

Schutzhaltung RISP (Rear Impact Self Protection)

Von Manfred Becke*

Während Fluggästen im Falle eines Unglücks empfohlen wird, eine bestimmte Schutzhaltung einzunehmen, gibt es für Autoinsassen keine entsprechenden Vorsorgeinformationen. Deshalb sind vom Autor Becke in Münster aus dem Wissen um das HWS-Schleudertrauma, nach Versuchen und Literaturstudien Empfehlungen erarbeitet worden, welche Schutzhaltung man bei drohenden Auffahrunfällen annehmen sollte, um sich möglichst gut vor Verletzungen schützen zu können.

1 Einleitung

Beim Flugzeugabsturz beziehungsweise bei einer Notlandung wird eine ganz klare Empfehlung ausgesprochen. Der Oberkörper soll so weit wie möglich nach vorn und der Kopf nach unten genommen werden. Der Kopf ist gegen die davor befindliche Lehne zu drücken, **BILD 1** [C1]. Analysiert man diese Anweisung, so zeigt sich, dass dann der Oberkörper bei einer frontalen und vertikalen Beanspruchung von unten nicht taschenmesserartig zusammenklappt, wie dies bei einer normalen, aufrechten Sitzposition bei einem Beckengurt auftritt. Der Aufbau einer Relativgeschwindigkeit zwischen Kopf und der davor befindlichen Rückenlehne wird vermieden und somit auch ein Kopfaufschlag.

Obgleich das „HWS-Schleudertrauma“ in aller Munde ist, für die Betroffenen massive Einschnitte in ihrem Leben bedeuten kann und für die Versicherungswirtschaft ein sehr hohes Schadenspotenzial darstellt, ist bislang über eine Schutzhaltung bei drohendem Heckauffahrunfall nahezu nichts bekannt geworden. Warum sollte man also nicht eine Schutzhaltung entwickeln, entsprechend einer Empfehlung bei einer Notlandung oder einem Flugzeugabsturz?

Verschiedene Denkansätze, ange-regt durch jahrelange Beschäftigung mit dem Thema HWS-Schleudertrauma, sowohl theoretisch als auch

im Versuch mit Freiwilligen, sollen im folgenden Beitrag diskutiert werden.

Insgesamt werden im Folgenden drei verschiedene Schutzmechanismen geprüft:

1. Versuch, durch Muskelanspannung die Relativbewegung zwischen Kopf und Oberkörper zu unterbinden oder zu minimieren
2. eine Schutzhaltung einzunehmen, die der beim Flugzeugabsturz beziehungsweise einer Notlandung ähnelt, schon im Ansatz als Forward Inclined Position (FIP) untersucht
3. eine völlig neue Schutzhaltung RISP, die als logische Folge aus den Beobachtungen bei Heckauffahrkollisions-Crashtests mit Freiwilligen und auch aus der Bewertung von Fahrzeugsitzen bezüglich ihrer Eigenschaften hergeleitet wird.

2 Schutzhaltung durch Muskelanspannung

Wenn auch das Phänomen des HWS-Schleudertraumas nicht bis zu Ende erforscht ist, liegen diverse Vorstellungen vor, wodurch das HWS-Schleudertrauma hervorgerufen wird. Im Wesentlichen geht es um die Relativbewegung zwischen Kopf und Rumpf. Was liegt also näher, als sich eine Vorstellung zu bilden, dass man vorbeugend einfach seine Muskeln anspannt, möglicherweise

den Kopf einzieht, etwas nach vorne nimmt und dann der Dinge harrt, die da kommen?

Nun muss man feststellen, dass die Muskulatur, die den Kopf hält, speziell für eine Heckkollision denkbar ungünstig angreift. Wie früher Autofahrer der Meinung waren, sie bräuchten sich nicht anzugurten, weil sie sich mit den Händen und Armen abstützen könnten, so gab es auch schon die Idee, dass man durch entsprechende Muskelanspannung eine Relativbewegung zwischen Kopf und Oberkörper vermeiden oder zumindest verringern kann. Ein Versuch, durch Muskelanspannung eine Relativbewegung zwischen Kopf und Rumpf zu unterbinden beziehungsweise zu minimieren, kann allenfalls für kleine Belastungen geeignet sein [P1]. Dort wurden kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderungen von $v = 6,5$ bis $7,5$ km/h untersucht.

