

Manfred Becke*, William Castro**

Zur Belastung von Fahrzeuginsassen bei leichten Seitenkollisionen – Teil II

Zusammenfassung

Im Rahmen von einigen Seit-Crash-Versuchen mit einem seitlich geschlossenen Beschleunigungsschlitten wurde ein Kopfaufprall schon bei geringeren kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderungen als 5 km/h festgestellt. In einer Versuchsreihe mit insgesamt 33 Messungen mit Probanden auf der stoßabgewandten Seite konnte eine Abhängigkeit der maximalen seitlichen Auslenkung des Kopfes und der Schulter von Δv_{quer} ermittelt werden. Es stellte sich bis zu Geschwindigkeitsänderungen von 5 km/h ein ungefähr linearer Zusammenhang dar. Pro 1 km/h Δv wurde der Kopf um ca. 3 cm und die Schulter um ca. 2 cm ausgelenkt. Mit diesem Querbewegungsdiagramm ist eine zuverlässige Aussage über einen Kopfanstoß nach einer Unfallanalyse möglich. Für Fallgestaltungen mit einem Kopfanstoß sind Abknickbewegungen des Kopfes festzustellen, so daß ein Vergleich mit Autoskooter-Kollisionen hier nicht erlaubt ist.

Summary

The motion analysis of occupants within several side impact tests with a special sled showed that a head contact on the side window or the B-pillar already can occur at a velocity-change due to collision (Δv) below 5 km/h. A relation between the lateral shift of the head and the shoulder and the Δv lateral was found in an experiment consisting of 33 measurements with volunteers seated toward the impact. Up to a Δv lateral of 5 km/h this relation is nearly linear. Per 1 km/h Δv lateral the lateral shift of the head was 3 cm and the shift of the shoulder was 2 cm. After the reconstruction of a real traffic accident a reliable statement with regard to the probability of a headimpact with parts inside the vehicle can be made with this relation between the lateral shift and the Δv lateral. In case of a headimpact a bending motion of the head was found, i.e. in those cases a comparison with bumper cars is not allowed.

1 Einleitung

Im Teil I dieses Aufsatzes, Heft 11/1999, sind Bewegungsanalysen von Testpersonen in einem seitlich offenen Beschleunigungsschlitten beschrieben worden. Es konnte festgestellt werden, daß für stoßzugewandte sitzende Fahrzeuginsassen ein Schulteranstoß an der Türverkleidung und ein leichter Kontakt des Kopfes an der Seitenscheibe oder der B-Säule schon bei kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderungen (Δv) in Querrichtung von 5 km/h erfolgen kann. Versuche mit einem anderen Schlitten mit einer Fahrertür bzw. geschlossener Seite wurden für die Zukunft in Aussicht gestellt.

Jetzt durchgeführte Versuche mit Insassen auf der stoßzugewandten Seite zeigten veränderte Ergebnisse bzgl. der Minimalgeschwindigkeit, bei der ein Kopfanstoß auftreten kann. Bei den Vorversuchen mit Kollisionen auf der stoßzugewandten Seite wurde schon ein Kopfanstoß bei einem Δv_{quer} von 3,2 km/h festgestellt. Dieses erfolgte bei einem 1,85 m großen Insassen mit einem äußerst geringen Abstand zwischen oberem Dachholm und Kopf. Dieses Ergebnis war Grundlage dafür, zu überprüfen, ob eine Relation zwischen Δv in seitlicher Richtung und einer maximalen seitlichen Auslenkung eines Insassen auf der stoßabgewandten Seite vorliegt. Das angestrebte Ziel war es, eine Aussage darüber zu ermöglichen, ob ein Insasse in der konkreten stoßzugewandten Sitzposition bei einem bestimmten Δv in Querrichtung einen Schulter- oder Kopfanstoß erleiden wird.

