

## Unfallrekonstruktion

### Ladungssicherung – Anforderungen und physikalische Grundlagen –

von Dipl.-Ing. Burkhard Walter, Münster\*

*Aufgrund des immer stärker werdenden Lkw-Verkehrs im Transitland Deutschland gewinnt das Thema Ladungssicherung zunehmend an Bedeutung. Der vorliegende Artikel beschreibt, welche Anforderungen an die Ladungssicherung gestellt werden. Um einen ersten Einblick in diese komplexe Materie erlangen zu können, erfolgt darüber hinaus die Erläuterung einiger Sicherungsmaßnahmen und deren Besonderheiten.*

#### I. Anforderung an die Ladungssicherung

Der Gesamtverband der deutschen Versicherungen schätzt, dass 70 % aller Ladungen mangelhaft oder gar nicht gesichert sind. 13 % aller Lkw-Unfälle in Deutschland sollen auf unzureichende Ladungssicherung zurückzuführen sein. Diese Zahlen haben dazu geführt, dass durch die Polizei immer häufiger auch die Sicherung der Ladung überprüft wird. Hier hat der Beamte vor Ort das Problem, das in der Ausbildung Gelernte auf die Praxis zu übertragen. Da auf der anderen Seite aber auch die Beschuldigten durch intensive Aufklärungsarbeit in den letzten Jahren immer mehr für das Thema sensibilisiert wurden, kommt es nicht selten zu Verfahren, in denen gerichtlich entschieden werden muss, ob eine Ordnungswidrigkeit vorliegt.

\* Der Autor ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle, Schimmelpfennig + Becke, Münster.

Laut § 22 StVO sollen die Ladung sowie Spannketten, Geräte und sonstige Ladeeinrichtungen verkehrssicher verstaut und gegen Herabfallen und vermeidbaren Lärm gesichert werden. Weiterhin sollen gem. § 30 der StVZO Fahrzeuge so beschaffen sein, dass ihr verkehrsüblicher Betrieb niemanden schädigt oder mehr als unvermeidbar gefährdet, behindert oder belästigt. Aber was heißt eigentlich verkehrssicher und verkehrsüblich? Hierzu schweigt sich der Gesetzgeber aus.

Während der Fahrt wirken vielfältige Massenkräfte auf die Ladung. Nach vorn oder nach hinten wirken Horizontalkräfte durch Anfahren oder Bremsen. Beim Spurwechsel oder bei einer Kurvenfahrt treten Horizontalkräfte nach beiden Seiten auf. Zudem entstehen durch Fahrbahnunebenheiten und Federung Vertikalkräfte, die nach oben oder nach unten wirken.

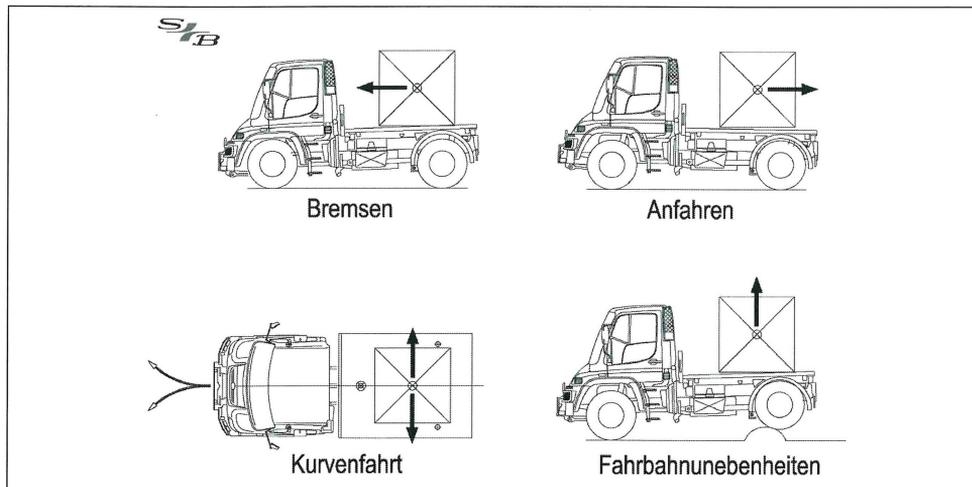


Abb. 1: Massenkräfte am Ladegut

Die oben aufgeführten Kräfte können folgende Bewegungen des Ladegutes bewirken:

