



Ladungssicherung von paketierfähigen Betonwaren

Gutachten über die Untersuchungen zum
Gleit-Reibbeiwert unter Praxisbedingungen

Impressum

Autoren:

Gerrit Hasselmann,
Fraunhofer Institut Materialfluss und
Logistik – Verpackungsprüfzentrum,
Dortmund
www.imal.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Dietmar Ulonska,
Betonverband Straße, Landschaft,
Garten e.V., Bonn

Herausgeber:

Bundesverband Betonbauteile
Deutschland e.V., Berlin
www.betoninfo.de

Betonverband Straße, Landschaft,
Garten e.V., Bonn
www.betonstein.de

Gestaltung und Gesamtproduktion:
Bundesverband Betonbauteile
Deutschland e.V., Berlin
Kochstraße 6-7, 10969 Berlin

Berlin / Bonn, Mai 2010

Titelfoto: BDB 2010

Ladungssicherung von paketierfähigen Betonwaren

Gutachten über die Untersuchungen zum
Gleit-Reibbeiwert unter Praxisbedingungen

Gerrit Hasselmann
Fraunhofer Institut Materialfluss und Logistik - Verpackungsprüfzentrum, Dortmund

Dipl.-Ing. Dietmar Ulonska
Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V., Bonn

Inhalt

	Seite
1. Einleitung	5
2. Grundlagen	6
3. Untersuchungsumfang	7
4. Untersuchungsergebnisse	9
5. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	10
6. Ladungssicherungsaufwand durch Niederzurren im Vergleich (Beispiele)	11
7. Einsatz von rutschhemmenden Materialien (RhM)	12
8. Zusammenfassung	14
9. Literatur	15
10. Projektpartner	15

1. Einleitung

Für eine ordnungsgemäße Ladungssicherung ist die Kenntnis des Gleit-Reibbeiwertes zwischen Ladegut und Ladefläche eine wichtige Voraussetzung, da dieser die Maßnahmen zur Ladungssicherung grundsätzlich beeinflussen kann. Es gilt: Je höher der Reibbeiwert ist, desto höher ist die Rückhaltkraft, die, z. B. bei einem Bremsvorgang, über den Kraftschluss zwischen Ladegut und Ladefläche wirkt und desto geringer ist der ggf. noch zusätzlich erforderliche Ladungssicherungsaufwand, z. B. durch Niederzurren.

Für den Transport von paketierfähigen Betonwaren mit Straßenfahrzeugen kann bisher lediglich auf Gleit-Reibbeiwerte aus der Literatur oder auf solche zurückgegriffen werden, die auf „veralteten“ Prüf- und Messmethoden basieren [1], [2]. Die darin genannten Werte sind außerdem mit vergleichsweise großen Spannweiten angegeben (Tabelle 1). Nach der VDI-Richtlinie 2700 [3] ist bei der Anwendung derartiger Gleit-Reibbeiwerte im Zweifelsfall der niedrigste angegebene Wert einzusetzen, soweit nicht für den Einzelfall ermittelte und nachgewiesene Reibbeiwerte für bestimmte Werkstoffpaarungen vorliegen.

Da für Werkstoffpaarungen im Bereich der paketierfähigen Betonwaren nachgewiesene Gleit-Reibbeiwerte bisher nicht vorlagen, mussten für den Transport derartiger Betonwaren in der Regel die jeweils geringeren Werte der Tabelle 1 angesetzt werden.

In der Betonwarenbranche wurde bereits 2006 eine Arbeitsgruppe eingerichtet, um einen Maßnahmenkatalog zur ordnungsgemäßen Ladungssicherung von paketierfähigen Betonwaren zu entwickeln und zu dokumentieren. Aus jahrelangen positiven Praxiserfahrungen heraus wurde zunächst die Vermutung aufgestellt, dass die „natürliche Reibung“ zwischen den Ladeeinheiten und den Fahrzeugböden deutlich höher sein muss als bisher, z. B. nach [1] oder [2], angenommen. Die Aufgabe bestand im Folgenden also darin, mit Blick auf einen sicheren Transport sowie auch auf eine möglichst wirtschaftliche Ladungssicherung – und auch auf die Verbesserung des Arbeitsschutzes beim Be- und Entladen – die real vorhandenen Reibbeiwerte für typischerweise vorliegende Bedingungen zu ermitteln. Daraus sollte dann der oben erwähnte Maßnahmenkatalog für die Branche entwickelt werden.

Die Parameter und Ergebnisse der daraufhin im September 2007 und März 2008 durchgeführten umfangreichen Untersuchungen – unter ausschließlich realen Bedingungen – werden nachfolgend vorgestellt. Die Messungen der Gleit-Reibbeiwerte und deren Auswertung wurden vom Verpackungsprüfzentrum VPZ des Fraunhofer Instituts Materialfluss und Logistik, Dortmund, durchgeführt. Die weiteren Projektpartner sind in Abschnitt 10 genannt.

