

Eine Frage der Reibung

NORMUNG – Anfang 2021 wurde die neue deutsche Version der europäischen Norm EN 12195-1 veröffentlicht – genau zehn Jahre nach der hierzulande umstrittenen letzten Fassung. Grund genug, das Thema wieder aufzugreifen.

VON NILS WUDKE



Nils Wudke arbeitet als Berater und Ausbilder beim Ladungssicherungsanbieter GWS Schloßbohm in Zeven (Niedersachsen).

Auch die aktualisierte DIN EN 12195-1:2021 hat wieder ein nationales Vorwort. Aus unserer Sicht wäre es jedoch besser gewesen, wenn einige Passagen für die Anwender geändert worden wären. Man beruft sich im Vorwort weiterhin auf § 22 der StVO und die dort genannten „anerkannten Regeln der Technik.“ In Deutschland sind dies im Wesentlichen die Blätter der Richtlinienreihe VDI 2700. Wir sind der Auffassung, dass nach zehn Jahren auch die in Deutschland immer noch umstrittene DIN EN 12195-1: 2011 – oder jetzt die Version 2021 – zu den anerkannten Regeln der Technik gehört.

Dass diese Norm im Sicherheitsniveau nicht ausreichend sein soll, so wie damals viele Fachleute kritisierten, ist nach zehn Jahren nicht erkennbar. Derzeit gibt es keine Statistik darüber, dass bei Anwendung der DIN EN 12195-1:2011/2021 das rechnerische Ergebnis für die notwendige Sicherungskraft nicht ausreichend war und dies dazu geführt hat, dass zu wenig Zurrmittel eingesetzt wurden und es somit zu Unfällen kam.

Betrachtet man die VDI 2700 Blatt 2 „Berechnung von Sicherungskraften“ aus 2014, so erkennt man, dass auch hier das Sicherheitsniveau nicht ausreichend zu sein scheint. So fällt die Sicherungskraft bei der Berechnung fürs Diagonalzurren gegenüber der DIN EN 12195:2021 geringer aus. Die Standfestigkeit (Kippen) der Ladung wird bei der VDI nur zur Seite und nach hinten betrachtet. Nach der DIN EN 12195:2021 kann man auch in die entsprechende Längsrichtung nach vorne berechnen.

Unstrittig ist, dass nicht nur die reine Haftreibung für die Ladungssicherung verwendet wird. Als Grundlage in der VDI 2700 Blatt 2 (2014) wird hier der *Gleit-Reibbeiwert* und bei der EN 12195-1 ab 2011 der *Reibbeiwert* in der Berechnung verwendet. Wenn die Reibungsphysik soweit klar ist, warum gibt es dann aber so unterschiedliche „Übersetzungen“ bei VDI und EN in Deutschland?

her die Reibung, desto geringer ist die Auslegung der notwendigen Sicherungsmaßnahmen. In den Ursprüngen mit der VDI 2700 Blatt 2 vom November 2002 lagen keine speziellen Untersuchungsergebnisse über Gleit-Reibbeiwerte vor, sie verwies auf Werte aus der Standardliteratur (siehe **Tabelle 1**). Da die Werte „von ... bis“ große Abweichungen für die Berechnung der nötigen Zurrmittel etwa beim Niederzurren aufweisen, sollte im Zweifelsfall der niedrigste Wert angesetzt werden.

Im April 2004 wurde die DIN EN 12195-1 erstmals veröffentlicht, in der nun von dem Haftreibbeiwert μ_s und dem dynamischen Reibbeiwert μ_D die Rede war (**Tabelle 2**). Die angegebenen Werte galten „für saubere und trockene Oberflächen unter einer Abdeckung, die frei von Frost, Eis oder Schnee sind“. Die umfangreichen Tabellen der EN hatten einen informativen Status, die Werte wurden bei mehreren, voneinander unabhängigen praktischen Prüfungen ermittelt. Die physikalische Gleitreibung wurde unter Berücksichtigung der Fahreinflüsse sowie das Verhältnis Haftreibung zu Gleitreibung beschrieben, das Vorwort der Norm war kurz und bündig.

