).
- Die benötigte Gesamtvorspannkraft für den entsprechenden Reibbeiwert und den ermittelten Winkel α ablesen.
- Mittels der Gesamtvorspannkraft ergibt sich aus Tabelle Φ die benötigte Menge an Zurrmitteln.
- Bei mehr als 10000 daN benötigter Vorspannkraft empfiehlt sich Deckzurren.

Wirkung des Niederzurrens:

Hier wird die Ladung an die Ladefläche gepresst. Ziel ist es, die Reibung der Ladung mit dem Untergrund so zu erhöhen, dass nichts mehr verrutschen kann.

Hier ist die Vorspannkraft S_{TF} der Ratsche entscheidend, nicht die äußere Zugkraft LC.

Sorgen Sie dafür, dass die Ladung an der Stirnwand ansteht oder durch Blockaden (Paletten) formstabilisiert mit ihr verbunden ist. Vermeiden Sie Ladelücken. Beachten Sie, dass immer mindestens 2 Zurrmittel verwendet werden müssen.

TIPP vom Profi: Um das Erreichen des benötigten Vorspannkraft Wertes zu kontrollieren, empfehlen wir unser Handkraftmessgerät SpanControl. Mehr Info's unter www.braun-sis.de

Anzahl Zurrmittel

Vorspannkraft	0,3 Reibkoeff.	0,45 Reibkoeff.	0,6 Reibkoeff.	0,8 Reibkoeff.
1000 daN	2	2	2	4
2000 daN	4	4	4	7
3000 daN	5	6	5	9
4000 daN	7	8	7	14
5000 daN	8	10	10	17
6000 daN	10	12	12	20
7000 daN	12	14	14	24
8000 daN	14	16	16	27
9000 daN	16	18	18	30
10000 daN	17	20	20	34
11000 daN	19	22	22	37
12000 daN	20	24	24	40
13000 daN	22	26	26	44
14000 daN	24	28	28	47
15000 daN	26	30	30	50

Farblegung
■ Erprobtes ■ Mittig ■ Keine Erprobtes

Bild 152: 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 $\mu = 0,45$ (rot) bzw. $\mu = 0,6$ (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.

10.3 Ladungssicherung im Gerüstbau

- 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.
- 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.
- Die normale Vorspannkraft (S_{TF}) der vorhandenen Zurrmittel beträgt 500 daN.

1. Gewicht

2. Reibbeiwert

3. Zurrwinkel

4. Rückhaltekraft

5. Vorspannkraft

S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN
 S_{TF} = Normale Vorspannkraft
 LC 2500 daN
 S_{HF} = 50 daN
 S_{TF} = 500 daN
 EN 12195-2
 Werkstoff: PES
 Herstelljahr 2018

MUSTERMANN
 VDI 2701
 DD / AV-Nr.: xxxxx

LC 2500 daN

LC 5000 daN

Nicht heben, nur zurren!
Dehnung < 5%

Fazit:

- Bei der Verwendung von Langhebelratschen mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von je **500 daN** müssen bei einem Reibbeiwert von
 - $\mu = 0,45$ mindestens **drei** Zurrmittel ($1022 \text{ daN} : 500 \text{ daN} \approx 3$)
 - $\mu = 0,6$ mindestens **ein** Zurrmittel ($204 \text{ daN} : 500 \text{ daN} \approx 1$) verwendet werden.
- Die Verwendung von drei Zurrmitteln ist aufgrund der in diesem Bereich vorhandenen 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 Niederzurverfahren zur Sicherung der Barenen und/oder Gerüstbohlenboxen (Material Teil 3)



Bild 153: Sicherung der Gerüstbohlen und Gerüstholme in Barenen



Bild 154: Sicherung der Gerüstbohlen in Gerüstbohlenboxen und Gerüstholme in Barenen

Zusätzlich benötigte physikalische Werte

$F_G = 4663 \text{ daN}$	Gewichtskraft des Gerüstmaterials in Barenen und/oder Gerüstbohlenboxen ($\approx 5000 \text{ daN}$)
$\mu = 0,45$	Reibbeiwert von Stahl auf Schichtholz (Barelle/ Gerüstbohlenbox auf Siebdruckboden)
$\mu = 0,6$	Reibbeiwert von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi
$\alpha = 90^\circ$	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
$S_{TF} = 500 \text{ daN}$	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. Ladungssicherung auswählen
2. Norm DIN EN 12195-1:2011 auswählen
3. Niederzurren auswählen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen $4663 \text{ kg} \approx 4700$
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen $\mu = 0,45$ bzw. $\mu = 0,6$
6. Vertikalen Zurrwinkel (α) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 90°
7. Vorspannkraft (S_{TF}) 500 daN
8. Anzahl der benötigten Zurrmittel ablesen.

10.3 Ladungssicherung im Gerüstbau

1. Ladungssicherung wählen

2. Norm wählen

3. Zurverfahren wählen

4. Ladungsgewicht einstellen

5. Reibbeiwert einstellen

6. Zurwinkel einstellen

7. Vorspannkraft (S_{TF}) der Ratsche

8. Anzahl Zurmittel ablesen

Beispiel: Reibbeiwert $\mu = 0,45$

Beispiel: Reibbeiwert $\mu = 0,6$

Fazit:

- Bei der Verwendung von Langhebelratschen mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von je **500 daN** müssen bei einem Reibbeiwert von
 - $\mu = 0,45$ mindestens **fünf** Zurrmittel
 - $\mu = 0,6$ mindestens **zwei** Zurrmittel verwendet werden.
- Es müssen also für die fachgerechte Sicherung der Barenen und Gerüstbohlen rutschhemmende Mittel aus Gummi verwendet werden. Aus den Gerüstbohlen bzw. den Barenen sind einzelne Ladeeinheiten zu bilden, z. B. mit einteiligen Zurrgurten in der Umreifung/Umschnürung.

Berechnung mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SiS) als Hilfsmittel



Bild 155: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Niederzurren

Bedienungsanleitung

- Mit dem integrierten Winkelmesser den Winkel α bestimmen (s. Illustration oben).
- Den Sicherer neu einstellen, bis das entsprechende Ladegewicht erscheint.
- Den Reibbeiwert μ aus der Tabelle \odot ermitteln (Überfahren der Ladefläche umf der Ladung).
- Die benötigte Gesamtvorspannkraft für den entsprechenden Reibbeiwert und den ermittelten Winkel α ablesen.
- Mittels der Gesamtvorspannkraft ergibt sich aus Tabelle \odot die benötigte Menge an Zurrmitteln.
- Bei mehr als 10000 daN benötigter Vorspannkraft empfiehlt sich Dreizurren.

Wirkung des Niederzurrens:

Hier wird die Ladung an die Ladefläche gepresst. Ziel ist es, die Reibung der Ladung mit dem Untergrund so zu erhöhen, dass nichts mehr verschoben kann.

Hier ist die Vorspannkraft **ST** der Ratsche entscheidend, nicht die zulässige Zugkraft LC.

Sorgen Sie dafür, dass die Ladung an der Stirnwand ansteht oder durch Blockaden (Paletten) formschlüssig mit ihr verbunden ist. Vermeiden Sie Ladelücken. Beachten Sie, dass immer mindestens 2 Zurrmittel verwendet werden müssen.