- a) Rutschen
- b) Kippen
- c) Rollen
- d) Wandern (bewirkt durch Vertikalkräfte)

Durch den VDI (Verein Deutscher Ingenieure) wurde erstmals im Jahre 1975 die Richtlinie 2700 veröffentlicht und seitdem mehrfach überarbeitet. Da in dieser Richtlinie der „Stand der Technik“ dokumentiert wird, kann sie in Sachverständigengutachten herangezogen werden. Hier heißt es:

„Die Ladung muss so gesichert sein, dass unter verkehrsüblichen Fahrzuständen weder einzelne Ladegüter noch die gesamte Ladung unzulässig verrutschen, umfallen, verrollen, sich verdrehen oder herabfallen kann. Zu den üblichen bzw. normalen Gegebenheiten des Straßenverkehrs gehören auch Vollbremsungen, Ausweichmanöver und Unebenheiten der Fahrbahn.“

Wenn also in einer Polizeikontrolle der beschuldigte Fahrer der Meinung ist, seine Ladung wäre ordnungsgemäß gesichert, weil er seit über 20 Jahren seine Güter so transportiere und noch nie etwas passiert sei, so kann dies auch einfach daran liegen, dass der Fahrer noch nie in der Verlegenheit war, eine Vollbremsung oder ein Ausweichmanöver durchführen zu müssen.

Die Massenkraft  $F_{\text{Massenkraft}}$ , die beim Bremsen, bei Kurvenfahrten oder beim Anfahren auf die Ladung wirkt, errechnet sich aus der Masse  $m$  des Ladegutes multipliziert mit der Beschleunigung  $a$  des Fahrzeugs:

$$F_{\text{Massenkraft}} (\text{N}) = m (\text{kg}) \cdot a (\text{m/s}^2)$$

(Der Ausdruck „Massenkraft“ ist in der Literatur zum Thema Ladungssicherung weit verbreitet und wird deshalb auch hier verwendet. In der Physik wird damit die Massenträgheitskraft bezeichnet.)

Beim Bremsen wirken die höchsten Beschleunigungen (Anm.: Eine Verzögerung ist eine negative Beschleunigung). Sie können (auch bei einem Lkw!) bis zu  $8 \text{ m/s}^2$  betragen. Bei den anderen Fahrzuständen ist von bis zu  $5 \text{ m/s}^2$  auszugehen.

Es ist dafür zu sorgen, dass die Ladung sich im verkehrsüblichen Fahrbetrieb nicht bewegt. Hierzu gehören auch Vollbremsungen, Ausweichmanöver und Fahrten auf schlechten Wegstrecken

Die Gewichtskraft ( $F_G$ ) ergibt sich aus dem Produkt von Masse und Erdbeschleunigung  $g$ .

$$F_G(\text{N}) = m(\text{kg}) \cdot g(\text{m/s}^2)$$

Die Erdbeschleunigung liegt bei  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Zur Vereinfachung wird mit  $10 \text{ m/s}^2$  gerechnet. Eine Masse von  $2.000 \text{ kg}$  bewirkt somit eine Gewichtskraft von ca.  $20.000 \text{ N}$ .

### Praxistipp

Im Fachbereich Ladungssicherung wird häufig die Einheit daN verwendet ( $1 \text{ daN} = 10 \text{ N}$ ). Durch den Vorsatz da (Deka) ist eine zahlenmäßige Umrechnung nicht mehr erforderlich. Eine Masse von  $1.000 \text{ kg}$  entspricht einer Gewichtskraft von ca.  $1.000 \text{ daN}$ .

Geht man vereinfacht von einer Erdbeschleunigung von  $10 \text{ m/s}^2$  aus, so wirkt demzufolge bei einer Vollbremsung ( $a_{\text{längs}} = 8 \text{ m/s}^2$ ) eine Massenkraft, die dem 0,8-fachen der Gewichtskraft entspricht. Analog dazu ergibt sich beim Anfahren und bei Kurvenfahrt als Massenkraft die halbe Gewichtskraft.