Jetzt fehlte nur noch die Anerkennung gemäß § 22 StVO (anerkannte Regeln der Technik). Diesen Status besaß die VDI 2700 bereits, die im November 2004 überarbeitet erschien. Auch hier wieder mit dem Verweis auf unterschiedliche, nicht benannte Literaturquellen, in denen der Gleit-Reibbeiwert angegeben ist. Die Möglichkeit, die Werte abzuschätzen, wird nicht mehr erwähnt.

Mit dem Erscheinen der neuen DIN EN 12195-1 im Juni 2011 wurden die nationalen Gemüter dann bis ins Mark erschüttert, es entbrannten hitzige Diskussionen. Aus dem Haftreibbeiwert μ_s und dynamischem Reibbeiwert μ_D wurde jetzt der Reibbeiwert μ . In der Norm werden im Anhang B einige Materialpaarungen beschrieben (**Tabelle 3**). Laut DIN EN 12195-1 stellen die neuen

Reibbeiwerte in Regelwerken (Beispiel Holzpalette)

Materialpaarung	trocken	nass	fettig
Holz auf Holz	μ 0,20-0,50	μ 0,20-0,25	μ 0,05-0,15
Metall auf Holz	μ 0,20-0,50	μ 0,20-0,25	μ 0,02-0,10

Tabelle 1: VDI 2700 Blatt 2 aus November 2002

Kombination von Werkstoffen an den Berührungsflächen	Anhang B Haftreibbeiwert	Anhang C dynamischer Reibbeiwert (70% des Haftreibbeiwert μ_s)
Schnittholz auf Schichtholz/Sperrholz	μ_s 0,5	μ_D 0,35

Tabelle 2: DIN EN 12195-1 aus April 2004

Kombination von Werkstoffen an den Berührungsflächen	Reibbeiwert
Schnittholz auf Schichtholz/Sperrholz	μ 0,45
Kunststoffpalette – Schicht-/Sperrholz	μ 0,20
Stahlkiste/Schicht-/Sperrholz	μ 0,45

Tabelle 3: DIN EN 12195-1 aus Juni 2011

Materialpaarung mit Sperrholz/melaminharzbeschichtet, Siebstruktur	Empfohlene Gleit-Reibbeiwerte
Europalette (Holz) auf	μ 0,25
Gitterboxpaletten (Stahl)	μ 0,25
Kunststoffpaletten (PP)	μ 0,25

Tabelle 4: VDI 2700 Blatt 2 aus Juli 2014

Entwicklung der Reibbeiwerte

In der Historie der Ladungssicherung hat die Reibung bei der Berechnung der Ladungssicherungsverfahren bis heute einen großen Stellenwert: je hö-

Werte, die auf mehreren, unabhängigen praktischen Prüfungen basieren, einen Mittelwert der gemessenen statischen Reibung (Haftreibung) – multipliziert mit dem Faktor 0,925 – sowie der gemessenen dynamischen Reibung (Gleitreibung) – dividiert durch 0,925 – dar.

Der Grundtenor der im September 2011 veröffentlichten VDI 2700 Blatt 14 (Ermittlung von Reibbeiwerten) besagt, dass der Gleit-Reibbeiwert (μ) mit einem Sicherheitsabschlag (S) von 0,95 ausschließlich zulässig ist. In diesem VDI-Blatt werden keinerlei Werte benannt.

Noch mitten in der deutschen Diskussionsphase um die EN-Norm aus dem Jahr 2011 erschien im Juli 2014 eine überarbeitete VDI 2700 Blatt 2 (**Tabelle 4**). Vergleicht man diese Werte mit denen aus November 2002 ist auffällig, dass keine Bereiche mehr angegeben werden, sondern konkrete Werte. Die Reibung von Holzpaletten, Kunststoffpaletten sowie Gitterboxen sind gleich groß. Auch im neuen Blatt 2 wurde kein einziger Test oder Versuch erwähnt, außer der Aussage, dass die Haftreibung durch die Fahrdynamik nicht anzuwenden ist.

