

# HWS-Belastung beim Heckanstoß – Erkenntnisse zur Schutzhaltung für Pkw-Insassen

Von Stefan Meyer, Isabel Mazzotti und Manfred Becke\*

**Ein Pkw-Fahrer beklagte nach einer Heckkollision mit niedriger Geschwindigkeit Halswirbelsäulenbeschwerden, nachdem er sich, den Aufprall vorhersehend, instinktiv krampfhaft am Lenkrad festgehalten habe. Der bisher unbekannte Einfluss von „Schutzhaltungen“ auf die Insassenbewegung wurde deshalb interdisziplinär vom Ingenieurbüro Schimmelpfennig und Becke und dem Orthopädischen Forschungsinstitut (OFI) in Münster mit Freiwilligen untersucht. Unterstützt wurde die Arbeit von der FH Osnabrück und der Firma crashtest-service.com.**

## 1 Einleitung

Bislang gab es keine durch Versuche bestätigte Empfehlung, wie ein Fahrzeugführer reagieren soll, wenn er im Innenspiegel erkennt, dass ein Aufprall von hinten erfolgen wird. Für den Fall einer Notlandung eines Flugzeuges hingegen existieren klare Anweisungen, wie sich die Insassen zu verhalten haben.

Becke war der Frage nach einer zu empfehlenden Schutzhaltung unter Berücksichtigung der bisherigen Forschungsergebnisse zur HWS-Problematik nachgegangen und zu dem Ergebnis gekommen, man könne das, was spezielle Autositze leisten, durch eine aktive Handlung des Insassen erreichen [B1]. Er formulierte die Schutzhaltung RIS<sub>P</sub> (Rear Impact Self Protection) wie folgt: Eine Schutzwirkung werde dadurch erreicht, indem der Insasse den Oberkörper und den Kopf zurückdrückt, bis der Kopf in die Kopfstütze hineingepresst wird. Der Fahrer soll dies durch Strecken der Arme und Abstützen am Lenkrad besonders effektiv gestalten.

Zur Beurteilung der biomechanischen Insassenbelastung infolge eines Heckanstoßes finden sich in der Literatur vorrangig Studien, die den Einfluss der technischen Kollisionsparameter auf die Intensität der Insassenbewegung analysieren. Eine detaillierte Bewegungsanalyse ist beispielsweise Inhalt einer Arbeit von Kalthoff [K1].

An einem Beispiel wird gezeigt, dass die zur Vermeidung einer Antizipation akustisch (Kopfhörer) und visuell (Augenbinde) von der Außenwelt abgeschirmte Freiwillige das Lenkrad im Rahmen ihrer relativen Rückverlagerung loslässt. Von diesem Bewegungsablauf ist auch bei einer Heckkollision im Straßenverkehr auszugehen, wenn der Insasse von der Kollision überrascht wird. Dies ist die Regel, wenn der Aufprall nicht durch Blick in den Rückspiegel vorhersehbar ist, insbesondere also für Bei- und Mitfahrer. Besonderheiten, die aus einer von der normalen Ausgangssitzposition abweichenden Körperhaltung resultieren, sind bisher nur vereinzelt in Grundlagenuntersuchungen wie beispielsweise der FIP-Studie [M2] zum Einfluss einer vorgebeugten Sitzposition auf den Bewegungsablauf beschrieben worden.

Im Rahmen einer experimentellen Untersuchung mit Freiwilligen wurden eine instinktiv eingenommene Sitzhaltung und eine Sitzhaltung, bei der Rücken und Kopf zurückgedrückt werden, mit einer normalen Sitzposition verglichen und auf ihre mögliche Schutzwirkung hin untersucht.

## 2 Untersuchungsansatz

Die Freiwilligentests wurden auf dem Beschleunigungsschlitten der Firma

crashtest-service.com durchgeführt. Hierbei handelte es sich im Wesentlichen um den Kernteil der Fahrgastzelle eines VW Golf II, einschließlich serienmäßiger Frontsitze und Lenkrad. Durch einen Pendelaufschlag erfolgte eine definierte Belastung, die durch Angabe einer kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung von etwa 7 km/h beschrieben werden kann. Diese lag in einem Bereich, in dem eine Verletzung einer normal belastbaren Person in der Regel nicht eintritt [C1, M3]. Die Höhe der biomechanischen Belastung wurde damit so gewählt, dass eine Gefährdung der Freiwilligen nicht zu erwarten war. Insgesamt wurden 54 Tests mit 18 Probanden absolviert.

