

**TÜV NORD Mobilität GmbH & Co. KG  
Gruppe LADUNGSSICHERUNG  
Am TÜV 1  
30519 Hannover**

# **Prüfbericht** **zur Ladungssicherung beim Transport von Altpapier**

**Nr.: LS 0805268**

**Auftraggeber:**                   **Albers Logistik Varel GmbH  
Dangaster Straße 51  
26316 Varel**

**Auftrag:**                           Grundlagenuntersuchungen zum Transport und  
Ladungssicherung von Altpapier B12 und B19 in Papierballen  
auf Transportfahrzeugen mit Schiebepanenaufbauten  
(Curtainsider)

## 1. Grundlagen

Die gesetzlichen Anforderungen zur Ladungssicherung sind enthalten in den Vorschriften der Straßenverkehrsordnung (StVO) und der Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO).

Die technische Regel zur Ausführung und Berechnung ist die VDI Richtlinie 2700 - Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen.

Für die Berechnung von Ladungssicherungskräften sind die Maximalwerte der Massenkräfte gemäß VDI 2700 Ziffer 1.3.2.1 anzusetzen:

- $0,8 \times F_G$  in Fahrtrichtung
- $0,5 \times F_G$  entgegen der Fahrtrichtung
- $0,5 \times F_G$  quer zur Fahrtrichtung bzw.
- $0,7 \times F_G$  quer zur Fahrtrichtung für nicht standfeste, kipppgefährdete Güter

Dabei ist  $F_G$  die Gewichtskraft der jeweils zu sichernden Ladung.

Nachfolgend sind alle Angaben zu Ziffern bezogen auf die VDI 2700.

Insbesondere wird in der VDI 2700 unter Ziff. 3.4 „Einzelgüter“ und Ziff. 3.5 „Ladungssicherung von Stückgütern“ behandelt.

## 2. Transportgüter und Ladungssicherungsmethoden

Die nachfolgende Tabelle beinhaltet alle untersuchten Transportgüter (Altpapier B12 und B19 in Papierballen), mit ihren Hauptmerkmalen. Die vorgenommene Nummerierung [römische Zahlen] dient der Übersichtlichkeit. Bei den nachfolgenden Untersuchungen wird auf diese Nummerierung zurückgegriffen.

Das Transportgut sind Altpapierballen B12 und B19 in verschiedenen Größen und Gewichten.

Altpapierballen						
Nr.	Bezeichnung	Gewicht Altpapierballen	Abmessungen (Länge x Breite)	Höhe der Altpapierballen	Stapelung übereinander	Bild
I	B12	500 kg - 700 kg	ca. 1,50 m x 1,10 m	ca. 0,80 m	max. 3 Lagen	1
II	B19	500 kg – 700 kg	ca.1,50 m x 1,20 m	ca. 0,80 m	max. 3 Lagen	2

Tabelle 1

Besonderheiten der Altpapierballen:

### Nr. I (B12)

Jeder Papierballen ist mindestens 4- mal mit Draht umwickelt. Die Papierballen können mit Mischabfällen z. B. mit Kunststoffolie, Holz, Glas usw. durchsetzt sein.

### Nr. II (B19)

Jeder Papierballen ist mindestens 5- mal mit Draht umwickelt.

## 3. Reibungskraft

### 3.1. Grundlagen

Die Reibungskraft  $F_R$  wirkt einer Ladungsverschiebung entgegen und wird wie folgt physikalisch beschrieben:

$$F_R = \mu \times F_G$$

$$F_G = \text{Gewichtskraft}$$

$$\mu = \text{Gleit-Reibbeiwert}$$

Um die Dynamik von Transportvorgängen praxisgerecht zu erfassen wird für die Ladungssicherung der Gleit-Reibbeiwert eingesetzt.

Der mit  $\mu$  bezeichnete Gleit-Reibbeiwert ist für verschiedene Materialien in der untenstehenden Tabelle angegeben.

Papier gegen Papier	$\mu = 0,40$	
	Papier, in Papier verpackt	Papier unverpackt
Papier gegen Siebdruck	$\mu = 0,3$	$\mu = 0,25$
Papier gegen Siebdruck + Joloda	$\mu = 0,25$	$\mu = 0,35$
Papier gegen Bretter	$\mu = 0,4$	$\mu = 0,45$
Papier gegen Metall	$\mu = 0,3$	$\mu = 0,3$
Papier gegen Kunststoff	$\mu = 0,25$	$\mu = 0,15$

Tabelle 2 Quelle: Fraunhofer Institut, Dortmund

Bei Verwendung von Antirutschmatten (Rh-Matten) kann  $\mu = 0,60$  angesetzt werden.

Exakte Gleitreibbeiwerte sind durch Versuche mit den betreffenden Materialpaarungen unter Berücksichtigung der vorliegenden Verlade- und Transportbedingungen zu ermitteln.