Tabelle 1: Gleit-Reibbeiwerte nach verschiedenen Literaturquellen

Materialpaarung	Gleit-Reibbeiwert μ	Quelle
Holz/Holz ¹⁾	0,20 bis 0,50 (trocken) / 0,20 bis 0,25 (nass)	[1]
Metall/Holz ²⁾	0,20 bis 0,50 (trocken) / 0,20 bis 0,25 (nass)	[1]
Beton/Holz ³⁾	0,30 bis 0,60 (trocken) / 0,30 bis 0,50 (nass)	[1]
Betonprodukte ⁴⁾ /Ladefläche	0,30 bis 0,60 (trocken, besenrein) 0,20 (Sand oder Steinabrieb unter der Ladung)	[2]

¹⁾ Bisher anzuwenden z. B. für palettierte Ladeeinheit auf Siebdruck-Fahrzeugboden.

²⁾ Bisher anzuwenden z. B. für palettierte Ladeeinheit auf Stahl-Fahrzeugboden.

³⁾ Bisher anzuwenden z. B. für nicht palettierte Ladeeinheit auf Siebdruck-Fahrzeugboden.

⁴⁾ Bisher anzuwenden für die in [2] untersuchten Produkte (Pflastersteine, Gehwegplatten, Bordsteine, Randsteine, Rasengittersteine) auf Siebdruck- oder Stahl-Fahrzeugboden.

2. Grundlagen

Einfach und effizient kann Ladungssicherung dann erfolgen, wenn bei der Beladung eines Transportfahrzeugs Formschluss zu den Bordwänden oder zum Verdeckaufbau hergestellt werden kann. Palettierte Ladung kann in der Regel im Formschluss geladen werden, es sei denn, dass spezielle Be- oder Entladetechniken dies verhindern.

Paketierfähige Betonwaren, wie z. B. Pflastersteine, Gehwegplatten, Rasengittersteine, Bordsteine, Randsteine, Blockstufen oder Mauer-elemente, werden heute zu einem großen Teil werkseitig zu quaderförmigen Ladeeinheiten zusammengesetzt und bis zur Verladung auf Lagerplätzen gelagert. Die Bildung einer in sich ausreichend stabilen Ladeinheit erfolgt in der Regel durch Umreifen mit Stahl- oder Kunststoffbändern und/oder durch die Verwendung von Schrumpf- oder Stretchfolien oder durch Kombinationen daraus.

Der Transport der Ladeeinheiten (Pakete aus Betonwaren) erfolgt sowohl mit als auch ohne Ladungsträger. Dabei hat sich die Verwendung von Ladungsträgern bei der Mehrzahl der Hersteller durchgesetzt. Als solche kommen ausschließlich Holzpaletten zum Einsatz, entweder die klassische Europalette oder so genannte Branchen-Poolpaletten, deren Maße häufig auf die der zu transportierenden Produkte abgestimmt sind.

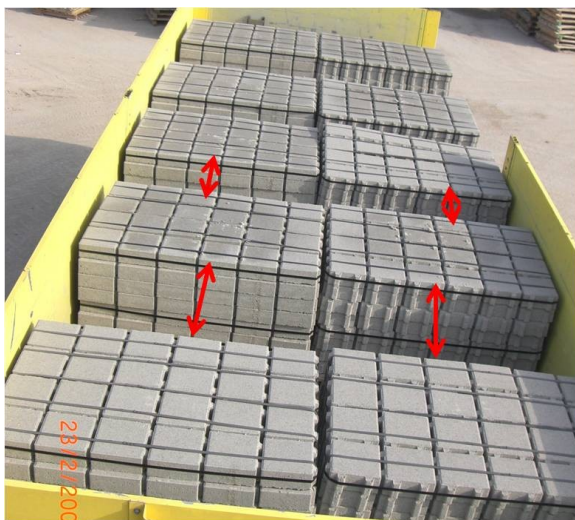


Bild 1: Anordnung von Ladeeinheiten aus Betonpflastersteinen „auf Lücke“ in Fahrtrichtung

Zum Transport werden in der Regel offene Gliederzug-Fahrzeuge eingesetzt. Die Lade-fläche ist entweder mit Stahlblech- oder Sieb-druckboden belegt.

Beim Beladen werden die Pakete oder Paket-reihen aus Betonwaren fast ausnahmslos auf Lücke gestellt (Bild 1 und Bild 2). Dies hat im Wesentlichen zwei Gründe. Das vergleichs-weise hohe Gewicht der einzelnen Pakete lässt eine vollflächige Ausladung des Fahrzeugs nicht zu. Eine heute überwiegend praktizierte Klammertechnik beim Be- und Entladen – mittels Klammeregreifer am Stapler bzw. mittels Klammeregreifer am auf dem Fahrzeug montier-ten Kranausleger – lässt ein formschlüssiges Aufstellen der Pakete – zumindest in Fahrt-richtung – ebenfalls nicht zu (Bild 3 und Bild 4). Die Klammer benötigt rechts und links vom zu be- bzw. entladenden Paket eine Lücke von mindestens 20 cm, wie Bild 1 beispielhaft zeigt.