TPP vom Profi: Um das Erreichen des benötigten Vorspannkraft Wertes zu kontrollieren, empfehlen wir unser Handkraftmessgerät SpanControl. Mehr Info's unter www.braun-sis.de

Anzahl Zurrmittel

Vorspannkraft	0,45 daN	0,50 daN	0,55 daN	0,60 daN
bis 1000 daN	4	4	5	4
bis 2000 daN	4	4	5	4
bis 3000 daN	5	6	6	6
bis 4000 daN	7	8	8	8
bis 5000 daN	8	10	10	10
bis 6000 daN	10	12	12	12
bis 7000 daN	12	14	14	14
bis 8000 daN	14	16	16	16
bis 9000 daN	16	18	18	18
bis 10000 daN	18	20	20	20
bis 11000 daN	20	22	22	22
bis 12000 daN	22	24	24	24
bis 13000 daN	24	26	26	26
bis 14000 daN	26	28	28	28
bis 15000 daN	28	30	30	30

Farbmarkierung

- Erprobtes
- Möglichen
- Nicht Erprobtes

Bild 156: 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 5000 kg = 5 t, aufgerundet werden.

10.3 Ladungssicherung im Gerüstbau

- Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist $\mu = 0,45$ (rot) bzw. $\mu = 0,6$ (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.
- 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.
- Der Wert der jetzt rechts neben der 90 steht, ist der Wert für die gesamte benötigte Vorspannkraft (F_T) zum Sichern des Gerüstmaterials im Niederzurverfahren, hier 5109 daN bzw. 1022 daN.
- Die normale Vorspannkraft (S_{TF}) der vorhandenen Zurrmittel beträgt 500 daN.

Das Bild zeigt vier Spalten des Zurrmittelrechners, die die Berechnung der Rückhaltekräfte für verschiedene Reibbeiwerte (μ) und Zurrwinkel (α) darstellen. Die Spalten sind:

- 1. Gewicht:** Ein Gewicht von 5 t ist eingegeben.
- 2. Reibbeiwert:** Drei Reibbeiwerte sind eingegeben: $\mu=0,2$ (rot), $\mu=0,3$ (rot) und $\mu=0,6$ (grün).
- 3. Zurrwinkel:** Ein Zurrwinkel von 90° ist eingegeben.
- 4. Rückhaltekräfte:** Die resultierenden Rückhaltekräfte sind für $\mu=0,2$ (19741 daN), $\mu=0,3$ (10219 daN) und $\mu=0,6$ (3948 daN) angegeben.

Rechts daneben ist die Produktkarte für MUSTERMANN VDI 2701 dargestellt. Die Karte enthält folgende Informationen:

- S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN
- S_{TF} = Normale Vorspannkraft LC 2500 daN
- S_{HE} = 50 daN
- S_{TF} = 500 daN
- EN 12195-2
- Werkstoff: PES
- Herstelljahr 2018
- Produktcode: DD / AV-Nr.: xxxxx
- LC 2500 daN
- LC 5000 daN
- Nicht heben, nur zurren! Dehnung < 5%

Fazit:

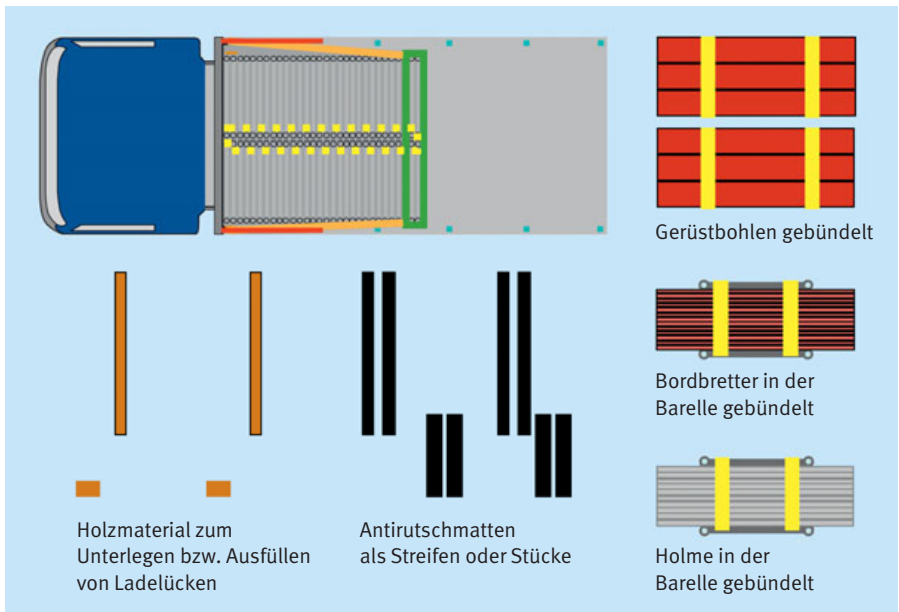
- Bei der Verwendung von Langhebelratschen mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von je **500 daN** müssen bei einem Reibbeiwert von
 - $\mu = 0,45$ mindestens **elf** Zurrmittel (5109 daN : 500 daN \approx 11)
 - $\mu = 0,6$ mindestens **drei** Zurrmittel (1022 daN : 500 daN \approx 3) verwendet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

- Die Verwendung von **elf** Zurrmitteln ist aufgrund der in diesem Bereich vorhandenen Zurrpunkte nicht möglich.
- Es müssen also für die fachgerechte Sicherung der Barenen und Gerüstbohlen rutschhemmende Mittel aus Gummi verwendet werden. Aus den Gerüstbohlen bzw. den Barenen 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 $\mu = 0,6$ verwendet werden.

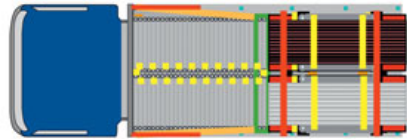
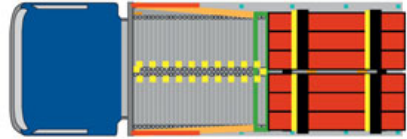
Werden seitliche Ladelücken zwischen den einzelnen Materialstapeln gelassen, damit z. B. eine Entladung mit dem Kran möglich ist, müssen die Ladelücken so gesichert werden, dass ein Zusammenrutschen der Ladegüter verhindert wird, z. B. mit Abstandhölzern.

Ablauf einer fachgerechten Beladung ohne Stellrahmenpalette und Modul-Gitterboxen



10.3 Ladungssicherung im Gerüstbau

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 Antirutsch-
matten 15 cm x 2,40 m
4. Aufsetzen der zwei gebündelten Stapel
mit Gerüstbohlen (Ladeeinheiten), die
Ladelücke mit Kanthölzern ausgefüllt
5. Auflegen der dritten Lage von Antirutsch-
matten, unter den Barenenfüßen sind auch
Stücke von 15 cm x 15 cm ausreichend
6. Aufsetzen der Barenen mit Holmen und
Bordbrettern auf die Antirutschmatten
7. Niederzurren des Gerüstmaterials mit
zwei Zurrgurten mit einer erreichbaren
Vorspannkraft ≥ 500 daN



Bilder 157 bis 160: Detailzeichnung der Verladung

Bei der Sicherung von Gerüstrohren in Barenen 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 Ladeinheit heraus zu ziehen.



