

Wolfgang Pfeffer*

Rückhalteeinrichtungen als

Beweismittel in der

Verkehrsunfallrekonstruktion

Zusammenfassung

Der vorliegende Artikel geht der Frage nach, ob Rückhalteeinrichtungen (Airbags und Gurtstraffer) im Automobili Mobilität bieten, die bei der Verkehrsunfallrekonstruktion unterstützend herangezogen werden könnten. Es zeigt sich, daß die im Airbag-Steuergerät gespeicherten Kollisionsdaten nur für den Fahrzeughersteller zugänglich sind. Elektronisch gesteuerte Rückhalteeinrichtungen verwenden als Auslösekriterium die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung, die auf der Grundlage der gemessenen Fahrzeugverzögerung berechnet wird. Die konstruktiv festgelegten unteren bzw. oberen Auslöseschwellenwerte können als Hilfsmittel bei der Interpretation des Aktivierungszustandes von Rückhalteeinrichtungen nach dem Unfall und damit zur Ermittlung von kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderungen beim Frontaufprall, teilweise auch beim Heckaufprall, herangezogen werden.

Summary

This paper answers the question, of restraint systems could be a support by reconstruction of traffic accidents. It shows, that constructive defined threshold values for activating can be used for interpretation of the condition of restraint systems after the collision. Therewith, it is possible, to draw conclusions concerning the variation of speed due to collision.

1 Problemstellung

Rückhalteeinrichtungen stellen neben dem Deformationsverhalten der Insassenzelle den zweiten wesentlichen Teilbereich des Insassenschutzsystems moderner Automobile dar. Zu den Rückhalteeinrichtungen zählen Sicherheitsgurt, Frontairbags, Seitenairbags, Kopfairbags und Gurtstraffer samt Gurtkraftbegrenzer. Sie müssen in Zeiträumen von wenigen Millisekunden zwischen Anstoß und Insassenverlagerung wirksam werden.

Seit der Entwicklung des Sicherheitsgurtes zu Beginn der 60er-Jahre stellt sich für den Verkehrssachverständigen die Frage, ob der Zustand von Rückhalteeinrichtungen nach dem Unfall, beispielsweise die veränderte Struktur von Gurtbändern, oder der Zustand von Schloß und Aufrollmechanik, Rückschlüsse auf die Kräftebelastungen für die Insassen und in weiterer Folge auf kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderungen zuläßt [1]. Während beim Sicherheitsgurt keine allgemein verwendbaren Grenzwerte bzw. Kategorien gefunden werden konnten, bietet die fixe Einstellung der Leistungsdaten von Airbags und Gurtstraffern theoretisch die Chance, den Zustand dieser Einrichtungen nach der Kollision als Hilfsmittel für die Unfallaufklärung heranzuziehen.

Im vorliegende Artikel wird untersucht, ob eine derartige Verwendung von Rückhalteeinrichtungen bei der Verkehrsunfallrekonstruktion möglich ist. Insbesondere wird erörtert, ob beim derzeitigen Entwicklungsstand allgemein gültige Schwellenwerte existieren, mit deren Hilfe allenfalls Schlüsse aus dem Ansprechen bzw. Nichtansprechen von Rückhalteeinrichtungen im Verlauf einer Kollision gezogen werden können. Abschließend werden diese Überlegungen anhand eines konkreten Beispiels veranschaulicht.

2 Entwicklungsstufen von Gurtstraffern und Airbags

Wie aus zahlreichen Versuchsreihen und Unfallanalysen bekannt ist, kann der Sicherheitsgurt seine verletzungs-hemmende Wirkung nur bis

*Ing. Dr. Wolfgang Pfeffer, beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für Verkehrssicherheit und Kfz-Wesen, Mitarbeiter im parlamentarischen Verkehrsausschuß, Lerchenfelder Straße 121, A-1070 Wien

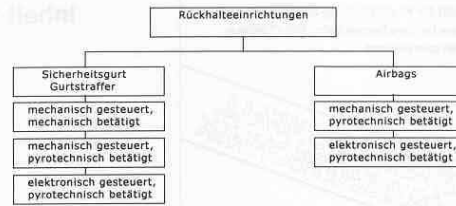


Bild 1 Technische Realisierungen von Gurtstraffern und Airbags
Fig. 1 Various restraint systems

zu einer kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung von ca. 25 km/h erbringen [2]. Airbags und Gurtstraffer wurden als zusätzliche Einrichtungen entwickelt, um die vom Sicherheitsgurt nicht mehr optimal abgedeckten Kräfte zu dämpfen und zudem die Gurtverletzungen durch ein harmonisches Zusammenspiel, insbesondere auch mit dem Gurtkraftbegrenzer, zu reduzieren.

Eine Fahrzeugkollision läuft im Regelfall in einem Zeitraum von ca. 100 ms ab. Dieser Wert entspricht etwa der Dauer eines einzigen Liedschlages. Die Airbagöffnung erfolgt nach folgendem Zeitplan: [3]

0 ms	Kollision
5 - 10 ms	Zündung des Fahrer-Frontairbags
25 - 30 ms	Beginn der Insassenverlagerung infolge ihrer Massenträgheit
40 - 50 ms	Der Airbag entfaltet sein maximales Volumen
60 ms	Kopf und Oberkörper tauchen in die Luftsäcke ein, dadurch entweicht das Füllgas durch die Abströmöffnungen, wodurch die Dämpfungswirkung (Energieumwandlung) für die Insassen entsteht
100 ms	Das Fahrzeug kommt zum Stillstand
110 - 150 ms	Die Rückpendelbewegung des Oberkörpers ist beendet, der Airbag ist völlig entleert.

