

## Ladungssicherung von Baumaschinen im Straßenverkehr

**Die Ladungssicherung von Baumaschinen wird in der Fachliteratur wenig behandelt. Wer einmal mit den Fahrern entsprechender Transporte gesprochen hat, der weiß: Was auf den ersten Blick einfach scheint, birgt grundlegende, sowie spezifische Problemstellungen. Dieser Aufsatz soll die wesentlichen Forschungserkenntnisse, die im Rahmen einer Bachelorarbeit an der Hochschule für Polizei Baden-Württemberg gewonnen wurden, zusammenfassen.**

„Das ist so schwer, das bewegt sich nicht!“. Keine andere Aussage von Kraftfahrern steht so deutlich für das bestehende Wissensdefizit im Bereich der Ladungssicherung wie diese. Ladungssicherung sollte zur Allgemeinbildung eines jeden Kraftfahrers und Verladeters gehören, denn es ist ihr tägliches Handwerk. Die Vorschriftenlage ist klar. Ladung ist gem. § 22 (1) StVO u.a. gegen Herabfallen zu sichern, nähere Bestimmungen hierzu finden sich in der VDI 2700 ff., sowie in der EN 12195-1:2010. Diese Normen können selbstredend nicht alle möglichen Konstellationen erfassen. Um die Handlungssicherheit bei allen Beteiligten zu erhöhen, sollen im Folgenden Problemstellungen und Lösungsansätze bei der Ladungssicherung von Baumaschinen dargestellt werden.

### Reibungsverlust durch Verschmutzung

Aufgrund ihres Einsatzgebietes sind Baumaschinen anfällig für Schmutzanhaftungen. Die Folge dieser Verschmutzung ist eine enorme Verschlechterung des Reibungsquotienten  $\mu$ . Die EN 12195-1:2010 sieht für verschmutzte Berührungsflächen ein  $\mu$  von höchstens 0,2 vor. Vor allem auf metallenen Ladeflächen sind Werte von  $\mu \approx 0,1$  wesentlich realistischer. Diese Verschmutzung ist nicht per se verboten. Entscheidend ist, dass der konservativ anzunehmende Reibungsquotient in der Berechnung der Sicherungskraft berücksichtigt wird. Eine besenreine Berührungsfläche steigert immer die Effektivität des Ladungssicherungskonzepts. Verschmutzung ist dann „verboten“, wenn es sich bspw. um faustgroße Lehmanhaftungen handelt, welche während der Fahrt herabfallen könnten. Dies geht aus der Entscheidung des Oberlandesgerichts Hamm (Az.: 4 Ss OWi 32/06) hervor, das Gericht wertete faustgroße Lehmanhaftungen an Baumaschinen als Ladung im Sinne des § 22 (1) StVO.

### Reibung als alleinige Sicherung

Eine normkonforme Ladungssicherung, die ausschließlich auf Reibung basiert, ist nicht ausreichend. Wurde die Baumaschine gereinigt und mit rutschhemmendem Material (RHM) unterlegt, ergibt sich die Frage, ob eine weitere Sicherung überhaupt noch notwendig ist. Für die Ladungssicherung auf Fahrzeugen über 3,5 t zGM sind zu den Seiten und nach Hinten 50 % der Gewichtskraft ( $0,5 F_G$ ) zu sichern. Die EN 12195-1:2010 weist für das Material Gummi ein  $\mu = 0,6$  aus. Damit könnte man rechnerisch zu der Erkenntnis gelangen, dass eine zusätzliche Sicherung zu den Seiten und nach Hinten entbehrlich ist, da der Reibungsquotient 0,6 größer als die zu sichernde Kraft  $0,5 F_G$  ist. Die Überlegung geht noch weiter. Man könnte

argumentieren, dass für Baumaschinen mit Gummiketten/-rädern auch ein  $\mu = 0,6$  angenommen werden kann. Dieser Wert wird in aller Regel nicht erreicht. Dieser Gedankengang ist, so schön er auch sein mag, falsch. Welche Reibungswerte durch Gummiräder/-ketten erreicht werden, kann nur im Einzelfall durch einen Versuchsaufbau ermittelt werden. Möglich sind durchaus Werte von  $\mu > 0,5$ . Somit würde sich auch in dieser Konstellation, ohne RHM, die Frage stellen, ob weitere Sicherungsmaßnahmen zu den Seiten und nach Hinten überhaupt noch nötig sind. Durch Vertikalbewegungen während der Fahrt ist ein Wandern der Ladung möglich. Dies ist bislang nur in der VDI 2700 Blatt 15:2009-05 erwähnt worden. Außerdem ist eine mögliche Kippgefahr zu berücksichtigen. Für eine Sicherung nach Hinten darf, aufgrund der Rollfähigkeit von Baumaschinen, die wesentlich geringere Rollreibung nicht überwunden werden. Fraglich ist, ob die jeweilige Feststellbremse den Anforderungen der Ladungssicherungsnormen gerecht wird. Somit genügt eine ausschließliche Sicherung über die Reibung nicht. Diesem Umstand wird bei anderen Ladegütern durch das Niederhalten<sup>1</sup> entgegengewirkt. Diese Art der Sicherung soll gewährleisten, dass in jeder Fahrsituation der Kontakt der Materialpaarung, und damit die Reibung, gegeben ist. Bei Baumaschinen wird durch ein Diagonalzurrverfahren ein Niederhalten in der Regel überflüssig.