Bild 161: Stirnwand aus Gerüstbohlen



Bild 162: Barenen als Formschluss für liegendes Gerüstmaterial



Bild 163 bis 166: 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 Ladeinheit 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 Barenellen (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 Zurrngurt bei vorhandenen Zurrpunkten in der Stirnwand bzw. Diagonalzurren mit zwei Zurrgurten und einem Umreifungsgurt ≥ 500 daN/ ≥ 1500 daN/Hebeband ≥ 2 t



Bild 167: Gerüststrahmen stehend mit Umreifung



Bild 168: Gerüststrahmen 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 $S_{TF} \geq 500$ daN im Niederzurrverfahren



Bild 169 und 170: Sicherung der freistehenden Modul-Gitterboxen durch zwei Niederzurren

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 Zurrurt $S_{TF} \geq 500$ daN im Niederzurrverfahren



Bild 171 und 172: 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 Barenen mit den umreiffen Holmen bzw. Bordbrettern (gelb) auf die Antirutschmattenstreifen
 - e. Niederzurren des gesamten Stapels mit zwei Zurrurten mit einer Vorspannkraft (S_{TF}) ≥ 500 daN (rot).



Bild 173 und 174: Sicherung der Gerüstbohlenstapel und Barenen mit zwei Niederzurrungen

10.4. Ladungssicherung beim Transport von Betonfertigteilen

Auch beim Transport von Betonfertigteilen bestehen Probleme, aufgrund des Gewichtes der verschiedenen 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 175 und 176: 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 Kopplastigkeit oder auch Querneigung des Fahrzeuges zu beachten!

Berechnungsbeispiele in diesem Kapitel

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

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



Bild 177: Kennzeichnung am Zurrgurt

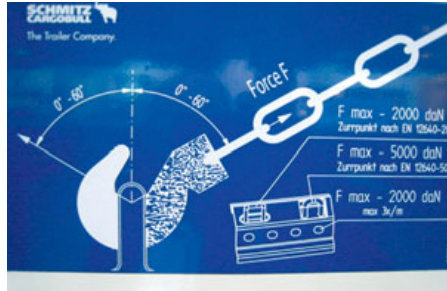


Bild 178: Kennzeichnung des Zurrpunktes am Transportmittel

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 177), hier 2000 daN, zu beachten.

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



Bild 179: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SIS)



Bild 180: 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.

10.4 Ladungssicherung beim Transport von Betonfertigteilen

- Das Gewicht der zu transportierenden Betonfertigteile und des A-Bockes muss dem Lieferschein des Versenders/Verladers entnommen werden, in diesem Beispiel $12000 \text{ kg} = 12 \text{ t}$. 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.
- Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist $\mu = 0,45$ (rot) bzw. $\mu = 0,6$ (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.
- 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.
- 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).
- 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 $\mu = 0,45$ ($12452 \text{ daN} : 500 \text{ daN} \approx 25$ Zurrmittel)
- bei $\mu = 0,6$ ($2490 \text{ daN} : 500 \text{ daN} \approx 5$ Zurrmittel)

<p>1. Gewicht</p>	<p>2. Reibbeiwert</p>	<p>3. Zurrwinkel</p>	<p>4. Rückhaltekraft</p>	<p> S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN S_{TF} = Normale Vorspannkraft LC 2500 daN S_{HE} = 50 daN S_{TF} = 500 daN EN 12195-2 Werkstoff: PES Herstelljahr 2018 </p> <p>MUSTERMANN VDI 2701 DD / AV-Nr.: xxxxx</p> <p>LC 2500 daN</p> <p>LC 5000 daN</p> <p>Nicht heben, nur zurren! Dehnung < 5%</p>
-------------------	-----------------------	----------------------	--------------------------	--

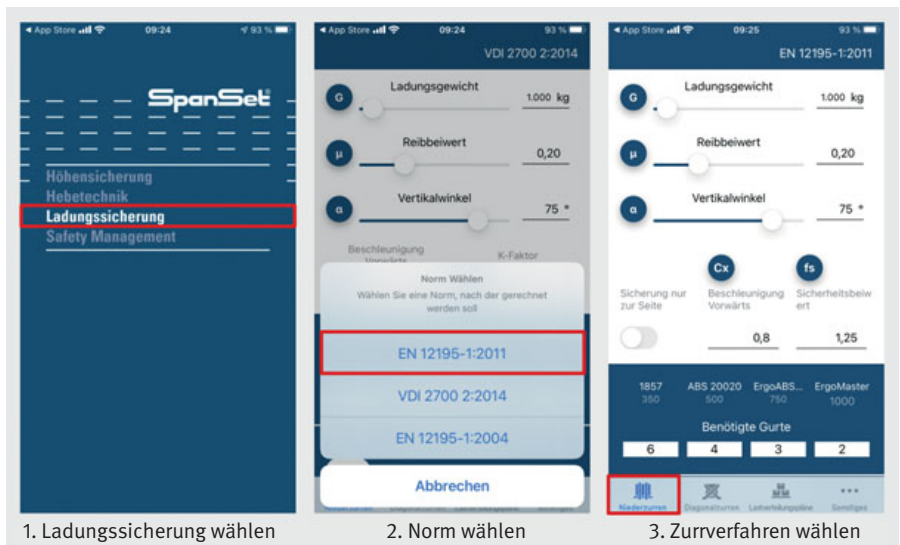
Fazit:

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

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. Ladungssicherung wählen

2. Norm wählen

3. Zurrverfahren wählen

10.4 Ladungssicherung beim Transport von Betonfertigteilen

Vorgehensweise:

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

The image shows two side-by-side screenshots of a mobile application interface for cargo securing. The interface is titled 'EN 12195-1:2011'. It features several adjustable parameters:

- Ladungsgewicht (Load weight):** Set to 12.000 kg.
- Reibbeiwert (Friction coefficient):** Set to 0,45 (left) and 0,60 (right).
- Vertikalwinkel (Vertical angle):** Set to 80°.
- Vorspannkraft (Tension force):** Set to 500 daN.
- Benötigte Gurte (Required straps):** 12 for $\mu = 0,45$ and 5 for $\mu = 0,6$.

Red boxes highlight the input fields for weight, friction coefficient, angle, and strap count. Green arrows with numbers 4-8 point to these fields. Below each screenshot, the example friction coefficient is noted: 'Beispiel: Reibbeiwert $\mu = 0,45$ ' and 'Beispiel: Reibbeiwert $\mu = 0,6$ '.

Fazit:

- Bei der Verwendung von Langhebelratschen mit einer normalen Vorspannkraft (S_{TF}) von je **500 daN** müssen bei einem Reibbeiwert von
 - $\mu = 0,45$ mindestens **zwölf** Zurrmittel
 - $\mu = 0,6$ mindestens **fünf** Zurrmittelzum 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 181:
Einsatz von Kantengleitern



Bild 182:
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/ Gefahrstoffe (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 183: Reinigungsmittel gegen Umkippen im Flaschenträger transportieren



Bild 184: Flaschenträger in geeigneter Außenverpackung, **Hohlräume noch Auffüllen!**



Bild 185: Außenverpackung mit einem Umreifungsgurt (einteiliger Zurring) gesichert



Bild 186: 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 187: Sicherung eines Kraftstoffkanisters im Kofferraum mit einem Umreifungsgurt



Bild 188: Sicherung von Kraftstoffkanistern in Blockiereinrichtungen/Halterungen

Die Verpackungen, z. B. Sprayflaschen müssen mit der Schutzkappe (Schutz des Ventils) und Flaschen oder Kanister müssen mit dichtschießenden 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 Zurring 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.

10.5 Ladungssicherung im Facility-Management und bei Ausbaugewerken



Bild 189 und 190: Sicherung einer Flüssiggasflasche mit einem Umreifungsgurt und Bordwandkrallen an der Bordwand eines Kleintransporters (Pritschenfahrzeug)



Bild 191 und 192: 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 Aufsatzkehrmaschinen 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 193: Transport eines Aufsitzrasenmähers auf einem Tandemanhänger

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



Bild 194: Tandemanhänger



Bild 195: Auffahrampen 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 Auffahrampen ausgestattet sein. Die Auffahrampen müssen auf Spurbreite eingestellt und sicher arretiert sein, damit sie beim Befahren nicht vom Auflager abrutschen können.