Die Probanden wurden nach folgenden Kriterien in die Studie aufgenommen:

- keine bestehenden Halswirbelsäulenbeschwerden beziehungsweise kein behandlungsbedürftiges HWS-Leiden
- keine strukturelle HWS-Verletzung in der Vorgeschichte
- keine Operation im Bereich der HWS in der Vorgeschichte
- keine Hinweise für rheumatische oder rheumaähnliche Erkrankungen
- keine regelmäßige Einnahme von blutverdünnenden Medikamenten oder Medikamenten mit entsprechenden Nebenwirkungen
- kein Krampfleiden

Neun Frauen (durchschnittliches Alter, Körpergewicht und Körpergröße: 35,7 Jahre; 67,1 kg; 1,70 m) und neun Männer (36,4 Jahre; 90,2 kg; 1,82 m) nahmen nach Aufklärung über den Ablauf der Versuche und die zu erwartende Höhe der Belastung teil.

Sie wurden nach den Versuchen und nach drei Tagen hinsichtlich ihrer Befindlichkeit befragt.

Zur Beurteilung des Einflusses der unterschiedlichen Ausgangssituationen wurden mit jedem Freiwilligen direkt nacheinander drei Einzelversuche durchgeführt. Hierbei handelt es sich um folgende Ausgangshaltungen und ihre Kurzbezeichnungen:

#### 1. Normale Sitzposition (NORMAL)

Während des ersten Heckanstoßes wurde eine normale, entspannte Sitzposition, wie sie bei den bisherigen Grundlagenstudien eingenommen wurde, untersucht.

#### 2. Schutzhaltung instinktiv (SH INSTINKT)

Beim zweiten Anstoß wurde die von einem verunfallten Pkw-Fahrer instinktiv eingenommene Schutzhaltung überprüft, bei der sich die Probanden krampfhaft am Lenkrad festhalten sollten.

#### 3. Schutzhaltung nach Becke (SH RISP)

Die Freiwilligen wurden schließlich gebeten, sich mit Streckung der Arme gegenüber dem Lenkrad abzustützen und so den Rücken gegen die Sitzlehne und den Kopf gegen die Kopfstütze zu drücken.