### **Verlauf von Zurrmitteln**

Schulungen und Bücher behandeln oft den Idealfall eines Ladungssicherungskonzepts, die Realität stellt aber den Anwender, genauso wie den Kontrollbeamten, vor Herausforderungen. Wird eine Zurrkette über eine Kante geführt, sollte die Lashing Capacity (LC) um 20 % reduziert werden. Dies gilt nur bei abgerundeten Kanten, oder bei der Verwendung eines Kantenschutzes, also immer, wenn die Zurrkette über die Kante gleiten könnte. Wird das oben beschriebene „Gleiten“ durch spitze Kanten verhindert und ein Kettenglied auf Biegung beansprucht, ist die Ladungssicherung nicht normkonform.

Ein Thema, welches im Folgenden noch behandelt wird, ist die Problematik der Zurrpunkte an Baumaschinen. Sind diese nicht vorhanden oder schlecht erreichbar, kann die Zurrkette im Schnürgang eingesetzt werden. Hierbei sollte, aufgrund der Verwendung im nicht geraden Zug, die LC ebenfalls um 20 % reduziert werden. Hierbei darf der Zurrhaken nur im Hakenrund belastet werden und die einzelnen Kettenglieder dürfen nicht auf Biegung beansprucht werden. Alternativ kann auch der Einsatz einer Kranzkette angedacht werden.

Darüber hinaus gilt es zu beachten, dass die Zurrkette und der Zurrhaken in einer Flucht verlaufen. Eine Abweichung von wenigen Grad ist tolerierbar. Sobald der Zurrhaken durch die seitlich abgespannte Zurrkette auf Biegung beansprucht wird, ist die Ladungssicherung abzulehnen.

---

<sup>1</sup> Niederhalten ist kein Begriff der anerkannten Regeln der Technik, er entstammt der Praxis. Hierbei werden bei Ladegütern, die sich nicht verdrehen können, ein, bei anderen zwei, Zurrmittel über die Ladung gelegt und vorgespannt. Es ist nicht zwingend erforderlich, eine möglichst hohe  $S_{TF}$  zu erreichen. Das Niederhalten soll der fahrdynamischen Vertikalbewegung entgegenwirken und so ein Wandern der Ladung verhindern.

## **Zurpunkte an Baumaschinen**

Viele Fehler bei der Sicherung von Baumaschinen sind Folgefehler, sie geschehen, weil die entsprechende Baumaschine keine oder praxisfremde Zurpunkte besitzt. Im Rahmen der Bachelorarbeit wurden die 13 größten Hersteller von Kettenbaggern befragt, lediglich fünf Anfragen wurden beantwortet. An die Hersteller wurden zwei Fragen gerichtet: „Sind an Ihren Baumaschinen serienmäßig Zurpunkte vorhanden? Ist es bei Ihren Kettenfahrzeugen zulässig, die Zurrhaken in die Raupenkette einzuhängen?“ Zusammenfassend wurde mitgeteilt, dass jeder neue Kettenbagger serienmäßig über Zurpunkte verfügt. Das Einhängen der Zurrkette in die Raupenkette des Baggers erlaubt nur ein Hersteller und beschreibt das Vorgehen detailliert in seiner Betriebsanleitung. Diese Art der Sicherung führt bei Kontrollen immer wieder zu Problemen. Selbst wenn es – was die absolute Ausnahme darstellt – der Hersteller „erlaubt“, ist die Ladungssicherung in der Regel abzulehnen, da die Zurrmittel nicht ordnungsgemäß verlaufen. Insbesondere das seitliche Abspannen der Zurrkette, wodurch der Zurrhaken einer Biegebeanspruchung ausgesetzt wird, ist äußerst kritisch zu sehen. Der Baumaschinenhersteller kann in seiner Betriebsanleitung lediglich angeben, dass die Raupenkette die Kräfte aufnehmen kann. Kein Konstrukteur weiß, wie die Zurrmittel später angebracht werden und welche Probleme auftreten könnten. Somit sollte auf eine Ausweisung der Raupenkette als Zurpunkt zu Gunsten praxisnaher Zurpunkte verzichtet werden. Darüber hinaus klagen viele Fahrer über die praxisfernen/ schlecht erreichbaren Zurpunkte, die am Schreibtisch entworfen wurden. In einzelnen Fällen besteht in der Tat erheblicher Nachbesserungsbedarf, jedoch lassen sich viele dieser Zurpunkte durch einen Schnürgang (zur LC s.o.) oder eine Kranzkette erschließen.