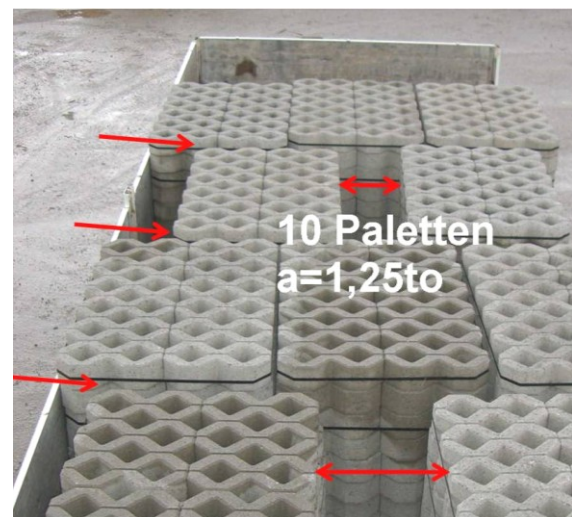


Bild 2: Anordnung von Ladeeinheiten aus Rasengittersteinen „auf Lücke“ in und quer zur Fahrtrichtung



Bild 3: Klammergreifer am Stapler zum Umschlag und zur Beladung von paketierten Betonwaren im Werk



Bild 4: Klammergreifer am fahrzeuggebundenen Kran zur Be- und Entladung von paketierten Betonwaren

3. Untersuchungsumfang

Um die typischen Rahmenbedingungen für den Transport von paketierfähigen Betonwaren möglichst vollständig und realitätsnah zu erfassen und abzubilden, wurden folgende Untersuchungsparameter einbezogen:

- Ladegut: Pflastersteine aus Beton in den Größen 30/30/8, 20/20/8 und 20/10/8 stellvertretend für alle Betonwaren, die sowohl aufgrund gleicher Zusammensetzungen des Basiswerkstoffs und der Fertigungsmethoden gleiche Material- und Oberflächeneigenschaften aufweisen, wie auch hinsichtlich der Verpackungs- und Verladepraktiken miteinander vergleichbar sind. Dazu gehören u. a. Gehwegplatten, Rasengittersteine, Bordsteine, Randsteine, Blockstufen und Mauerelemente.
- Ladungsträger: a) Holzpalette (Europalette, Branchen-Poolpalette), b) nicht palettiert (ohne Ladungsträger).
- Masse der Ladeinheit (Paketgewicht): Drei unterschiedliche Massen (rd. 700 bis 900 kg, rd. 1.350 kg und rd. 2.000 kg).
- Ladefläche: a) Siebdruckboden, gebraucht und ungebraucht (fabrikneu), b) Stahlboden, gebraucht und ungebraucht (fabrikneu).

- Ladeflächenzustand: Trocken und mit üblichen Verschmutzungen durch Beton- und Körnungspartikel sowie Staub; punktuell auch nass.
- Antirutschmatten (Rutschhemmendes Material RhM, VDI 2700, Blatt 15 [4]): Bei etwa einem Viertel der Messungen wurden unterschiedliche Fabrikate von Antirutschmatten einbezogen.

Untersucht wurden 63 unterschiedliche Reibpaarungen, die sich aus Kombinationen verschiedener Paketgewichte, der beiden Ladungsträgertypen und der vier Ladeflächenvarianten usw. ergaben. Die Messungen erfolgten auf Basis des „Gründrucks“ zu Blatt 14 [5] der VDI-Richtlinie 2700. Der „Gründruck“ wird derzeit vom VDI in den so genannten Weißdruck überführt. Die Veröffentlichung als VDI-Richtlinie wird im Herbst 2010 erwartet. Dieser Entwurf sieht vor, die Reibkraft zwischen Ladung und Ladefläche mit Hilfe eines Zugversuchs zu messen und mit der Gewichtskraft der Ladung ins Verhältnis zu setzen. Die Messungen sind in einem definierten Umfang von Einzelwertbestimmungen durchzuführen, um eine möglichst breite statistische Basis zu erhalten. Bei Ladeeinheiten, deren Geometrien in Bezug auf die Zugrichtung unterschiedlich

Ladungssicherung von paketierfähigen Betonwaren

Gutachten über die Untersuchungen zum Gleit-Reibbeiwert unter Praxisbedingungen, Mai 2010

sind, ist dies besonders zu berücksichtigen. Bei der Verwendung von Holzpaletten als Ladungsträger trifft dies zu, da die Stellung der Kufen – in Zugrichtung oder quer dazu – Einfluss auf die Reibkraft haben kann.

Es wurde daher jede Reibpaarung durch mindestens eine Messung jeweils bei Stellung der Ladeinheit in Zugrichtung und quer zur Zugrichtung bewertet. Dabei bestand – gemäß dem „Blatt 14“ – eine Messung aus jeweils drei Einzelmessungen, so genannten Hüben. So ergab sich eine umfangreiche Datenbasis aus rund 380 Einzelwertbestimmungen. Der Entwurf zu „Blatt 14“ enthält außerdem Vorgaben bezüglich der Auswertung und der Zuverlässigkeit der Messergebnisse. So darf die Schwankungsbreite der drei zu bewertenden Einzelwerte nicht größer als 10 % sein.