Die Auslösung für den Beifahrerairbag erfolgt um etwa 10 ms später. Seitenairbags sind bereits ca. 10 ms nach dem Kollisionsbeginn vollständig geöffnet, da bei seitlichen Kollisionen nur eine sehr kurze Deformationszone zur Verfügung steht.

Im Entwicklungsverlauf wurden verschiedene technische Lösungen mit unterschiedlichen Auslöseschwellen realisiert:

Die ersten **Gurtstraffer** waren rein mechanische Einrichtungen, d.h. sowohl die Auslösung, als auch die Betätigung (Kraftaufbringung) erfolgt mechanisch. Dabei wird das Massenträgheitsprinzip genutzt, um eine vorgespannte Feder auszulösen, die das Gurtschloß über einen Bowdenzug samt integrierter Rücklaufsperrung bis zu ca. 80 mm zurückzieht und so den Leerweg von Schulter- und Beckengurt verringert. Beim pyrotechnischen, mechanisch gesteuerten Gurtstraffer erfolgt die Kraftaufbringung hingegen durch ein pyrotechnisches Element. Der mittels Verbrennung eines Treibsatzes entstehende Zylinderdruck treibt einen Kolben an, der über Zugseile die Lage des Gurtschlusses verändert und so den Gurt strafft.

Beim elektronisch gesteuerten pyrotechnischen Gurtschloßstraffer, der heute dem Stand der Technik entspricht, erfolgt die Ansteuerung durch ein Zündsignal vom sogenannten Airbag-Steuergerät, auf das später näher eingegangen wird.

Bei **Airbags** ist zu unterscheiden zwischen mechanisch pyrotechnischen Ausführungen, die sich zur Steuerung wiederum der unmittelbaren mechanischen Umsetzung des Massenträgheitsprinzips bedienen sowie den modernen elektronisch gesteuerten Lösungen, bei denen das elektrische Auslösesignal im Steuergerät erzeugt wird.

3 Aufbau des elektronisch gesteuerten Airbags

Das System setzt sich aus den Airbagmodulen und dem Auslösegerät zusammen. Die Airbagmodule sind im Lenkrad, im Armaturenbrett, in den Türen oder seitlich in den Sitzlehnen untergebracht. Sie bestehen

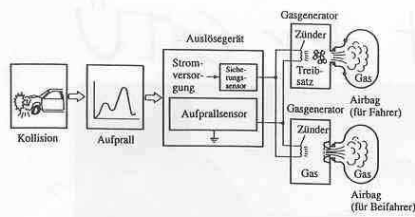


Bild 2 Aufbau des elektronisch gesteuerten Airbagsystems [4]
Fig. 2 Electronic controlled airbag

aus dem Luftsack aus Polyamid-Gewebe und einem sogenannten Topfgasgenerator, der mit Treibstoffplättchen aus Natriumacid (Feststofftreibmittel) gefüllt ist.

Nach erfolgter Ansteuerung durch das Auslösegerät wird eine Widerstandsbrücke als Zünder auf eine Temperatur von ca. 200°C gebracht. Ein Zündverstärker löst in weiterer Folge die Verbrennung des Treibstoffes aus, wodurch Stickstoff mit hohem Druck und hoher Temperatur entsteht. Das Gas wird gefiltert und gekühlt, bevor es in den Airbag strömt und diesen öffnet. Der gesamte Vorgang erfolgt in einem Zeitraum von ca. 30 ms. Einige Hersteller haben beim Beifahrerairbag Druckspeicherlösungen realisiert, die anstatt eines Verbrennungsgases auf hoch komprimiertes Argon als Füllgas zurückgreifen.

Das Auslösegerät, auch Crash-Sensor oder Airbag-Sensor genannt, ist zumeist im Bereich der Fahrzeug-Mittelkonsole angebracht und fest mit der Bodengruppe verschraubt, um die Verzögerungen bzw. Beschleunigungen der Karosserie unmittelbar, d.h. ohne Dämpfungswirkung, mitmachen zu können. Es enthält einen piezoelektrischen und einen mechanischen Beschleunigungsaufnehmer sowie einen Mikroprozessor, der die gemessene Verzögerungskurve nach einem bestimmten Algorithmus berechnet, damit das Kollisionsgeschehen bewertet und bei Überschreiten der definierten Schwellenwerte ein elektrisches Zündsignal an die Gasgeneratoren sendet. Weiter beinhaltet das Steuergerät im Regelfall einen Festspeicher für Störungen (Fault-Memory) und einen Festspeicher für Unfälle (Crash-Memory), in dem u.a. auch der Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsverlauf gespeichert wird. Ein Kondensator gewährleistet als Energiereserve ein Auslösen auch bei Verlust der Batteriespannung.

Bei den neuersten adaptiven Airbagsystemen werden auch Spannungssignale von Sitzerkennungsschaltern, von Kindersitzerkennungseinrichtungen mittels Transponder sowie von Gurtschloßschaltern als Ein-

gangsgrößen vom Steuergerät berücksichtigt. Bei einigen Modellen erfolgt im Auslösefall neben der Ansteuerung der Luftsäcke die Unterbrechung des (Benzin- oder Diesel-) Einspritzsignals der Motorsteuerung sowie die Auslösung von Tele-Aid-Notrufsystemen mittels Funksignal. Manche Fahrzeugtypen stellen dem Lenker die Möglichkeit einer manuellen Abschaltung des Beifahrerairbags zur sicheren Installation von Kindersitzen zur Verfügung, womit Fehlauflösungen infolge Spannungsspitzen durch Stromkreisuntersuchung sicher ausgeschaltet werden.