Eine derartige muskuläre Versteifung des Bereiches Kopf/Oberkörper ist mit Sicherheit durch die Belastungshöhe begrenzt. Wie nach den Ergebnissen der verschiedenen Studien mit Freiwilligen, an denen der Autor teilweise auch selbst als Versuchsperson teilnahm, festzustellen ist, ist es schon bei Delta-v-Werten von deutlich unter 10 km/h mit Sicherheit nicht mehr gegeben, dass eine derartige Relativbewegung vermieden wird.



BILD 1: Schutzhaltung Notlandung

Gleiches gilt bei vorbereiteten Benutzern von Motorrollern, die im Versuch einem Heckauffahrgeschehen ausgesetzt waren, siehe Versuche bei *crashtest-service.com* [C3] und [S1]. Die Kradfahrer hatten – gemäß obiger Vorstellung – eine deutlich verkrampfte Position eingenommen und konnten dennoch eine Relativbewegung nicht verhindern. Schließlich muss man feststellen, dass der Versuch, durch Muskelanspannung eine Relativbewegung zu unterbinden oder zu minimieren, individuelle Grenzen erfährt. Diese könnte man messen und benennen. Man kann jedoch von vornherein feststellen, dass bei höheren Belastungen eine derartige Empfehlung mit Sicherheit keine Lösung darstellt, da bei Überschreitung einer Grenzbelastung der Halteapparat überlastet ist und der Kopf eine Relativbewegung zum Oberkörper durchführen wird.

Eine allgemein gültige Schutzhaltung bei Heckkollisionen stellt diese Möglichkeit nicht dar, da sie bei höheren, individuell verschiedenen Belastungen versagen muss.

3 FIP-Position (Forward Inclined Position)

Eine extrem nach vorn gebeugte Sitzposition, bei der der Oberkörper möglichst nah an den Oberschenkel kommt, würde zu der Empfehlung führen, wie sie bei Flugzeugabstürzen oder Notlandungen genannt wird. Bei einer Notlandung sind in erster Linie frontal einwirkende und vertikal einwirkende Belastungen zu erwarten. Dieses hat zunächst mit einer Belastung von hinten keinerlei Ähnlichkeit.

In einer Untersuchung von Meyer, Becke, Kalthoff, Castro [M1] konnte erarbeitet werden, dass entgegen der Annahme, dass bei vorgeneigten Sitzpositionen, **BILD 2**, eine höhere Insassenbelastung bei der Heckkollision folgt, genau das Gegenteil der Fall ist. Je größer die Vorbeugung war, desto geringer war die biomechanische Insassenbelastung. Diese Studie mit Freiwilligen wurde bei kollisions-

bedingten Geschwindigkeitsänderungen von knapp 8 km/h durchgeführt. Das Ergebnis war seinerzeit sehr überraschend, da hypothetisch zunächst davon ausgegangen worden war, dass die Belastung immer größer würde, je größer der Abstand zwischen Hinterkopf und Kopfstütze in der Ausgangsposition war, wie dieses bei „normalen Sitzpositionen“ allgemein zutrifft [C2], [K1]. Die Erklärung fand sich durch den zeitlichen Verlauf. Die Abrollbewegung des Rückens nahm teilweise so viel Zeit in Anspruch, dass bei Erreichen einer normalen Sitzposition der Stoß schon beendet war. So kam es teilweise bei extrem vorgebeugten Positionen nicht einmal zu einem Aufprall des Kopfes auf der Kopfstütze.