### 3.2. Bestimmung von Reibbeiwerten- Versuchsaufbau

Die Versuche werden an und mit den originalen Ladegütern durchgeführt. Die vorhandenen Verlade- und Transportbedingungen finden Berücksichtigung. Die Ermittlung der Reibungskräfte erfolgt im quasistatischen Verfahren mittels Zugversuch. Die Krafteinleitung erfolgt in Wirkrichtung der Trägheitskraft. Der Kraftangriffspunkt befindet sich im Bereich der Schwerpunktachse oder in der unmittelbaren Nähe der Kontaktflächen.

Die Krafteinleitung erfolgt gleichmäßig. Durch einen kontinuierlichen Kraftanstieg wird die Haftgrenze überschritten (losbrechen) und Gleitreibung tritt ein. Die Reibungskräfte werden über den gesamten Zugvorgang gemessen. Für die Ermittlung der Reibkräfte werden je Versuchsreihe drei Einzelversuche durchgeführt.

Der Reibwert errechnet sich aus dem Quotienten von gemessener Reibungskraft zu gemessener Gewichtskraft

$$\mu = \frac{F_R}{F_G}$$

$F_R$  = Reibungskraft

$F_G$  = Gewichtskraft

Die Messungen erfolgten mittels einer Kraftmessvorrichtung. Alle Messungen wurden aufgrund der überwiegend vorliegenden Verladepraxis im trockenen Zustand durchgeführt. Durch die Lagerung der Altpapierballen im Freien, kann es dazu kommen, dass die Altpapierballen auch feucht verladen werden. Die Prüfgewichte ergeben sich aus der verwendeten Originalladung. Die Messwerte sind tabellarisch aufgearbeitet.

### 3.3. Versuchsergebnisse

#### 3.3.1. Reibpartner Altpapier B12 - Siebdruckboden

1. Versuch:

Gewicht: 630 daN

Gemessene Haftreibungskraft: 370 daN  $\mu_{Haft} = \frac{F_R}{F_G} = \frac{370}{630} = 0,59$   $\mu_{Haft} = 0,59$

Gemessene mittlere Gleitreibungskraft: 350 daN  $\mu = \frac{F_R}{F_G} = \frac{350}{630} = 0,56$   $\mu = 0,56$

Darauf wird ein Sicherheitsabschlag von 10% angesetzt.

Somit mittlerer Gleitreibbeiwert zur Anwendung:

$$\mu = 0,56 \times 0,9 \quad \underline{\underline{\mu = 0,50}}$$

2. Versuch:

Gemessene Haftreibungskraft: 400 daN  $\mu_{Haft} = \frac{F_R}{F_G} = \frac{400}{630} = 0,63$   $\mu_{Haft} = 0,63$

Gemessene mittlere Gleitreibungskraft: 350 daN

$$\mu = \frac{F_R}{F_G} = \frac{350}{630} = 0,56 \quad \mu = 0,56$$

Darauf wird ein Sicherheitsabschlag von 10% angesetzt.

Somit mittlerer Gleitreibbeiwert zur Anwendung:

$$\mu = 0,56 \times 0,9 \quad \underline{\mu = 0,50}$$

### 3. Versuch:

Gemessene Haftreibungskraft: 400 daN

$$\mu_{Haft} = \frac{F_R}{F_G} = \frac{400}{630} = 0,63 \quad \mu_{Haft} = 0,63$$

Gemessene mittlere Gleitreibungskraft: 360 daN

$$\mu = \frac{F_R}{F_G} = \frac{360}{630} = 0,57 \quad \mu = 0,57$$

Darauf wird ein Sicherheitsabschlag von 10% angesetzt.

Somit mittlerer Gleitreibbeiwert zur Anwendung:

$$\mu = 0,57 \times 0,9 \quad \underline{\mu = 0,51}$$

Die Versuchsergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Versuch	Gewicht (kg)	Haftreibungskraft (daN)	mittlere Gleitreibungskraft (daN)	$\mu_{Haft}$	$\mu_{gleit}$ Rechnung	$\mu_{gleit}$ Anwendung
1.	630	370	350	0,59	0,56	0,50
2.	630	400	350	0,63	0,56	0,50
3.	630	400	360	0,63	0,57	0,51

Tabelle 3

Die weiteren Versuche wurden wie in Ziffer 3.3.1 beschrieben durchgeführt.

### 3.3.2. Reibpartner Altpapier B12 - Altpapier B12

Versuch	Gewicht (kg)	Haftreibungskraft (daN)	mittlere Gleitreibungskraft (daN)	$\mu_{\text{Haft}}$	$\mu_{\text{gleit}}$ Rechnung	$\mu_{\text{gleit}}$ Anwendung
1.	630	570	370	0,90	0,59	0,53
2.	630	460	350	0,73	0,56	0,50
3.	630	600	350	0,95	0,56	0,50

Tabelle 4

### 3.3.3. Reibpartner Altpapier B19 - Siebdruckboden

Versuch	Gewicht (kg)	Haftreibungskraft (daN)	mittlere Gleitreibungskraft (daN)	$\mu_{\text{Haft}}$	$\mu_{\text{gleit}}$ Rechnung	$\mu_{\text{gleit}}$ Anwendung
1.	560	335	290	0,60	0,52	0,47
2.	560	310	280	0,55	0,50	0,45
3.	560	280	280	0,50	0,50	0,45