Deutlich höhere Beschleunigungen treten dagegen bei einer Kollision auf. Z.B. liegt bei einem Aufprall mit  $10 \text{ km/h}$  auf einen stehenden und gleich schweren Lkw die wirkende Beschleunigung bei etwa  $30 \text{ m/s}^2$  ( $3g$ ), also bei dem 3-fachen der Gewichtskraft! Die dabei wirkenden Kräfte sind mit den zur Verfügung stehenden Sicherungsmaßnahmen kaum in den Griff zu bekommen.

**Kollisionen sind keine verkehrüblichen Situationen; es geht nicht darum, auch unter solchen Bedingungen Ladung gegen Verrutschen oder Umkippen zu sichern**

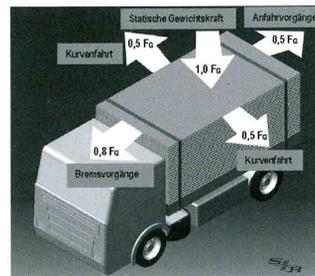


Abb. 2: Im Fahrbetrieb für die Ladungssicherung zu berücksichtigende Massenkkräfte (Quelle: VDI 2700)

## II. Sicherungsmaßnahmen

Damit das Ladegut ausreichend fest mit dem Fahrzeug verbunden ist, müssen die oben aufgeführten Massenkkräfte durch Haltekräfte aufgefangen werden. Zunächst einmal kann man sich dabei der Reibkraft bedienen, die zwischen der Ladefläche und dem Ladegut wirkt. Diese Reibkraft  $F_{\text{Reib}}$  hängt von der Gewichtskraft und der Reibpaarung zwischen Ladegut und Ladefläche ab. Die Güte der Reibpaarung wird durch den Reibbeiwert  $\mu$  (gesprochen „müh“) beschrieben.

$$F_{\text{Reib}}(\text{N}) = m(\text{kg}) \cdot a(\text{m/s}^2) \cdot \mu(\text{ohne Einheit})$$

**Bei einer Vollbremsung wirkt auf die Ladung eine Kraft, die 80 % der Gewichtskraft entspricht; beim Anfahren und bei Kurvenfahrt ist von bis zu etwa 50 % auszugehen**

Materialpaarung	trocken	nass	fettig
Holz/Holz	0,20 – 0,50	0,20 – 0,25	0,05 – 0,15
Metall/Holz	0,20 – 0,50	0,20 – 0,25	0,02 – 0,10
Metall/Metall	0,10 – 0,25	0,10 – 0,20	0,01 – 0,10
Beton/Holz	0,30 – 0,60	0,30 – 0,50	0,10 – 0,20

Abb. 3: Reibbeiwert nach VDI 2700

**Die Reibkraft allein reicht als Haltekraft nie aus**

Ausgehend von einer trockenen Holzladefläche, wird eine Metall-Gitterbox demzufolge durch eine Reibkraft von mindestens 20 % der Gewichtskraft gehalten. Bei einem Betonelement sind es mindestens 30 %. Einige Hersteller bieten Antirutschmatten mit einem Reibbeiwert von bis zu  $0,6 \text{ an}$ . Mit diesem Hilfsmittel lässt sich die Ladung sehr effektiv sichern. Da nach vorn jedoch insgesamt 80 % der Gewichtskraft gehalten werden muss, ist festzustellen, dass die Reibkraft allein als Haltekraft nie ausreicht.

Um den Anforderungen der VDI 2700 gerecht zu werden, sind in jedem Fall weitere Sicherungsmaßnahmen erforderlich. Bei der oben erwähnten Metall-Gitterbox müssten nach hinten und zu

den Seiten noch weitere 30 %, nach vorn 60 % der Gewichtskraft aufgebracht werden. Nahe liegend ist es, das Ladegut gegen den Aufbau abzustützen. Der Fachmann spricht in diesem Zusammenhang von „formschlüssiger Ladungssicherung“. Hier muss beachtet werden, dass der Aufbau auch den Belastungen standhalten kann.