4 Auslegung von Rückhaltesystemen

Weder in Europa, noch in den USA existieren gesetzliche Vorschriften, welche die Auslösebedingungen der Rückhalteinrichtungen exakt festlegen würden. Dieser Aspekt ist vor allem im Hinblick auf Schadenersatzansprüche rechtlich von hoher Relevanz. Der Fahrzeughersteller hat allerdings mit seinen Konstruktionen die in definierten Unfallsimulationstests gesetzlich festgelegten Vorhaben, d.h. Grenzwerte in Form von Verletzungs-, Beschleunigungs- und Intrusionswerten, einzuhalten [5]. Als Beispiele seien die verbleibende Lenkradverlagerung von < 80 mm, die Brustdeformation (TTC) < 50 mm und die maximale Kopfbeschleunigung von < 80 g (unter Ausschluß von Spitzen < 3 ms) genannt. Die konstruktive Festlegung bzw. Optimierung von Auslöseschwellenwerten erfolgt daher nicht durch den Gesetzgeber, sondern durch den Fahrzeughersteller. Die erforderlichen Werte werden am konkreten Fahrzeugmodell in Versuchsreihen mit Dummies anhand von Kräften, Lastungen und Verletzungsmuster ermittelt.

Daraus folgt, daß nicht für alle Fahrzeuge exakt gleiche Schwellenwerte bzw. Auslösebedingungen existieren, zumal die Festlegung vom konkreten Deformationsverhalten der Insassenzelle abhängig, erfolgt. Dennoch sind die Auslösebedingungen moderner Automobile innerhalb gewisser Grenzen weitgehend identisch, was nicht zuletzt mit dem von den Zulieferfirmen für Rückhaltesysteme eingebrachten Know-How zusammenhängt.

5 Arbeitsweise und Auslösealgorithmus

Im Crash-Sensor wird die Fahrzeugverzögerung (bei Frontairbags in Fahrzeuginnenrichtung) von einem piezoelektrischen Vertikalschwingungsfühler erfaßt und in ein elektrisches Spannungssignal umgewandelt. Die Verzögerung liefert als Meßgröße die analoge Basisinformation, die nach entsprechender numerischer Auswertung zur Entscheidung »Zünden« oder »Nicht Zünden« führt. Nach Betätigung des Zündschlüssels durch den Lenker wird eine Systemprüfroutine durchlaufen. Im Fahrbetrieb wird die aktuelle Fahrzeugverzögerung in einem 1-ms-Takt gemessen. Bei Überschreiten eines Verzögerungswertes von 2 g

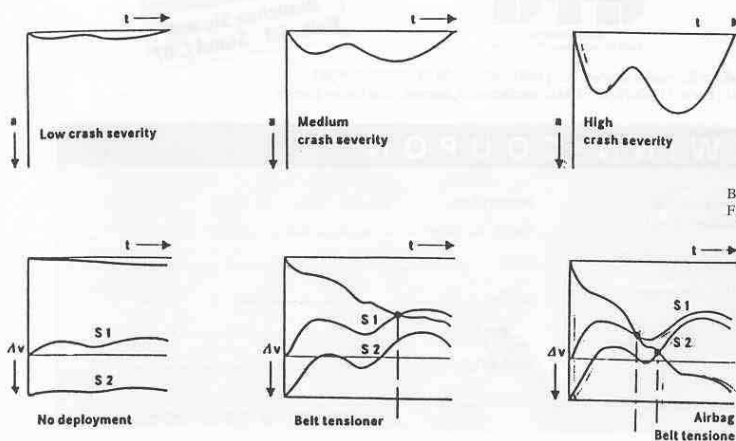


Bild 3 Auslösecharakteristik des Zweischwellen-Systems [6]
Fig. 3 Triggering characteristic of the two threshold systems

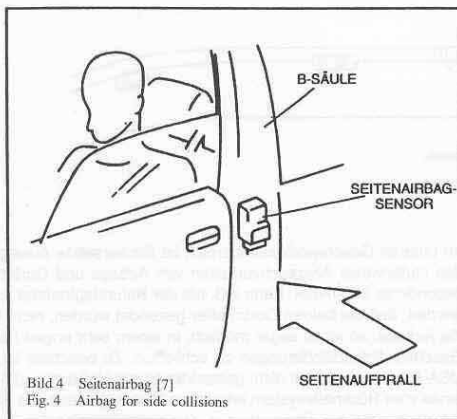
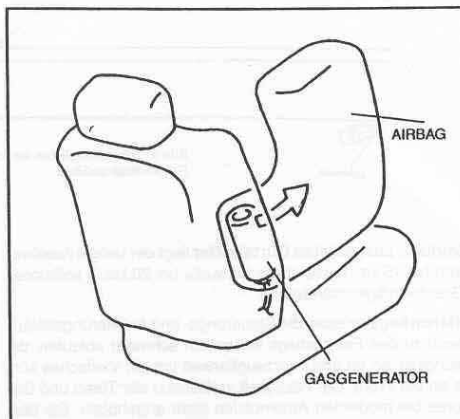


Bild 4 Seitenairbag [7]
Fig. 4 Airbag for side collisions



Prüfzyklus eingeleitet, bei dem das Spannungssignal, das zuvor in Digitalsignal umgewandelt wird, über der Kollisionszeit numerisch integriert wird. Es steht dann die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung zur Verfügung. Dieser Wert stellt das unmittelbare Kriterium für die Zündentscheidung dar.