Bild 196: nicht bestimmungsgemäße Verwendung einer Anhängerauffahrrampe am Kastenfahrzeug, nicht arretiert



Bild 197: 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

S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN
 S_{TF} = Normale Vorspannkraft
 LC 1000 daN
 S_{HF} = 50 daN
 S_{TF} = 400 daN
 EN 12195-2
 Werkstoff: PES
 Herstelljahr 2018

MUSTERMANN
 VDI 2701
 DD / AV-Nr.: xxxxx

LC 1000 daN

LC 2000 daN

Nicht heben, nur zurren!
 Dehnung < 5%

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 198: Kennzeichnung am Zurrgurt

Bild 199: Kennzeichnung der Zurrpunkte am Tandemanhänger



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

Bild 200: Zulässige Stützlast der Deichsel des Anhängers



Bild 201 und 202: Niederzurren des Aufsitzrasenmähers im Bereich der Fußbretter

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

Nutzlast in t	Winkel in °	1				2				3				4				5								
		α	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 $S_{TF} = 250 \text{ daN}$	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
$S_{TF} = 400 \text{ daN}$	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 $S_{TF} = 400 \text{ daN}$

Fazit:

- Bei einer nicht besenreinen Ladefläche, Eis, Schnee oder Frost (Reibbeiwert $\mu = 0,2$) 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 Niederzurverfahren ohne weitere Hilfsmittel **nicht** fachgerecht gesichert werden, da mindestens 14 Zurrpunkte benötigt werden, aber nur vier bzw. sechs Zurrpunkte vorhanden sind.

Nutzlast in t	Winkel in °	1					2					3					4					5										
		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	81	29	24	22	21
	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	40	19	14	12	10	
	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	21	10	8	7	6	
	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	12	6	5	5	5	
	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	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	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	51	37	30	27	26	
	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	28	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	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	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	4	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	3	2	2	2	2	

1* Zurgurt mit S_{TF} = 400 daN

Fazit:

- Bei sauberen, gebremsten Gummirädern und einer besenreinen Ladfläche sowie frei von Eis und Schnee bzw. kein Frost (Reibbeiwert $\mu = 0,6$) 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 203: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Niederzurren

Bedienungsanleitung

- Mit dem integrierten Winkelmesser den Winkel α bestimmen (s. Illustration oben).
- Den Schieber herausziehen, bis das entsprechende Ladegewicht erscheint.
- Den Reibbeiwert μ aus der Tabelle \bullet ermitteln (Oberflächen der Ladefläche und der Ladung).
- Die benötigte Gesamtvorspannkraft für den entsprechenden Reibbeiwert und den ermittelten Winkel α ablesen.
- Mittels der Gesamtvorspannkraft ergibt sich aus Tabelle \bullet die benötigte Menge an Zurrmitteln.
- Bei mehr als 10000 daN benötigter Vorspannkraft empfiehlt sich Direktzurren.

Wirkung des Niederzurrens:

Hier wird die Ladung an die Ladefläche gepresst. Ziel ist es, die Reibung der Ladung mit dem Untergrund so zu erhöhen, dass nichts mehr verrutschen kann. **Hier ist die Vorspannkraft S_{TF} der Ratsche entscheidend, nicht die zulässige Zugkraft LC.**

Sorgen Sie dafür, dass die Ladung an der Stirnwand ansetzt oder durch Blockaden (Paletten) formchlussfähig mit ihr verbunden ist. Vermeiden Sie Ladelücken. Beachten Sie, dass immer mindestens 2 Zurrmittel verwendet werden müssen.

TIPP vom Profi: Um die Einheiten des benötigten Vorspannkraft Wertes zu kontrollieren, empfehlen wir unser Handkraftmessgerät SpanControl. Mehr Info's unter www.braun-sis.de

Anzahl Zurrmittel

Ergebnisse

Reibbeiwert μ	30°	45°	60°	75°	90°
0,2	15	11	9	8	8
0,3	9	6	5	5	5
0,45	4	3	3	2	2
0,55	3	2	2	2	2
0,6	2	2	1*	1*	1*
0,7	1*	1*	1*	1*	1*

Ergebnisse nach der Vorspannkraft S_{TF} :

S_{TF} [daN]	30°	45°	60°	75°	90°
250	15	11	9	8	8
300	12	9	7	6	6
400	10	7	6	5	5
500	8	6	5	4	4
600	7	5	4	4	4
700	6	4	4	3	3
800	5	4	3	3	3
900	4	3	3	2	2
1000	4	3	2	2	2

Farblegende:
■ Erfüllbar ■ Mangelnd ■ Nicht Erfüllbar

Bild 204: 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.

- 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.
- Der Reibbeiwert in diesem Beispiel ist $\mu = 0,2$ (rot) bzw. $\mu = 0,6$ (grün). Dieser Wert steht am linken Rand des obersten bzw. untersten Feldes.
- 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.
- Der Wert der jetzt rechts neben der 45 steht, ist der Wert für die gesamte benötigte Vorspannkraft (F_T) zum Sichern des Aufsitzrasenmähers im Niederzurverfahren, hier 2601 daN bzw. 289 daN.
- Dieser Wert der ermittelten gesamten Vorspannkraft (F_T) muss jetzt durch die normale Vorspannkraft (S_{TF}) = 400 daN der vorhandenen Zurrmittel geteilt werden: $(2601 : 400 \approx 7$ (rot) bzw. $289 : 400 \approx 1$ (grün)).

S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN
S_{TF} = Normale Vorspannkraft
LC 1000 daN
S_{HE} = 50 daN
$S_{TF} = 400$ daN
EN 12195-2
Werkstoff: PES
Herstelljahr 2018
MUSTERMANN
VDI 2701
DD / AV-Nr.: xxxxx
LC 1000 daN
LC 2000 daN
Nicht heben, nur zurren!
Dehnung < 5%

Fazit:

- Es müssen zum Niederzurren bei einem Reibbeiwert von
 - $\mu = 0,2$ mindestens **sieben** Zurrmittel,
 - $\mu = 0,6$ 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 Niederzurverfahren aufgrund der Anzahl der vorhandenen Zurrpunkte und der Lage der Zurrpunkte ohne weitere Hilfsmittel nicht möglich.



Bild 205: 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 Straßenebenheiten (vertikale Kräfte) nicht lösen können.

Diagonalzurren

S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN
 S_{TF} = Normale Vorspannkraft
 LC 1000 daN
 S_{HF} = 50 daN
 S_{TF} = 400 daN
 EN 12195-2
 Werkstoff: PES
 Herstelljahr 2018

MUSTERMANN
 VDI 2701
 DD / AV-Nr.: xxxxx

LC 1000 daN
 LC 2000 daN

Nicht heben, nur zurren!
 Dehnung < 5%

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



Bild 207: Kennzeichnung Zurrpunkte am Tandemanhänger

Bild 206: Kennzeichnung am Zurrgurt

Berechnung Diagonalzurrverfahren nach DIN EN 12195-1:2011 mit einer Tabelle 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 $\alpha = 45^\circ$ und horizontaler Zurrwinkel $\beta_x = 20^\circ$.