Ermittlung von Reibbeiwerten

Da Reibungswerte ja eigentlich auf praktischen Prüfungen basieren, können sich dort vielleicht Erklärungen verbergen. In der Richtlinie VDI 2700 Blatt 14 aus 2011 wird die Möglichkeit der Er-

mittlung von Gleit-Reibbeiwerten mittels Zug- bzw. Druckprüfung beschrieben. „Zur statistischen Absicherung der Messergebnisse ... wird ein Vertrauensbereich von 95 % festgelegt.“

In der aktuellen Version EN 12195-1:2021 werden zwei alternative Verfahren zur Bestimmung des Reibbeiwertes μ angegeben:

◆ Über die Neigungsprüfung wird der Winkel α ermittelt, bei dem die Ladung anfängt zu rutschen. Der Tangens des Winkels wird dann mit einem Reduzierungsfaktor von 0,925 multipliziert. Zum Beispiel: Mittelwert $\tan \alpha 30,8^\circ$ (beträgt 0,596) multipliziert mit dem Faktor 0,925 ergibt einen Reibbeiwert μ von 0,55. Betrachtet man den Winkel, bei dem die Ladung anfängt zu rutschen, als Übergang von Haftreibung zur Gleitreibung, so wäre die Haftreibung 0,596 – daraus ergibt sich eine Reduzierung der Haftreibung zum Reibbeiwert von 9,25 Prozent. Im Gegensatz zur alten EN 12195-1:2004: bei dieser konnte, wenn μ_0 nicht bekannt war, ein um 30 Prozent geminderte μ_s -Wert verwendet werden.

◆ Als zweite Möglichkeit wird die Zugprüfung beschrieben. Der Reibbeiwert μ ist nach der Gleichung $\text{Zugkraft} \times 0,95 / \text{Masse} \times 0,925$ zu bestimmen.

Die Prüfumgebungstemperaturen bei VDI (15 bis 30°C) und EN (20°C) sind sehr prüferfreundlich, jedoch recht weit von der Realität entfernt. Wir gestatten uns hier zu bemerken, dass

Materialpaarung (auf gebrauchtem Siebdruckboden)	Berechnete Reibbeiwerte nach	
	DIN EN 12195-1:2011	VDI 2700 Blatt 14 (2011)
Europalette (Holz)	0,42	0,39
Gitterboxpalette (Stahl)	0,33	0,30
Kunststoffpalette (PP)	0,27	0,25

zum Beispiel in Deutschland die Durchschnittstemperatur im Jahr bei rund 10 °C liegt.

Auch wir haben im letzten Jahr Zugversuche vorgenommen und haben festgestellt, dass es sehr wohl Unterschiede je nach Materialpaarung gibt. Die **Tabelle oben** zeigt die Ergebnisse. Die Unterschiede zwischen den Berechnungen nach VDI und EN sind dabei relativ gering. Betrachten wir jedoch einmal die gravierenden Auswirkungen der unterschiedlichen Reibbeiwerte bei der oft angewandten Formschlusssicherung auf Fahrzeugen in Fahrtrichtung am Beispiel Holzpalette/Fahrzeugboden (**Tabelle unten**), ergibt sich zwischen den aktuellen VDI-Richtlinien und der EN-Norm eine auffallend hohe Differenz.

Nach Zugversuchen bei GWS ermittelte Reibbeiwerte

Unterschiedliche Reibbeiwerte gemäß den Regelwerken für die gängige Materialpaarung Holzpalette/Siebdruckboden

VDI 2700 Blatt 2 (2004)	VDI 2700 Blatt 2 (2014)	DIN EN 12195-1:2004	DIN EN 12195-1:2011	DIN EN 12195-1:2021
Gleitreibbeiwert		Reibbeiwert		
0,2 μ	0,25 μ	0,35 μ_0	0,45 μ	0,45 μ
Maximales Ladungsgewicht bei Blockierkraft Fahrzeug (BC) von 500 daN in Fahrtrichtung				
849 kg	926 kg	1.132 kg	1.456 kg	1.456 kg

Fazit

Wir können nur vermuten, dass die Urväter der Physik, die noch keine ökonomische Interessen

Gutachten | Schulung | Entwicklung | Verkauf

GWS®-SCHLOBOHM

Kompetenzzentrum für Ladungs- und Transportsicherheit

Wir, vom GWS-Ausbildungszentrum, befassen uns seit 30 Jahren intensiv mit **Ladungssicherung und Gefahrgut** auf der Straße, der Schiene und zur See. Für diese Bereiche bieten wir u.a. Gutachtenerstellung, Beratung, Aus- und Weiterbildung oder auch Verladeanweisungen an. Kontaktieren Sie uns - Ihre Aufgabenstellung ist unsere Herausforderung, eine Lösung zu finden.