## **Festigkeit von Fahrzeugaufbauten**

Die Belastbarkeit von Aufbauten ist hinlänglich bekannt (siehe u.a. EN 12642:2016). Im Folgenden soll ein Blick auf die drei Problemstellungen Anhänger mit zGM bis 3.500 kg und Tieflader mit senkrechter und schräger Kröpfung gelegt werden. Die Belastbarkeit von Anhängern mit einer zGM bis 3.500 kg war von der EN 12642:2006 ausgenommen, mit Inkrafttreten der EN 12642:2016 wurde aber die Version aus 2006 ersetzt. Die aktuelle Version gilt ihrem Wortlaut nach für Aufbauten an Anhängern, unabhängig von der zGM. Aktuell kann aber davon ausgegangen werden, dass Anhänger bis 3.500 kg zGM keine einheitlich normierten Belastbarkeiten aufweisen. Dies ist bspw. beim formschlüssigen Transport von Minibaggern zu beachten. Zur laienhaften Beurteilung der Festigkeit dieser Bordwände können Umstände, wie die Anzahl und der Abstand der Scharniere, sowie die Dicke und Länge der Bordwände herangezogen werden. Aus Sicherheitsaspekten sollte den Bordwänden wenig zugetraut werden, solange keine belastbaren Angaben des Herstellers vorliegen. Gegebenenfalls sollte mit zusätzlichen Sicherungsmethoden gearbeitet werden.

Unproblematisch, nach überwiegender Einschätzung der befragten Experten, ist die Belastbarkeit einer senkrechten Kröpfung eines Tiefladers zu bewerten. Diese nimmt in Fahrtrichtung Kräfte bis zur Gewichtskraft der Nutzlast auf und genügt somit den Anforderungen an  $0,8 F_G$ . Nach a.A. ist eine Angabe des Herstellers über die Belastbarkeit erforderlich.

Die Frage der Belastbarkeit einer schrägen Kröpfung ist ebenso interessant wie theoretisch. Werden Maschinen mit Rädern oder Ketten bis an diese herangefahren, wirkt die Kröpfung wie ein Keil, welcher rein rechnerisch unter bestimmten Voraussetzungen eine alleinige Sicherung in Fahrtrichtung übernehmen könnte. Die VDI 2700: 2004-11 bestätigt, was sich rechnerisch leicht ermitteln lässt. Ein Keil, welcher mit einem Winkel  $\alpha$  von  $39^\circ +2^\circ / -0^\circ$  an der Ladung anliegt, sichert  $0,8 F_G$  in Fahrtrichtung. Um ein Überrollen des Keils zu verhindern, sollte die Höhe, angelehnt an die VDI 2700 Blatt 8.1 und 8.2, mindestens  $\frac{1}{6}$  des Raddurchmessers betragen. Die o.g.  $39^\circ$  gelten nur für eine Fahrt auf ebener Strecke, sobald die Fahrt bergab geht, wird der erforderliche Winkel höher. Für diesen Fall kann eine alleinige Sicherung in Fahrtrichtung über eine schräge Kröpfung nicht ausreichend sein.

### **Knickgelenksicherung**

Eine speziell bei Radladern und Walzen auftretende Problematik ist die Sicherung des Knickgelenks. Diese Fahrzeuge bestehen aus zwei einzelnen, in ihrer Masse differierenden Teile, welche über das Knickgelenk verbunden sind. Der Lenkvorgang erfolgt über das Einknicken beider Fahrzeugteile, sodass eine Bogenlinie befahren wird. Dieses Gelenk lässt sich, speziell für den Transport, versteifen, bzw. sichern. Aus den zahlreich geführten Experteninterviews ging einstimmig hervor, dass das Knickgelenk zwingend während des Transports zu sperren ist. Erstens, weil eine stabile Ladeinheit gefordert wird und zweitens, weil durch die instabilen, unterschiedlichen Teilmassen bei Fahrmanövern ruckartige Kräfte auftreten können, welche die Zurrketten zerstören können.