*Dipl.-Ing. Manfred Becke, Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle, IHK Münster, c/o Ing.-Büro Schimmelpfennig + Becke, Münsterstraße 101, 48155 Münster-Wolbeck

**Prof. Dr. med. William Castro, c/o Orthopädisches Forschungsinstitut Münster, Hafenstraße 3 - 5, 48153 Münster

2 Untersuchungsansatz

Im Rahmen der weiterführenden Untersuchungen baute das Ing.-Büro Schimmelpfennig + Becke zunächst einen neuen Seitenschlitten, der aus dem Teil einer Fahrgastzelle eines Golf II bestand (**Bild 1**). Das Fahrzeug wurde vor der A-Säule und hinter der B-Säule abgeschnit-



Bild 1 Versuchsaufbau
Fig. 1 Crash test setup

ten und auf einen Rahmen gesetzt. Mit diesem Schlitten wurden zehn männliche Probanden im angurgelten Zustand in der Regel drei verschiedene Tests ausgesetzt; insgesamt wurden 33 Schlittenkollisionen bei stoßabgewandter Sitzposition des Probanden durchgeführt. Bei diesen Probanden handelte es sich um männliche Personen mit einer Körpergröße zwischen 1,76 m und 1,90 m. Das Gewicht lag zwischen 73 kg und 100 kg, bei einem Alter zwischen 31 und 52 Jahren. Bei den Tests sollte es um sehr geringe Δv -Werte in Querrichtung gehen: die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung in Querrichtung lag zwischen 1,2 km/h und 8,0 km/h. Die Messung der Fahrgastzellenbeschleunigung erfolgte wieder durch Unfalldatenspeicher (UDS). Aufgrund des mit Gummiklötzen auf der Fahrbahn abgestützten Seitenschlittens wurde dieser nach der Kollision stark verzögert, wodurch eine Rebound-Bewegung wie im Pkw auftrat. Zur Erzeugung eines realistischen Zellenbeschleunigungsverlaufes wurde der Schlitten über Fahrzeugfedern mit einem Autoskooter beaufschlagt.

Die Bewegungen der Insassen wurden mit einer High-Speed-Videokamera aufgenommen. Die Bildfrequenz betrug bis zu 100 Hz (100 Bilder/s). Die Einzelbilder wurden bezüglich der maximalen Auslenkung des Kopfes und der Schulterpartie ausgewertet. Ein Beispiel für eine derartige Querbewegung des Oberkörpers zeigt für das Beispiel $\Delta v = 8$ km/h die Bildfolge des **Bildes 2**: die maximale seitliche Auslenkung des Kopfes beträgt hier 20 cm und die der Schulter 15 cm.

Ein weiteres Beispiel zeigt die Bildfolge des **Bildes 3** für ein $\Delta v = 3$ km/h: hier liegt die maximale Auslenkung des Kopfes bei 11 cm und die der Schulter bei etwa 7 cm.

3 Ergebnisse

Die Auswertung sämtlicher Versuche ohne seitlichen Anstoß des Probanden im Fahrzeuginnenraum gibt das Diagramm in **Bild 4** wieder. Die Meßpunkte für den Kopf sind durch runde Punkte und die Meßpunkte für die Schulter durch ein Dreieck dargestellt. Mit 33 Versuchen wurde eine signifikante Korrelation zwischen seitlicher Auslenkung des Kopfes bzw. der Schulter in Abhängigkeit von der Geschwindigkeitsänderung in Querrichtung festgestellt. Bis zu Geschwindigkeitsänderungen von etwa 5 km/h läßt sich als Faustformel merken, daß die seitliche Auslenkung des Kopfes pro km/h Geschwindigkeitsänderung etwa 3 cm ausmacht und die der Schulter etwa 2 cm, bei größeren Δv -Werten als 5 km/h führt diese Faustformel zu zu großen Werten für die seitliche

Auslenkung. Bei genauerer Auswertung stellt man fest, daß die maximale Kopfauslenkung geringfügig später als die Schulteraushlenkung erreicht wird. Während die Schulter sich schon wieder in einer Rebound-Bewegung, also in einer Bewegung zurück befindet, kommt es immer noch zu einer geringfügig größeren seitlichen Auslenkung des Kopfes

