



Ein paar einfache Berechnungen veranschaulichen, welche verheerende Kräfte beim Fahren auf Ladegut oder Einbauten wirken können

Logisches zum Thema Ladungssicherung

$$F = m \times a$$

Rund $\frac{3}{4}$ aller Materialtransporte auf der Straße werden bei Verkehrskontrollen wegen unzureichender oder überhaupt nicht gesicherter Ladung beanstandet. Das sind 100 % zu viel. Gedankenlosigkeit oder schlichte Unkenntnis der Verantwortlichen sind die häufigsten Ursachen. Dabei ist es gar nicht so schwer, sich mit ein paar kurzen Berechnungen die verheerenden Auswirkungen frei fliegender Ladungsteile zu verdeutlichen.

Ladungssicherung keinesfalls nur ein Thema für Brummis. Unfallauswertungen zeigen, daß auch im Transporter- und Kombi-Bereich mangelhaftes Sichern von Ladegut oder Fahrzeugeinrichtungen zu vermeidbaren Verletzungen führen. So entwickelt etwa die schwere, im Laderaum eines Kombis installierte Werkstatteinrichtung allein aufgrund ihrer Masse ein gefährliches Eigenleben beim plötzlichen Verzögern, wenn sie nicht absolut unverrückbar mit dem Ladeboden verschraubt ist: Um „die Kiste ins Kreuz“ zu bekommen, genügt oft schon eine ABS-unterstützte Notbremsung mit hohen Verzögerungswerten, wie unser kleiner Rekurs in den Physikunterricht unter anderem zeigen wird.

Destruktive Folgen

Fangen wir mit dem Grundgesetz der Maschendynamik an, das mit der Formel $F = m \times a$ nichts weiter besagt, als daß eine Kraft (F) entsteht, wenn eine Masse (m) die positive oder negative Beschleunigung (a) erfährt. Und damit können wir schon alles ausrechnen. Unter Beschleunigung verstehen die Physiker die Zu- oder Abnahme der Geschwindigkeit in Metern je Sekunde (m/s) pro Zeiteinheit (s). Folglich hat die Beschleunigung die Dimension m/s^2 . In den folgenden Beispielrechnungen nehmen wir an, daß im Laderaum eines rund 100 PS starken Transporters eine Kiste befördert wird, deren Masse exakt 100 kg beträgt. Nehmen wir mal an, der Fahrer hat es eilig, nutzt das Drehmoment voll aus und beschleunigt den Transporter in beeindruckenden 11,9 Sekunden von 0 auf 80

km/h. Daraus errechnet unser Physiker flugs den Beschleunigungswert von $1,87 m/s^2$. Das ist – auch wenn es die Motorenbauer nicht gern hören – relativ harmlos, denn damit bleibt unsere ungesicherte 100-Kilo-Kiste relativ ungerührt auf ihrem Platz im Laderaum. In Bewegung gerät sie allerdings, wenn bei Tempo 50 plötzlich ein Ball vor den Transporter rollt. Der vorausschauende Fahrer kommt mit einer Normalbremsung zurecht, bringt den Wagen nach 20 m ohne Probleme zum Stehen, freut sich über die dankbare Miene der Mutter des Bundesliganachwuchses und wundert sich über die Beule in der Trennwand zwischen Fahrerhaus und Laderaum.

Nun, auf die Zwei-Zentner-Last hat eine negative Beschleunigung von $4,82 m/s^2$ gewirkt, fast das 2,6fache dessen, was der Motor beim positiven Beschleunigen zuwege brachte. Das heißt vereinfacht gesagt, während des Bremsvorgangs waren aus den 100 kg kurz mal eben 482 geworden. Eine halbe Tonne. Und die hält es schlicht und ergreifend nicht mehr dort, wo sie einfach nur so abgelegt wurde. Sie hat sich nach Überwinden der Haftreibungsgrenze selbstständig, bis die Trennwand ihren Bewegungsdrang stoppte. Wäre sie direkt an der Wand abgelegt gewesen, wäre nichts passiert, denn dann hätte die Bewegung relativ zum Fahrzeug nach unschädlich kur-

zem Weg ein Ende gefunden. So zeitigen im ungünstigen Fall bereits die recht „milden“ $4,82 \text{ m/s}^2$ eines Bremsmanövers recht destruktive Folgen.

Keine Chance

Wie sieht's dann erst bei einem Aufprall aus? Rechnen wir einfach mal nach: Der Transporter fährt durchs Industriegebiet; weil der Fahrer eine Adresse sucht, fährt er gerade mal mit 40 km/h dahin. Paff – die tonnenschwere Papierrolle auf dem entgegenkommenden Laster ist auch nicht richtig gesichert und kippt in der Kurve dem Transporter direkt vor die Knautschzone. Keine Chance. Von 40 auf 0 km/h in 50 Millisekunden. Das gibt eine negative Beschleunigung von $222,22 \text{ m/s}^2$. Das heißt, die 100 kg an ihrem Platz halten zu wollen, erforderte eine Kraft, die nötig wäre, 2 t und 222 kg zur Hochstrecke zu bringen.

Aber nicht nur beim linearen Beschleunigen und Bremsen (und dazu gehört letztlich auch der Aufprall) entwickelt unzureichend gesichertes Ladegut eine unerwünschte Eigendynamik. Schließlich führen stets mehr oder weniger kurvenreiche Pfade ans Ziel der Lieferfahrt. Schauen wir doch ganz kurz noch einmal, was unsere Kiste im Laderaum beim Umrunden einer kreisförmigen Kurve mit dem Radius 50 m anstellt. Weil das Ergebnis so schön „aufgeht“, nehmen wir an, der Fahrer befährt diese Kurve mit konstanten 57 km/h . Das führt zu einer Zentrifugalkraft von ebenfalls einer veritablen halben Tonne – zu viel, um ruhig liegenzubleiben. Beschleunigt der Fahrer den Wagen in der 50-m -Radius-Kurve auf rund 80 km/h , dann drängt unsere Masse gar mit der Kraft von gut einer Tonne nach außen.

So gelten also für Transporter mit separaten Ladeflächen (Pritschen-, Kasten- oder Kofferaufbauten) im Grunde Lkw-Regeln. Wer sich darauf verläßt, daß Ladegut allein aufgrund seiner Masse nicht auf unrechte Pfade gerät, wird spätestens bei der ersten Vollbremsung oder in der ersten engen Kurve eines Schlechteren belehrt. Die Gesetze der Physik lassen sich nicht außer Kraft setzen. Und bei Kurvenfahrt steigt die Fliehkraft des Ladeguts nun einmal mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Kommen noch ungünstige Reibungsverhältnisse hinzu, wie etwa von Metallteilen oder -behältern auf einem Stahl-Ladeboden, dann bedarf es keiner hohen Geschwindigkeit, um Ladegut außer Kontrolle geraten zu lassen. Festes Verzurren oder Verkeilen, möglichst geringe Wege zur in Fahrtrichtung nächstgelegenen Fahrzeugwand, reibwertsteigernde Zwischenlagen z. B. aus Holz oder Gummi – für korrekte Ladungssicherung sind nur wenige Grundregeln zu beachten. Die allerdings konsequent. \square