Tabelle 5

### 3.3.4. Reibpartner Altpapier B19 - Altpapier B19

Versuch	Gewicht (kg)	Haftreibungskraft (daN)	Mittlere Gleitreibungskraft (daN)	$\mu_{\text{Haft}}$	$\mu_{\text{gleit}}$ Rechnung	$\mu_{\text{gleit}}$ Anwendung
1.	560	420	300	0,75	0,54	0,49
2.	560	340	290	0,61	0,52	0,47
3.	560	340	290	0,61	0,52	0,47

Tabelle 6

### 3.4. Zusammenfassung

- Bei trockenem Fahrzeugboden aus Holz und trockenem Altpapier B12 (ohne zwischengelegten Rh - Matten) wurde ein mittlerer Gleitreibbeiwert von  $\mu = 0,50$  ermittelt.
- Bei Altpapier B12 (trocken) auf Altpapier B12 (trocken) (ohne zwischengelegten Rh- Matten) wurde ein mittlerer Gleitreibbeiwert von  $\mu = 0,50$  ermittelt.
- Bei trockenem Fahrzeugboden aus Holz und trockenem Altpapier B19 (ohne zwischengelegten Rh- Matten) wurde ein mittlerer Gleitreibbeiwert von  $\mu = 0,45$  ermittelt.
- Bei Altpapier B19 (trocken) auf Altpapier B19 (trocken) (ohne zwischengelegten Rh- Matten) wurde ein mittlerer Gleitreibbeiwert von  $\mu = 0,45$  ermittelt.
- Aus Vereinfachungsgründen wird bei späteren Berechnungen ein mittlerer Gleitreibbeiwert von  $\mu = 0,45$  angenommen.

## 4. Festigkeit und Formsteifigkeit der Ladeeinheiten

### 4.1. Versuchsgrundlagen

Durch Schrägstellen einer Ladeeinheit lässt sich über die wirkenden Kräfte deren innere Festigkeit und Formsteifigkeit untersuchen.

Es soll eine Massenkraft wirken, die dem 0,5fachen der Gewichtskraft der Ladeeinheit entspricht ( $0,5 \times F_G$ ).

Es ergibt sich somit:

$$\sin \alpha = \frac{0,5 \times F_G}{F_G}$$

$$\sin \alpha = 0,5$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Ein Schrägstellen der Ladeeinheit auf einen Winkel von  $\alpha = 30^\circ$  bewirkt somit eine Massenkraft von  $0,5 \times F_G$  in allen Ladungsfugen.

#### 4.2. Versuchsdurchführung

Es wurden für die Altpapierballen B12 und B19 verschiedene Versuche zu Ermittlung der Festigkeit und der Formsteifigkeit in den Ladeeinheiten durchgeführt die Ergebnisse sind nachfolgend jeweils tabellarisch erfasst.

Nr.	Bezeichnung	Umverpackung	Ziel $0,5 \times F_G$ erreicht	Bemerkung
I	B12	4 mal mit Draht umbunden	ja	--
II	B19	5 mal mit Draht umbunden	ja	--

Tabelle 7

#### 4.3. Zusammenfassung

Die Schrägstellversuche haben gezeigt, dass die innere Festigkeit und Formsteifigkeit der Ladeeinheiten ausreichend ist. Während des Versuchs rutschten einzelne Papierstücke heraus. Der Draht hielt dieser Belastung stand und nach dem Zurücksetzen war die Formsteifigkeit der Ladung wieder hergestellt.

### 5. Standsicherheit des Altpapiers B12 und B19

#### 5.1. Berechnungsgrundlagen

Die Stabilität einer Ladung muss sowohl in Längs als auch in Querrichtung gegeben sein. Die Anforderungen für eine ausreichende Standsicherheit ergeben sich aus Ziff.1.3.2.1 (VDI 2700):

$$\frac{L}{H} > 0,8 \text{ (in Fahrtrichtung)}$$

$$\frac{L}{H} > 0,5 \text{ (entgegen der Fahrtrichtung)}$$

$$\frac{B}{H} > 0,7 \text{ (quer zur Fahrtrichtung)}$$

Die Schwerpunkthöhe des beladenen Transportgestelles (Ladeeinheit) befindet sich immer unterhalb der Mitte der Ladeeinheit.

Als Schwerpunkthöhe für den rechnerischen Nachweis wurde die Mitte der jeweiligen Ladeeinheit angenommen.

## 5.2. Kippgefahr der Altpapierballen

Nr.	Bezeichnung	Verladerichtung		Höhe der Altpapierballen	Kippgefahr			Bild
		Abmessungen (Länge quer zur Fahrtrichtung)	Abmessungen (Breite in Fahrzeuginnenrichtung)		In Fahrtrichtung	Quer zur Fahrtrichtung	Entgegen der Fahrtrichtung	
I	B12	1,15 m	1,10 m	0,80 m	nein	Nein	nein	1
II	B19	1,50 m	1,20 m	0,80 m	nein	nein	nein	2

Tabelle 5

Die Regelverladung ist:

- zwei Altpapierballen nebeneinander,
- 2 bzw. 3 Altpapierballen übereinander.