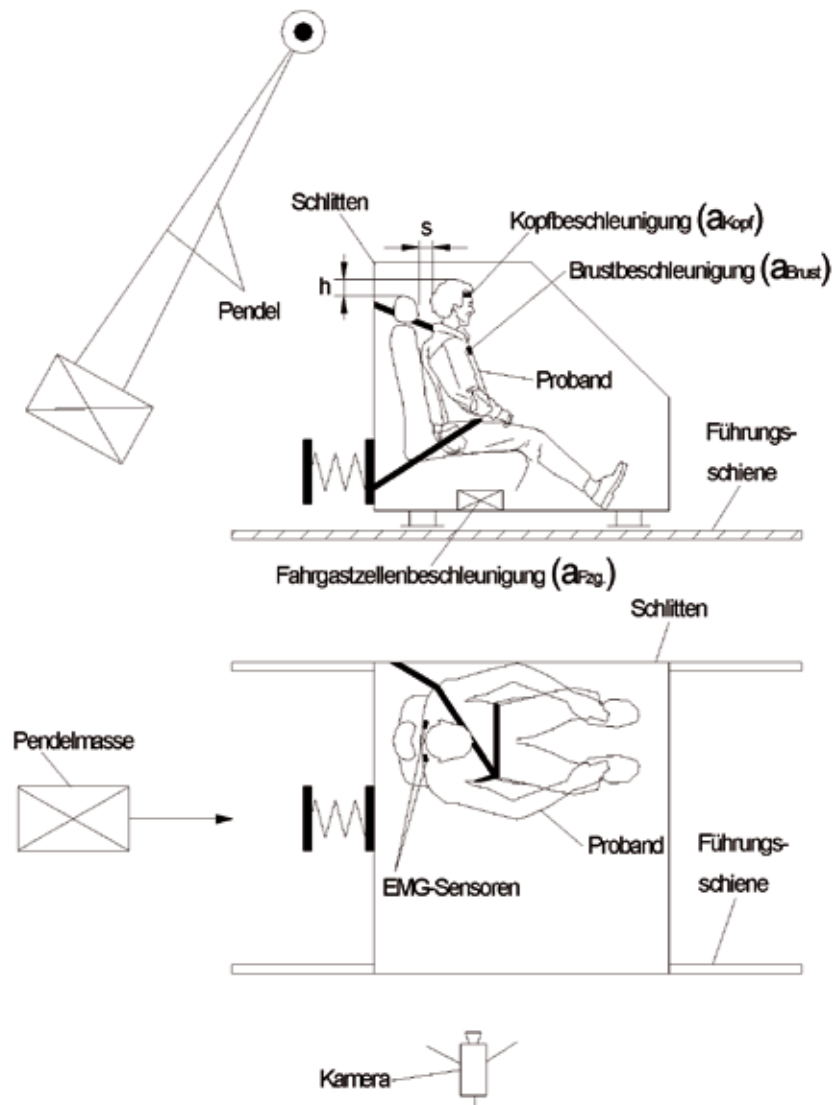
### 3 Versuchsaufbau

Die beiden Ansichten in **BILD 1** veranschaulichen den Versuchsaufbau und geben einen Überblick über die aufgezeichneten Testparameter. Für die Experimente stand der speziell zur Analyse der Insassenbewegung entwickelte Beschleunigungsschlitten zur Verfügung. Durch eine exakt auslenkbare Pendelmasse konnte, abhängig vom Körpergewicht des Probanden, ein definierter Crashpuls auf die in Richtung ihrer Längsachse geführte Fahrgastzelle aufgebracht werden. Durch ein zwischengeschaltetes Federerelement war die Pulscharakteristik derjenigen einer typischen Pkw-Pkw-Auffahrkollision im Niedriggeschwindigkeitsbereich nachempfunden. Die mittlere Kollisionsdauer lag bei 0,11 s. Auch hinsichtlich des Zeitverlaufs war das gemessene Beschleunigungssignal  $a_{Fzg.}(t)$  mit demjenigen von Skooteranstoßen, Schlittentests und Pkw-Anstoßen vergleichbar [M2, M3, M4]. Die Aufzeichnung der Fahrgastzellenbeschleunigung ( $a_{Fzg.}$ ) erfolgte redundant mithilfe eines Unfalldatenspeichers (UDS der Firma Mannesmann Kienzle GmbH) und der CTS-Messdatenerfassungseinheit zeitsynchron zu den dreiaxialen biomechanischen Beschleunigungen von Kopf ( $a_{Kopf}$ ) und Brust ( $a_{Brust}$ ) sowie den Elektromyographiesignalen. Die

EMG-Signale wurden mit Hilfe von Oberflächen Elektroden an der Nackenmuskulatur abgeleitet. So konnten die Muskelaktionspotenziale ermittelt werden.

Vorbereitend wurden die Abstände  $s$  zwischen Hinterkopf des Probanden und Kopfstützenvorderkante sowie  $h$  von Kopfstützenoberkante bis Scheitel des Probanden ausgemessen.

Die Dokumentation der Insassenbewegung relativ zur heckseitig angestoßenen Fahrgastzelle erfolgte mit einer ortsfesten Videokamera (Aufzeichnungsfrequenz 100 Hz). Die Abtastfre-



**BILD 1:** Versuchsaufbau

**FIGURE 1:** Experimental set-up



**BILD 2:** Vergleich der Extensionswinkel  
**FIGURE 2:** Comparison of the extension angles

quenz der biomechanischen Beschleunigungssignale betrug 2000 Hz.

#### 4 Versuchsdurchführung

Mit jedem Freiwilligen wurden nacheinander drei Einzelversuche durchgeführt.

Im ersten Test nahm der Proband nach individueller Sitzeinstellung eine normale Ausgangssitzposition ein und umfasste hierbei das Lenkrad

„locker“. Die Ausgangssituation wurde eingemessen und die Aktivität der Nackenmuskulatur über die bereits zu diesem Zeitpunkt abgeleiteten EMG-Signale am Monitor überwacht. So konnte eine Antizipation des Anstoßereignisses im Wesentlichen ausgeschlossen werden.