Bei früheren Konstruktionen wurde der so ermittelte Wert der Geschwindigkeitsänderung mit einem festgelegten Schwellenwert verglichen und bei Überschreiten wurden die Airbags aktiviert. Im Zuge einer Verfeinerung der Systeme wird heute zumeist nicht mehr nur ein fixer Schwellenwert vorgegeben, sondern es werden Schwellenwertkennlinien (jeweils eine für Airbags und eine für Gurtstraffer) festgelegt. Abhängig vom Verlauf des Verzögerungssignals kann daher die Auslösung bei unterschiedlichen Schwellenwerten erfolgen, wobei die Kennlinien in einem definierten Toleranzband verlaufen.

Wird die konkrete Auslöseschwelle überschritten, so sendet das Steuergerät ein Zündsignal an den Brückenzünder, wodurch die Gasgeneratoren in Betrieb gesetzt werden und sich die Airbags füllen, bzw. die Gurtstraffer betätigt werden. Bei den Gurtstraffern wird, wie aus den obenstehenden Diagrammen hervorgeht, zur Zündentscheidung eine niedrigere Referenzkurve herangezogen, wodurch die Straffer bereits früher, d.h. bei einer geringeren Kollisionsschwere als die Airbags, auslösen werden.

Seitenairbags unterliegen grundsätzlich dem gleichen Funktionsablauf. Allerdings wird als Meßgröße die Querschleunigung bzw. als Entscheidungskriterium die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung in Fahrzeugquerrichtung herangezogen. Während sich der Querschleunigungssensor früher ebenfalls im Airbag-Steuergerät an der Mittelkonsole befunden hat, wird bei gegenwärtigen Ausführungen für jede Seite getrennt jeweils ein Sensor verwendet, der im Bereich der B-Säule, d.h. näher an der Kontaktzone, angebracht ist. Die Airbags selbst sind entweder in den Türen oder seitlich in den Vordersitzlehnen, bei Fahrzeugen der Luxusklasse auch seitlich im Fond, angebracht.

Einige Hersteller (z.B. Opel) steuern die Seitenairbags nicht über das Querschleunigungssignal, sondern über einen luftdruckempfindlichen Sensor, der in den Vordertüren eingebaut ist, an [8]. Wird eine Tür durch eine seitliche Kollision verformt, so entsteht in dem luftabgedichteten Türhohlraum ein plötzlicher Druckanstieg, der mit einem fest vorgegebenen Wert im Steuergerät verglichen wird. Bei dessen Überschreitung erfolgt die Zündung der Treibsätze der Seitenairbags. Der Druckanstieg ist von der Lage der Kontaktstelle an der Tür abhängig.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß das Airbag-Steuergerät auch den optimalen Öffnungszeitpunkt (abhängig vom Verzögerungsverlauf) berechnet und innerhalb einer festgelegten Bandbreite variiert. Für die Zwecke der Unfallrekonstruktion spielt diese Variation allerdings keine bedeutende Rolle, weshalb im weiteren Verlauf darauf nicht näher eingegangen wird.

6 Zündschwellen

Im Zuge der Vorarbeiten zu diesem Artikel hat sich gezeigt, daß die exakte mathematische Formulierung der Auslösebedingungen, d.h. die Festlegung der Schwellenwertkurven, offenbar ein Firmengeheimnis darstellt, das möglicherweise aus Konkurrenzgründen, wahrscheinlicher aber aus schadenersatzrechtlichen Überlegungen von den Herstellern wohl gehütet wird, um so verständlicher, wenn man die in den USA bereits erfolgreich betriebenen Airbag-Prozesse verfolgt. Es existieren dazu bis dato keinerlei detaillierte Veröffentlichungen.

Die überwiegende Anzahl der Auslösesysteme besitzt einen Crash-Speicher, in dem wesentliche Unfallparameter, insbesondere die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung, abgespeichert werden. Die Crash-Daten werden jedoch verschlüsselt gespeichert, so daß zum Auslesen eine spezielle Software erforderlich ist, über die ausschließlich der Hersteller verfügt. Ohne gesetzliche Vorschriften bzw. ohne Vereinbarungen auf diesem Gebiet wird es wohl auch in Zukunft für den Sachverständigen nicht möglich sein, an konkrete gespeicherte Kollisionsdaten als Beweismittel heranzukommen. Für die Unfallaufklärung können jedoch die Schwellenwerte, sowie die Kenntnis der oberen und unteren Grenzen der Schwellenwertkennlinien herangezogen werden.

Die Auswertung von markenspezifischen internen technischen Unterlagen über Rückhalteeinrichtungen sowie zahlreiche Gespräche mit Entwicklungstechnikern aus der einschlägigen Zulieferindustrie führt auf folgende Zahlenwerte: [9]

Bei **elektronisch gesteuerten Frontairbagsystemen** liegt die untere Auslöseschwelle (no-fire-Grenze) im Bereich von 23 - 25 km/h kollisionsbedingter Geschwindigkeitsänderung, wobei bei neuesten Konstruktionen diese Grenze aufgrund verbesserter Gurtsysteme und Insassenzellen tendenziell eher nach oben verlegt wird. Unterhalb dieser Schwelle kann konstruktiv bedingt keine Airbagauslösung erfolgen. Die obere Auslöseschwelle (all-fire-Grenze) liegt bei einem Wert von 28 - 30 km/h. Bei dieser festgelegten Geschwindigkeitsänderung (in Fahrzeuglängsrichtung) muß die Auslösung bei einem intakten System auf jeden Fall erfolgen.