Hierbei stützen sich die niedergezurrtten Ladeeinheiten gegenseitig.

Es sind somit sind alle Altpapierballen standfest.

## 6. Fahrversuche

### 6.1 Fahrversuche zur Massenkraft quer zur Fahrtrichtung

#### Versuch 1:

Die Ladung (2 Altpapierballen, B19 quer geladen, Ladebreite 2.200 mm, 2 übereinander) ist mit einem Zurrurt LC = 2.500 daN mit Langhebelratsche (STF 380 daN) niedergezurrt (Bild 3).

Durch den Zurrurt in Verbindung mit den Drahtseilen lassen sich die Altpapierballen sehr gut stabilisieren.

#### Fahrversuch 1

Die gemessene Quereschleunigung ist dokumentiert in „Versuch 1“

Max. Verzögerung von 3,78 m/sek<sup>2</sup>.

Die Ladung ist bei diesem Versuch nicht verrutscht.

#### Fahrversuch 2

Die gemessene Quereschleunigung ist dokumentiert in „Versuch 1“.

Max. Verzögerung von 4,18 m/sek<sup>2</sup>.

Die Ladung ist bei diesem Versuch nicht verrutscht.

#### Fahrversuch 3

Die gemessene Quereschleunigung ist dokumentiert in „Versuch 1“.

Max. Verzögerung von 4,30 m/sek<sup>2</sup>.

Die Ladung ist bei diesem Versuch nicht verrutscht.

#### Fahrversuch 4

Die gemessene Quereschleunigung ist dokumentiert in „Versuch 1“.

Max. Verzögerung von 4,65 m/sek<sup>2</sup>.

Die Ladung ist bei diesem Versuch nicht verrutscht.

#### Fahrversuch 5:

Die gemessene Querbeschleunigung ist dokumentiert in „Versuch 1“.

Max. Verzögerung von 5,46 m/sek<sup>2</sup>.

Bild 4 zeigt den Zustand der Ladung nach Fahrversuch 5. Die Ladung ist bei diesem Versuch nicht verrutscht.

#### Versuch 2:

Die Ladung (2 Altpapierballen, B19 quer geladen, Ladebreite 2.200 mm, 3 übereinander) ist mit einem Zurrurt LC = 2.500 daN mit Langhebelratsche (STF 380 daN) niedergezurrt (Bild 5).

Durch den Zurrurt in Verbindung mit den Drahtseilen lassen sich die Altpapierballen sehr gut stabilisieren.

#### Fahrversuch 1

Die gemessene Querbeschleunigung ist dokumentiert in „Versuch 2“.

Max. Verzögerung von 6,72 m/sek<sup>2</sup>.

Die Ladung ist bei diesem Versuch verrutscht.

#### Fahrversuch 2

Die gemessene Querbeschleunigung ist dokumentiert in „Versuch 2“.

Max. Verzögerung von 4,44 m/sek<sup>2</sup>.

Die Ladung ist bei diesem Versuch nicht verrutscht.

#### Fahrversuch 3

Die gemessene Querbeschleunigung ist dokumentiert in „Versuch 2“.

Max. Verzögerung von 6,02 m/sek<sup>2</sup>.

Die Ladung ist bei diesem Versuch verrutscht.

#### Fahrversuch 4:

Die gemessene Querbeschleunigung ist dokumentiert in „Versuch 2“.

Max. Verzögerung von 5,00 m/sek<sup>2</sup>.

Bild 5 zeigt den Zustand der Ladung nach Fahrversuch 4. Die Ladung ist bei diesem Versuch nicht verrutscht.

### **6.1.1. Zusammenfassung**

Die Fahrversuche haben gezeigt, dass bei einer max. Querschleunigung von 5,00 m/sek<sup>2</sup>. die Altpapierballen B12 und B19 je Ladungsreihe 2 nebeneinander, 2 bzw. 3 übereinander geladen mit einem Zurrurt LC 2.500 daN; STF 380 daN mit Langhebelratsche niedergezurrt, quer zur Fahrtrichtung ausreichend abgesichert sind. Es konnte keine Bewegung der Altpapierballen auf den Siebdruckboden des Fahrzeuges und auch nicht zwischen Altpapier / Altpapier auf Altpapier festgestellt werden.

### **6.2. Fahrversuche zur Massenkraft in Fahrtrichtung**

Die Ladung ist in üblicher Art geladen (2 Altpapierballen; quer geladen; Ladebreite 2.200 mm, 3 übereinander) und durch einen Zurrurt mit Langhebelratsche (STF 380 daN) niedergezurrt

Bei Fahrversuchen wurde eine Bremsverzögerung von 6,12 m/sek<sup>2</sup> erreicht; die Altpapierballen sind auf der Ladefläche 120 mm (Bild 6) gerutscht; innerhalb in der Ladung ist keine Bewegung aufgetreten.