Weder ist es möglich, diese Ergebnisse mit entsprechender Sicherheit auf höhere Belastungen zu übertragen, noch lässt diese Studie die Möglichkeit zu, die Wirkung bei noch stärker vorgebeugter Sitzposition abzuleiten. Hypothetisch wird man feststellen können, dass bei waagerechter Position des Oberkörpers möglicherweise eine Relativbewegung zwischen Kopf und Oberkörper überhaupt nicht mehr stattfinden wird. Somit wäre für die Belastung der Halswirbelsäule möglicherweise eine extrem vorgebeugte Sitzposition, wie beim Flugzeugabsturz, grundsätzlich positiv. Wie sich eine derartige Sitzposition zum Beispiel jedoch auf die Belastung der Lendenwirbelsäule auswirken würde, sei dahingestellt.

Die praktische Umsetzung einer derartigen Empfehlung scheidet jedoch schon an den räumlichen Gegebenheiten in einem Pkw. **BILD 3** zeigt den Vergleich zwischen einer normalen Sitzposition eines Fahrzeugführers und einer maximal möglichen vorgebeugten Situation, die nicht ganz der seinerzeit größten Vorverlagerung in der FIP-Studie entspricht, Bilder 2 und 3. Man erkennt sofort, dass für einen Fahrzeugführer eine derartige Sitzposition mit Sicherheit ebenfalls nicht zu empfehlen ist, da diese Vorneigung räumlich schon durch das Lenkrad begrenzt ist. Es kann in dieser Position schon zu einer Berührung zwischen



normale Sitzposition



FIP Ampel (leicht vorgebeugte Körperhaltung)



FIP (extrem vorgebeugte Körperhaltung, um beispielsweise einen heruntergefallenen Gegenstand im Fußraum zu greifen)

BILD 2: Sitzhaltung FIP
(Forward Inclined Position)

Kopf und Lenkrad kommen. Abgesehen davon ist es fraglich, ob ein Automatikgurt überhaupt eine sehr viel größere Vorverlagerung ermöglicht.

Aus den praktischen Versuchen hat sich ergeben, dass aufgrund der Elastizität der Fahrzeugsitze auf jeden Fall mit einer Sekundärbewegung, auch Rebound-Bewegung genannt, zu rechnen ist. Da das gesamte Gesäß bei einer extremen FIP-Position auf der Sitzfläche in der Primärphase (relativ zum Sitz) nach hinten in die Rückenlehne hineingepresst wird, kommt es im Zuge der Sekundärbewegung mit Sicherheit zu einer Relativbewegung in entgegengesetzter Richtung, das heißt, der gesamte Körper würde sich schließlich (relativ zum Sitz) nach vorne bewegen.



normale Sitzposition



FIP - Haltung

BILD 3: Vergleich normale Sitzhaltung – FIP



BILD 4: Einfluss der Rückenlehnenneigung auf den Abstand Kopf/Kopfstütze

tiv zum Fahrzeug) wieder nach vorn bewegen. Dabei sind jedoch erhebliche Kontakte zwischen Kopf und Lenkrad zu erwarten beziehungsweise zumindest nicht auszuschließen, wobei es hier zu nicht kalkulierbaren Risiken käme. Hieraus folgt, dass für einen Fahrzeugführer eine weit vorgebeugte Sitzposition nicht empfehlenswert scheint. Darüber hinaus ist eine wahrscheinlich noch bessere Schutzhaltung durch noch größere Vorverlagerung des Oberkörpers aufgrund räumlicher Gegebenheiten in der Regel nicht zu realisieren.

Eine weit vorverlagerte Sitzposition, bei der der Oberkörper möglichst weit in die Horizontale geführt wird, ist aufgrund der räumlichen Gegebenheiten im Fahrzeug für einen Fahrzeugführer aufgrund eines zu erwartenden Kopfanpralls bei der Sekundärbewegung nicht zu empfehlen.

4 Schutzhaltung RISP (Rear Impact Self Protection)

Unter dieser Position kann sich der Leser bis zu diesem Zeitpunkt noch nichts vorstellen. Die folgende Herleitung dieser vom Autor schließlich empfohlenen Schutzhaltung wird dieses im Detail erklären.