Bild 208: Sicherung des Aufsitzrasenmähers mit zwei Umreifungen (roter Zurrgurt in Fahrtrichtung, blauer Zurrgurt entgegen der Fahrtrichtung)



Bild 209 bis 212: 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 213 und 214: 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

$F_G = 230 \text{ daN}$	Gewichtskraft des Aufsitzrasenmäher ($m = 230 \text{ kg}$)
$F_{LP} = 400 \text{ daN}$	Zulässige Zugkraft des Zurrpunktes am Transportmittel
$\alpha = 45^\circ$	Zurrwinkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
$\beta_x = 20^\circ$	Längszurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Längsachse (x-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche)
$\mu = 0,2$	Reibbeiwert, bei nicht besenreiner Ladefläche bzw. Schnee, Eis oder bei Frost
$\mu = 0,6$	Reibbeiwert, saubere gebremste Gummiräder auf besenreiner Ladefläche, frei von Eis und Schnee und kein Frost
$f_\mu = 0,75$	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 (n),
 - $\mu = 0,6$ 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 (n) verwendet werden.
- Der Aufsitzrasenmäher kann auf einem Transportmittel (zGM $\leq 3,5$ t) transportiert werden. Die zulässige Zugkraft (LC) der vorhandenen Zurrmittel von 1000 daN (Bild 206) bzw. die max. zulässige Zugkraft der Zurrpunkte (F_{LP}) von 400 daN (Bild 207) wird in keiner Fahrsituation überlastet.

Berechnung Diagonalzurrverfahren gegen Rutschen mit dem Zurrmittelrechner (Braun-SiS) für einen vorhandenen Reibbeiwert $\mu = 0,2$ bzw. $\mu = 0,6$



Bild 215: Vorderseite des Zurrmittelrechners (Braun-SiS)

Vorgehensweise

Um die Anzahl und den Typ der benötigten Zurrgurte zu berechnen, benötigen Sie:

- das **Ladegewicht**
- Kenntnis über **Art und Form der Ladegüter**, daraus ergeben sich die Sicherungsarten **Direktzurren** oder **Niederzurren**
 - Direktzurren finden Sie auf den Seiten $\alpha = 0$
 - Niederzurren finden Sie auf der Seite $\alpha = 90$
- den **Reibbeiwert μ**
- den **Winkel α** beim Niederzurren, die **Winkel β** beim Direktzurren

Direktzurren

Wirkung des Direktzurrens:

Beim Schräg- oder Direktzurren wird die Ladung direkt mit dem Fahrzeug verbunden. Die Zurrmittel müssen nur handfest gespannt werden.

Hier ist die zulässige Zugkraft LC des Gurtes entscheidend, und nicht die Vorspannkraft der Ratsche.

Kontrolle

Zurrgurte müssen vor jedem Einsatz auf Beschädigungen überprüft werden.

Nur technisch einwandfreie Zurrgurte benutzen!

1 Reibbeiwerte μ

Schleifbahn auf	Wert	Stahl und Metall auf	Wert
Schleifbahn/Spannrolle	0,45	Schleifbahn/Spannrolle	0,45
geriffelte Aluminium	0,4	geriffelte Aluminium	0,3
Stahlschleife	0,3	Stahlschleife	0,2
Stahlschleife	0,2		

2 Anzahl Zurrmittel, immer 4 Stück

Anschubkraft F_x	100	200	3000	2000	3000	2010	2010
bis 750 daN	*	*	*	*	*	*	*
bis 1000 daN	*	*	*	*	*	*	*
bis 1500 daN	*	*	*	*	*	*	*
bis 2000 daN	*	*	*	*	*	*	*
bis 3000 daN	*	*	*	*	*	*	*
bis 4000 daN	*	*	*	*	*	*	*
bis 5000 daN	*	*	*	*	*	*	*
bis 10000 daN	*	*	*	*	*	*	*

Bild 216: Obere Innenseite 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.

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



Bild 217 und Bild 218: 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 ($\mu = 0,2$ und $\mu = 0,6$)



Bild 219: Aufsitzrasenmäher mit einem Gewicht von ca. 625 kg auf einem Tandemanhänger im Diagonalzurrverfahren gesichert

10.5 Ladungssicherung im Facility-Management und bei Ausbaugewerken

Bild 220:
Kennzeichnung
Zurpunkte am
Tandemanhänger



Bild 221: Kennzeichnung am Zurrurt

S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN
 S_{TF} = Normale Vorspannkraft
 LC 1000 daN
 S_{HF} = 50 daN
 S_{TF} = 400 daN
 EN 12195-2
 Werkstoff: PES
 Herstelljahr 2018

MUSTERMANN
 VDI 2701
 DD / AV-Nr.: xxxxx



LC \longleftrightarrow 1000 daN

LC \updownarrow 2000 daN

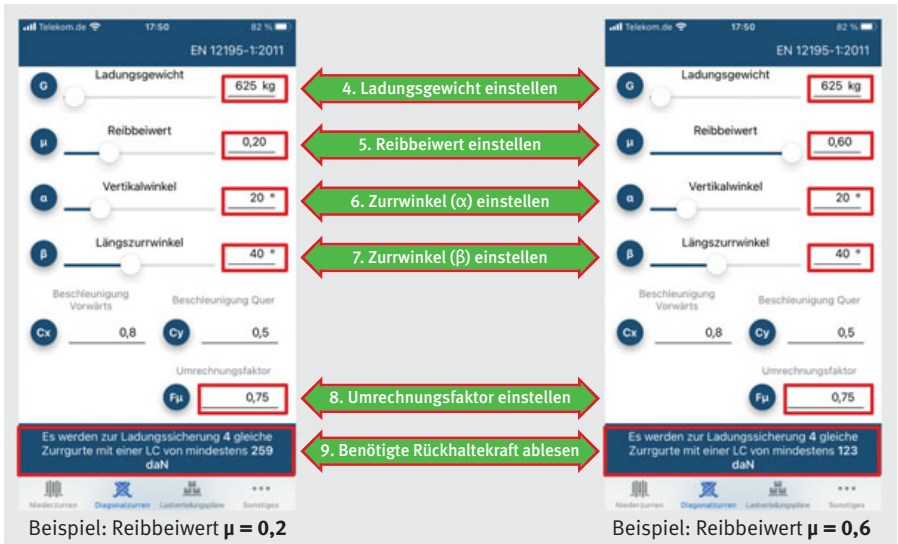
Nicht heben, nur zurren!
 Dehnung < 5%

Benötigte physikalische Werte

$F_G = 625 \text{ daN}$	Gewichtskraft des Aufsitzrasenmäher ($m = 625 \text{ kg}$)
$F_{LP} = 850 \text{ daN}$	Zulässige Zugkraft des Zurpunktes am Transportmittel
$\alpha = 20^\circ$	Zurzwinkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
$\beta_x = 40^\circ$	Längszurzwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Längsachse (x-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche)
$\mu = 0,2$	Reibbeiwert, bei nicht besenreiner Ladefläche bzw. Schnee, Eis oder bei Frost
$\mu = 0,6$	Reibbeiwert, saubere gebremste Gummiräder auf besenreiner Ladefläche, frei von Eis und Schnee und kein Frost
$f_\mu = 0,75$	Umrechnungsfaktor für alle Materialpaarrungen, außer rutschhemmende Mittel aus Gummi

Vorgehensweise:

1. Ladungssicherung auswählen
2. Norm DIN EN 12195-1:2011 auswählen
3. Diagonalzurzen auswählen
4. Ladungsgewicht durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 625 kg
5. Reibbeiwert durch Schieberegler bzw. manuell einstellen $\mu = 0,2$ bzw. 0,6
6. Vertikalen Zurzwinkel (α) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 20°
7. Horizontalen Zurzwinkel (β) durch Schieberegler bzw. manuell einstellen 40°
8. Umrechnungsfaktor (f_μ) steht vorgegeben auf 0,75
9. Rückhaltekraft (LC) ablesen, in diesem Beispiel 259 daN bzw. 123 daN



Fazit:

- Es müssen zur fachgerechten Sicherung bei einem Reibbeiwert von
 - $\mu = 0,2$ vier Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 259 daN
 - $\mu = 0,6$ vier Zurrmittel mit einer zulässigen Zugkraft (LC) ≥ 123 daN verwendet werden.

