



ANALYSEN FÄLLE TESTERGEBNISSE ENTWICKLUNGEN FAKTEN AUSGEWÄHLTE FACHARTIKEL ZUR UNFALLREKONSTRUKTION FÜR JURISTEN

11 ²⁰¹⁰

Editorial



Dipl.-Ing. Stephan Schal

Dipl.-Ing. Lars Hoffmeister



Manchmal ist es sinnvoll einen Moment inne zu halten, zurückzuschauen und nach vorne zu blicken, um zu erkennen, wo man steht und was noch verändert werden muss. Eine solche Betrachtungsweise finden Sie, bezogen auf die Unfallanalyse und Unfallforschung, in der vorliegenden Ausgabe des Ureko-Spiegels. Rückblikkend leiteten schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts Ingenieure entscheidende Entwicklungen auf dem Gebiet der Fahrzeugsicherheit ein, die maßgeblich zur Minderung der Unfallschwere und der Verletzungsgefahr für die Insassen beitrugen. Diese Ingenieure sind sicherlich als Visionäre zu bezeichnen. Auch in unserer heutigen Zeit, in der man den Eindruck haben könnte es sei schon fast alles erfunden, gibt es jedoch noch Visionen. So erscheint es beispielsweise nicht unmöglich, die Verkehrssicherheit soweit zu verbessern, dass es einen Straßenverkehr ohne Getötete und Verletzte geben könnte. Hierzu müssten allerdings bereits vorhandene Ideen umgesetzt werden. Fortschritte sind dabei insbesondere durch die Anwendung von Simulationen zu erwarten - womit wir beim Blick in die Zukunft wären. Auch in der Unfallrekonstruktion eröffnen sich dadurch neue Möglichkeiten selbst komplexe Schadensfälle zu analysieren und daraus Rückschlüsse für die Sicherheit der beteiligten Menschen und letztlich auch für die rechtliche Bewertung zu ziehen.

INHALT

Unfallforschung

Erfolge und Herausforderung Prof. Karl-Heinz Schimmelpfennig

Biomechanik der Heckkollision

Beeinflusst die Körperhaltung die HWS-Belastung Dipl.-Ing. Stefan Meyer

Produkthaftung

Verbesserte Analyse von Produkthaftungsfällen und Fällen der Ladungssicherung Dip.-Ing. Peter Schimmelpfennig

Unfalforschung

Erfolge und Herausforderungen

Prof. Karl-Heinz Schimmelpfennig



Wer den ersten Crash-Test gefahren hat, vermutlich in den 40er Jahren, ist nicht gesichert. Definierte Energieaufnahmezonen vor und hinter der Fahrgastzelle wurden von Béla Barényi 1952 als Patent angemeldet und von Mercedes-Benz als erstem Hersteller umgesetzt. Nils Bohlin erfand 1959 den Dreipunktgurt. Damit war ab 1960 das Grundgerüst für die passive Sicherheit auf dem Pkw-Sektor vorhanden.

Durch das Buch von Ralph Nader im Jahre 1965 "Unsafe at Any Speed" beschäftigte sich auch der Gesetzgeber sehr intensiv mit dem Thema der passiven Sicherheit. Viele Gesetze wurden verabschiedet, die teils bis heute Gültigkeit haben. Es folgten zahlreiche weitere Sicherheitsdetails, wie Sicherheitslenkung, Sicherheitsfrontscheibe, Lenkrad mit Pralltopf, Nackenstütze, Gurtstraffer usw. Da trotz Dreipunktgurt und Gurtstraffer bei noch ertragbarer Kollisionsgeschwindigkeit für den Fahrer ein Kopfanprall ans Lenkrad nicht auszuschließen war, lag es auf der Hand, dass im Jahre 1971 ein aufblasbarer Luftsack von Mercedes-Benz als Patent angemeldet wurde. 1981 war der Airbag serienreif. Die Kombination von Dreipunktgurt und Airbag konnte bisher von keinem anderen bekannt gewordenen Rückhaltesystem ersetzt werden. Das Zusammenwirken von Knautschzone und Rückhaltesystem trug maßgeblich dazu bei, dass sich zwischen 1970 und 1989 in der Bundesrepublik die Anzahl der im Straßenverkehr getöteten Pkw-Insassen halbierte. Die Zahl der Verletzten blieb zwar über die Jahrzehnte etwa konstant, dennoch ist dies als Erfolg zu bewerten, da die zugelassenen Fahrzeuge und das gefahrene Geschwindigkeitsniveau in diesem Zeitraum deutlich anstiegen. Hinsichtlich der weiteren Entwicklungen wird in der Regel auf Unfallstatistiken verwiesen. Die erste Unfallstatistik wurde im Jahre 1970 von der schwedischen Folksam-Versicherungsgruppe veröffentlicht. Die an statistischen Daten orientierte Weiterentwicklung war bei der Anzahl der im Straßenverkehr getöteten Pkw-Insassen fraglos erfolgreich. Es gelang nochmals eine Halbierung auf ca. 4.000 getötete Pkw-Insassen.