Tel.: +49 4281 9841 502 | info@gws-schlobohm.de | www.gws-schlobohm.de





Foto/Grafiken: BWS Schlöbhorn

Zugversuch mit einer Kunststoffpalette auf Siebdruckboden. Reibung, egal ob Haft- oder Gleitreibung, ist aber keine reine Materialeigenschaft und von weiteren Einflüssen abhängig.

hatten, den Blick senken würden, wenn sie die „Reibungsdiskussionen“ der nationalen und EU-Gremien verfolgen müssten. Ist es nun für uns ein glücklicher Umstand, dass wir im deutschen Straßenverkehr ab 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht uns aus zwei Berechnungsmöglichkeiten immer die beste herausuchen können oder ist es eher ein Übel, dass man sich bewusst entscheiden muss?

Wir sehen eine latente Gefahr in der möglichen, isolierten Betrachtung der Reibbeiwerte – ohne Berücksichtigung der unterschiedlichen Berechnungsgrundlagen. In der jüngst erschienen Information 108 der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) zum Beispiel werden in Tabelle 10 („Reibbeiwerte einiger gebräuchlicher Waren und Oberflächen“) mit ihren Quellen benannt – jedoch ohne Zuordnung, ob die Reibbeiwerte für die Berechnung nach VDI oder EN bestimmt sind.

Allein dieser Umstand, dass Reibung durch VDI und EN so unterschiedlich ausgelegt werden, verstärkt den Zweifel, die Unsicherheit und auch den Ärger der Anwender und sorgt regelmäßig für Kopfschütteln als Indiz der immer noch schwierigen Situation. Der Bund-Länder-Fach-

ausschuss StVO/OWi erkannte bereits im Mai 2016 die DIN EN 12195-1:2011 als Regel der Technik im Sinne von §22 StVO an, nachdem die EN 12195-1:2011 in Deutschland zunächst Einzug über das Gefahrgutrecht (ADR) gefunden hatte. Wir können die erneut ausformulierten Zweifel des deutschen Normenausschusses im Vorwort der EN 12195-1:2021 nicht nachvollziehen.

Der Umstand, dass die EN 12195-1 erst für Fahrzeuge ab 3,5 t zGM gilt und gerade Kleintransporter im Transportwesen einen stetigen Boom erleben, ist ein wirklicher Mangel innerhalb der EU. Ein Verweis im deutschen Vorwort auf die Anwendung mit den zu berücksichtigenden Massekraften dieser Fahrzeugklassen in der VDI 2700 Blatt 16 wäre zumindest ein nationaler Fortschritt gewesen. ■

Der Faktor macht's: Diagonalzurren einfach berechnen

Neben dem Niederzurren ist das Diagonalzurren eine der meistverwendeten Formen der Ladungssicherung. Oft werden Baustellenfahrzeuge, Maschinen und andere schwere Ladegüter auf den Ladeflächen der Transportfahrzeuge mit diesem Verfahren gesichert. Beim Diagonalzurren ist generell Folgendes zu beachten:

- ◆ Es sind vier gleiche Zurrmittel zu verwenden.
- ◆ Diese müssen die gleiche Einsatzlänge und Dehnung haben, um eine Überlastung einzelner Zurrmittel zu vermeiden.
- ◆ Bei Verwendung von Zurrgurten ist auf die notwendigen zwei bis drei Gurtbandaufwicklungen auf der Wickelwelle der Ratsche zu achten, um ein Herausziehen des Gewebes aus dem Ratschensystem während der Fahrt zu verhindern.

Um eine Berechnung für das Diagonalzurren nach EN 12195-1:2021 durchzuführen, sind folgende Daten notwendig: das Gewicht der Ladung, die Vertikalwinkel α , die Horizontalwinkel β , den Reibbeiwert μ sowie den Umrechnungsfaktor f_μ (0,75 oder 1,0). Um nun den korrekten LC-Wert für die Zurrmittel und die Zurrpunkte zu ermitteln, sind drei Berechnungen zwingend notwendig: in, quer und entgegen der Fahrtrichtung. Aus den drei Ergebnissen wird der höchste Wert F_R als Mindestwert (Lashing Capacity – LC) für die Zurrmittel und -punkte ausgewählt.

$$F_R = \frac{(c_x - \mu \cdot f_\mu \cdot c_z)}{(f_\mu \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha \cdot \cos \beta)} \cdot \frac{F_G}{n}$$