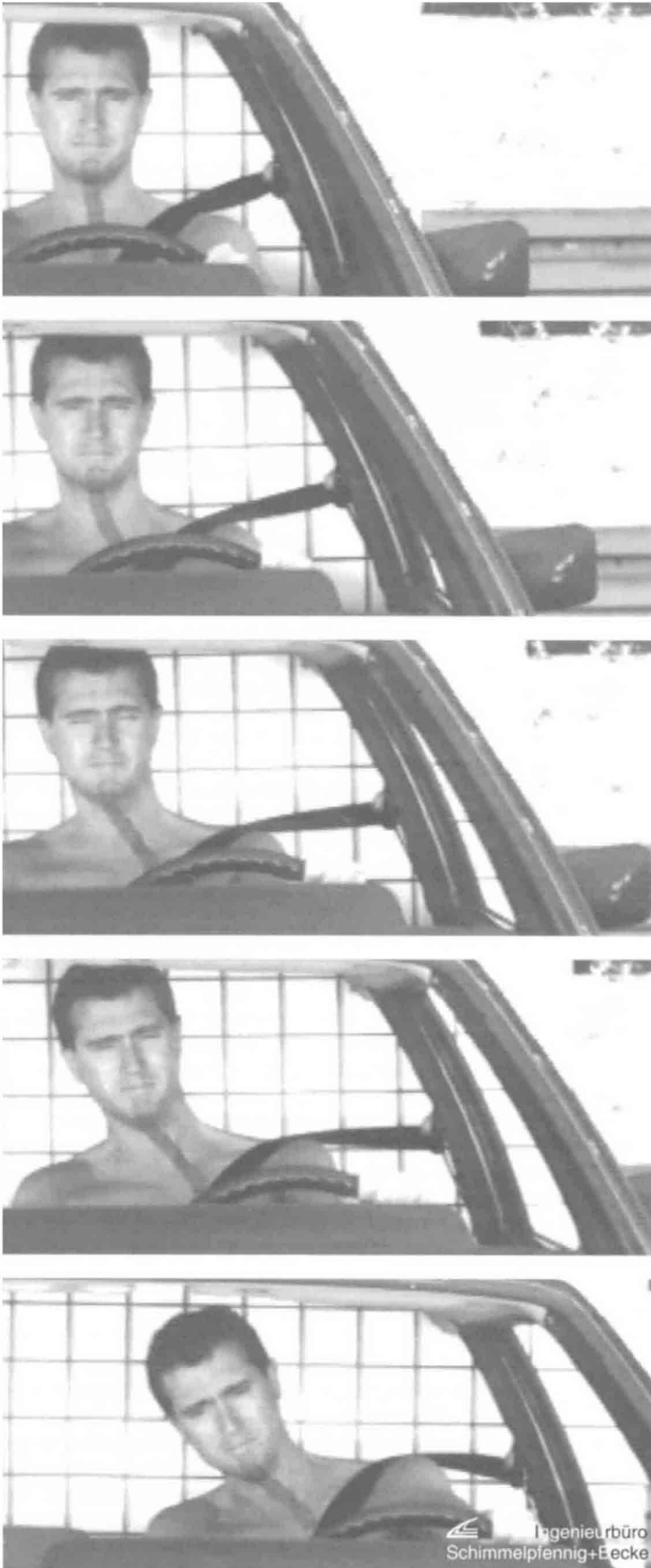


Bild 2 Bewegungsablauf eines Insassen auf der stoßabgewandten Seite, $\Delta v = 8,0 \text{ km/h}$
Fig. 2 Motion of occupant from impact, Delta-V 8,0 km/h

in ursprünglicher Richtung. Die Zeitdifferenz liegt in der Regel zwischen 1/100stel und 4/100stel s. Es konnte keine systematische Abhängigkeit der Zeitdifferenz von der Geschwindigkeitsänderung in Querrichtung festgestellt werden.