Es wurden ausschließlich originale Ladeeinheiten und originale Ladeflächen eingesetzt, um eine Übertragbarkeit auf die tägliche Verladepaxis in den Betonwerken sicherzustellen.

Die Überprüfung oder Bewertung der Ladeeinheitensicherung gegenüber verkehrsüblichen Belastungen waren nicht Gegenstand der Untersuchung. Gleichwohl wurden ausschließlich in sich stabile Ladeeinheiten untersucht, wie dies zum Beispiel durch Umreifen, Verwendung von Schrumpf- oder Stretchfolie oder durch Kombinationen daraus, sichergestellt werden kann.



Bild 5: Zugkraftmessung zur Bestimmung des Gleit-Reibbeiwertes zwischen palettierter Ladeinheit und Ladefläche mit Siebdruckboden



Bild 6: Zugkraftmessung zur Bestimmung des Gleit-Reibbeiwertes zwischen nicht palettierter Ladeinheit und Ladefläche mit Siebdruckboden



Bild 7: Zugkraftmessung zur Bestimmung des Gleit-Reibbeiwertes zwischen nicht palettierter Ladeinheit und Ladefläche mit Stahlboden (nach Regenschauer)

4. Untersuchungsergebnisse

Nach den bisher umfangreichsten Gleit-Reibbeiwert-Untersuchungen, die für Ladeeinheiten aus paketierfähigen Betonwaren bekannt sind, lassen sich aus den Ergebnissen die folgenden Schlüsse ableiten:

- Die Gleit-Reibbeiwerte von Ladeeinheiten aus paketierfähigen Betonwaren – wie sie sich im Rahmen der Verladepraxis bei üblicher Verschmutzung durch Beton- und Körnungspartikel sowie Staub tatsächlich ergeben – sind zum Teil erheblich höher als die bisher in der Literatur angegebenen.
- Die Schwankungen innerhalb der Einzelwerte der jeweiligen Messungen waren insgesamt sehr gering. Beim Vergleich zwischen Siebdruck- und Stahl-Fahrzeughöden sind keine systematischen Unterschiede bei den Messwertschwankungen zu erkennen. Dies gilt gleichermaßen für die beiden untersuchten Palettenarten, bei denen ebenfalls keine systematischen Unterschiede bei den Messwertschwankungen zu erkennen waren.
- Die Art bzw. Konstruktion der Palette hingegen, hatte einen Einfluss auf den Reibbeiwert. So lieferten Branchen-Poolpaletten auf den vier untersuchten Fahrzeughöden durchweg höhere Gleit-Reibbeiwerte als Europaletten (Tabelle 2)



Bild 8: Siebdruck-Fahrzeughöden mit deutlichen Gebrauchsspuren (hier: nach einwöchiger Nutzungsdauer)

- Beim Einsatz palettierter Ladeeinheiten auf nassem Fahrzeughöden aus Stahl (Messungen nach Regenschauer) ergab sich im Vergleich zu demselben Höden im trockenen Zustand kein signifikant geringerer Reibbeiwert. Für einen Siebdruck-Fahrzeughöden wird von einem ähnlichen Verhalten derzeit ausgegangen. Eine messtechnische Überprüfung ist für 2010 vorgesehen.
- Bei Ladeeinheiten mit Palette ist ein systematischer Einfluss der Kufenstellung der Palette im Hinblick auf die Höhe des Reibbeiwertes nicht erkennbar.
- Ein Einfluss des Gewichts (Masse) der Ladeeinheit auf den Reibbeiwert wurde – insbesondere bei palettierten Ladeeinheiten – in Verbindung mit gebrauchten Fahrzeughöden vermutet. Es wurde angenommen, dass die Gebrauchsspuren der Ladefläche einen gewichtsabhängigen Einfluss auf den Reibbeiwert ausüben könnten. Die Messungen haben dies jedoch nicht bestätigt.
- Die im Rahmen der Untersuchung gemessenen Gleit-Reibbeiwerte sind grundsätzlich deutlich höher als die bisher innerhalb der Fachwelt herangezogenen Gleit-Reibbeiwerte. Dies kann in der Verladepraxis von paketierfähigen Betonwaren – nach Durchführung entsprechender Berechnungen zum notwendigen Sicherheitsbedarf – zu einer zum Teil deutlichen Reduzierung des Ladungssicherungsaufwandes führen (Beispiele siehe Abschnitt 6). Daraus ergeben sich Zeitersparnisse für den Verloader, die zu Kosteneinsparungen in den betreffenden Unternehmen – unter Beibehaltung des erforderlichen Sicherheitsniveaus – führen.