Bei der Auswertung der Studienergebnisse 97, siehe auch Kalthoff et al. [K1], wurden für normale Sitzpositionen die Ergebnisse von Freiwilligen-Versuchen dargestellt. Es zeigte sich, dass mit zunehmendem horizontalem Abstand Kopf/Kopfstütze die Relativgeschwindigkeit zwischen Kopf und Kopfstütze beim Zusammenprall ansteigt. Die freiwilligen Probanden beschrieben insbesondere den Kopfstützenanprall an den Kopf als unangenehm bis äußerst unangenehm. Im Hinblick

auf eine geringe Kopfanprallintensität ist folglich bei einer „normalen“ Sitzhaltung auf einen möglichst geringen Ausgangsabstand des Kopfes von der Kopfstütze zu achten. Dies ist inzwischen allgemein anerkannt [B2], [I1], [K1], [O1], [R1] und wird bei der Entwicklung von Fahrzeugsitzen und ihren Tests [T1] beachtet.

Schon in [B1] wies der Autor darauf hin, dass in nahezu sämtlicher Literatur zum „HWS-Schleudertrauma“ fahrzeugspezifische Einflüsse beschrieben werden, die bei der Beurteilung zu berücksichtigen seien, insbesondere wurde in der Literatur der horizontale Abstand zwischen Kopf und Kopfstütze als gravierend bezeichnet.

Weiterhin folgt aus den diversen Untersuchungen [K1], dass es zu einer Vertikalbewegung des Insassen im Fahrzeug kommt, genannt „Ram-

ping“, begünstigt durch eine schräge und leicht verbiegbare Rückenlehne. Der Körper rutscht an der schrägen Rückenlehne nach oben, wodurch es möglich ist, dass der Kopf die zu Beginn auf Scheitelhöhe eingestellte Kopfstütze im Laufe der Kollision überragt. Hieraus folgt, dass die Kopfstützen mindestens auf Kopfhöhe eingestellt werden müssen, besser sollten sie den Kopf überragen. Für groß gewachsene Menschen reicht die Höhenverstellung der Kopfstützen jedoch häufig nicht aus.

Diese Erkenntnisse werden auch von der International Insurance Whiplash Prevention Group, abgekürzt IWPG, als Untersuchungskriterien bezüglich der Geometrie von Fahrzeugsitzen angewandt. Es handelt sich um einen internationalen Zusammenschluss von verschiedenen Versicherungsgruppen, in der auch der GDV Germany (Verband deutscher Versicherungswirtschaft) beteiligt ist. Für Europa werden bei der Firma Thatcham [T1] in England Fahrzeugsitze verschiedener Baujahre nach zwei Untersuchungskriterien untersucht [R1]. Zunächst wird die Geometrie der Kopfstütze im Verhältnis zur Position des Kopfes eines durchschnittlich großen Mannes geprüft. Es folgen dynamische Tests mit einem speziell entwickelten BioRID-Dummy, der über eine bewegliche Wirbelsäule verfügt.

Bei der geometrischen Kopfstützenbewertung wird der vertikale Abstand zwischen Scheitelhöhe des Kopfes und der Oberkante der Kopfstütze bewertet. Ist die Oberkante der Kopfstütze höher als der Scheitel oder liegt sie weniger als 6 cm niedriger, wird die Kopfstütze als gut bewertet. Ist die Kopfstütze niedriger als 6 bis 8 cm, heißt das Urteil akzeptabel. Für Werte zwischen 8 und 10 cm niedriger wird die Kopfstütze mit mäßig, noch größere Unterschiede werden mit schlecht bewertet. Auch für den horizontalen Abstand zwischen Kopf und Kopfstütze gilt Ähnliches. Horizontale Abstände von bis zu knapp 8 cm werden zum Beispiel mit gut bezeichnet, horizontale Abstände mit mehr als 11 cm mit schlecht. Sitze mit mäßiger

oder schlechter Geometrie bekommen die Bewertung schlecht und werden keinem dynamischen Test ausgesetzt. Nur Sitze mit akzeptabler oder guter Geometrie werden noch einem dynamischen Test unterzogen. Dabei wirkt auf den Schlitten eine kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung von 16 km/h bei einer mittleren Beschleunigung von 5 g. Die Maximalbeschleunigung beträgt 10 g.