In den letzten 20 Jahren stieg aber nicht nur die Anzahl der zugelassenen Pkw, darüber hinaus legte der Nutzfahrzeugsektor speziell in den letzten 10 Jahren drastisch zu. Unfälle mit Nutzfahrzeugen fallen gemeinhin schwerer und damit in der Regulierung noch erheblich teurer aus als Pkw-Unfälle. Nicht selten führt die Verkeilung von verunglückten Pkws und Nutzfahrzeugen zu stundenlangen Autobahnsperrungen. Somit wird auch die Stauproblematik durch Pkw-Nutzfahrzeug-Unfälle bzw. Nutzfahrzeug-Nutzfahrzeug-Unfälle beeinflusst. Geändert hat sich weiterhin der landwirtschaftliche Verkehr. Dieser findet immer mehr im öffentlichen Straßenraum statt. Gewichte bei landwirtschaftlichen Zügen von 40 t mit zugelassenen Fahrgeschwindigkeiten bis 60 km/h sind keine Seltenheit. Nicht zuletzt steigt die Anzahl der bei Fußgängerunfällen verunglückten Zweiradfahrer.

Jeder Getötete und Verletzte im Straßenverkehr ist einer zu viel. Zielvorstellung sollte demgemäß ein Straßenverkehr ohne Getötete und ohne Verletzte sein. Der schwedische Arzt C. Tingvall warb in den 90er Jahren für seine Idee "Vision Zero" – mit Erfolg. 1997 wurde in Schweden ein entsprechendes Verkehrssicherheitskonzept verabschiedet. Es ist Ziel der dortigen Politik, dies bis zum Jahre 2020 zu verwirklichen. Akzeptiert man die Vision, dann darf bei der Festlegung weiterer Entwicklungsschritte nicht nur statistisch gedacht werden.

Eine ganz andere Ausrichtung der Gedanken über die-Weiterentwicklung der passiven Sicherheit bietet die moderne Elektronik. Es ist zwischenzeitlich nicht nur vorstellbar, sondern bereits prototypweise realisiert worden, ein Fahrzeug so auszurüsten, dass es gar nicht erst zum Unfall kommt. Grundsätzlich wäre eine schnelle Weiterentwicklung und damit der Einsatz in konkreten Fahrzeugen wünschenswert. In Anbetracht der Produkthaftung und der Vielfalt der Fahrzeuge vom Fahrrad über den Pkw-Bereich, den Nutzfahrzeugbereich bis hin zum 40 t-Güllefass aus der Landwirtschaft wird es jedoch selbst bei optimistischer Einschätzung sicherlich mehr als nur ein Jahrzehnt dauern, bis die elektronischen Systeme voll greifen können. Bedenkt man, wie viele Jahrzehnte vergangen sind von den ersten Crashtests bis zum heutigen Standard im Zusammenspiel zwischen Knautschzonen, Sicherheitsgurt, Gurtstraffer und Airbag, und dass überdies der Themenbereich der Kompatibilität noch größtenteils ungelöst ist, dann sollten weitere konstruktive Maßnahmen, die relativ kurzfristig bei den jeweiligen Fahrzeugtypen umgesetzt werden könnten, nicht außer Acht gelassen werden.

Der Eingriff des Gesetzgebers wird auf keinen Fall schnell weiterhelfen. Nachdem von der Notwendigkeit der Ausrüstung eines Nutzfahrzeugs mit einem Unterfahrschutz bis zur Gesetzgebung eine Generation verging, wird es als sinnvoller angesehen, über die Versicherungswirtschaft einen kürzeren Weg zu suchen. Fahrzeughersteller und Fahrzeugkäufer könnten "belohnt" werden, wenn sie konstruktiv verbesserte Fahrzeuge, gleichgültig welcher Kategorie, kaufen bzw. vertreiben. Auf dem Pkw-Sektor werden geringfügig höhere Kosten sicherlich angenommen, da in der Regel der Fahrer der Käufer ist. Auf dem Nutzfahrzeugsektor steht die Wirtschaftlichkeit an erster Stelle. Immer mehr Anforderungen, die die Nutzlast verringern, führen nicht zum Ziel.