Die Gleit-Reibbeiwerte der Tabelle 2 können für die Ermittlung der Ladungssicherungsmaßnahmen im Zusammenhang mit Transporten auf Straßenfahrzeugen angewendet werden, wenn die darin genannten Bedingungen auf die zu transportierenden bzw. zu sichernden paketierfähigen Betonwaren zutreffen. Ansonsten wird empfohlen, die Werte der Tabelle 3 anzuwenden.

Ladungssicherung von paketierfähigen Betonwaren

Gutachten über die Untersuchungen zum Gleit-Reibbeiwert unter Praxisbedingungen, Mai 2010

Tabelle 2: Mittlere Gleit-Reibbeiwerte μ_D für palettierte Betonwaren in Abhängigkeit von der Palettenart und dem Fahrzeugboden

Zeile	Fahrzeugboden	Ladeeinheit palettiert auf Branchen-Poolpalette	Ladeeinheit palettiert auf Europalette
1	Siebdruck, gebraucht	$\mu_D = 0,62$ (24 Einzelwerte)	$\mu_D = 0,55$ (18 Einzelwerte)
2	Siebdruck, ungebraucht (fabrikneu)	$\mu_D = 0,53$ (18 Einzelwerte)	$\mu_D = 0,51$ (18 Einzelwerte)
3	Stahl, gebraucht	$\mu_D = 0,54$ (30 Einzelwerte ¹⁾)	$\mu_D = 0,35$ (15 Einzelwerte)
4	Stahl, ungebraucht (fabrikneu)	$\mu_D = 0,46$ (12 Einzelwerte)	$\mu_D = 0,42$ (12 Einzelwerte)

¹⁾ Einschließlich sechs Messwerte auf Stahlboden nach Regenschauer.

5. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse, welche als Grundlage für die Berechnung und Auslegung von Ladungssicherungsmaßnahmen im Rahmen der Transporte von paketierfähigen Betonwaren herangezogen werden können, sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Die

Anwendung der darin genannten Gleit-Reibbeiwerte wird für den in diesem Gutachten behandelten Einsatzzweck – dem Transport mit Straßenfahrzeugen – empfohlen, sofern nicht die Werte nach Tabelle 2 angewendet werden können.

Tabelle 3: Gleit-Reibbeiwerte μ_D als Grundlage zur Ermittlung von Ladungssicherungsmaßnahmen für den Transport mit Straßenfahrzeugen von paketierfähigen Betonwaren¹⁾

Zeile	Reibpaarung	Gleit-Reibbeiwert μ_D	
		Fahrzeugboden gebraucht ²⁾	Fahrzeugboden ungebraucht (fabrikneu) ³⁾
1	Betonwaren nicht palettiert auf Fahrzeugboden Siebdruck	0,56	0,35
2	Betonwaren auf Euro- oder Branchen-Poolpalette auf Fahrzeugboden Siebdruck	0,55	0,51
3	Betonwaren nicht palettiert auf Fahrzeugboden Stahl	0,58	0,46
4a	Betonwaren auf Europalette auf Fahrzeugboden Stahl	0,35	0,42
4b	Betonwaren auf Branchen-Poolpalette auf Fahrzeugboden Stahl	0,54	0,46

¹⁾ Für hier nicht angegebene Reibpaarungen sind die Gleit-Reibbeiwerte gesondert, ggf. nach Durchführung entsprechender Messungen, anzunehmen.

²⁾ Ein „Fahrzeugboden gebraucht“ weist deutliche Gebrauchsspuren auf. Diese stellen sich infolge der üblichen Verladepraxis in Betonwerken meist schon nach kurzer Nutzungsdauer bzw. wenigen Be- und Entladevorgängen ein (Beispiel siehe Bild 8).

³⁾ Es wird empfohlen, die Gleit-Reibbeiwerte für „Fahrzeugboden ungebraucht“ solange für Ladungssicherungsmaßnahmen zugrunde zu legen, bis der Fahrzeugboden deutliche Gebrauchsspuren aufweist.

6. Ladungssicherungsaufwand durch Niederzurren im Vergleich (Beispiele)

Annahmen für nachfolgende Beispiele:

- Ladung bestehend aus zwei Ladeeinheiten (eine Paketreihe), die in Fahrtrichtung durch Niederzurren zu sichern sind
- Übertragungswert beim Niederzurren $k = 1,8$ (nur mit für die Anwendung geprüfem Kantenschutz möglich)
- Zurrwinkel $\alpha \geq 80^\circ$
- Normalratsche STF = 350 daN; Langhebelratsche STF = 500 daN

6.1 Masse der Ladeeinheit $m = 750 \text{ kg}$

- Bei Gleit-Reibbeiwert $\mu_D = 0,20$ (z. B. aus Tabelle 1):
Erforderliche Anzahl der Zurrgurte: 8 (Normalratsche) bzw. 6 (Langhebelratsche).
- Bei Gleit-Reibbeiwert $\mu_D = 0,56$ (z. B. aus Tabelle 3, Zeile 1):
Erforderliche Anzahl der Zurrgurte: 2 (Normalratsche) bzw. 1 (Langhebelratsche).