Vor dem zweiten Testdurchgang nahm der Proband eine identische Ausgangsposition ein. Die Übereinstimmung bezüglich Sitzposition, Kopfhaltung und Abstandes zwischen Hinterkopf und Kopfstütze mit dem NORMAL-Test wurde geprüft. Zusätzlich erfolgte an den Probanden die Anweisung: Das Lenkrad fest umgreifen und im Verlauf des Versuchs nicht loslassen (SH INSTINKT). Dennoch sollte keine Verkrampfung der Nacken-/Schulterpartie erfolgen, was wiederum durch die EMG-Ableitung via Monitor kontrolliert wurde.

Im dritten Test (SH RISP) wurden die Probanden angewiesen, sich mit den Armen am Lenkrad abzustützen, die Schulter und den Rücken gegen die Sitzlehne zu drücken und den Kopf so weit zurückzunehmen, bis es zum deutlichen Anpressdruck an die Kopfstütze kam. Die dabei auftretende zusätzliche Muskelanspannung war im EMG nachweisbar. Erst dann löste das Pendel aus.

#### 5 Insassenbewegung

Die festgestellten Bewegungsabläufe der Insassen entsprechen prinzipiell denjenigen, die bereits im Rahmen zahlreicher Untersuchungen von Pkw-Pkw-Heckanstoßen ermittelt wurden. Sie lassen sich grundsätzlich in eine Primärbewegung, bei der sich der Insasse relativ zur Fahrgastzelle nach hinten, und eine Sekundärbewegung, bei der er sich infolge der elastischen Rückverformung des Sitzes relativ im Fahrzeug nach vorne bewegt, unterteilen. Die vorrangig interessierende Primärbewegung wurde bereits in einer früheren Studie detailliert beschrieben, sodass an dieser Stelle auf eine umfassende Erläuterung der ein-

zelnen Bewegungsphasen verzichtet werden kann [K1].

Das Ziel der Messwertanalyse bestand darin, Parameter zur Beurteilung der Halswirbelsäulenbelastung der Freiwilligen herauszufiltern. Um Unterschiede der Insassenbewegung in Abhängigkeit der variierenden Ausgangssitzpositionen zu identifizieren, wurde die Relativbewegung der Probanden verglichen. Die Änderung des Relativwinkels und die Relativwege zwischen Oberkörper und Kopf waren von besonderer Relevanz, da diese beiden Körperregionen durch die Halswirbelsäule verbunden sind. Hierbei wurde aufgrund der Erkenntnisse aus zuvor durchgeführten Bewegungsanalysen der Differenzwinkel von Ausgangssitzposition und maximaler Auslenkung bestimmt. Die Messung des maximalen Extensionswinkels erfolgte immer zum Zeitpunkt der maximalen Kopfbeschleunigung. Zu diesem Zeitpunkt war der Kopf in die nach vorne eilende Kopfstütze am tiefsten eingedrungen (Ende der Kompressionsphase bei der „Kollision“ zwischen Kopfstütze und Kopf). Die Relativwege konnten aus den Differenzen der zweifach integrierten Beschleunigungen von Kopf und Brust der Probanden gebildet werden. Ausgewertet wurden die x-(Blickachse)- und z-(Hochachse)-Signale der triaxialen Beschleunigungssensoren.

#### 6 Ergebnisse

Durch das gewählte Belastungsprinzip durch Pendelaufschlag konnten die technischen Kollisionsparameter im Rahmen einer engen Bandbreite annähernd konstant gehalten werden, sodass für jeden Einzelversuch von einer äquivalenten Ausgangsbelastung auszugehen ist. Die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung ( $\Delta v$ ) des Versuchsschlittens lag zwischen 6,74 und 7,23 km/h (Mittelwert 7,02 km/h). Dies entspricht einer mittleren Beschleunigung von knapp 20 m/s<sup>2</sup> bei einer Kollisionsdauer von 0,11 s.

BILD 2 zeigt die Unterschiede der drei Positionen anhand von Fotos eines Vorversuches. Für die NORMALE als Referenzsituation betrug die Änderung des Extensionswinkels bei diesem Test  $21^\circ$ .

### 6.1 SH INSTINKT

Die Änderung des Extensionswinkels lag in diesem Beispiel bei  $31^\circ$  und war gegenüber NORMAL um  $10^\circ$  angestiegen, Bild 2.