Der Gurt stabilisiert belastungsabhängig zusätzlich die Ladung.

Der Zurrurt wurde zusätzlich gespannt. Die Ladung unter dem Gurt wurde gehalten; die Altpapierballen wurden dabei nicht zerstört und fielen nicht auseinander.

Dieser Versuch ist sehr aufschlussreich zur Beurteilung von Stabilität und Festigkeit der umwickelten, niedergezurrtten Ladeeinheiten.

Für die praktische Ladungssicherung sind allerdings solche Belastungen nicht relevant:

- 1.) Die Ladung kann sich nicht 120 mm bewegen; sie hat Formschluss (in Fahrtrichtung).

## 7. Ladungssicherung

### 7.1. Ladungssicherung durch Niederzurren

Dieses Verfahren wird angewendet bei allen Fahrzeugen, die zwar seitlich Laderaumbegrenzungen (Bordwände, Schiebepanzen oder anderes) haben, für die aber keine Festigkeitsnachweise vorliegen.

#### 7.1.1. Verladung und Ladungssicherung

Die Ladung wird mittig auf die Ladefläche geladen; im Normalfall stehen 2 Altpapierballen quer geladen direkt aneinander (Ladungsbreite 2.000 – 2.400 mm) und 3 übereinander (Ladungshöhe 2.200 mm- 2.500 mm).

Aus Lastverteilungsgründen kann es erforderlich sein, nur zwei Altpapierballen übereinander zu stellen. Dies geschieht dann ebenfalls mittig. Im Regelfall sind die erste und zweite Lage ausgeladen.

Die Ladung steht in Fahrtrichtung direkt an der Stirnwand und auch die Altpapierreihen stehen ohne Staulücken aneinander (Formschluss in und entgegen der Fahrtrichtung).

Jede Altpapierreihe ist mit mindestens einem Zurrband (LC = 2.500 daN, STF 380 daN) mit Langhebelratsche niedergezurrt;

Das Gewicht eines Altpapierballens beträgt je nach Ladeinheit bis zu 700 kg; somit wiegt eine Reihe mit 2 Altpapierballen nebeneinander 1.400 kg

bei 3 Ballen nebeneinander und 3 übereinander ergeben sich 4.200 kg.

Vorhandene Reibungskraft bei Altpapier beträgt  $F_R = 0,45 \times F_G = 0,45 \times F_G$

(Punkt. 3,4).

#### 7.1.2. Absicherung der Altpapierballen

In Fahrtrichtung ist eine Ladungssicherung von 0,8 x G erforderlich.

Für Lastkraftwagen bzw. Anhänger ergibt sich:

max. Nutzlast 15.000 kg;

Erforderliche Absicherung der Altpapierballen in Fahrtrichtung:

$$F_M = 0,8 \times G = 0,8 \times 15.000 \text{ daN} = 12.000 \text{ daN}$$

Kraft die von der Stirnwand aufgenommen wird:  $F_{ST} = 3.000 \text{ daN}$

Vorhandene Reibungskraft  $F_R$  ( $\mu = 0,45$ ) zwischen Fahrzeugboden und Altpapier und zwischen Altpapier und Altpapier .

$$F_R = 0,45 \times G = 0,45 \times 15.000 \text{ daN} = 6.750 \text{ daN}$$

Erforderliche Sicherungskraft in Fahrtrichtung:

$$F_S = F_M - F_{ST} - F_R = 12.000 \text{ daN} - 3.000 \text{ daN} - 6.750 \text{ daN} = 2.250 \text{ daN}$$

### Gesamtniederzurkraft

$$F_N = \frac{F_S}{\mu} = \frac{2250 \text{ daN}}{0,45} = 5.000 \text{ daN}$$

### Aufgebrachte Vorspannkraft der Zurrgurte

bei 5 Ladungsreihen hintereinander ergeben sich  $380 \text{ daN} \times 1,5 \times 5 = 2.850 \text{ daN}$   
Vorspannkraft.

(Nach der DIN EN 12195- 1 wird die Vorspannkraft auf beiden Ladungsseiten ungleich groß angenommen.

### Verbleibende Sicherungskraft

Aus dem Niederzurren ergibt sich eine Sicherungskraft  $F_s : 2.850 \text{ daN} \times 0,45 = 1282 \text{ daN}$

Es verbleibt eine fehlende Sicherungskraft von:  $2.250 \text{ daN} - 1285 \text{ daN} = 965 \text{ daN}$

### Verbleibende Vorspannkraft

$$F_N = F_N \text{ in Fahrtrichtung} - F_N \text{ quer zur Fahrtrichtung} = 5.000 \text{ daN} - 2.850 \text{ daN} = 2.150 \text{ daN}$$

Die Sicherungskraft der dritten Altpapierlage wird aufgebracht durch ein Stirnwandersatz (Kopflasching) mit Paletten, Holzklötzen oder Stirnwandnetz.