Es liegen drei Grundsätze für die Sitzbewertungstests vor:

1. Forderung einer ausreichenden Geometrie zum Schutz der Insassen
2. Veränderung der Sitzkonstruktion, um HWS-Verletzungen zu verringern:
 - Begrenzung der Oberkörper-Beschleunigung,
 - Begrenzung der Zeit, bis der Kopf gegen die Kopfstütze prallt
3. Verminderung der Bewegung des Halses bei einer Heckkollision:
 - Begrenzung der Hals-Zugkraft,
 - Begrenzung der Hals-Scherkraft.

Beim dynamischen Test mit dem BioRID-Dummy gilt noch, dass ein kontrollierter Energietransfer des Insassen während des Crashes durch begrenzte Oberkörperbeschleunigung erfolgt. Hier wird im Punkt T1, das heißt am obersten Brustwirbel, eine Beschleunigungsgrenze von 9,5 g angegeben. Ferner soll eine Verminderung der Zeit erfolgen, bis der Kopf gegen die Kopfstütze prallt. Hier wird eine Head-Restraint-Contact-Grenze von 70 ms genannt.

Fahrzeughersteller versuchen nun teilweise, durch spezielle aktive Kopfstützen diese Bedingungen möglichst gut einzuhalten, siehe Volvo-Sitz oder auch [B2].

Eine Empfehlung für eine Schutzhaltung des Insassen ergibt sich logischerweise schon aus den vorher genannten Bedingungen. Eine Bedingung ist, dass die Kopfstütze ausreichend weit herausgezogen sein muss. Leider ist festzustellen, dass viele Kopfstützen allenfalls für kleine oder mittelgroße Menschen ausreichend hochgezogen werden können, zum Beispiel **BILD 4**. Es ist zunächst einmal die Empfehlung an alle Fahrzeugbenutzer auszusprechen,

vor Antritt der Fahrt die Kopfstütze der eigenen Körpergröße möglichst gut anzupassen. In der Regel wird eine zu hohe Position für heute größer geratene Menschen eher nicht auftreten.

Schließlich ist noch ein Phänomen zu benennen, das vielen Fahrzeugführern sicherlich nicht geläufig ist. Je steiler der Fahrzeugführer die Rückenlehne stellt, desto stärker nähert sich auch die Kopfstütze dem Hinterkopf des Benutzers, **Bild 4**. Dies liegt letztlich daran, dass für den Fall, dass die Sitzlehne sehr schräg eingestellt ist, ein starker Knickwinkel zwischen Oberkörper und Kopf erforderlich ist, damit der Fahrer nicht in Richtung Dachhimmel schaut, sondern vorn aus der Windschutzscheibe. Nun ist die Schrägstellung der Rückenlehne sicherlich eher eine Frage der Gewohnheit und des Sitzkomforts. Unter Sicherheitsaspekten kann nur empfohlen werden, die Rückenlehne möglichst steil zu stellen, womit automatisch die Kopfstütze näher an den Hinterkopf kommt. Schon durch eine derartige Maßnahme wird die Zeit, bis der Kopf gegen die Kopfstütze prallt, vermindert, wodurch die Aufprallgeschwindigkeit des Kopfes auf der Kopfstütze verringert wird und damit auch geringere Hals-Scherkräfte zu erwarten sind.

Als logische Folgerung ist weiterhin anzustreben, dass die Zeit, bis der Kopf gegen die Kopfstütze prallt, zu null wird. Dies lässt sich dadurch erreichen, dass der Abstand zwischen Kopf und Kopfstütze minimiert wird. Dieses könnte theoretisch leicht dadurch geschehen, dass die Kopfstütze vor der Fahrt so eingestellt wird, dass der Kopf immer an der Kopfstütze anliegt. Bei den heutigen Fahrzeugsitzen ist dies konstruktiv häufig nicht möglich, auch sprechen Komfortgesichtspunkte dagegen.