Beim **mechanisch ausgelösten Airbag** ist lediglich ein fixer Verzögerungsschwellenwert konstruktiv festgelegt. Dieser Wert wird beim Aufprall gegen die feste Barriere mit voller Überdeckung bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 20 km/h überschritten. Da die erforderliche Verzögerungsspitze (ca. 6 g) bei manchen Kollisionen bereits bei Geschwindigkeiten unter 20 km/h auftreten kann, ist bei dieser Art von Airbags ein Öffnen unterhalb von 20 km/h nicht auszuschließen, selbst wenn das System fehlerfrei arbeitet. Es handelt sich dabei um Unschärfen, die man bei einfachen und billigeren Systemen in Kauf genommen hat.

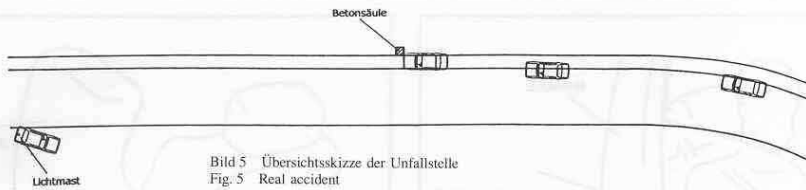


Bild 5 Übersichtsskizze der Unfallstelle
Fig. 5 Real accident

Beim **elektronisch ausgelösten Gurtstraffer** liegt der untere Auslöseschwellenwert bei 15 km/h, die obere Schwelle bei 20 km/h kollisionsbedingter Geschwindigkeitsänderung.

Bei den **Seitenairbags** müssen die Steuerungs- und Aktivierungsabläufe im Vergleich zu den Frontairbags wesentlich schneller ablaufen, da die Verformungszonen an den Fahrzeugflanken um ein Vielfaches kürzer sind als an der Front. Die Festigkeit im Bereich der Türen und der B-Säule wurde bei modernen Automobilen stark angehoben. Bei den Ausführungen mit Querbeschleunigungssensoren kann von den gleichen Schwellenwerten wie bei den elektronisch gesteuerten Frontairbags ausgegangen werden. Bei den Drucksensorausführungen können aus der Airbagaktivierung kaum Rückschlüsse auf eine kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung gezogen werden.

Die ermittelten Schwellenwerte können mit den Ergebnissen einer empirischen Untersuchung über Airbag-Fahrzeuge verglichen werden:

In einer vom ADAC gemeinsam mit dem Verband der Schadenversicherer im Jahr 1996 durchgeführten Studie von 119 Unfallfahrzeugen mit Airbags wurden über die Schäden EES-Geschwindigkeiten* bestimmt [10]. Aus dieser Analyse folgte, daß bei 100 % der Fahrzeuge mit einer EES > 30 km/h die Airbags öffneten. Im Geschwindigkeitsbereich von 21 - 30 km/h wurden die Airbags bei 89 % der Fahrzeuge in dieser Kategorie aktiviert. In der Kategorie 11 - 20 km/h wurde eine Aktivierung bei 9 Fahrzeugen (das sind 47 % in dieser Kategorie) festgestellt. Bei 2 Fahrzeugen öffnete der Airbag bei einer EES von ca. 10 km/h.

Zu dieser Untersuchung ist zu bemerken, daß leider nicht zwischen mechanischen und elektronischen Rückhalteeinrichtungen differenziert wurde, obwohl dies aufgrund der unterschiedlichen Auslösebedingungen für eine exakte statistische Auswertung Voraussetzung wäre. Darüber hinaus ist die EES-Methode selbst sehr umstritten und mit großen Toleranzen behaftet, so daß die ermittelten Werte jedenfalls unter wesentlich größeren Bandbreiten, als in der Untersuchung angemerkt (+/- 5 %), betrachtet werden müssen. Die Studie bestätigt aber mit einer 100 %igen Auslösung über 30 km/h die installierte all-fire-Grenze. Auch wird bestätigt, daß im Bereich zwischen der no-fire-Grenze von 23 km/h und der all-fire-Grenze eine sehr hohe Auslöserate vorliegt. Die Auslösungen unterhalb von 23 km/h wären bei modernen elektronischen Systemen nur mit Fehlfunktionen erklärbar. Bei den relativ einfachen mechanisch gesteuerten Airbags traten derartige Öffnungen häufig auf, es wurden wiederholt Frühöffnungen infolge von Verzögerungsspitzen beobachtet.

7 Konsequenzen für die Unfallrekonstruktion

Aus den bisherigen Ausführungen folgt, daß die in den Steuergeräten moderner Rückhaltesysteme gespeicherten Unfalldaten nach der Kollision für den Sachverständigen nicht zugänglich sind.

Die Kenntnis der im Automobilbau konstruktiv festgelegten unteren und oberen Auslöseschwellen kann jedoch in der Unfallaufklärung vom Sachverständigen als Beweishilfsmittel herangezogen werden. Es können damit Ergebnisse aus der konventionellen Rekonstruktion (Stoßrechnung, EES-Methode), überprüft bzw. ergänzt werden. In manchen Fällen, in denen eine Stoßrechnung mangels Zutreffen der notwendigen physikalischen Voraussetzungen zu keinem Ergebnis führt, kann der Zustand der Rückhalteeinrichtungen zur Abgrenzung von kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderungen nach unten und nach oben herangezogen werden.