Was könnte auf dem Pkw-Sektor konstruktiv geschehen?

Der Unfalltyp, bei dem Fahrzeuge mit geringer Überdekkung gegen ein Hindernis oder aufeinander prallen, sollte mehr in den Vordergrund gerückt werden. Kollisionen mit z. B. 20 % Überdeckung auf Landstraßen führen für beide Fahrzeuge durch Instabilität nach dem Streifkontakt zu schweren Folgeunfällen. Die Knautschzone deckt nur den Bereich zwischen den Längsträgern ab. Die Ecken sollten durch Deflektoren so umgestaltet werden, dass die Fahrzeuge aneinander abgleiten und sodann in einer beherrschbaren Auslaufbewegung elektronisch vorhandene Systeme weiterwirken können, um die Fahrzeuge möglichst stabil in der Spur zu halten.

Es wird eine Erweiterung der Philosophie der passiven Sicherheit vorgeschlagen. Was bisher für den Fahrzeugbauer im Bereich der passiven Sicherheit das "Knautschen" beim Crash mit voller und teilweiser Überdeckung ist, bedeutet bei den Straßenbauingenieuren das Thema "Gleiten" und "Knautschen" entlang einer Leitplanke. Für die Kollision mit geringer Überdeckung bietet es sich damit an, beides zu verbinden. Grundsätzlich sollte bei der weiteren Kollisionsanalyse dort, wo es machbar erscheint, eine Ausweitung der Kollisionsdauer von 0,1 s in Richtung 0,2 s angestrebt werden.

Was könnte auf dem Nutzfahrzeugsektor konstruktiv geschehen?

Der Nutzfahrzeugsektor muss unter dem Gesichtspunkt der Kompatibilität schnellstens in die Sicherheitsüberlegungen eingebracht werden. Es kann nicht sein, dass eine gesetzlich neu formulierte Auslegung eines Unterfahrschutzes nicht einmal von der Tendenz her zum Ziel führt. Im Sinne der Kompatibilität sollte es Ziel sein, dass ein Pkw bis zu einer Anprallgeschwindigkeit von z. B. 50 km/h das Nutzfahrzeug oder Gespann – gleichgültig an welcher Stelle - nicht unterfahren kann. Lösungsvorschläge sind vorhanden, so z. B. über eine Abkehr vom Leiterrahmen zu einem außen liegenden Rahmen, mit dem die erreichte Kompatibilität zwischen Pkw und Nutzfahrzeug nicht zu Lasten der Nutzlast geht. Damit das derzeitige Problem der nicht gelösten Kompatibilität zwischen Pkw und Nutzfahrzeug an Deutlichkeit gewinnt, werden zudem Crashtests zwischen Pkw und Nutzfahrzeugen vorgeschlagen.

Was könnte auf dem landwirtschaftlichen Sektor konstruktiv geschehen?

Es kann nicht hingenommen werden, dass ein Pkw-Fahrer, der mit z. B. 20 km/h auf das Endrohr eines Güllefasses auffährt, das Rohr direkt gegen das Gesicht bekommt. Die landwirtschaftlichen Fahrzeuge, die öffentlichen Verkehrsraum benutzen, müssen in die Kompatibilitätsbetrachtung zwingend einbezogen werden.

Schon das politisch gesetzte Ziel, bis zum Jahre 2010 die Zahl der getöteten Verkehrsteilnehmer in Europa nochmals zu halbieren, wird allein durch eine stetige Verbesserung der passiven Sicherheit auf dem Pkw-Sektor nicht zu erreichen sein. Auch über eine elektronisch überwachte Verkehrsführung steht die Lösung nicht zur Verfügung. Die Kompatibilität zwischen allen im gemischten Verkehr beteiligten Fahrzeugen muss endlich in den Vordergrund gebracht werden, damit auch die Fahrzeuge, die statistisch gegenüber dem Pkw in ihrer Unfallentwicklung nicht deutlich heraustreten, eine effektive Verbesserung ihrer passiven Sicherheit erfahren.