Als logische Folgerung ergibt sich hieraus für eine Schutzhaltung, dass in Erwartung eines Heckanstoßes der Kopf nach hinten geführt wird und an die Kopfstütze angelehnt wird. Das, was von einer aktiven Kopfstütze durchgeführt wird, erledigt jetzt der Fahrer selbst. Testet man einen

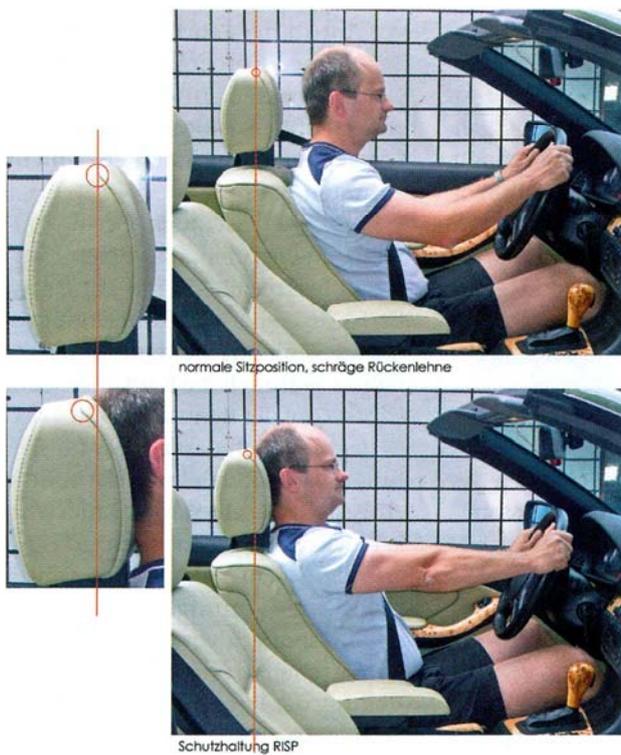


BILD 5: Vergleich normale Sitzposition (schräge Rückenlehne)
– Schutzhaltung RISP (Rear Impact Self Protection)



BILD 6: Vergleich normale Sitzposition (steile Rückenlehne)
– Schutzhaltung RISP (Rear Impact Self Protection)

derartigen Vorgang durch eine Sitzprobe, wird deutlich, dass bei einem zunächst großen horizontalen Abstand zwischen Kopf und Kopfstütze der Extensionswinkel (Beugewinkel nach hinten) groß wird, wenn nur der Kopf nach hinten geneigt wird, bis der Kopf an die Kopfstütze kommt. Da Kopfstützen an ihrer Oberfläche häufig weich gepolstert sind, geben sie möglicherweise bis zu mehreren Zentimetern nach, ohne dass sie den Kopf schon wirksam abstützen. Wird der Kopf zusätzlich in die Kopfstütze gedrückt, verstärkt sich dieser Effekt.

Eine Verbesserung tritt dadurch ein, dass auch gleichzeitig die Schulterregion in den oberen Bereich der Rückenlehne gepresst wird. Dies geschieht am wirkungsvollsten, indem man sich mit den Armen vom Lenkrad wegdrückt. Eine verbesserte Wirkung ist zu erwarten, wenn die Kopfstützenhöhe auch ausreichend ist und wenn von vornherein aufgrund einer möglichst steilen Lehnensituation eine nicht zu starke Rückverlagerung des Kopfes erforderlich wird, **BILD 5** und **BILD 6**.

Gleichzeitig werden Kopf- und Schulterregion in die Polsterung von

Kopfstütze und Lehne gepresst. Der Abstand Kopf/Kopfstütze wird dabei nicht nur zu null, sondern gemäß Definition eines Abstandes sogar negativ. Zusätzlich wird die Kopfstütze mit der Rückenlehne schon vorgespannt, jegliches Spiel und geringe elastische Anfangsdeformationen sind überwunden. Die Kopfstütze und die Rückenlehne sind jetzt schon um einige Zentimeter gegenüber der Normalsitzposition nach hinten gedrückt, wie die Detaildarstellungen in den Bildern 5 und 6 zeigen.