Im unteren Geschwindigkeitsbereich ist die versetzte Auslegung, d.h. das stufenweise Ansprechverhalten von Airbags und Gurtstraffer ein besonderes Hilfsmittel. Kann z.B. bei der Befundaufnahme festgestellt werden, daß die beiden Gurtstraffer gezündet wurden, nicht hingegen die Airbags, so ist es sogar möglich, in einem sehr engen Bereich auf Geschwindigkeitsänderungen zu schließen. Zu beachten ist, daß bei USA-Ausführungen bei nicht gesteckter Gurtschloßzunge, d.h. im Falle eines vom Rückhaltesystem erkannten Nichtangurtens, die Airbagauslösung bereits bei Überschreiten der normalerweise für Gurtstraffer vorgesehenen Schwellenwerte gezündet werden.

Die elektronisch gesteuerten Gurtstraffer werden bei vielen Modellen auch bei Heckkollisionen ausgelöst, wobei die Schwellenwerte mit denen der Frontkollision identisch sind. Der Zustand der Gurtstraffer nach der Kollision kann daher auch zur unterstützenden Beurteilung von Auffahrunfällen herangezogen werden. Bei Aktivierung der Gurtstraffer wird die für die Beurteilung von HWS-Verletzung bekannte untere Grenze von 11 km/h kollisionsbedingter Geschwindigkeitsänderung überschritten, so daß in diesem Fall HWS-Verletzungen der Insassen technisch nicht ausgeschlossen werden können.

Um die aufgezeigten Möglichkeiten nutzen zu können, ist eine genaue Befundaufnahme am Unfallfahrzeug erforderlich. Insbesondere sollte festgestellt werden, welche technischen Ausführungen bei den Rückhalteeinrichtungen im Fahrzeug konkret realisiert sind, wobei die Unterscheidung von elektronischen und mechanischen Systemen wichtig ist. Auch ist die Frage zu klären, ob die Gurtstraffer beim konkreten Modell auch bei Heckkollisionen ansprechen. Derartige Informationen können unter Nennung der Fahrgestellnummer vom Hersteller bzw. vom Importeur besorgt werden.

Schließlich muß der Auslösezustand der Rückhaltesysteme überprüft werden. Während dies bei den Airbags sehr einfach ist (optische Kontrolle), muß für die Beurteilung des Zustandes von Gurtstraffern der in der B-Säule untergebrachte Aufrollmechanismus samt Zündvorrichtung ausgebaut werden. Viele Fahrzeuge verfügen aber bereits über sogenannte Auslöseindikatoren, die den Auslösezustand am Gurtschloß ohne Zerlegungsarbeiten, von außen anzeigen.

8 Anwendungsbeispiel

In einem Zivilverfahren galt es ein Gutachten über einen Alleinunfall eines Pkw im Ortsgebiet zu erstatten. Der Fahrzeuglenker gelangte in einer Linkskurve mit einem Krümmungsradius von ca. 80 m aufs rechte Bankett und kollidierte zunächst mit der Betonsäule eines Gartenzauns. Danach schleuderte das Fahrzeug zurück auf die Fahrbahn und stieß mit dem Heck gegen einen am linken Fahrbahnrand befindlichen Peitschenmast, wo es seine Endstellung erreichte.

Da es sich um eine Deckungsklage gegen die Kaskoversicherung handelte, war die Beantwortung der Frage nach einer grob fahrlässig überhöhten Fahrgeschwindigkeit prozeßentscheidend. Im Polizeizitat lagen Fotos der Unfallstelle vor.

Ausgehend von in der Literatur dokumentierten Schäden beim Mastaufrall konnte über die Eindringtiefe des Masts in das Fahrzeugheck eine Geschwindigkeit bei der Sekundärkollision von ca. 20 km/h angenommen werden. Eine Rückrechnung anhand der Schleuderspuren führte – da eine Beschleunigung im Zuge des Schleudervorganges ausgeschlossen war – auf eine Stoßfolgegeschwindigkeit nach dem Anprall auf die Betonsäule von ca. 60 km/h.

Die Kontaktstelle bei der Primärkollision (Betonsäule) befand sich am Pkw im Bereich des rechten vorderen Kotflügels und der rechten vorderen Radaufhängung. Dabei wurde das Radhaus sehr stark deformiert, die Radaufhängung und Teile des rechten Trägers wurden gänzlich weggerissen. Mit Hilfe einer Stoßrechnung war es unmöglich, seriöse Werte für eine kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung bei dieser Kollision zu berechnen, auch existieren keine Energieraster für einen derartigen Schaden.

Die Tatsache, daß der Fahrerairbag ausgelöst wurde, konnte als Hilfsmittel für die Rekonstruktion herangezogen werden. Zieht man den wahrscheinlichen Auslösebereich von 24 - 29 km/h kollisionsbedingter Geschwindigkeitsänderung heran, so ergibt sich eine Kollisionsgeschwindigkeit von 84 - 89 km/h. Unter Berücksichtigung einer geringen Verzögerung von 0,8 m/s² entlang der Strecke vom Abkommen von der Fahrbahn bis zur Betonsäule konnte eine Fahrgeschwindigkeit von 89 - 94 km/h als ausreichend sicher ermittelt werden.