Diese Sicherungskraft wird begrenzt durch die Zurrpunktfestigkeit von 2.000 daN je Zurrpunkt, somit  $2 \times 2.000 \text{ daN} = 4.000 \text{ daN}$

$$F_S = F_M - F_R = 2.150 \text{ daN} - 4.000 \text{ daN} = - 1.850 \text{ daN}$$

Bei Fahrzeugen, für die Sicherungskraft von 3.000 daN durch die Stirnwand nicht nachgewiesen ist, ist auch für die 1 und 2 Lage der Altpapierballen ein Kopflasching anzubringen.

### Für Sattelanhänger gilt

max. Nutzlast 27.000 kg;

Erforderliche Absicherung der Altpapierballen in Fahrtrichtung

$$F_M = 0,8 \times G = 0,8 \times 27.000 \text{ daN} = 21.600 \text{ daN}$$

Kraft die von der Stirnwand aufgenommen wird:  $F_{ST} = 5.000 \text{ daN}$

Vorhandene Reibungskraft  $F_R$  ( $\mu = 0,45$ ) zwischen Fahrzeugboden und Altpapier und zwischen Altpapier und Altpapier .

$$F_R = 0,45 \times G = 0,45 \times 27.000 \text{ daN} = 12.150 \text{ daN}$$

Erforderliche Sicherungskraft in Fahrtrichtung:

$$F_S = F_M - F_{ST} - F_R = 21.600 \text{ daN} - 5.000 \text{ daN} - 12.150 \text{ daN} = 4.450 \text{ daN}$$

## Absicherung der Ladung

### Gesamtniederzurrkraft

$$F_N = \frac{F_S}{\mu} = \frac{4450 \text{ daN}}{0,45} = 9.889 \text{ daN}$$

### Aufgebrachte Vorspannkraft der Zurrgurte durch seitliche Absicherung

Bei 9 Ladungsreihen hintereinander ergibt sich:  $380 \text{ daN} \times 1,5 \times 9 = 5.130 \text{ daN}$

Vorspannkraft.

(Nach der DIN EN 12195 - 1 wird die Vorspannkraft auf beiden Ladungsseiten ungleich groß angenommen.

### Verbleibende Sicherungskraft

Aus dem Niederzurren ergibt sich eine Sicherungskraft  $F_S : 5.130 \text{ daN} \times 0,45 = 2.309 \text{ daN}$

Es verbleibt eine fehlende Sicherungskraft von:  $4.450 \text{ daN} - 2.309 \text{ daN} = 2.141 \text{ daN}$

### Verbleibende Vorspannkraft

$$F_N = F_N \text{ in Fahrtrichtung} - F_N \text{ quer zur Fahrtrichtung} = 9.889 \text{ daN} - 5.130 \text{ daN} = 4.759 \text{ daN}$$

Die Sicherungskraft der dritten Altpapierlage wird aufgebracht durch ein Stirnwandersatz (Kopflasching) mit Paletten, Holzklötzen oder Stirnwandnetz und durch zwei zusätzliche Zurrgurte (nahe am Stirnwandersatz in der ersten und zweiten Altpapierreihe nach dem Stirnwandersatz).

Diese Sicherungskraft wird begrenzt durch die Zurrpunktfestigkeit von  $2.000 \text{ daN}$  je Zurrpunkt, somit  $2 \times 2.000 \text{ daN} = 4.000 \text{ daN}$

$$F_S = F_M - F_R = 4.759 \text{ daN} - 4.000 \text{ daN} = 759 \text{ daN}$$

$$Z = \frac{F_N}{STF} = \frac{759 \text{ daN}}{570} = 2 \text{ Zurrgurte (1,5 x STF 380 daN, DIN EN 12195-1)}$$

Bei Fahrzeugen, für die Sicherungskraft von 5.000 daN durch die Stirnwand nicht nachgewiesen ist, ist auch für die 1 und 2 Lage der Altpapierballen ein Kopflasching anzubringen.

**Entgegen und quer zur Fahrtrichtung ist eine Ladungssicherung von 0,5 x G erforderlich.**

Das Gewicht eines Altpapierballens beträgt je nach Ladeinheit bis zu 700 kg; somit wiegt eine Reihe mit 2 Altpapierballen nebeneinander 1.400 kg

bei 2 Ballen nebeneinander und 3 übereinander ergeben sich 4.200 kg.

Vorhandene Reibungskraft bei Altpapier beträgt  $F_R = 0,45 \times F_G$  (Punkt. 3,4).