10.5 Ladungssicherung im Facility-Management und bei Ausbaugewerken

- 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.

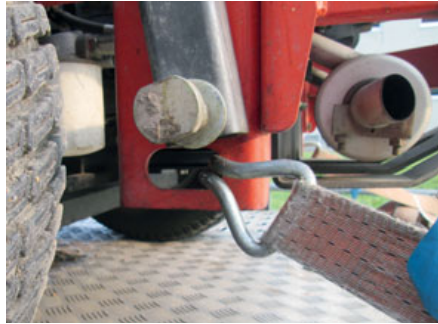


Bild 222 und 223: Diagonallatten mit Zurrgurten, Zulässige Zugkraft der Zurrpunkte am Tandemanhänger lt. Hersteller 850 daN

Bild 224 und 225: Nutzung der **hier vorhandenen** Zurrpunkte am Aufsitzrasenmäher

Fahrzeugausrüstungsfirmen bieten branchenbezogene Transport- und Sicherungssysteme an.



Bild 226: Ausrüstung eines Fahrzeuges mit einem Ladungssicherungssystem für die Unterhaltsreinigung

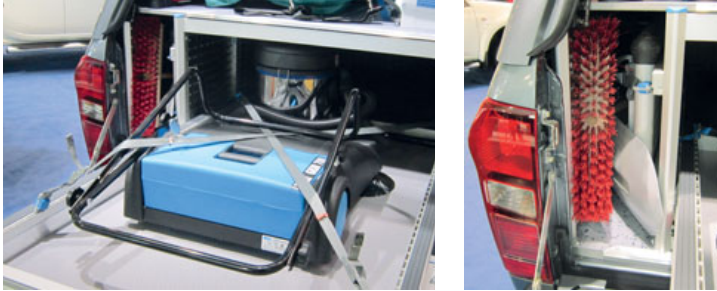


Bild 227 und 228: Details der Ausrüstung eines Fahrzeuges mit einem Ladungssicherungssystem für die Unterhaltsreinigung

Ladungssicherung von Leitern



Bild 229:
Leitertransport
auf dem Dach



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 230: Leitertransport auf dem Spriegelgestell

10.5 Ladungssicherung im Facility-Management und bei Ausbaugewerken



Bild 231: Leitertransport auf dem Dach mit Sicherung, siehe Details



Bild 232 und 233: Details der Leitersicherung

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



Bild 234 und 235: 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 236 und 237: 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 238 und 239: Leiteraufstieg am Kastenwagen/Kleintransporter

Bild 240 und 241: „Laufsteg“ im Dachträgersystem integriert

10.5 Ladungssicherung im Facility-Management und bei Ausbaugewerken

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. Vorschriften-, Literatur- und Herstellerverzeichnis, Bildnachweis

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 (Für Fahrzeuge bis 05/2020)	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 (Für Fahrzeuge bis 05/2020)	Zurrpunkte an Nutzfahrzeugen zur Güterbeförderung > 3,5 t zGM
DIN EN 12642:2017-03	Aufbauten an Nutzfahrzeugen > 3,5 t zGM
DIN EN 12640:2020-05 (Für Fahrzeuge ab 06/2020)	Intermodale Ladeeinheiten und Nutzfahrzeuge - Zurrpunkte zur Ladungssicherung - Mindestanforderungen und Prüfungen

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
ecomед 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 Hendrich GmbH & Co. KG
Bild 2:	DGUV – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Bilder 4, 6–21, 23–28, 30–45, 47–50, 55, 56, 59, 61, 62, 67, 69, 72–74, 76–85, 89–97, 100–103, 106–110, 112–117, 120–125, 127–130, 133–139, 142–150, 153, 154, 157–178, 180–202, 205–214, 216–251:	BG BAU
Bilder 22, 68, 71, 75:	GWS-Schlobohm
Bild 29:	DIN EN 12 640
Bild 46:	Wolfgang Jaspers
Bilder 51, 52, 63–66, 88:	Firma Dolezych, Dortmund
Bild 60:	Firma RUD
Bild 70:	verschiedene Hersteller, vgl. Herstellerverzeichnis
Bilder 3, 5:	fotolia.com
Bilder 98, 99, 104, 105, 118, 119, 126, 127, 140, 141, 151, 152, 155, 156, 179, 180, 203, 204, 215, 216:	Braun GmbH

Anhang 1: Betriebsanweisung

Nr.	Betriebsanweisung		
Baustelle:		Arbeitsplatz:	
Betrieb:		Tätigkeit:	
freigegeben (Unterschrift):		Erfassungsdatum:	
Anwendungsbereich			
Ladungssicherung auf Fahrzeugen			
Gefährdungen für den Menschen			
	<ul style="list-style-type: none"> - durch verrutschte, umfallende, kippende, herabfallende Ladungen. - Umkippen des Fahrzeugs. - Außer Kontrolle geratende Ladung bzw. Ladungsteile. - Außer Kontrolle geratendes Fahrzeug. 		
Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln			
	<ul style="list-style-type: none"> - 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:			
	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Unregelmäßigkeiten im Fahrverhalten, z. B. Schlingerbewegung oder Abdriften, Fahrt unterbrechen und Ladung kontrollieren - Bei Unfällen <ul style="list-style-type: none"> - Unfallstelle absperren. - Personen aus Gefahrenbereich herausbringen. - Verkehrssicherung der Unfallstelle gegenüber dem öffentlichen Straßenverkehr. 		
Verhalten bei Unfällen, Erste Hilfe Notruf:			
	<ul style="list-style-type: none"> - Selbstschutz beachten, Erste Hilfe erst dann leisten, wenn sich Verletzte außerhalb des Gefahrenbereiches befinden 		
	<ul style="list-style-type: none"> - 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			
<ul style="list-style-type: none"> - 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			
<p>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).</p> <p>Die im Dokument dargestellten Sicherheitskennzeichen entsprechen der Kennzeichnung nach ASR A 1.3.</p>			

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

Zurpunkte vorhanden und für die Ladung geeignet? ja nein

2. Ladegut

Zurpunkte 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 Zurpunkte 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 Teilladungen 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 Niederrzurren

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

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

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					
	$\mu = 0,6$	$\mu = 0,6$	$\mu = 0,55$	$\mu = 0,45$	$\mu = 0,3$	$\mu = 0,2$
	mit $f_{\mu} = 1,0$			mit $f_{\mu} = 0,75$		
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 Niederzurverfahren
 - mit den **Formeln** aus der DIN EN 12195-1:2011-06
- Berechnungen im Diagonalzurverfahren
 - 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)

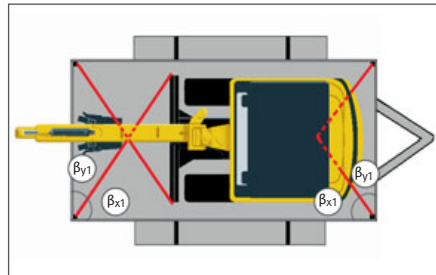


Bild 242: Darstellung Variante 1

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

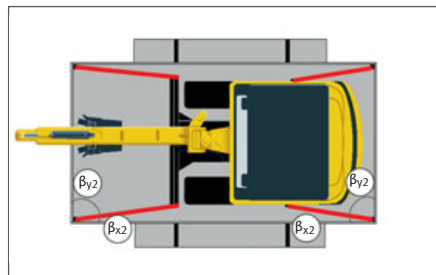


Bild 243: Darstellung Variante 2

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.