Vergleicht man den Bewegungsablauf eines Insassen auf der stoßabgewandten Seite (Bildfolge des Bildes 2) mit dem Bewegungsablauf auf der stoßzugewandten Seite mit Kopfanstoß (Bildfolge des Bildes 5), so sind hier große Unterschiede zu erkennen. Die Bildfolge des Bildes 5 zeigt ein Beispiel für einen Kopfanstoß im Bereich der Seitenscheibe bei einem 1,80 m großen Insassen und einem Δv_{quer} von 5,1 km/h.

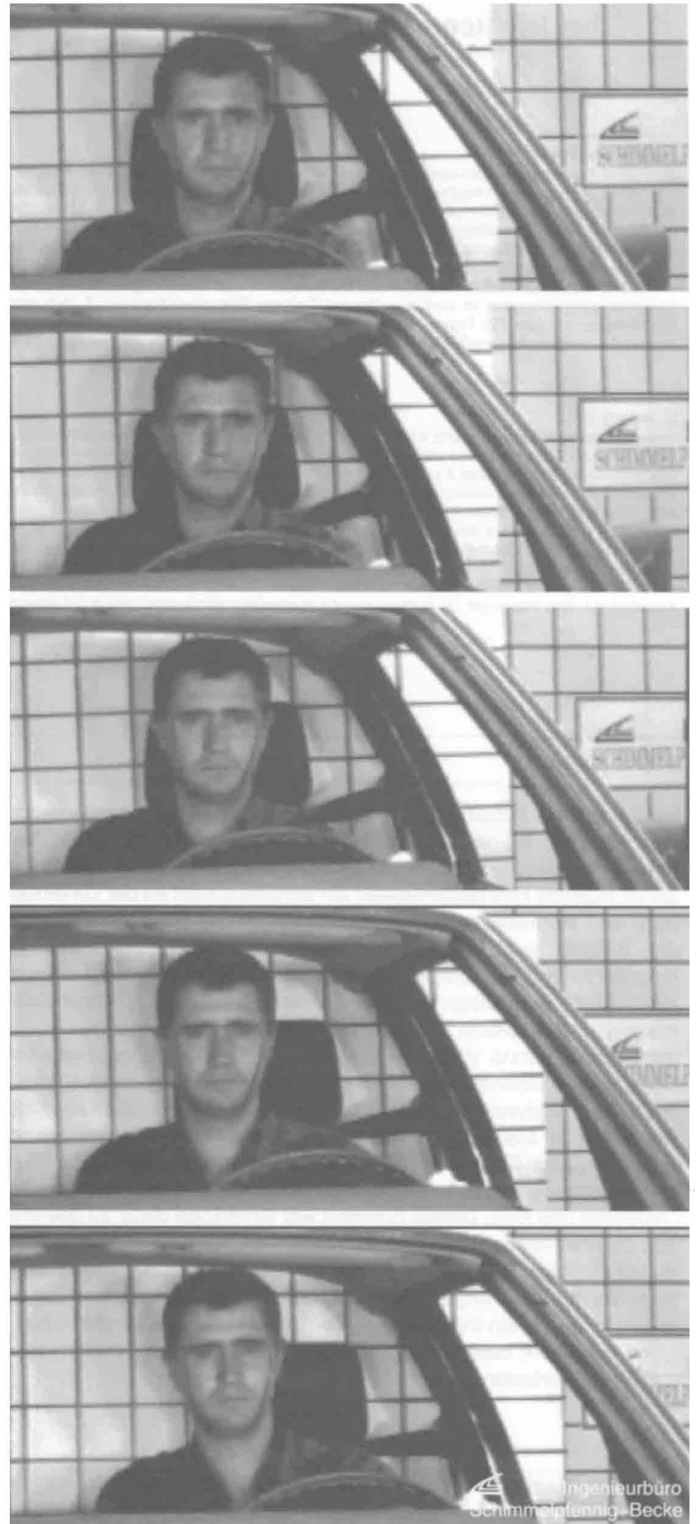


Bild 3 Bewegungsablauf eines Insassen auf der stoßzugewandten Seite, $\Delta v = 3,0 \text{ km/h}$
Fig. 3 Motion of occupant away from impact, Delta-V 3,0 km/h