Aus den aufgezeichneten Beschleunigungsverläufen konnte abgeleitet werden, dass bei der SH INSTINKT die Brust eher an der allgemeinen Vorwärtsbewegung der Fahrgastzelle teilnimmt. Bei NORMAL beginnt der Kraftschluss erst durch den direkten Kontakt des Oberkörpers mit der sich nach vorne bewegenden Rückenlehne des Fahrzeugsitzes. Durch das Vorwärtswegeln des über die Arme mitbewegten Oberkörpers im Vergleich zum normalen Bewegungsablauf setzt die Relativbewegung zwischen Oberkörper und Kopf früher ein. Der Oberkörper wird zeitlich eher unter dem Kopf relativ nach vorne bewegt. Dadurch beginnt der Anstieg des Relativwinkels zwischen Oberkörper und Kopf früher und erreicht so bis zum Kontakt zwischen Kopfstütze und Hinterkopf beziehungsweise bis zum Zeitpunkt des maximalen Kraftaustausches zwischen Kopfstütze und Hinterkopf einen höheren Wert als in der normalen Ausgangssitzposition.

Eine ähnliche Beobachtung wurde auch bei der Bewegungsanalyse heckseitig angestoßener Motorradfahrer gemacht, da hier ebenfalls der Lenker festgehalten wurde [S1]. Im Vergleich der Bewegungsabläufe von heckseitig angestoßenen Krad- und Pkw-Fahrern ist auf grundsätzliche Unterschiede hinzuweisen: die fehlende Interaktion zwischen Motorradfahrerkopf und Kopfstütze und das Eigengewicht des Schutzhelms.

Im BILD 3 sind die jeweils gemessenen Extensionswinkeländerungen der Einzelversuche über dem horizontalen Abstand  $s$  zwischen Hin-

terkopf und Kopfstütze aufgetragen. Wie nicht anders zu erwarten, ist zunächst ein Anstieg der sich einstellenden Relativwinkeländerung zwischen Oberkörper und Kopf mit zunehmendem Abstand festzustellen. Allerdings zeigt sich auch, dass die Winkeländerungen für SH INSTINKT größer sind als bei NORMAL. Ein entsprechendes Ergebnis liefert auch die Auswertung der Relativwege in BILD 4. Der Relativweg zwischen Kopf und Oberkörper der Probanden ist ebenfalls über dem

Abstand  $s$  zwischen Hinterkopf und Kopfstütze aufgetragen.

Ein Einzelversuch, bei dem der Hinterkopf des Freiwilligen bei beiden Tests (NORMAL und SH INSTINKT) ohnehin zufällig an der Kopfstütze anlag ( $s = 0$  cm), ist besonders hervorzuheben. Der Relativweg liegt auf einem sehr geringen Niveau. Gleiches gilt bei diesem Probanden auch für die festgestellte Extensionswinkeländerung, Bild 3. Diese ist für beide Ausgangssitzpositionen mit etwa  $10^\circ$  gleich groß. Diese Winkeländerung