6.2 Masse der Ladeeinheit $m = 1.000 \text{ kg}$

- Bei Gleit-Reibbeiwert $\mu_D = 0,20$ (z. B. aus Tabelle 1):
Erforderliche Anzahl der Zurrgurte: 10 (Normalratsche) bzw. 7 (Langhebelratsche).
- Bei Gleit-Reibbeiwert $\mu_D = 0,56$ (z. B. aus Tabelle 3, Zeile 1):
Erforderliche Anzahl der Zurrgurte: 2 (Normalratsche) bzw. 1 (Langhebelratsche).

6.3 Masse der Ladeeinheit $m = 750 \text{ kg}$

- Bei Gleit-Reibbeiwert $\mu_D = 0,30$ (z. B. aus Tabelle 1):
Erforderliche Anzahl der Zurrgurte: 5 (Normalratsche) bzw. 3 (Langhebelratsche).
- Bei Gleit-Reibbeiwert $\mu_D = 0,62$ (z. B. aus Tabelle 2, Zeile 1):
Erforderliche Anzahl der Zurrgurte: 1 (Normalratsche).

6.4 Masse der Ladeeinheit $m = 1.000 \text{ kg}$

- Bei Gleit-Reibbeiwert $\mu_D = 0,30$ (z. B. aus Tabelle 1):
Erforderliche Anzahl der Zurrgurte: 6 (Normalratsche) bzw. 4 (Langhebelratsche).
- Bei Gleit-Reibbeiwert $\mu_D = 0,62$ (z. B. aus Tabelle 2, Zeile 1):
Erforderliche Anzahl der Zurrgurte: 1 (Normalratsche).

Tabelle 4: Ladungssicherung durch Niederzurren im Vergleich – Ergebnisse der Beispiele

Gleit-Reibbeiwerte	Erforderliche Anzahl der Zurrgurte			
	Masse der Ladeeinheit $m = 750 \text{ kg}$		Masse der Ladeeinheit $m = 1.000 \text{ kg}$	
	mit Normalratsche	mit Langhebelratsche	mit Normalratsche	mit Langhebelratsche
$\mu_D = 0,20$	8	6	10	7
$\mu_D = 0,30$	5	3	6	4
$\mu_D = 0,56$	2	1	2	1
$\mu_D = 0,62$	1		1	

7. Einsatz von rutschhemmenden Materialien (RhM)

Bisher bekannte Ergebnisse aus Messungen von Reibpaarungen, z. B. Papierrolle/Euro-Holzpalette und Gitterbox/Siebdruckboden, zeigen, dass mit rutschhemmenden Materialien (RhM), den so genannten Antirutschmatten – als Zwischenlage zwischen Ladeeinheit und Fahrzeugboden – der Gleit-Reibbeiwert erhöht werden kann. Rutschhemmende Materialien und ihre Eigenschaften sind im Blatt 15 [4] der VDI-Richtlinie 2700 spezifiziert.

Der Einsatz von RhM hat sich in Betonwerken bisher nicht durchgesetzt, weil damit oftmals ein zusätzlicher Zeitaufwand bei der Ladungssicherung verbunden ist. Gegen den Einsatz von RhM spricht zudem eine Verladepraxis, bei welcher die Pakete erst nach dem Absetzen auf der Ladefläche mittels Stapler in ihre vorgesehene Position geschoben werden. Hierbei ist natürlich jede Form von Zwischenlage hinderlich.

Bei etwa einem Viertel der durchgeführten Messungen mit Ladeeinheiten aus Betonpflastersteinen wurden unterschiedliche Fabrikate von RhM einbezogen (Bild 9). Es erfolgten sowohl Versuche mit nicht palettierten als auch mit palettierten Ladeeinheiten. Für letztere wurden ausschließlich so genannte Branchen-Poolpaletten verwendet. Die Messungen erfolgten im September 2007 bei einer Außentemperatur von etwa 20°C. Die Ergebnisse der Messungen sind für die maßgeblichen vier Produkte in Tabelle 5 und Tabelle 6 dargestellt.

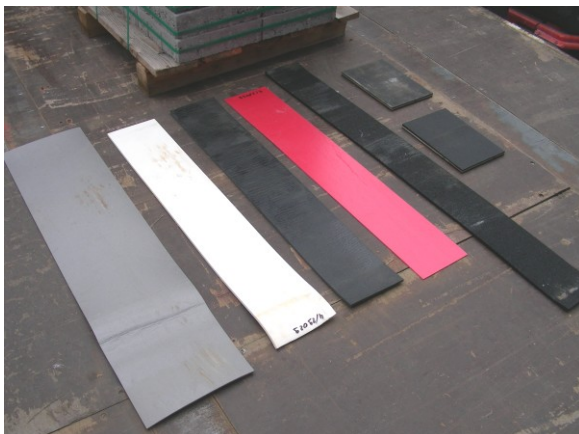


Bild 9: Es wurden unterschiedliche rutschhemmende Materialien (RhM) in die Untersuchungen einbezogen