Besonders fällt auf, daß sich der Kopf, der in der Regel aufgrund der schrägen Seitenscheibe zunächst weiter oben anstößt, auf der Seitenscheibe abrollt, so daß es zu einem seitlichen Abknicken des Kopfes derart kommt, daß sich das Kinn immer noch weiter in Richtung Scheibe bewegt und es jetzt zu einem Abknicken der Halswirbelsäule kommt.

4 Die Hauptbelastungsdauer

Nach den hier durchgeführten zusätzlichen Versuchen stellt sich die Frage, ob wir aufrecht erhalten können, was in Teil I dieses Aufsatzes, Heft 11/1999 geschrieben wurde. Aus technischer Sicht kann jetzt formuliert werden, daß der seitliche Anstoß in Abhängigkeit vom seitlichen Freiraum des Kopfes und der Schulter bei bekanntem Δv_{quer} und bekanntem seitlichen Freiraum des Kopfes und der Schulter anhand des Querbewegungsdiagrammes ermittelt werden kann. Bei sehr geringen seitlichen Freiräumen sind damit schon Kopfanstöße auch bei Werten deutlich unter 5 km/h möglich. Mit dem Diagramm in Bild 4 ist es möglich, nach Durchführung einer Unfallanalyse mit dem Ergebnis einer seitlichen kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung eine konkrete Aussage darüber zu machen, ob der Insasse mit dem Kopf oder der Schulter anstoßen wird. Hierzu ist es allerdings erforderlich, den Innenraum eines Vergleichsfahrzeuges mit einer vergleichbar großen Person zu besetzen oder aber einen Sitzversuch mit dem Betroffenen durchzuführen. Dann läßt sich der Abstand des Kopfes von der Seitenscheibe bzw. vom Dachholm und der Schulter von der Türverkleidung ermitteln. Je nach Gestaltung des Fahrzeuges kann nun auch eine Aussage über die Aufprallreihenfolge im Innenraum erfolgen, da bei der Auswertung festgestellt wurde, daß die maximale Kopfauslenkung und die maximale Schulterausslenkung nahezu zeitgleich auftreten.

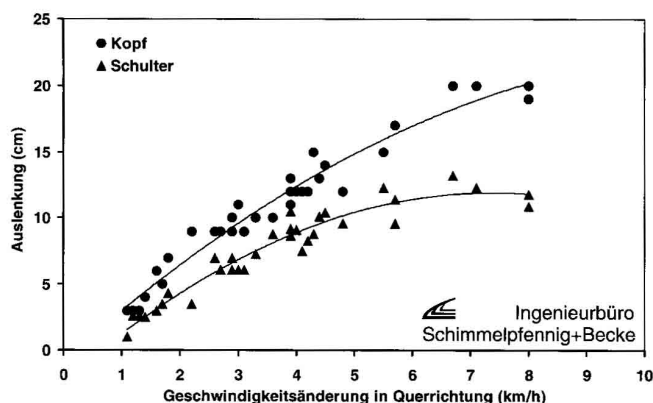


Bild 4 Abhängigkeit der seitlichen Kopf- und Schulterausslenkung von der Geschwindigkeitsänderung in Querrichtung