Die Vision des schwedischen Arztes Tingvall wird kurzfristig nicht zu erreichen sein. Ich sehe einen großen Fortschritt dann, wenn eine gemeinsame Entwicklung der elektronischen und der konstruktiven Möglichkeiten unter dem Gesichtspunkt der Kompatibilität im gemischten Verkehr zum Zug kommt.

Biomechanik der Heckkollision

Beeinflusst die Körperhaltung die HWS-Belastung?



Dipl.-Ing. Stefan Meyer

Häufig wird nach einem Unfallereignis die Verletzung an der Halswirbelsäule (HWS-Schleudertrauma) mit einer ungewöhnlichen Körperhaltung zum Zeitpunkt des Heckanstoßes begründet. Mithilfe zweier Einzelfallbeispiele wird der Einfluss einer ungewöhnlichen Körperhaltung auf die biomechanische Insassenbelastung beschrieben. Zum einen handelt es sich um eine vorgebeugte Sitzposition (FIP: Forward Inclined Position), wie sie beispielsweise beim Aufheben eines Gegenstands vom Fahrzeugboden oder bei einem Blick in Richtung des Ampelbogens eingenommen wird. Zum anderen um eine Körperhaltung, bei der ein Fahrer in Vorhersehung (Rückspiegelblick) des Aufpralls instinktiv und krampfhaft am Lenkrad festhält.

Die Körperhaltung des Insassen während des Heckanstoßes kann nur dann eine veränderte biomechanische Insassenbelastung begründen, wenn bei identischer Belastung der Fahrzeugkarosserie (delta v = konstant) eine abweichende Relativbewegung des Insassen auftritt. Als aussagekräftigster Parameter zur Einstufung der Belastung im Pkw gilt die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung (delta v) des betreffenden Fahrzeugs. Die Frage zum Einfluss der Körperhaltung auf die biomechanische Belastungshöhe lässt sich nur durch einen direkten Vergleich zwischen einer normalen Ausgangssitzposition und der im konkreten Fall beschriebenen Körperhaltung durch einen Versuch, dass heißt ein Kollisionsexperiment, beantworten.

NORMAL

Die beiden Bildspalten zeigen den direkten Vergleich des Bewegungsablaufs aus einer normalen Ausgangssitzposition und einer vorgebeugten Sitzhaltung. Die Anstoßbelastung war in beiden Fällen identisch und konnte durch Angabe eines delta v von 7 km/h beschrieben werden. Bei der vorgebeugten Ausgangssitzposition rollt der Insassenrükken gleichsam an der Sitzlehne ab. Hierdurch wird ein nicht unerheblicher Energieanteil über eine definierte Wegstrecke abgebaut. Waren zunächst infolge der vorgebeugten Körperhaltung höhere

VORGEBEUGT

Belastungen für den Insassen behauptet und auch erwartet worden, so führten die experimentellen Versuche zu einem auf den ersten Blick verblüffenden Ergebnis: Die Belastung des Insassen ist umso geringer, je stärker sich die Person zum Kollisionszeitpunkt vorbeugt. Zu Beginn der Untersuchung war davon ausgegangen worden, dass sich ein exakt gegenteiliges Ergebnis darstellen würden, nämlich dass der Oberkörper durch diesen größeren Abstand zur Rückenlehne "Schwung" holt und hier eine ungünstigere Belastung vorliegt. Tatsächlich ist das Gegenteil der Fall. Somit kann aus der vorgebeugten Sitzhaltung nach derzeitigem Kenntnisstand keine Erhöhung der resultierenden Insassenbelastung bei Heckkollisionen auf geringem Geschwindigkeitsniveau abgeleitet werden.

Das zweite Bildspaltenpaar zeigt den Vergleich zwischen einer normalen Ausgangssitzposition und einer Sitzposition bei der die Freiwillige das Lenkrad des Versuchsschlittens krampfhaft Bereits festhält. der anschauliche Vergleich zeigt, dass infolge des "Festhaltens" die Relativbewegung zwischen Oberkörper und Kopf früher einsetzt. da der Oberkörper über den Kraftschluss zwischen Lenkrad, Händen und Armen früher nach vorne mitgezogen wird.



Daher wird bei einem instinktiven Festhalten am Lenkrad eine höhere Insassenbelastung ermittelt, als in der normalen Sitzposition. So konnte z.B. eine Vergrößerung des Relativwinkels zwischen Oberkörper und Kopf bei gleicher Anregung (delta v = konstant) festgestellt werden.