Folgt in dieser Position eine Heckkollision, so sind folgende Vorteile zu erwarten:

- Vorliegen einer guten Geometrie Kopf/Kopfstütze
- Ausbleiben einer Kollision zwischen Kopf und Kopfstütze
- gleichzeitige Teilnahme des Kopfes und des Oberkörpers an der Kollision über Kopfstütze und Lehne, das heißt, die Zeit der Head-Restraint-Contact-Grenze ist mit „0“ ms deutlich kleiner als 70 ms
- Relativbewegungen durch zeitlich nacheinander einsetzendes

Abstützen von Schulter und Kopf werden vermieden

- Relativbewegungen durch Eintauchen des Kopfes und des Rückens in unterschiedlich weiche Oberpolsterungen werden vermindert
- wirkt unabhängig von der Belastungshöhe.

5 Schlussfolgerungen

Die Schlussfolgerung des Autors führt zu den folgenden Empfehlungen.

Vor der Fahrt:

- Kopfstützenhöhe einstellen
- Rückenlehne nicht unnötig schräg, sondern möglichst steil stellen.

Bei drohender Heckkollision die Schutzhaltung RISP wie folgt einnehmen:

- Körper mit den Armen vom Lenkrad weg nach hinten drücken
- dadurch den Rückenbereich kräftig in die Polsterung der Rückenlehne drücken
- den Kopf dabei so weit nach hinten drücken, bis man einen deut-

lichen Anpressdruck zwischen Kopf und Kopfstütze verspürt, sodass die Kopfstützenpolsterung eingedrückt wird.

Jetzt ist der Kopf- und Rückenbereich gegenüber der Sitz-/Kopfstützenkonstruktion verspannt und die Schutzhaltung RISP ist eingenommen.

Nach Formulierung der Schutzhaltung RISP durch den Autor als Ergebnis obiger Diskussion wurde diese anschließend im Rahmen von Versuchen mit Freiwilligen im Vergleich mit zwei anderen Sitzpositionen auf ihre Wirksamkeit hin überprüft. Diese Arbeit soll ebenfalls in VKU veröffentlicht werden [M2].

Literaturhinweise

- [B1] Becke, M.; Castro, W.; Hein, M.; Schimmelpfennig, K.H.: HWS-Schleudertrauma 2000 – Standortbestimmung und Vorausblick. NZV – Neue Zeitschrift für Verkehrsrecht, 6/2000
- [B2] Bigi, Hertig, Steffan, Eichberger: A comparison study of active headrestraints for neck protection in rear end collision. University of Technology Graz, Austria, Paper Nr. 98-S5-0-15, Vortrag 1998 bei der 16. NHTSA ESV-Conference in Windsor, Canada
- [C1] www.casa.gov.au
- [C2] 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
- [C3] www.crashtest-service.com
- [I1] IIWPG, RCAR-IIWPG Seat/Head restraint evaluation protocol. Version 2.5 – September 2006
- [K1] Kalthoff, W.; Meyer, S.; Becke, M.: Die Insassenbewegung bei leichten Pkw-Heckanstoßen. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 39 (2001), Nr. 7/8, S. 199 bis 206
- [M1] Meyer, S.; Becke, M.; Kalthoff, W.; Castro, W.: FIP – Forward Inclined Position, Insassenbelastung infolge vorgebeugter Sitzposition. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik (1999), Nr. 7/8, S. 213 bis 218
- [M2] Meyer, S.; Mazzotti, I.; Becke, M.: HWS – Belastung beim Heckanstoß – Erkenntnisse zur Schutzhaltung für Pkw-Insassen. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, zur Publikation eingereicht
- [O1] Obelieniene, W.; Schrader, H.; Bovim, G et al.: Pain after whiplash. A prospective controlled inception cohort study. J.Neurol Neurosurg Psychiatry. 1999; 66:279-283
- [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
- [T1] www.thatcham.org

* Autor

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