Aufgrund des Kurvenverlaufes war bei kurvenschneidender Fahrweise eine maximale Geschwindigkeit von etwa 90 km/h möglich. Eine Verprobung des Rekonstruktionsergebnisses über die Kurvengrenzgeschwindigkeit zeigt, daß eine höhere Geschwindigkeit in stabiler Fahrweise technisch weitgehend ausgeschlossen werden kann. Die Unfallursache bestand mit hoher Wahrscheinlichkeit in einer für den gegebenen Kurvenradius überhöhten Fahrgeschwindigkeit, wodurch der Lenker auf das Bankett gelangte und in weiterer Folge mit der Betonsäule kollidierte.

9 Entwicklungstendenzen

Bei der Weiterentwicklung der Rückhaltesysteme sind derzeit zwei Trends zu beobachten:

Zum einen nimmt die Ausstattung mit Airbags im Automobil weiter zu. Insbesondere werden Front-, Seiten- und Kopfairbags auch im Fond sehr bald zur Serienausstattung zählen. Zum anderen werden die Schutzsysteme optimiert (intelligente Rückhaltesysteme), um sie der konkreten Kollisionskonstellation noch besser anzupassen und gleichzeitig Verletzungen durch das Schutzsystem zu vermeiden. Diese Leistungsanpassung wird sowohl durch aktive Verstellmechanismen (z.B. Positionsdetektoren, Gewichtssensoren, Temperaturfühler), als auch durch passive Verstellvorrichtungen (z.B. viskose Gasdämpfung, Kontaktfächeneffekt) erfolgen [11]. Die Konsequenzen dieser Änderungen für die Unfallrekonstruktion müssen vom Sachverständigen laufend hinterfragt werden. Ob der Zugang zu den in den Steuergeräten installierten Kollisionsspeichern in der Zukunft ermöglicht wird, bleibt offen. Hierfür wäre eine Entscheidung auf EU-Ebene im Zuge der Vereinheitlichungsmaßnahmen von On-Board-Diagnosesystemen erforderlich.

*Der Deformationsenergie wird eine äquivalente Geschwindigkeit EES zugeordnet. Bei einem senkrechten Stoß gegen die feste Barriere ist im höheren Geschwindigkeitsbereich $v = EES$.

Für die wertvollen Anregungen und Hilfestellungen sei meinen Kollegen Ing. Fritz Sacher und Dr. Gustav Weisz herzlich gedankt.

Literaturnachweis

- [1] Eidgenössisches Justiz- und Polizeidepartement: Unfalluntersuchung Sicherheitsgurten, Bern 1977
- [2] Niederer P. u.a.: Verletzungsursachen beim Pkw-Insassen, Unfallheilkunde 83, 1980
- [3] Schuster H. u.a.: Der neue Airbag von Volkswagen, ATZ 1992 (94)
- [4] Toyota Motor Corporation: Karosserieelektrik und Fahrzeugelektronik, Camry
- [5] European Union: The Draft Council Directive 96/EEC of the European Parliament and of the Council on the protection of occupants of motor vehicles in the event of a frontal impact.
- [6] Mercedes-Benz AG: Auslösecharakteristik des Zweischwellen-Systems
- [7] Mazda Motor Corporation: Karosseriehandbuch, Xedos 9
- [8] Opel AG: Elektronisch geregelte Karosserie-Systeme
- [9] Interne technische Unterlagen von Alfa, BMW, Fiat, Hyundai, Jaguar, Mazda, Mercedes, Opel, Renault, Saab, Toyota und VW
- [10] Langwieder Klaus u.a.: Unfälle mit Airbag-Fahrzeugen, Performance, Verletzungen und Verletzungsursachen, in: Verkehrsunfall, 7/8, 1996
- [11] Adomeit Heinz-Dieter u.a.: Das intelligente Rückhaltesystem, VDI-Berichte

Pressenotizen

Bundesverdienstkreuz für Herrn Dipl.-Ing. Wolfgang Kübner, Präsident des BVS

Dem langjährigen Präsidenten des Bundesverbandes der freiberuflichen und unabhängigen Sachverständigen für das Kraftfahrzeugwesen e.V. – BVS –, dem Kfz-Sachverständigen Dipl.-Ing. Wolfgang Kübner aus Kiel, wird am 6.7.1999 durch den Wirtschaftsminister des Landes Schleswig-Holstein, Horst G. Bülow, im Auftrag des Bundespräsidenten der Bundesrepublik Deutschland das Bundesverdienstkreuz verliehen. In der Begründung für die Verleihung des Bundesverdienstkreuzes heißt es, daß hiermit nicht nur das Engagement Kübners über Jahrzehnte für den Berufsstand der freiberuflichen Kfz-Sachverständigen, sondern darüber hinaus das gesellschaftliche Engagement in vielen ehrenamtlichen Funktionen gewürdigt wird. Seit 1988 ist Herr Wolfgang Kübner Präsident des BVS, des größten Zusammenschlusses qualifizierter freiberuflicher Kfz-Sachverständiger in Deutschland. Nicht zuletzt dem Engagement Kübners ist es zu verdanken, daß Verbraucher heute die Möglichkeit haben, jederzeit qualifizierten Sachverstand rund um das Auto in Anspruch zu nehmen. Sein besonderes Engagement galt stets der Qualitätssicherung in einem Beruf, für den es bis heute keine gesetzliche Regelung gibt. Über Jahrzehnte engagiert war Herr Kübner auch im ADAC Schleswig-Holstein, im Deutschen Verkehrssicherheitsrat oder im Präsidium des Deutschen Sachverständigentages.