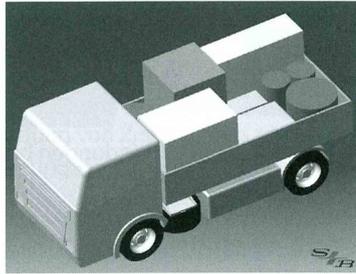


Abb. 4: Formschlüssige Ladungssicherung

Die Fahrzeughersteller orientieren sich dabei an den entsprechenden DIN-Normen. So muss z.B. die vordere Wand (Stirnwand) einer Belastung von 40 % der Nutzlast (max. 5 t für alle Aufbauarten) standhalten, sofern die Last gleichmäßig auf diese Fläche wirkt. Einige Hersteller gehen weit über diese Forderung hinaus und garantieren z.B. für die Stirnwand eine Belastbarkeit von bis zu 80 %, sodass eine weitere Ladungssicherung nach vorn grds. nicht mehr erforderlich ist.

### Praxistipp:

Einige Hersteller bieten für ihre Fahrzeuge Zertifikate an, in denen bestimmte Mindestreibbeiwerte der Ladefläche oder auch Belastbarkeiten des Aufbaus garantiert werden, die deutlich über den Normen und Richtlinien liegen.

Sehr häufig ist es nicht möglich, die formschlüssige Verbindung zwischen Ladung und Fahrzeug durch Anlegen der Ladung an Teilen des Fahrzeugaufbaus wie Stirnwand und Bordwand herzustellen. Bei sehr schweren Gütern besteht z.B. das Problem, dass die Nutzlast des Transportfahrzeuges auch nur dann ausgenutzt werden kann, wenn sich der Schwerpunkt des Ladegutes unmittelbar vor der Hinterachse befindet. Hier müssen sog. Lastverteilungspläne berücksichtigt werden, die bei den Herstellern angefordert werden können. Wie man der Grafik in Abb. 5 entnehmen kann, darf bei dem abgebildeten Sattelaufleger eine Fracht mit einer Masse von nur etwa 12 t transportiert werden, sofern sich der Schwerpunkt des Ladegutes ca. 3 m hinter der Stirnwand befindet. Die volle Nutzlast von 24 t kann nur dann ausgenutzt werden, wenn der Abstand zur Stirnwand gut 6 m beträgt.

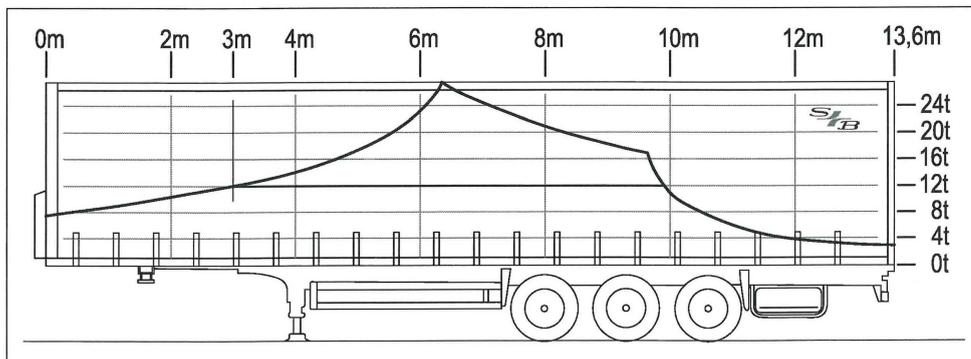
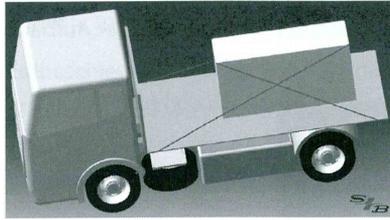


Abb. 5: Beispiel für Lastverteilungsplan eines dreiachsigen Sattelauflegers

Um trotzdem eine formschlüssige Verbindung herzustellen, kann der Frachtführer auf verschiedenste Zurrmittel zurückgreifen. Mit diversen Sicherungsmitteln, wie z.B. Ketten, Spanngurten, Klemmstäben, Keilen oder Netzen, aber auch speziell angefertigten Konstruktionen, lassen sich Güter adäquat sichern. Die unten stehende Abb. 6 zeigt exemplarisch einige Möglichkeiten des Schräg- oder Diagonalverzurrens.