Erforderliche Absicherung der Altpapierballe quer zur Fahrtrichtung

$$F_M = 0,5 \times G = 0,5 \times 4.200 \text{ daN} = 2.100 \text{ daN}$$

Vorhandene Reibungskraft  $F_R$  ( $\mu = 0,45$ ) zwischen Fahrzeugboden und Altpapier und zwischen Altpapier und Altpapier .

$$F_R = 0,45 \times G = 0,45 \times 4.200 \text{ daN} = 1.890 \text{ daN}$$

Erforderliche Sicherungskraft:

$$F_S = F_M - F_R = 2.100 \text{ daN} - 1.890 \text{ daN} = 210 \text{ daN}$$

Gesamtniederzurrkraft für Altpapier 2 Lagen nebeneinander 3 Lagen übereinander:

$$F_N = \frac{F_S}{\mu} = \frac{210 \text{ daN}}{0,45} = 467 \text{ daN}$$

**Anzahl der Zurrgurte**

$$Z = \frac{F_N}{STF} = \frac{467 \text{ daN}}{570} = 1 \text{ Zurrgurt (1,5 x STF 380 daN, DIN EN 12195-1)}$$

## **Zusammenfassung**

Bei einem Beladungsgewicht von 15.000 kg bzw. 27.000 Kg und einem vorhandenen Gleitreibbeiwert von  $\mu = 0,45$ , werden folgende Hilfsmittel zur Ladungssicherung benötigt:

- Je Ladungsreihe mit Altpapier (2 nebeneinander und 3 übereinander) mindestens 1 Spanngurte je LC 2.500 daN mit Langhebelratsche; STF 380 daN,
- Die Sicherungskraft der dritten Altpapierlage wird aufgebracht durch ein Stirnwandersatz (Kopflasching) mit Paletten, Holzklötzen oder Stirnwandnetz und durch zwei zusätzliche Zurrgurte (nahe am Stirnwandersatz in der ersten und zweiten Altpapierreihe nach dem Stirnwandersatz).
- Bei Fahrzeugen, für die Sicherungskraft von 3.000 daN bzw. 5.000 daN durch die Stirnwand nicht nachgewiesen ist, ist auch für die 1 und 2 Lage der Altpapierballen ein Kopflasching anzubringen.

## **8. Beladung der Transportfahrzeuge – bisherige Verladung**

Beladen werden die Fahrzeuge auf dem Betriebshöfen der Papierindustrie. Die Altpapierballen sind teilweise in einer Halle gelagert, dadurch werden die Ladeeinheiten im trockenen bzw. feuchten Zustand verladen.

Die Ladeeinheiten sind teilweise unterschiedlich hoch. Die Altpapierballen werden auf dem Außengelände verladen. Die Verladung erfolgt mit Gabelstaplern. Als Transportfahrzeuge werden hauptsächlich Schiebepfanenaufbauten (Curtainsider) eingesetzt. Bei den Böden der Transportfahrzeuge und Anhänger handelt es sich um Siebdruckböden aus Holz. Das Beladungsgewicht ist vom jeweiligen Transportfahrzeug abhängig.

## **9. Vorschläge zur Ladungssicherung**

### **9.1. Allgemein, Fahrzeuge ohne nachgewiesene Ladungssicherungskräfte (Aufbau nicht zertifiziert)**

Es empfiehlt sich eine Ladungssicherung durch ein kombiniertes Verfahren aus „Niederzurren“ und „Formschluss“ anzuwenden.

## 9.2. Zertifizierte Fahrzeugaufbauten

Bei zertifizierten Fahrzeugaufbauten (z.B. Zertifikat der TÜV NORD Mobilität) bei denen die Sicherungskräfte durch Laderaumbegrenzungen aufgenommen werden, sind zusätzliche Ladungssicherungsmaßnahmen, z.B. Nieder- bzw. Direktzurren, Reibwerterhöhende Unterlagen oder andere Sicherungen nicht erforderlich.

Ein Fahrzeugaufbau mit einem Zertifikat der TÜV NORD Mobilität kann mindestens folgende Massenkräfte der Ladung aufnehmen:

- Stirnwand 0,5 x Nutzlast
- Seitenwände 0,3 x Nutzlast
- Rückwand 0,3 x Nutzlast

Sich ergebende Ladungslücken (Staulücken) sind durch formschlussgebende Maßnahmen z.B. durch Leerpaletten (senkrecht oder wagerecht), Luftsäcke, Schaumpolster, Holzbalken usw. auszufüllen. Insbesondere ist eine flächige Anlage an die Seitenwände erforderlich. Ist dieses nicht gegeben, so ist eine seitliche Absicherung der Ladung auch wie folgt möglich:

Einsatz von mindestens 1 Zurrgerät LC 2.500 daN STF 380 daN mit Langhebelratsche. je Ladungsreihe mit Altpapier (2 nebeneinander und 2 bzw. 3 übereinander)

Steht die Ladung (Teilladung) nicht an der Rückwand an, so ist hier eine zusätzliche Ladungssicherung gemäß VDI 2700 erforderlich z.B. durch Klemmbretter, Leerpaletten, Luftsäcke, Schaumpolster usw.

Anweisungen zur Ladungssicherung und Voraussetzungen (Mindestgleitreibbeiwerte, maximal zulässige Staulücken usw.) sind dem jeweiligen Zertifikat zu entnehmen.