- Bei palettierten Ladeeinheiten konnten die untersuchten Produkte alles in allem nicht überzeugen (Tabelle 5). Zieht man die Werte der Tabelle 2 (ohne Einsatz von RhM) zum Vergleich heran, wird deutlich, dass durch den Einsatz von RhM zum Teil nur unwesentlich höhere Gleit-Reibbeiwerte erzielt werden konnten.
- Bei nicht palettierten Ladeeinheiten konnten mit RhM zum Teil deutlich höhere Gleit-Reibbeiwerte erzielt werden (Tabelle 6) als dies ohne den Einsatz von RhM gemessen wurde (vgl. Tabelle 3, Zeilen 1 und 3). Insbesondere die Produkte aus der untersuchten „Blockit“-Reihe, wie auch das Produkt „MT Premium 8“ lieferten auf verschiedenen Fahrzeugböden mit $\mu_D = 0,75$ und $\mu_D = 0,76$ sehr gute Mittelwerte.
- Streifen aus RhM, in Zugrichtung angeordnet, lieferten über alle Versuche gesehen die besten Ergebnisse (μ_D im Mittel = 0,69). Streifen quer zur Zugrichtung verlegt lieferten geringere Gleit-Reibbeiwerte (μ_D im Mittel = 0,64). Die Länge der Streifen der meisten RhM betrug dabei 800 mm. Noch etwas geringer waren die gemessenen Gleit-Reibbeiwerte, wenn lediglich jeweils zwei Pads (200 mm × 100 mm) vorn und hinten unter der Ladeeinheit angeordnet wurden (μ_D im Mittel = 0,62).
- Verschiedene RhM verschleßen über die Dauer ihres Einsatzes unterschiedlich stark. Dies kann zumindest aufgrund der ausgewerteten Messergebnisse angenommen werden. Es fiel auf, dass bei 27 der 33 durchgeführten Versuche – also bei rund 82 Prozent - der Gleit-Reibbeiwert vom ersten bis zum dritten Messdurchgang (Hub) abfiel. Bei 22 Versuchen war der „Leistungsabfall“ mit bis zu 10 Prozent relativ moderat; bei fünf Versuchen mit 13 bis 22 Prozent jedoch relativ deutlich.

Ladungssicherung von paketierfähigen Betonwaren

Gutachten über die Untersuchungen zum Gleit-Reibbeiwert unter Praxisbedingungen, Mai 2010

Tabelle 5: Mittlere Gleit-Reibbeiwerte μ_D durch Einsatz von rutschhemmenden Materialien (RhM) mit palettierten Ladeeinheiten aus Pflastersteinen

RhM-Produkt	palettierte Ladeeinheit auf ...	Gleit-Reibbeiwert μ_D	Bemerkungen
Blockit plus NEE 6	Siebdruckboden, gebraucht	0,60	Bei einem von zwei Versuchen deutlicher Leistungsabfall.
Blockit plus NEE 8	Siebdruckboden, gebraucht	0,65	Bei einem von zwei Versuchen deutlicher Leistungsabfall.
Blockit plus 3	Stahlboden, gebraucht	0,55	
Blockit plus 6	Stahlboden, gebraucht	0,59	
Blockit plus NE 8	Stahlboden, gebraucht	0,56	
Michael 14	Siebdruckboden, gebraucht	0,60	
	Stahlboden, gebraucht	0,65	
MT Premium 8	Siebdruckboden, gebraucht	0,61	Bei beiden Versuchen deutlicher Leistungsabfall. Messwerte streuen stark.
	Stahlboden, gebraucht, nach Regenschauer	0,60	
Transpofoam 4	Siebdruckboden, gebraucht	0,67	
	Stahlboden, gebraucht	0,63	
	Stahlboden, gebraucht, nach Regenschauer	0,57	Deutlicher Verschleiß des RhM erkennbar.

Tabelle 6: Mittlere Gleit-Reibbeiwerte μ_D durch Einsatz von rutschhemmenden Materialien (RhM) mit nicht palettierten Ladeeinheiten aus Pflastersteinen

RhM-Produkt	unpalettierte Ladeeinheit auf ...	Gleit-Reibbeiwert μ_D
Blockit plus NEE 6	Siebdruckboden, gebraucht	0,71
Blockit plus NEE 8	Siebdruckboden, gebraucht	0,75
Blockit plus 3	Stahlboden, gebraucht	0,60
Blockit plus 6	Stahlboden, gebraucht	0,76
Blockit plus NE 8	Siebdruckboden, gebraucht	0,74
	Stahlboden, gebraucht	0,76
Michael 14	Stahlboden, gebraucht	0,61
MT Premium 8	Siebdruckboden, gebraucht	0,75
Transpofoam 4	Siebdruckboden, gebraucht	0,69
	Stahlboden, gebraucht	0,70

Auf der Grundlage der oben genannten Gleit-Reibbeiwerte für RhM wird nachfolgend eine Beispielrechnung für die Sicherung einer Ladeinheit durch Niederzurren – ohne und mit RhM – vorgestellt.