Fig. 4 Lateral shift of shoulder and head depending on lateral Delta-V

Stößt die Schulter vor dem Kopf an, wäre dabei aus orthopädischer Sicht zuerst die translatorische Relativbewegung zwischen Kopf und Rumpf zu erwarten, die bereits in Teil I dieses Aufsatzes, Heft 11/1999 beschrieben wurde. Erste Versuche auf der stoßzugewandten Seite belegen durch Aufnahmen mittels einer Hochgeschwindigkeits-Videokamera, daß es bei zuerst auftretende Kopfanstöße und nachschiebendem Körper zu einer Abknickbewegung des Kopfes in Richtung zur stoßabgewandten Seite kommt. Auch hierbei ist, wie bei der translatorischen Relativbewegung, abhängig von der einwirkenden Belastung auf die Halswirbelsäule, ein Verletzungsmechanismus für entsprechende Strukturen der Halswirbelsäule denkbar. Es muß an dieser Stelle jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß nicht nach jedem Kopf- und/oder Schulteranstoß automatisch geschlußfolgert werden kann, daß dann auch eine Verletzung im Bereich der Halswirbelsäule aufgetreten ist.

Außerdem sei festgehalten, daß es sich bei einer Seitkollision an der stoßzugewandten Seite um eine völlig andersartige Bewegung als bei einer Seitkollision auf der stoßabgewandten Seite handelt (vgl. die Bildfolgen der Bilder 2 und 5). Auch ein Vergleich mit Autoskootern ist, zumindest für Kollisionen mit einem möglichen Kopf- und/oder Schulteranstoß, nicht zulässig.

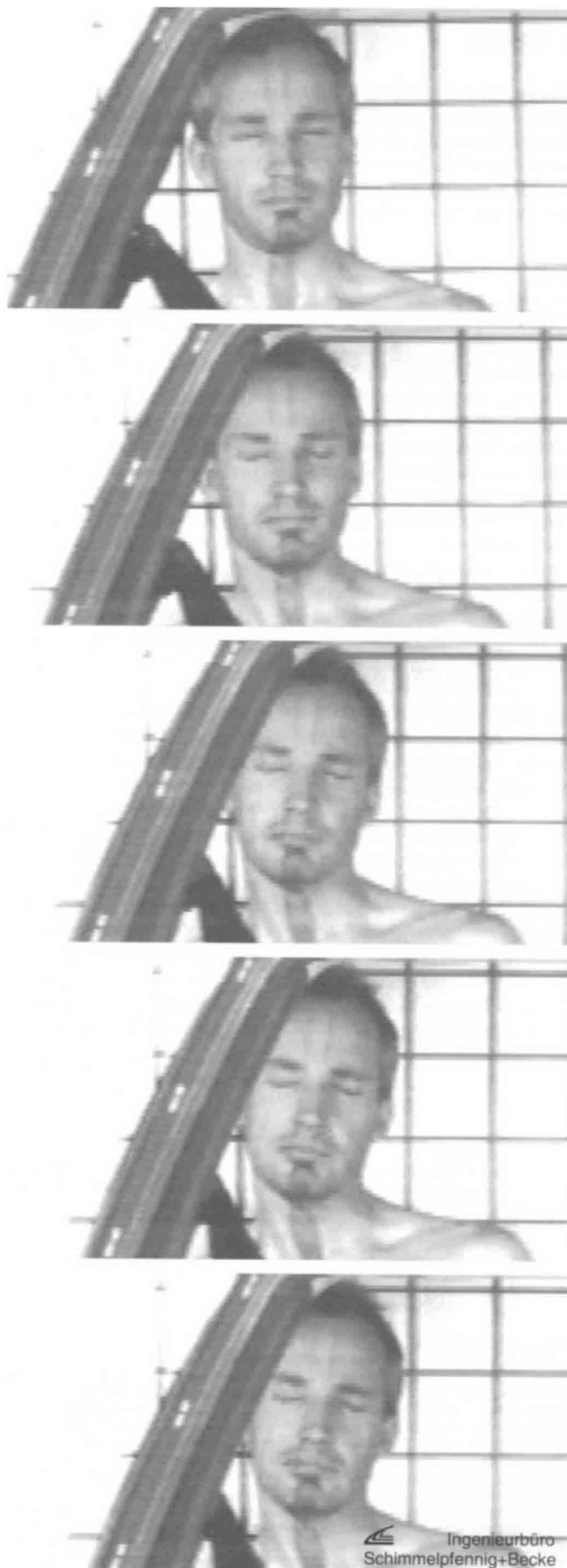


Bild 5 Bewegungsablauf eines Insassen auf der stoßzugewandten Seite, $\Delta v = 5,1$ km/h
Fig. 1 Motion of occupant toward impact, Delta-V 5,1 km/h

Ob die o.g. zeitliche Differenz, d.h., daß die maximale Kopfauslenkung geringfügig später als die Schulterauslenkung auftritt, aus medizinischer Sicht noch einen besonderen krankhaften Stellenwert hat, kann momentan noch nicht abschließend beantwortet werden.