S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN
 S_{VF} = Normale Vorspannkraft
 LC 2500 daN
 S_{HF} = 50 daN
 S_{VF} = 400 daN
 EN 12195-2
 Werkstoff: PES
 Herstelljahr 2018

MUSTERMANN
 VDI 2701
 DD / AV-Nr.: xxxxx



LC $\overbrace{\hspace{2cm}}$ 2500 daN

 LC 5000 daN

Nicht heben, nur zurren!
Dehnung < 5%



Bild 245:
Kennzeichnung
Zurrpunkte am
Tandemanhänger

Bild 244: Kennzeichnung am Zurrgurt

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
$\mu = 0,2$	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
$f_s = 1,25$	Sicherheitsbeiwert in Fahrtrichtung
$f_s = 1,1$	Sicherheitsbeiwert entgegen und quer der Fahrtrichtung
$\alpha = 75^\circ$	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche

Zuordnung der Hintergrundfarben nach Reibbeiwert

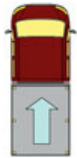
Reibbeiwert $\mu = 0,2$
 (verschmutzte
 Gummi-Laufwerkskette/
 Ladefläche nicht besenrein bzw. frei
 von Eis und Schnee oder bei Frost)

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

Benötigte Vorspannkraft in Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert

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

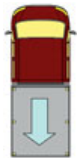
$$F_T \geq \frac{(c_{x(v)} - \mu \times c_z) F_G}{2 \times n \times \mu \times \sin \alpha} \times f_s = \frac{(0,8 - 0,6 \times 1,0) 2000 \text{ daN}}{2 \times 1 \times 0,6 \times \sin 75^\circ} \times 1,25 = 432 \text{ daN}$$



Benötigte Vorspannkraft entgegen der Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert

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

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

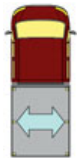


Benötigte Vorspannkraft quer zur Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert

- Für einen standsicheren Minibagger mit verbreitertem Fahrwerk

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

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



- Kontrollberechnung für die Standsicherheit mit verbreitertem Fahrwerk

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

- 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).

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

- Es müsste somit zusätzlich **ein** Zurrgerät 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.

$$3883 \text{ daN} > 1709 \text{ daN} + 314 \text{ daN}$$

$$432 \text{ daN} > 0 \text{ daN} + 314 \text{ daN}$$

- 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 $\mu = 0,2$ 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_{TP}) = 400 daN notwendig ($3883 : 400 \approx 10$).
- Ein Tandemanhänger mit einer zulässigen Gesamtmasse $zGM \leq 3,5$ 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 ($\mu = 0,2$), kann der Minibagger mit einem Gewicht von 2000 kg nicht auf einem Tandemanhänger mit einer $zGM \leq 3,5$ t transportiert werden.

- Bei einem Reibbeiwert $\mu = 0,6$ 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 ($432 : 400 \approx 2$).
- 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.

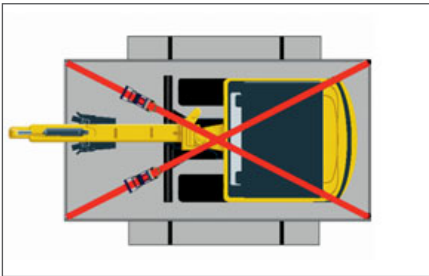


Bild 246: Mögliche Anordnung der Zurrgurte im Niederzurren über die Kabine des Minibaggers, entspricht aber nicht der Systematik des Niederzurrens. **Nicht zulässig!**

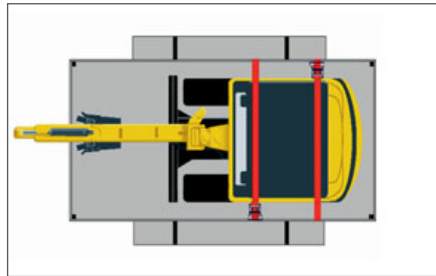


Bild 247: Mögliche Anordnung der Zurrgurte im Niederzurren über die Kabine des Minibaggers, hier sind aber **keine** Zurrpunkte vorhanden. **Nicht umsetzbar!**

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 248: Kennzeichnung der Zurrpunkte am Fahrzeug bzw. Tandemanhänger

S_{HF} = Normale Handkraft = 50 daN
 S_{TF} = Normale Vorspannkraft
 LC 2500 daN
 S_{HF} = 50 daN
 S_{TF} = 400 daN
 EN 12195-2
 Werkstoff: PES
 Herstelljahr 2018

MUSTERMANN
 VDI 2701
 DD / AV-Nr.: xxxxxx

LC $\overbrace{\hspace{2cm}}$ 2500 daN
 LC $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 5000 daN

Nicht heben, nur zurren!
 Dehnung < 5%

Bild 249: Kennzeichnung am Zurrgurt

Berechnung Diagonalzurrverfahren nach DIN EN 12195-1:2011

Nach der DIN EN 12195-1:2011 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
$\alpha = 20^{\circ}$	Winkel (vertikal) zwischen Zurrmittel und der Ladefläche
$\beta_{x1} = 45^{\circ}$	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)
$\beta_{y1} = 45^{\circ}$	Querzurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Querachse (y-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche)
$\beta_{x2} = 20^{\circ}$	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)
$\beta_{y2} = 70^{\circ}$	Querzurrwinkel (Winkel (horizontal) zwischen Zurrmittel und Querachse (y-Achse) eines Transportmittels in der Ebene der Ladefläche)

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

Variante 1:

Berechnung Diagonalzurrverfahren nach der DIN 12195-1:2011 bei Nutzung des Abstützschildes und kreuzweisem Diagonalzurren ($\beta_{x1} = 45^\circ$)

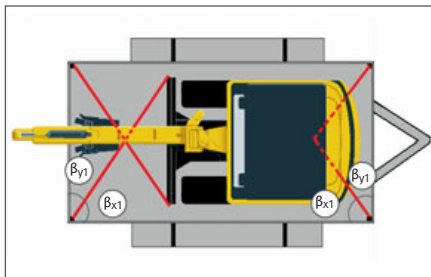


Bild 250: Schematische Darstellung der Diagonalverzerrung eines Minibaggers (kreuzweises Diagonalzurren an den Zurrpunkten des Abstützschildes und einfach Diagonalzurren an der Zugöse am Unterwagen)

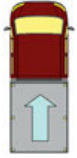
Zuordnung der Hintergrundfarben nach Reibbeiwert

Reibbeiwert $\mu = 0,2$
($f_\mu = 0,75$)
 (verschmutzte Gummi-Laufwerkskette/ Ladefläche nicht besenrein bzw. frei von Eis und Schnee oder bei Frost)

Reibbeiwert $\mu = 0,6$
($f_\mu = 0,75$)
 (saubere Gummi-Laufwerkskette/ Ladefläche besenrein)

Reibbeiwert $\mu = 0,6$
($f_\mu = 1,0$)
 (Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi bei sauberer Laufwerkskette und besenreiner Ladefläche)