Berechnungsformel für Diagonalverzurrung nach EN 12195-1:2021

Dieser Weg der Berechnung ist wie das Ablesen aus Tabellen oder mit einem Berechnungsprogramm eher zeitraubend und erfordert Kenntnisse. Neu ist der Weg einer Faktorberechnung beim Diagonalzurren. Dies soll beispielhaft an einer Verladesituation gezeigt werden – mit Ermittlung des maximalen Ladungsgewichts:

- ◆ Zurrmittel mit LC = 2.500 daN
- ◆ Zurrpunkt mit LC = 2.000 daN
- ◆ Vertikalwinkel $\alpha = 45^\circ$
- ◆ Horizontalwinkel $\beta = 30^\circ$
- ◆ Reibbeiwert $\mu = 0,45$

Für den Zurrpunkt mit LC 2.000 daN multipliziert mit dem Faktor 2,41 ergibt sich ein maximales Ladungsgewicht von 4.820 kg.

Faktorberechnung auf Basis von 4 Zurrmitteln; Berechnung im Vertikalwinkel α Bereich 20°-65° und Horizontalwinkel β Bereich 6°-55°			
LC des Zurrmittels oder des Zurrpunktes (niedrigsten LC-Wert verwenden)	Reibbeiwert „ μ “	Faktor/Divisor	Ladungsgewicht
	0,1	x 0,53	= kg
	0,15	x 0,71	= kg
	0,2	x 0,87	= kg
	0,25	x 1,05	= kg
	0,3	x 1,29	= kg
	0,35	x 1,61	= kg
	0,4	x 2,04	= kg
	0,45	x 2,41	= 4.820 kg
	0,5	x 2,79	= kg
	0,55	x 3,24	= kg
	0,6 ¹⁾	x 3,78	= kg
	0,6 ²⁾	x 7,58	= kg

1) Rutschhemmendes Material mit Nachweis μ 0,6 - gerechnet mit f_μ 0,75

2) Rutschhemmendes Material aus Gummi μ 0,6 - gerechnet mit f_μ 1,0

Desweiteren ergibt sich für Kraftfahrer und Verlader die Fragestellung: Welches Zurrmittel ist notwendig? Hierfür ist die gegenläufige Berechnung mit dem Faktor/Divisor möglich, wie folgendes Beispiel zeigt:

- ◆ Ladungsgewicht 8.956 kg
- ◆ Vertikalwinkel α 25°
- ◆ Horizontalwinkel β 10°
- ◆ Reibbeiwert $\mu = 0,6$ (RHM aus Gummi).

Das Ladungsgewicht von 8.956 kg durch Divisor 7,58 ergibt einen Mindest-LC-Wert pro Zurrmittel/Zurrpunkt von 1.182 daN.

Faktorberechnung auf Basis von 4 Zurrmitteln; Berechnung im Vertikalwinkel α Bereich 20°-65° und Horizontalwinkel β Bereich 6°-55°			
LC des Zurrmittels oder des Zurrpunktes (niedrigsten LC-Wert verwenden)	Reibbeiwert „ μ “	Faktor/Divisor	Ladungsgewicht
	0,1	x 0,53	= kg
	0,15	x 0,71	= kg
	0,2	x 0,87	= kg
	0,25	x 1,05	= kg
	0,3	x 1,29	= kg
	0,35	x 1,61	= kg
	0,4	x 2,04	= kg
	0,45	x 2,41	= kg
	0,5	x 2,79	= kg
	0,55	x 3,24	= kg
	0,6 ¹⁾	x 3,78	= kg
	0,6 ²⁾	x 7,58	= 8.956 kg

1) Rutschhemmendes Material mit Nachweis μ 0,6 - gerechnet mit f_μ 0,75

2) Rutschhemmendes Material aus Gummi μ 0,6 - gerechnet mit f_μ 1,0

Fazit: Beim Diagonalzurren kann man Tabellen zur Wertermittlung benutzen, hier sind jedoch nicht alle Konstellationen abgebildet. In den Berechnungs-Apps als Alternative sind die Werte oft auf Zurrmittel des jeweiligen Herstellers abgestimmt. Eine gewisse Einarbeitung ist ebenfalls erforderlich. Mit der Faktor-/Divisor-Berechnung ist das Diagonalzurren schnell und sicher möglich.