Werden im Hinblick auf Verletzungen an der Halswirbelsäule nach Auffahrkollisionen außergewöhnliche Sitzpositionen von den Insassen angegeben, sind zur Beurteilung der biomechanischen Belastungshöhe Experimente (Freiwilligentests) zur Beschreibung der aus der Sitzposition resultierenden Insassenbewegung durchzuführen. In der Versuchspraxis zeigt sich oftmals, dass Hypothesen zur erwarteten Erhöhung oder Minderung der Insassenbelastung durch die Testergebnisse widerlegt werden.

Nicht jede vorgetragene außergewöhnliche Körperhaltung zum Kollisionszeitpunkt führt automatisch zu einer Belastungserhöhung und damit zu einer höheren Verletzungswahrscheinlichkeit.

Verbesserte Analyse von Produkthaftungsfällen und Fällen der Ladungssicherung



Dipl.-Ing. Peter Schimmelpfennig

Dreidimensionale Darstellungen und Berechnungen komplexer Konstruktions- und Bewegungsabläufe können

jetzt auch im Sachverständigenwesen für Gutachten eingesetzt werden. Durch entsprechende Software auf Basis der Finiten-Elemente-Methode (FEM) werden komplexe Strukturen analysiert und anschaulich aufbereitet. Die dafür nötige Soft- und Hardware steht in unserem Büro zur Verfügung.

Beispiel 1: Überlastet oder im Detail falsch konstruiert?

Um der Ursache des Materialversagens am Beispiel eines Chassis auf den Grund zu gehen, wird im ersten Schritt ein dreidimensionales Modell auf Basis der digitalen Daten erstellt oder aus vorigen Messungen nachempfunden. Im weiteren Schritt werden dem digitalen Modell virtuelle Massen (Ladung) und Beschleunigungen (Vollbremsung, Erdanziehung) zugewiesen und das gesamte System wird virtuell gelagert (Achsen mit Bereifung). Nachdem verschiedene Analysen durchgeführt wurden, kann nun auf Basis der Berechnungen der Grund zum Kollabieren des Fahrzeuges ermittelt werden und mit den Originalschäden verglichen werden.







IMPRESSUM

Münsterstraße 101, 48155 Münster

Für den Inhalt der einzelnen Artikel zeichnen die Autoren verantwortlich. Verantwortliche Redakteure i.S.d.P.: Dipl.-Ing. Stephan Schal Dipl.-Ing. Lars Hoffmeister

www.ureko.de

Email: kontakt@ureko.de

T: 02506 / 820 - 0 F: 02506 / 820 - 99

www.mtg-gutachter.de Email: kontakt@mtg-gutachter.de

T: 02506 / 820 - 12 F: 02506 / 820 - 99



Weitere Büros in: Hannover/Dresden

www.hanreko.de

Oldenburg

www.olreko.de

Lüdenscheid

www.suedwestreko.de

Lübeck/Schwerin

www.nordreko.de

Düsseldorf

www.westreko.de

Beispiel 2: Überbeansprucht oder falsch verpackt?

In Kisten oder Containern verpackte Güter können durch falsche Verzurrung verrutschen oder durch zu starke Belastung, z. B. durch Schlaglöcher, beim Empfänger beschädigt eintreffen (Ladungssicherung). Anhand der vorliegenden Daten wird eine dreidimensionale Baugruppe erstellt, die mit transportbedingten äußeren Kräften beaufschlagt wird. Durch eine dreidimensionale Analyse kann eine Videosequenz erstellt werden, aus der sich die Ursache der Beschädigung des Gutes ergibt. Der Havariekommissar ermittelt die Schadenshöhe, der Analytiker erarbeitet die Ursache der Zerstörung des Ladegutes.





Verzurrtes Ladegut in Container

Ergebnis der FEM - Berechnung

Beispiel 3: Kinematisch nachzuvollziehender Bewegungsablauf?

Arbeitsunfälle durch sehr komplex aufgebaute Maschinen können nur schwer analysiert, kaum anschaulich rekonstruiert oder dargestellt werden. Die jetzt mögliche dreidimensionale Objektdarstellung erlaubt es, alle möglichen Bewegungen mit entsprechender Kraftaufnahme zu berücksichtigen, um so den möglichen Ablauf des Geschehens vollständig zu erfassen und anschaulich darzustellen. Am Beispiel einer Holzerntemaschine, deren Arbeitsarm mit vielen Gelenken versehen ist, wird diese Analysetechnik angewandt und der Bewegungsablauf des Unfalles als Bild- oder Videosequenz dargestellt.