## 10. Bestätigung zur Ladungssicherung

Auf der Grundlage dieses Prüfberichtes wurden erstellt:

Bestätigung LS 0805268B1:

Fa. Albers Logistik Varel GmbH  
Dangaster Straße 51  
26316 Varel

Ladungssicherung von Altpapier

### 11. Mitgeltende Unterlagen

Fotodokumentation Bilder 1 - 6

Verladebild 1

### TÜV NORD Mobilität GmbH & Co. KG Gruppe Ladungssicherung



Martin Keller

Hannover, 21.09.2005

## Fotodokumentation Prüfbericht LS 0805268



**Bild 1**



**Bild 2**



**Bild 3**



**Bild 4**



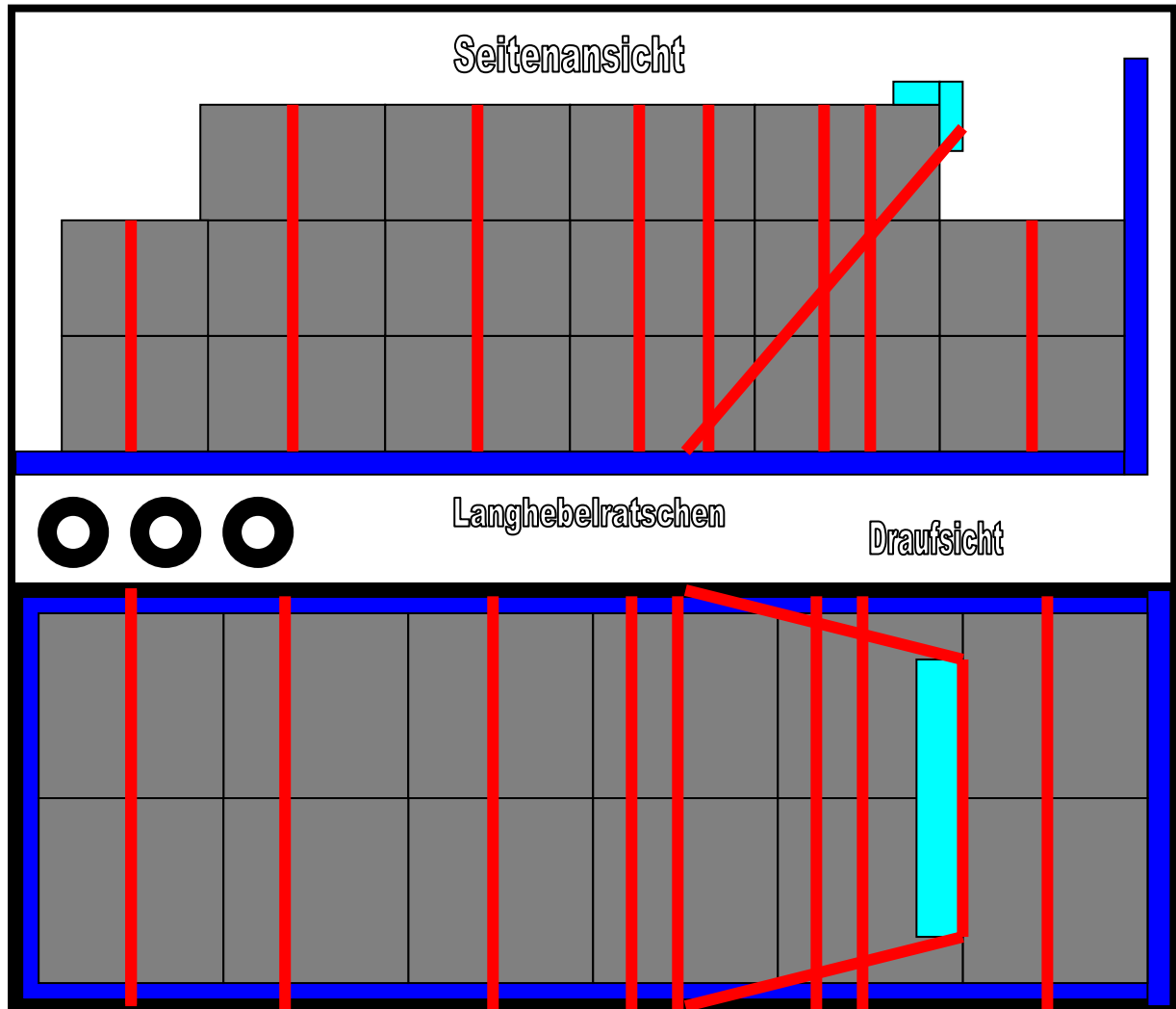
**Bild 5**



**Bild 6**

Verladebild Albers Logistik Bild 1 **Verladebild Altpapier B12 und B19**

Gewicht= 27.000 kg;  $\mu= 0,45$  bzw.  $0,50$



**Legende:** Zurrgurte = Rot,

**Benötigte Sicherungsmittel:** Zurrgurte mit Langhebelratschen LC= 2.500 daN,  
Stirnwandersatz z. B. Winkel aus Kunststoff