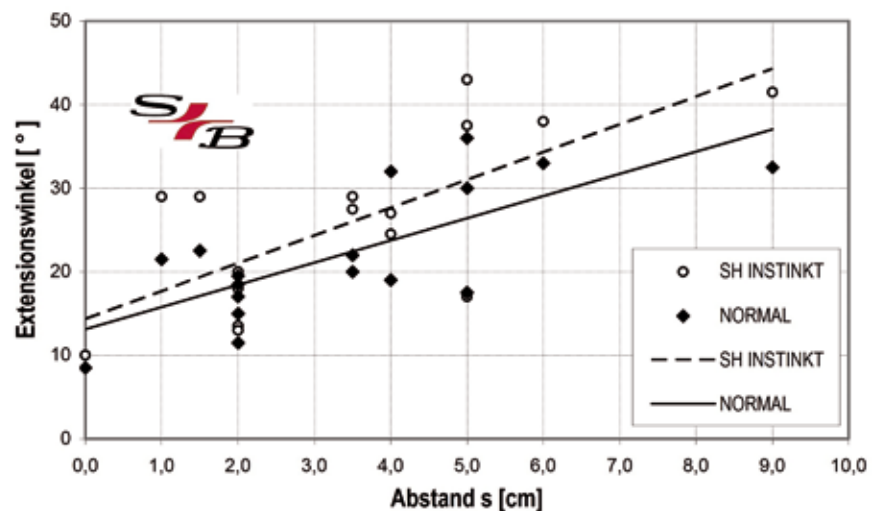


BILD 3: Extensionswinkel und Horizontalabstand

FIGURE 3: Extension angle and horizontal distance

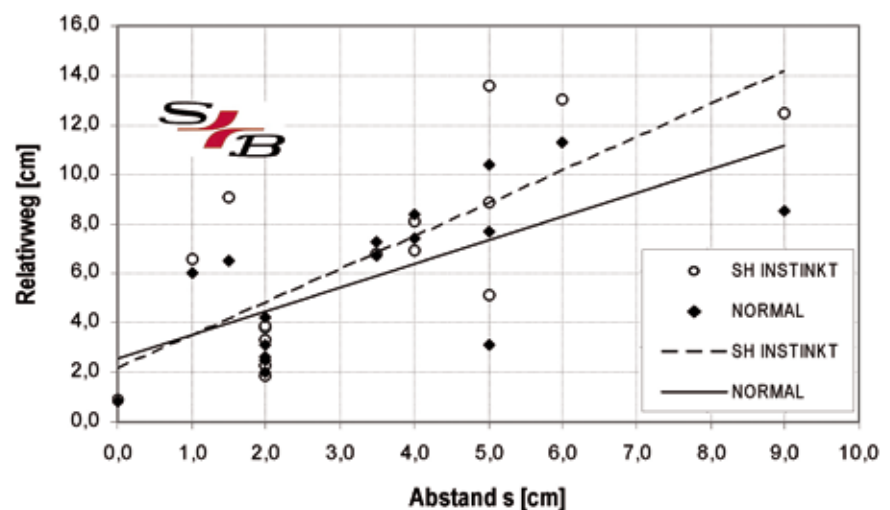


BILD 4: Relativweg und Horizontalabstand

FIGURE 4: Relative distance travelled and horizontal distance

TABELLE: Vergleich Frauen/Männer

		Extensionswinkel [°]	Relativweg [cm]	mittlerer Kopfstützenabstand	
				s [cm]	h [cm]
Frauen	NORMAL	18,8	4,0	3,9	4,2
	SH INSTINKT	23,4	5,5		
Männer	NORMAL	25,1	7,4	3,7	7,2
	SH INSTINKT	29,1	8,5		
Männer	SH RISP	15,7	1,4	0	/
Frauen	SH RISP	9,1	0,8	0	/

ergibt sich also bereits aus der dynamischen Verformung der Kopfstütze im Belastungsfall, vergleiche auch Bild 2 unten.

Somit zeigen auch diese Ergebnisse, dass eine Verbesserung der Schutzfunktion der Kopfstützensitzkonstruktion dann erreicht wird, wenn der Hinterkopf des Insassen bereits zu Beginn der Belastung an der Kopfstütze anliegt, ein Gesichtspunkt, auf den bereits in der Literatur hingewiesen wurde [O1] und der bei der Gestaltung von optimierten Pkw-Sitzen beachtet wird.

In der TABELLE sind geschlechtsspezifische Unterschiede der gemessenen Relativbewegung dokumentiert. Entgegen der Erwartung aufgrund der häufig vorgetragenen höheren Beweglichkeit (Hypermobilität) im Vergleich weiblicher zu männlichen Versuchsteilnehmern zeigen die hier festgestellten Änderungen der Extensionswinkel und der Relativwege zwischen Oberkörper und Kopf bei den männlichen Probanden höhere Werte. Diese lassen sich nicht durch gravierende Unterschiede im horizontalen Kopfstützenabstand s (3,9 zu 3,7 cm) erklären. Hingegen waren die männlichen Probanden größer, sodass sich ein deutlich größerer vertikaler Abstand h zwischen Oberkante der Kopfstütze und Scheitel der Insassen (4,2 zu 7,2 cm) ergab. Hierdurch war die Abstützung des männlichen Hinterkopfs im Vergleich zu dem weiblichen schlechter, wodurch die größeren Extensionswinkeländerungen bei den Männern im Vergleich zu den Frauen zu erklären sind.

6.2 SH RISP

Hier war zu beobachten, dass der Kopf in der Ausgangsposition gegenüber NORMAL bereits einen größeren Anfangsextensionswinkel aufwies.

Die Änderung des Extensionswinkels durch die Kollision war im Mittel mit 12,4° jedoch erheblich geringer als bei beiden anderen Sitzpositionen (SH INSTINKT 25,5°, NORMAL 21,9°).