In besonderer Weise ist auch sein Engagement nach der Wiedervereinigung zu bewerten, wo er maßgeblich persönlich dafür gekämpft hat, daß die Kfz-Sachverständigen in den neuen Bundesländern sehr schnell in einem gesamtdeutschen Verband organisiert werden konnten. Zwar bezieht sich das Engagement von Wolfgang Kübner, der in Kiel das Ingenieurbüro Dressler, Kübner und Partner betreibt, in erster Linie auf das Kfz-Sachverständigenwesen, doch steht er auch in typischer Weise für das Engagement des Mittelstandes und des Freiberufertums, die die entscheidenden Säulen des wirtschaftlichen Wohlstandes in Deutschland sind. Sein Bestreben war es immer, Berechtigungen von Freiberuflern gegenüber den sogenannten etablierten Großunternehmen zu bekämpfen. In den 80er Jahren hat er sich sehr frühzeitig für eine Aufhebung der Prüfmonopole von TÜV und DEKRA eingesetzt, da für ihn nicht einsehbar war, warum ein freiberuflicher Kfz-Sachverständiger nicht dieselben Dienstleistungen beispielsweise ein TÜV-Ingenieur in gleicher Qualität oder sogar noch besser zu leisten vermag. Daß diese Einschätzung ohne Einschränkung richtig war, ist heute auch daran abzulesen, daß die Gesellschaft für gleiche Qualität oder sogar noch besser zu leisten vermag. Daß diese Einschätzung ohne Einschränkung richtig war, ist heute auch daran abzulesen, daß die Gesellschaft für Technische Überwachung – GTÜ Stuttgart, deren Geschäftsführer Herr Kübner heute vorsteht, die erfolgreichste Überwachungsorganisation freiberuflicher Kfz-Sachverständiger geworden ist. Die Verleihung des Bundesverdienstkreuzes ist für den 60-jährigen Diplom-Ingenieur nicht etwa Abschluß seines Engagements, sondern vielmehr Ansporn, auch in Zukunft mit seiner Erfahrung und der hohen Reputation, die er bei allen Institutionen und nicht zuletzt auch in der Versicherungswirtschaft besitzt, auch künftig für hohe Qualität im Sachverständigenwesen und Verbraucherschutz zu kämpfen.

Quelle: Presseinformation des BVS, 5/1999, Geschäftsstelle, Lindenstraße 76, 10969 Berlin, Tel. 0 30 - 25 37 85-0, Fax: 0 30 - 25 37 85 10, Internet: <http://www.BVSK.de>, E-Mail: BVSK-Berlin@t-online.de

Sicherheit des Transportes von Kindern auf Fahrrädern und in Fahrradanhängern

Summary

In view of the growing use of bicycle trailers for the transport of children and the possible danger through accidents, a research project investigated the passive safety of such trailers. Investigations included crash tests (starting tests), trolley tests (sled tests), headroom tests and drop tests. In the car colliding with bicycle trailer combination, was seen that the quality of the belt system, the stiffness of the trailer structure, the sitting position of the children and the amount of headroom were decisive for the risk of injury to the occupants. In the tests with bicycle seats the direct contact of the cyclist with the front of the car and/or the roadway produced high acceleration values.

Zunehmend werden Fahrradanhänger beim Kindertransport verwendet. In einem Forschungsprojekt wurde die passive Sicherheit von Fahrradanhängern und Fahrradkindersitzen untersucht. Aus den Ergebnissen der Untersuchung sollten u.a. Vorschläge für Prüfmethode zur Bewertung der Sicherheit von Fahrradanhängern abgeleitet werden. Der Forschungsbericht wurde in der Reihe »Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen« veröffentlicht.

Problem

Bislang ist strittig, ob der Transport von Kindern im Fahrradanhänger sicherer ist als auf einem Fahrrad mit Kindersitz. Bei der Untersuchung der passiven Sicherheit von Fahrradanhängern und Fahrradkindersitzen sollten sowohl das Ausmaß der Beschädigungen der Anhänger (Überlebensraum) bzw. der Fahrradkindersitze, die Zuverlässigkeit der Rückhaltesysteme als auch die Insassenbelastungen in verschiedenen Unfallsituationen erfaßt werden.

Untersuchungsmethode

Im Rahmen der Untersuchung erfolgten Anfahrversuche, Rollwagenversuche, Umdrehversuche zur Prüfung der Kopffreiheit und Fallversuche mit Kinderfahrradanhängern. Um einen Vergleich mit der Sicherheit von Kindersitzen zu ermöglichen, erfolgten auch Anfahrversuche mit Fahrradkindersitzen. Die Versuchsabläufe wurden mit Hochgeschwindigkeitskameras aus verschiedenen Positionen aufgezeichnet. Dummy's lieferten Meßdaten zum Beispiel über die Kopf- und Brustbeschleunigung. Darüber hinaus dokumentieren Fotos die entstandenen Schäden an den Prüfobjekten.

Ergebnisse

Bei den Anfahrversuchen eines Personenkraftwagens gegen ein Gespann aus Fahrrad und Anhänger kam es selten zu direkten Anstößen der Insassen des Fahrradanhängers an die Pkw-Front. Häufiger waren Anstöße gegen Anhängerrahmentelle. Zum Teil wurden Radaufhängungen und Radnaben beschädigt. Die Rollwagenversuche offenbarten ein-