5 Ausblick

Zur weiteren Erforschung der Insassenbelastungsgrenzen bei Seitkollisionen wird man um systematische Freiwilligen-Versuche mit Kopfanstößen auf der stoßzugewandten Seite, interdisziplinär durchgeführt (d.h. verkehrstechnisch und medizinisch), nicht herumkommen. Da Parallelen zum Betrieb mit Autoskootern nicht möglich sind, wird man sich sehr vorsichtig an eine Belastungsgrenze herantasten müssen.

6 Fazit

Eine erste Versuchsreihe mit einem seitlich geschlossenen Schlitten führte zu der Erkenntnis, daß schon bei deutlich geringeren Geschwindigkeitsänderungen als 5 km/h Kopf- und/oder Schulteranstöße möglich sind. Dies hängt, bezogen auf den Kopfanstoß, von der einwirkenden Belastung und dem seitlichen Freiraum des Kopfes ab.

Um eine eindeutige Aussage zu einem möglichen Kopf- und Schulteranstoß zu ermöglichen, wurde eine Versuchsreihe durchgeführt, bei der die Querbewegung des Kopfes und der Schulter in Abhängigkeit von Δv_{quer} ermittelt wurde. Es stellte sich heraus, daß in dem Geschwindigkeitsbereich bis zu $\Delta v = 5 \text{ km/h}$ eine nahezu lineare Abhängigkeit besteht. Die seitliche Auslenkung des Kopfes beträgt pro 1 km/h Δv etwa 3 cm und für die Schulter etwa 2 cm. Mit diesem Querbewegungsdiagramm sind nur nach Analyse des Unfallhergangs mit dem Ergebnis eines Δv -Wertes in Querrichtung zuverlässige Prognosen für einen Kopf- und/oder Schulteranstoß möglich. Bei einem Schulteranstoß zeitlich vor dem Kopfanstoß wäre zunächst eine translatorische Relativbewegung im Bereich der Halswirbelsäule zu erwarten. Bei einem Kopfanstoß kommt es zu deutlichen Abknickungen im Halsbereich durch den sich an die Scheibe anlegenden Kopf. Derartige Bewegungen sind auf der stoßabgewandten Seite und damit auch beim Autoskooter nicht festzustellen. Somit ist ein Vergleich mit Autoskootern für Insassen auf der stoßzugewandten Seite nicht zulässig, wenn ein Anstoß erfolgt. Zusätzlich wird es von der einwirkenden biomechanischen Belastung in Korrelation mit eventuellen medizinischen verletzungsfördernden Faktoren des Betroffenen abhängen, ob durch einen Kopf- und/oder Schulteranstoß auch eine Verletzung im Bereich der Halswirbelsäule auftritt. Somit kann aus medizinischer Sicht auch die Aussage in Teil I dieses Aufsatzes, Heft 11/1999, aufrecht erhalten werden, daß eine zusätzliche medizinische Analyse bei der Seitkollision notwendig ist, insbesondere auch dann, wenn ein Anstoß nicht ausgeschlossen werden kann.