Wurde die SH RISP eingenommen, wobei der horizontale Abstand zwischen Kopf und Kopfstütze aufgrund der geforderten Eindrückung der Kopfstütze nicht nur den Wert null erreichte, sondern sogar negative Werte einnehmen konnte, so reduzierten sich die Extensionswinkeländerungen und die Relativwege auf ein sehr geringes Niveau. Die Werte lagen zwischen 5,5° und 25° bei einem Mittelwert von 12,4°. Jedoch wird auch hier der ungünstige Einfluss des Höhenunterschieds h zwischen Scheitel und Kopfstütze (9,1° zu 15,7°) wirksam. Die Relativbewegung zwischen Kopf und Oberkörper lag zwischen 0,3 und 2,1 cm, bei einem Mittelwert von 1,1 cm.

6.3 Befragungen

Bei der Befragung der Teilnehmer direkt nach Durchführung der Prüfstöße wurde von keinem der Teilnehmer eine HWS- oder sonstige Beschwerdesymptomatik angegeben. Nach dem subjektiven Empfinden ergaben sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Ausgangspositionen NORMAL und SH INSTINKT. Allerdings empfanden die Probanden aufgrund des fehlenden Anpralls der Kopfstütze an den Hinterkopf die

Kollision bei SH RISP als deutlich angenehmer.

Bei der Befragung drei Tage nach der Versuchsdurchführung wurden von den Freiwilligen ebenfalls keine crash-bezogenen Beschwerden angegeben. Ein Teilnehmer berichtete über ihm bekannte vorübergehende Nackenschmerzen nach Zwangshaltung beim Radsport am Abend des Folgetages. Zwei Teilnehmer berichteten über kurzdauernde zugluftbedingte Beschwerden am nächsten Morgen.

7 Fazit

In dieser experimentellen Grundlagenstudie unter Beteiligung von 18 Probanden (neun weibliche und neun männliche) wurde der Einfluss unterschiedlicher Ausgangssitzpositionen auf die Insassenbewegung während eines Heckanstoßes untersucht. Insbesondere wurde die Wirksamkeit zweier „Schutzhaltungen“ analysiert.

Dabei handelte es sich um eine „Schutzhaltung instinktiv“, die ein verunfallter Pkw-Fahrer mit krampfhaftem Festhalten am Lenkrad beschrieb und eine „Schutzhaltung RISP“, bei der sich die Freiwilligen am Lenkrad abdrückten.

Es hat sich gezeigt, dass die „Schutzhaltung instinktiv“ mit krampfhaftem Festhalten des Fahrzeuglenkrades zum Zeitpunkt eines Heckanstoßes die Relativbewegung der Halswirbelsäule erhöht. Durch den frühzeitigen Kraftschluss zwischen Fahrgastzelle und Insassen ist im Falle eines instinktiven Festhaltens des Lenkrades im Vergleich zu einer „normalen Sitzposition“ des überraschten Insassen die Relativbewegung zwischen Oberkörper und Kopf größer. Aus den technisch-biomechanischen Parametern zur Beschreibung der Relativbewegung zwischen Oberkörper und Kopf lässt sich eine Intensitätserhöhung von etwa 20% ableiten.

Trotz der größeren Relativbewegung in der „Schutzhaltung instinktiv“ und gleicher Anregung (delta v =

7 km/h) wie bei der „normalen Sitzposition“ wurden weder Verletzungen beklagt noch auf den Test bezogene Beschwerden seitens der Freiwilligen angegeben.

Dieses Ergebnis bestätigt unsere bisherige Einschätzung, nach dem kein wissenschaftlicher Beweis für die häufige Hypothese des sogenannten Überraschungseffektes vorliegt [M1]. Der die Kollision voraussehende Insasse, der durch ein Festhalten des Lenkrades reagiert, ist unter diesem Aspekt und der Hypothese, dass mehr Relativbewegung eine Belastungserhöhung bedingt und somit die Verletzungsmöglichkeit der Halswirbelsäule steigt, sogar einer höheren Verletzungsgefährdung als der überraschte Insasse ausgesetzt. Voraussetzung ist aber immer, dass der Anstoß nicht nur erwartet, sondern auf ihn auch mit Festhalten reagiert wurde. Bereits in einer Pilotstudie von Piro wurde darauf hingewiesen, dass ein wirksames Antizipieren immer eine bereits erfolgte Reaktion auf das erwartete Ereignis beinhalten muss [P1].

Schließlich wurde die Wirksamkeit der „Schutzhaltung RISP“ durch die objektiv geringsten Relativbewegungen zwischen Oberkörper und Kopf sowie die subjektiven Angaben der Freiwilligen zu ihren Empfindungen bestätigt.