## Diagonalzurren



## Schrägzurren

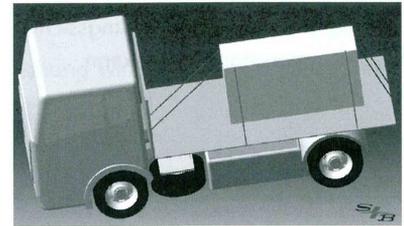


Abb. 6: Beispiele zur Herstellung formschlüssiger Verbindungen beim Zurren

Die auf dem Spanngurt angegebenen Werte führen immer wieder zu Verwechslungen; es ist zu klären, wie der Gurt eingesetzt wurde, um den anzusetzenden Wert festzulegen

Eine alternative Sicherungsmaßnahme wird als „kraftschlüssige Ladungssicherung“ bezeichnet. Der Spanngurt besitzt dabei einen sehr großen Stellenwert, s. Abb. 7. In der Praxis liegt der Vorteil bei diesem Verfahren darin, dass am Ladegut keine Zurrmöglichkeiten (Haken, Ösen usw.) vorhanden sein müssen. Der Gurt wird dabei einfach über das Ladegut gelegt und dann angezogen, s. Abb. 8. Diese als „Niederzurren“ bezeichnete Sicherungsmaßnahme bewirkt indirekt eine Haltekraft, indem das Ladegut stärker auf die Ladefläche gedrückt wird. Die sich ergebende Haltekraft hängt wiederum stark von dem Reibbeiwert ab. Für sehr schwere Güter können hierdurch nur mit einer extrem hohen Anzahl an Gurten ausreichend hohe Haltekraften erzielt werden.

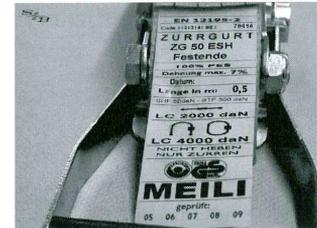
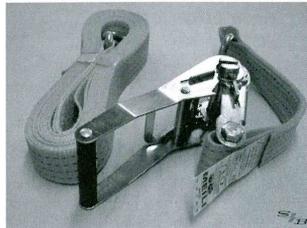


Abb. 7: Spanngurt mit Etikett

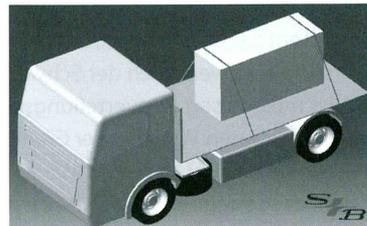


Abb. 8: Gurtverlegung beim Niederzurren (kraftschlüssige Sicherung)

Auf dem Etikett eines Spanngurtes sind einige Angaben zu finden, die in der Praxis immer wieder zu Verwechslungen führen. Der LC-Wert (LC = Lashing Capacity) beschreibt die Belastbarkeit des Gurtes. Bei dem oben abgebildeten Gurt liegt dieser Wert im geraden Zug bei 2.000 daN (vergleichbar mit der Gewichtskraft eines Ladegutes mit einer Masse von 2.000 kg, bzw. 2 t) oder bei beidseitiger Verlegung bei 4.000 daN. Immer wieder muss im Gutachten darauf hingewiesen werden, dass dieser Wert bei der tatsächlich vorgenommenen Sicherung keine Bedeutung hat, sondern häufig zu hoch angesetzt wird. Wurde das Ladegut nämlich niedergezurr, so ist nicht der LC-Wert, sondern der STF-Wert (erreichbare Spannkraft über Benutzung der Ratsche, s. Abb. 9) ausschlaggebend, der deutlich geringer ist (Beispiel Abb. 7 STF = 300 daN).