Benötigte Rückhaltekraft in Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert

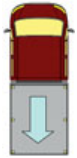


$$F_R = \frac{F_G (c_{x(v)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n (\cos \alpha \times \cos \beta_{x1} + \mu \times f_\mu \times \sin \alpha)} = \frac{2000 (0,8 - 0,2 \times 0,75 \times 1,0)}{2 (\cos 20^\circ \times \cos 45^\circ + 0,2 \times 0,75 \times \sin 20^\circ)} = 942 \text{ daN}$$

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

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

Benötigte Rückhaltekraft entgegen der Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert



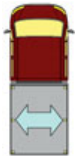
$$F_R = \frac{F_G (c_{x(h)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n (\cos \alpha \times \cos \beta_{x1} + \mu \times f_\mu \times \sin \alpha)} = \frac{2000 (0,5 - 0,2 \times 0,75 \times 1,0)}{2 (\cos 20^\circ \times \cos 45^\circ + 0,2 \times 0,75 \times \sin 20^\circ)} = 508 \text{ daN}$$

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

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

Benötigte Rückhaltekraft quer zur Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert

- Für einen standsicheren Minibagger mit verbreitertem Fahrwerk



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

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

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

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

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

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

- Dieser berechnete Wert ($F_{R(K)} = 271 \text{ daN}$) 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}).

$$F_{Rges} (F_{R(R)} + F_{R(K)}) < F_R$$

$$F_{Rges} (F_{R(R)} + F_{R(K)}) < F_R$$

$$F_R < F_{Rges} (F_{R(R)} + F_{R(K)})$$

$$779 \text{ daN} < 942 \text{ daN}$$

$$333 \text{ daN} < 428 \text{ daN}$$

$$230 \text{ daN} < 271 \text{ daN}$$

Fazit:

- Die zulässige Zugkraft (LC) von 2500 daN (siehe Bild 101) der ausgewählten Zurrmittel ist ausreichend. Aber die Zurrpunkte des Tandemanhängers ($zGM \leq 3,5 \text{ t}$) mit einer zulässigen Zugkraft (F_{LP}) von 400 daN werden:

- bei einem Reibbeiwert $\mu = 0,2$ in alle Richtungen überlastet,
- bei einem Reibbeiwert $\mu = 0,6$ und $f_{\mu} = 0,75$ in Fahrtrichtung überlastet ($F_R = 428 \text{ daN}$). Es müssen zusätzliche Sicherungsmaßnahmen, z. B. Blockierung gegen die Stirnwand, durchgeführt werden.

- Bei einem Reibbeiwert $\mu = 0,6$ und $f_{\mu} = 1,0$ (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) $\geq 271 \text{ daN}$ verwendet werden.

Variante 2:

Berechnung Diagonalzurrverfahren nach der DIN 12195-1:2011 bei Nutzung des Abstützschildes und einfachem Diagonalzurren ($\beta_{x2} = 20^\circ$)

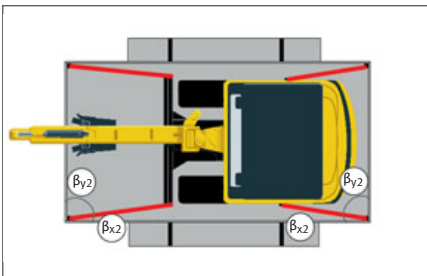


Bild 251: Schematische Darstellung der Diagonalverzerrung eines Minibaggers (einfaches Diagonalzurren an den Zurrpunkten des Abstützschildes und einfach Diagonalzurren an den Zurrpunkten am Fahrwerk)

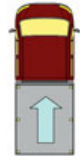
Zuordnung der Hintergrundfarben nach Reibbeiwert

Reibbeiwert $\mu = 0,2$
($f_{\mu} = 0,75$)
 (verschmutzte Gummi-Laufwerkskette / Ladefläche nicht besenrein bzw. frei von Eis und Schnee oder bei Frost)

Reibbeiwert $\mu = 0,6$
($f_{\mu} = 0,75$)
 (saubere Gummi-Laufwerkskette / Ladefläche besenrein)

Reibbeiwert $\mu = 0,6$
($f_{\mu} = 1,0$)
 (Verwendung von rutschhemmenden Mitteln aus Gummi bei sauberer Laufwerkskette und besenreiner Ladefläche)

Benötigte Rückhaltekraft in Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert

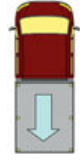


$$F_R = \frac{F_G (c_{x(v)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n (\cos \alpha \times \cos \beta_{x2} + \mu \times f_\mu \times \sin \alpha)} = \frac{2000 (0,8 - 0,2 \times 0,75 \times 1,0)}{2 (\cos 20^\circ \times \cos 20^\circ + 0,2 \times 0,75 \times \sin 20^\circ)} = 696 \text{ daN}$$

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

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

Benötigte Rückhaltekraft entgegen der Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert



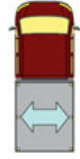
$$F_R = \frac{F_G (c_{x(h)} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{n (\cos \alpha \times \cos \beta_{x2} + \mu \times f_\mu \times \sin \alpha)} = \frac{2000 (0,5 - 0,2 \times 0,75 \times 1,0)}{2 (\cos 20^\circ \times \cos 20^\circ + 0,2 \times 0,75 \times \sin 20^\circ)} = 375 \text{ daN}$$

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

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

Benötigte Rückhaltekraft quer zur Fahrtrichtung je nach Reibbeiwert

- Für einen standsicheren Minibagger mit verbreitertem Fahrwerk



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

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

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

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

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

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

- Dieser berechnete Wert ($F_{R(K)} = 326 \text{ daN}$) 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}).

$$F_R < F_{Rges} (F_{R(R)} + F_{R(K)})$$

$$F_R < F_{Rges} (F_{R(R)} + F_{R(K)})$$

$$F_R < F_{Rges} (F_{R(R)} + F_{R(K)})$$

$$940 \text{ daN} < 1266 \text{ daN}$$

$$338 \text{ daN} < 432 \text{ daN}$$

$$184 \text{ daN} < 326 \text{ daN}$$

Fazit:

- Die zulässige Zugkraft (LC) von 2500 daN (siehe Bild 249) der ausgewählten Zurrmittel ist ausreichend. Aber:

– Bei einem Reibbeiwert $\mu = 0,2$ 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 $\mu = 0,6$ und $f_{\mu} = 0,75$ 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

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

oder

2. Verhindern des seitlichen Rutschens, z. B. durch formschlüssig gelegte Kanthölzer zwischen Laufwerkskette und den seitlichen Bordwänden (siehe Bild 93/94)

$$(432 \text{ daN } (F_{Rges}) - 106 \text{ daN } (F_{R(R)}) = \mathbf{326 \text{ daN}}$$

– 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 ($\mu = 0,6$ und $f_{\mu} = 1,0$) werden die Zurrpunkte mit einer max. zulässigen Belastung (F_{LP}) von 400 daN des Tandemanhängers ($zGM \leq 3,5$ 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.

www.bgbau.de

BG BAU
Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft

Anspruchpartnersuche

Prävention ASD der BG BAU Mitglieder und Beiträge Rehabilitation und Leistungen

Home » Prävention » nach Region

- nach Region (PLZ/Ort)
- Fachberatung (Fachthema)

Ihre Ansprechpartner der 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.

Postleitzahl:

Ort:

Sie kennen Ihre Postleitzahl nicht?
Hier können Sie diese recherchieren.

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