Nach dem Ergebnis dieser Studie kann nunmehr bei drohendem Heckaufprall die von Becke formulierte Schutzhaltung RISP empfohlen werden:

- mit den Armen am Lenkrad abdrücken
- den Rückenbereich in die Polsterung der Rückenlehne pressen
- den Kopf dabei so weit nach hinten neigen, bis man einen deutlichen

Anpressdruck zwischen Kopf und Kopfstütze verspürt

#### Literaturhinweise

- [B1] Becke, M.: Schutzhaltung RISP (Rear Impact Self Protection). *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 45 (2007), Nr. 11, S. 290-295
- [C1] Castro, W.; Schilgen, M.; Meyer, S.; Weber, M.; Peuker, C.; Wörtler, K.: Do „whiplash injuries“ occur in low-speed rear impacts? *Eur Spine J* (1997) 6, S. 366-375
- [K1] Kalthoff, W.; Meyer, S.; Becke, M.: Die Insassenbewegung bei leichten Pkw-Heckanstoßen. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 39 (2001), Nr. 7/8, S. 199-206
- [M1] Mazzotti, I.; Kandaouroff, TM.; Castro, W.H.M.: „Überraschungseffekt“ – ein verletzungsfördernder Faktor für die HWS bei der Heckkollision? *NZV*. 2004; 7, S. 335-337
- [M2] Meyer, S.; Becke, M.; Kalthoff, W.; Castro, W.: FIP – Forward Inclined Position, Insassenbelastung infolge vorgebeugter Sitzposition bei leichten Heckkollisionen. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 37 (1999); Nr. 7/8, S. 213-218
- [M3] Meyer, M.; Hugemann, W.; Weber, M.: Zur Belastung der Halswirbelsäule durch Auffahrkollisionen (Teil 1 und 2), *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 32 (1994), Nr. 1 und Nr. 7/8, S. 15-21 und S. 187-191
- [M4] Meyer, S.; Weber, M.; Kalthoff, W.; Schilgen, M.; Castro, W.: Freiwilligen-Versuche zur Belastung der Halswirbelsäule durch Pkw-Heckanstöße.

- Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 37 (1999), Nr. 1, S. 13-24
- [O1] Obelieniene, W.; Schrader, H.; Bovim, G et al.: Pain after whiplash. A prospective controlled inception cohort study. *J.Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1999; 66, S. 279-283
- [P1] Piro, T.; Fürbeth, V.; Großer, W.; Weidner, Ch.; Schellmann, B.: Gefahr erkannt Risiko gebannt? *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 42 (2004), Nr. 7/8, S. 161-170
- [S1] Strzeletz, R.; Johannsen, H.; Dzewas, M.: HWS-Verletzungen bei Motorradfahrern. In: Tagungsband Orthopädisches Forschungsinstitut Hamburg/Schwerin: Standortbestimmung zum „HWS-Schleudertrauma“, Berlin 2004

#### \* Autoren

*Dipl.-Ing. Stefan Meyer ist von der IHK zu Lübeck öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle in der Schimmelpfennig + Becke Lübeck/Schwerin GmbH.*

*Dr. med. Isabel Mazzotti ist leitende Ärztin des Orthopädischen Forschungsinstituts (OFI) in Münster.*

*Dipl.-Ing. Manfred Becke ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Kfz.-Technik und Straßenverkehrsunfälle im eigenen Ingenieurbüro Schimmelpfennig und Becke in Münster.* ::

#### *Cervical Spine Loads during a Rear Impact – Findings on the Protective Position for Car Occupants*

*A car driver who complained of cervical vertebrae pain following a low-speed rear-impact collision said that he had instinctively gripped the steering wheel as tightly as possible in the accident. The previously unknown influence of “self-protection” reactions on occupant motion was therefore studied in an interdisciplinary research project using volunteers at the Fachhochschule Osnabrück by the engineering consultants Schimmelpfennig and Becke, the company crashtest-service.com and the Orthopaedic Research Institute in Münster (OFI).*

CTS - das Internetportal für Unfallrekonstruktion und Schadenregulierung

**crashtest-service.com**

Über 3.000 Versuchsergebnisse sofort abrufbar. Online.

www.crashtest-service.com

Telefon +49 2506 306690 - info@crashtest-service.com