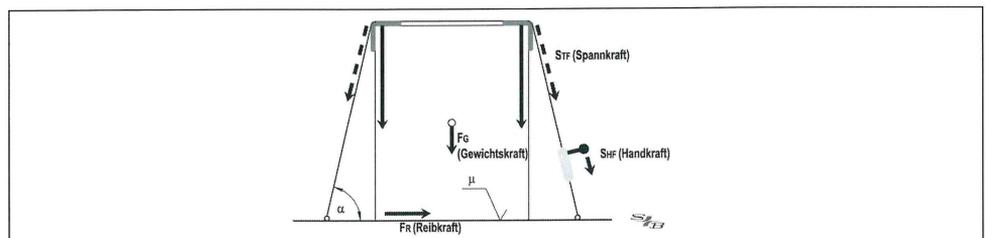


Abb. 9: Kräfte beim Niederzurren

Eine Begutachtung ist somit nur möglich, wenn die Art und Weise der Ladungssicherung, die Eigenschaften und die Anzahl der verwendeten Zurrmittel sowie die Massen der Ladungen bekannt sind. Häufig werden durch Polizeibeamte entsprechende Fotos aufgenommen. Der Beschuldigte selbst ist in jedem Fall auch gut beraten, entsprechende Fotos zu fertigen.

**Die vorgenommene Ladungssicherung sollte durch Fotos dokumentiert sein**

### **III. Erfahrungen und Fazit**

Die Erfahrung zeigt, dass die seitens der Polizei erhobenen Vorwürfe sehr häufig berechtigt sind. In diesem Artikel nicht angesprochene Mängel, wie z.B. verschlissene Spanngurte (Fachbegriff „Ablegereife“) oder die falsche Verwendung von Zurrpunkten, haben ebenso ihre Berechtigung und führen ebenfalls dazu, dass die Sicherung der Ladung nicht ordnungsgemäß ist.

Eine Überprüfung der Ladungssicherung ohne Berechnung ist nicht möglich. Aussagen, wie: „Die Ladung ist so schwer, da rutscht beim Bremsen nichts“, sind letztendlich nur ein Zeichen dafür, dass sich der Beschuldigte mit der Materie bisher noch nicht eingehend auseinandergesetzt hat.

Verschiedene Organisationen sind derzeit damit beschäftigt, den Informationsgrad bei den Beteiligten zu erhöhen. Zur Schulung wird die VDI-Richtlinie 2700a verwendet, die nach der Teilnahme an einem Seminar die Erlangung eines Ausweises vorsieht. Diesem dürfte in Zukunft auch bei gerichtlichen Entscheidungen eine wichtige Bedeutung zugemessen werden. Weiterhin ist nach Aussage des VDI geplant, zukünftig in der StVO auf den Inhalt der VDI 2700 zu verweisen.

Um es den Frachtführern (Spediteur, Halter und Fahrzeugführer) einfacher zu machen, werden zunehmend Ladungssicherungsmaßnahmen zertifiziert. Diese Zertifikate müssen jedoch sehr sorgfältig angewendet werden. Als Beispiel kann auf einen Sattelaufleger mit seitlichen Schiebepfeilen verwiesen werden (Fachbegriff Curtainsider). Hierfür existieren Bescheinigungen, die attestieren, dass die Aufbaufestigkeit nach vorn bei 80 % der Nutzlast und zu den Seiten bei 50 % liegt. Die dabei genannten Bedingungen der Art des Ladegutes sind jedoch so einschränkend, dass als Ladegut letztendlich nur Getränkekisten in Frage kommen. In der Praxis ist der seitliche Schiebevordhang daher auch in Zukunft in erster Linie als Wetterschutz anzusehen.

Bei der Betrachtung einer Ordnungswidrigkeit sollte auch berücksichtigt werden, inwieweit sich der festgestellte Verstoß gegen die technischen Richtlinien in einer extremen Situation ausgewirkt hätte. Ein mit Betonplatten voll beladener Sattelaufleger, bei dem das Ladegut mit lediglich zwei Spanngurten ohne Kantenschutz niedergezurrt wurde, birgt sicherlich ein sehr hohes Gefahrenpotential. Wurde dagegen der Zurrhaken eines ausreichend dimensionierten Spanngurtes nicht gemäß den Richtlinien in einer Zurröse, sondern an einer nicht dafür vorgesehenen sehr stabilen Stelle befestigt, so ist auch hier die Ladungssicherung grds. zu bemängeln. Die damit verbundenen möglichen Gefahren sind jedoch deutlich geringer. In einem Sachverständigengutachten könnte auch dieser Aspekt beleuchtet werden.