Annahmen:

- Ladung bestehend aus 2 Ladeeinheiten zu je $m = 2.000 \text{ kg}$ (eine Paketreihe $m = 4.000 \text{ kg}$), die in Fahrtrichtung durch Niederzurren mit einem quer verspannten Zurrmittel gesichert werden soll.
- Übertragungswert beim Niederzurren $k = 1,8$ (nur mit für die Anwendung geprüftem Kantenschutz möglich)
- Zurrwinkel $\alpha \geq 80^\circ$
- Normalratsche STF = 350 daN; Langhebelratsche STF = 500 daN

Erforderliche Anzahl der Gurte:

- Bei Gleit-Reibbeiwert $\mu_D = 0,56$ (ohne RhM, z. B. aus Tabelle 3, Zeile 1):
Erforderliche Anzahl der Zurrgurte: 3 (Normalratsche) bzw. 2 (Langhebelratsche).
- Bei Gleit-Reibbeiwert $\mu_D = 0,75$ (mit RhM, z. B. aus Tabelle 6, Produkt „Blockit plus NEE 8“):
Erforderliche Anzahl der Zurrgurte: 1 (Normalratsche).



8. Zusammenfassung

Die Maßnahmen und der Aufwand zur Ladungssicherung können durch die Höhe des Gleit-Reibbeiwertes beeinflusst werden. Bisher konnte für den Transport von paketierfähigen Betonwaren nur auf sehr allgemeine Gleit-Reibbeiwerte aus der Literatur zurückgegriffen werden bzw. auf solche, die auf der Basis veralteter Messmethoden ermittelt worden sind.

Im September 2007 und März 2008 wurden die bisher umfangreichsten Untersuchungen im Bereich des Transportes von paketierfähigen Betonwaren durchgeführt. Dabei erfolgte die Bestimmung der Gleit-Reibbeiwerte unter ausschließlich realen Bedingungen, wie sie in der Verladepraxis auftreten, z. B. bei üblicher Verschmutzung der Ladefläche. Es konnten – im Vergleich zu den bisher anwendbaren Gleit-Reibbeiwerten – zum Teil erheblich höhere Werte gemessen werden. Daraus ergeben sich für den Verlager Möglichkeiten, den Ladungssicherungsaufwand zum Teil erheblich zu reduzieren sowie entsprechende Zeit- und Kosteneinsparungen zu realisieren – unter Beibehaltung des erforderlichen Sicherheitsniveaus.



Bild 10: Beispiel für eine Anwendung von rutschhemmenden Materialien (RhM) unter einem Pflastersteinpaket

9. Literatur

- [1] Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen, Technischer Aufsichtsdienst: Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen – Ein Handbuch für Unternehmer, Einsatzplaner, Fahr- und Ladepersonal. ZH 1 / 413. 2. Ausgabe: Januar 1998. Offizin Paul Hartung, Hamburg.
- [2] Dänekas, Rolf: Ladungssicherung von paketierfähigen Betonwaren – Gleit-Reibbeiwerte und Ladesicherungen in Praxistests. Betonwerk + Fertigteil-Technik, Heft 9/2005, S. 44-49.
- [3] VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik, Fachbereich B6 Ladungssicherung: VDI 2700 Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen. Ausgabe November 2004. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [4] VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik, Fachbereich B6 Ladungssicherung: VDI 2700 Blatt 15 Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen – Rutschhemmende Materialien. Ausgabe Mai 2009. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [5] VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik, Fachbereich B6 Ladungssicherung: Entwurf VDI 2700 Blatt 14 Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen – Ermittlung von Gleit-Reibbeiwerten. Ausgabe Mai 2009. Beuth Verlag GmbH, Berlin

10. Projektpartner

Auftragnehmer:

Fraunhofer Institut Materialfluss und Logistik – Verpackungsprüfzentrum, Dortmund

Auftraggeber:

Forschungsvereinigung der deutschen Beton- und Fertigteilindustrie e.V., Bonn

Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V., Bonn

Mit freundlicher Unterstützung

des Bundesverbandes Betonbauteile Deutschland e.V., Berlin

sowie der Firmen

Hans Bartlechner KG Betonwerke, Teising

Harzer Betonwarenwerke Rolf Pöthmann Handels GmbH, Vienenburg,

Heinrich Klostermann GmbH & Co. KG Betonwerke, Coesfeld

Kronimus AG Betonsteinwerke, Iffezheim

Rekers Betonwerk GmbH & Co. KG, Spelle

Spedition Karl Kerkeling GmbH, Coesfeld



**Bundesverband
Betonbauteile Deutschland e.V.**

Kochstraße 6-7, D - 10969 Berlin
Telefon: +49 / 30 / 2592292-10
Telefax: +49 / 30 / 2592292-19
gf@betoninfo.de, www.betoninfo.de



**Betonverband Straße,
Landschaft, Garten e.V.**

Schloßallee 10, D - 53179 Bonn
Telefon: +49 / 228 / 95456-21
Telefax: +49 / 228 / 95456-90
slg@betoninfo.de, www.betonstein.de

**Es kommt drauf an,
was man draus macht.**