Literaturnachweis

- [1] Becke M., Castro W., van Aswegen A., Meyer S.: (1999) Zur Belastung von Fahrzeuginsassen bei leichten Seitenkollisionen. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Heft 11/1999, S. 293 bis 298, Verlag Information Ambs GmbH, Kippenheim ■

Buchbesprechung

»Die Aufklärung des Kfz-Versicherungsbetruges«

Mitte 1995 hat Dipl.-Ing. Michael Weber aus dem Sachverständigenbüro Schimmelpfennig und Becke das Buch zum Versicherungsbetrug vorgelegt, das lange überfällig war. Auf 714 reich mit vorbildlichen Grafiken und Fotos versehenen Seiten wird die ganze Bandbreite des Themas sachkundig abgehandelt. Obwohl die technische Analyse dieses weit verbreiteten und noch zunehmenden Deliktes zweifellos den Schwerpunkt bildet, ist das Buch von Anfang an so konzipiert worden, daß auch Nicht-Techniker eine wertvolle Arbeitshilfe erhalten haben. Das gilt für die Unfallsachbearbeiter bei den zu allererst betroffenen Versicherungen ebenso wie für alle juristisch mit dieser Sparte des Betruges befaßten Personen.

Als besonders verdienstvoll sind zwei Aspekte dieses Buches zu nennen. Zum einen wird für die unendliche Vielzahl möglicher Betrugsfälle eine Systematik aufgebaut, die es dem Bearbeiter eines Einzelfalles ermöglicht, »seinen« Fall zumindest im Prinzip wiederzufinden. Zum anderen können die Erkenntnisse aus der großen Zahl der eigens mit dieser Zielrichtung im Büro Schimmelpfennig und Becke durchgeführten Versuche nicht hoch genug eingeschätzt werden. Steht nicht jeder Sachverständige manchmal vor der Frage, verbliebene Zweifel in Fällen des Versicherungsbetruges durch einen Versuch zu klären? Der enorme dazu erforderliche Aufwand, der zudem noch eine gehörige Portion Versuchserfahrung voraussetzt, ist dem Benutzer

dieses Buches zu einem großen Teil abgenommen worden. Sinnvoll war es, die bei dem einzelnen Sachverständigen seltener anfallenden Fragen des vorgetäuschten Diebstahls und der Brandstiftung von Kraftfahrzeugen in eigenen Kapiteln, dann aber von hochkarätigen Fachleuten abhandeln zu lassen. Wegen der zunehmenden Zahl von Anspruchsfällen aus vorge-täuschten HWS-Verletzungen bildet auch dieses Thema einen besonderen Schwerpunkt, sowohl aus technischem wie auch aus medizinischem Blickwinkel. Die eigens hierzu durchgeführten Kollisionsversuche geben eine wertvolle Hilfestellung bei der Beurteilung derartiger Unfallsituationen. Zur Abrundung des Komplexen Themas »Versicherungsbetrug« tragen auch die beiden abschließenden juristischen Kapitel bei.

Weber weist mit Recht darauf hin, daß es in vielen Fällen nicht ausreicht, die Kompatibilität von Schäden zu klären, sondern daß die Plausibilität des gesamten Unfallablaufs zu überprüfen ist. Hier ist ausschließlich der Sachverständige für Unfallrekonstruktion gefordert, der in diesem sensiblen Bereich zugleich seine Grenzen zu erkennen hat. Bei aller notwendigen Abwehr ungerechtfertigter Ansprüche, welche die Gemeinschaft der Versicherungsnehmer jährlich Milliarden kostet, gibt es natürlich auch unstrittige Fälle unmöglichen, unsinnigen oder unerklärlichen Verhaltens. Man kann nur hoffen, daß alle diejenigen, die sich mit dem Kfz-Versicherungsbetrug befassen müssen, das Buch von Weber stets in greifbarer Nähe haben. Zu wünschen ist, daß die Aktualität und Kontinuität auch zukünftig durch rechtzeitige Neuauflagen gewahrt bleiben. Einziger dringender Wunsch für eine neue Auflage: zumindest ein Teil der Fotodokumentation müssen farbig sein.

Preis: 435 DM zzgl. Vers.Kosten incl. MwSt.

Zu bestellen bei:
Verlag INFORMATION Ambs GmbH · Fax: 0 78 25 - 87 08 41