### **Zugmaulbolzen als Zurrpunkt**

Weitestgehend bekannt unter Sachkundigen ist die Tatsache, dass das Hindurchführen eines einzelnen Zurrmittels hinter dem Zugmaulbolzen keine ausreichende Ladungssicherung zu den Seiten darstellt. Hiermit wird lediglich eine Sicherung in Fahrtrichtung erreicht. Durch seitlich auftretende Kräfte kann sich die transportierte Maschine bewegen, wobei das Zurrmittel hinter dem Zugmaulbolzen entlang gleitet. Durch diese Bewegung wird darüber hinaus die Lastverteilung verändert, was eine erhebliche Verschlechterung der Fahrdynamik zur Folge hat. Außerdem kann das Zurrmittel beschädigt werden. Abhilfe könnte bei dieser Problemstellung die Verwendung von zwei Zurrmitteln, welche im Diagonalzurrverfahren eingesetzt werden, schaffen.

Betrachtet man dieses Vorgehen genauer, stellt man weitere Problembereiche fest. Der Zurrhaken passt oft nicht genau um den Bolzen, somit wird der Haken nicht im Hakenrund, sondern an der Hakenspitze belastet. In aller Regel verlaufen auch Zurrkette und Zurrhaken in dieser Konstellation nicht in einer Flucht (vgl. oben). Ebenso kritisch ist die Belastbarkeit der Zugmaulbolzen zu bewerten, vor allem, wenn der Originalbolzen aufgrund von Verlust unzulässigerweise durch ähnliche Metallgegenstände ersetzt wird. Insbesondere bei sehr großen und schweren Baumaschinen ist eine Sicherung über den Zugmaulbolzen abzulehnen, die auftretenden Kräfte könnten die Belastbarkeit überschreiten. Viele Anwender nutzen den Zugmaulbolzen als „Zurrpunkt“ der Einfachheit wegen, da die regulären Zurrpunkte schlecht

erreichbar sind. Der Abschnitt „Zurpunkte an Baumaschinen“ bot hierzu sinnvolle Alternativen.

### **Die Sache mit der Symmetrie**

Eine weitere Problematik, die eine Erwähnung verdient, ist die Symmetrie des Ladungssicherungskonzepts beim Diagonalzurren. Zum einen sind damit die einzelnen Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  gemeint. Mit ihnen geht auch die Länge der Zurrmittel einher. Weder die Formeln der anerkannten Regeln der Technik, noch die gängigen Berechnungsprogramme (mit Ausnahmen) sind auf verschiedenen Zurrwinkeln ausgelegt. Das heißt, eine genaue Berechnung der erforderlichen Sicherungskräfte bei nicht symmetrischen Winkeln (unterschiedliche  $\alpha$  und  $\beta$  Winkel) ist für den normalen Anwender kaum möglich. Grundsätzlich sind asymmetrische Winkel nicht verboten, es erfordert jedoch tieferes Fachwissen, um die verschiedenen Winkel in der Berechnung zu berücksichtigen. Bei unterschiedlichen Zurrwinkeln variiert auch immer die Länge des Zurrmittels zw. den Zurpunkten am Fahrzeug und an der Ladung. Haben zwei unterschiedlich lange Zurrmittel eine prozentual gleiche Dehnung, so unterscheidet sich absolut betrachtet die maximale Dehnung. Dies kann im ungünstigsten Fall zu einer ungleichen Belastung der gleichzeitig beanspruchten Zurrmittel führen und den Abriss des überlasteten Zurrmittels herbeiführen. Eine gute Nachricht gibt es – die meisten Fahrzeugaufbauten haben symmetrisch angebrachte Zurpunkte, wenn nun die Ladung auch ähnliche Eigenschaften hat können unterschiedliche Winkel meist vermieden werden.

Zum anderen sind damit auch die Zurrmittel an sich gemeint. Eine unbedachte Mischung aus Zurrketten und Zurrgurten ist mit Vorsicht zu genießen. Hier besteht vor allem aufgrund der unterschiedlichen Dehnungseigenschaften dieselbe Problematik wie eben beschrieben.

Abschließend lässt sich festhalten, dass das A und O die Art der Beanspruchung des Zurrmittels ist. Ein Zurrmittel ist dazu bestimmt, auf Zug belastet zu werden, Biegemomente, die auf einzelne Teile des Zurrmittels wirken, sind zu vermeiden. Mit dieser Erkenntnis lässt sich beinahe jede Ladungssicherung eines Baumaschinentransports bewerten, natürlich befreit diese Voraussetzung nicht von der Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik. Hiermit soll lediglich ein Problembewusstsein geschaffen und Lösungsansätze vermittelt werden. Die im Rahmen dieses Aufsatzes gewonnenen Erkenntnisse lassen sich auf weitere Ladegüter projizieren, was einen enormen Mehrwert mit sich bringt.

Udo Reich