

AKTUELL

Juni 2020



SCHIMMELPFENNIG  BECKE

S+B Aktuell - Juni 2020

Biomechanische Gutachten befassen sich u.a. mit der Belastung und der Bewegung von Fahrzeuginsassen bei Kollisionen. Oftmals wird als Verletzung infolge eines Unfallgeschehens ein „Halswirbelsäulen-Schleudertrauma“ geltend gemacht.

“

Das Ingenieurbüro Schimmelpfennig + Becke (S+B) bietet seit über 40 Jahren eine fundierte Analyse und Rekonstruktion von Unfallereignissen auf technisch-wissenschaftlichem Gebiet. Als eines der größten freien Sachverständigenbüros für Unfallrekonstruktion von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland erstellt S+B u.a. auch Gutachten aus den Bereichen Biomechanik, Unfälle mit mechanisch-technischem Gerät und Ordnungswidrigkeiten.

Auftraggeber sind in erster Linie Gerichte, die zur Beurteilung eines Rechtsstreits ein Gutachten benötigen, aber auch Staatsanwaltschaften, Rechtsanwälte, Privatpersonen und Versicherungen.

In biomechanischen Gutachten werden durch den Techniker die Belastungskenngrößen ermittelt, denen der Insasse im Unfallgeschehen ausgesetzt war. Diese Ergebnisse dienen den Medizinern bei der Beurteilung der Verletzungsmöglichkeiten. S+B bietet daher interdisziplinäre Gutachten an.

Wissenschaftliche Studien aus unserem Hause sowie Crashtests, die in Kooperation mit der [crashtest-service.com GmbH](https://www.crashtest-service.com) durchgeführt werden, bilden die solide Grundlage und erhöhen das Verständnis der jeweiligen Schlussfolgerungen. Die Ergebnisse der durchgeführten Studien und Versuche werden zudem in Form von Veröffentlichungen und regelmäßig stattfindenden, praxisbezogenen Seminaren einem breiten Fachpublikum zugänglich gemacht.

”

Insassenbelastung

–

Wichtige Erkenntnisse zu Heck-, Front- und Seitenkollisionen



Autoren:

Dr. Dipl.-Ing. Manfred Becke

Dipl.-Ing. Joost Wolbers

Dipl.-Phys. Annika Kortmann

Heckkollision

93er/97er Studie

- » Auf der büroeigenen Crashanlage wurden in der 93er Studie, die nur von S+B-Ingenieuren durchgeführt wurde, 14 Pkw/Pkw-Kollisionen gefahren und mit Autoscooterkollisionen verglichen. Es stellte sich heraus, dass bei Autoscooterkollisionen Geschwindigkeitsänderungen von bis zu 15 km/h auftreten und die Beschleunigungsverläufe mit denen im Pkw sehr ähnlich sind. [Quelle: Meyer/Hugemann/Weber, VKU 01 (1994) 15-21 und VKU 07/08 (1994) 187-199]



- » In der Studie 97 wurden, aufbauend auf den Erkenntnissen der Studie 93, weitere 17 Pkw/Pkw- und 3 Autoscooterkollisionen mit Δv -Werten zwischen 10 und 15 km/h durchgeführt und ausgewertet.
- » Neben S+B-Ingenieuren waren Orthopäden, Sportmediziner und Röntgenologen beteiligt.
- » An der Studie nahmen 19 Freiwillige im Alter zwischen 26 und 47 Jahren teil. Diese wurden vor und nach der Kollision auch im Kernspin untersucht. Trotz der hohen kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung Δv von 10 bis 15 km/h konnten keine objektivierbaren Verletzungen festgestellt werden. 4 Testpersonen, alle mit mehr als $\Delta v = 11$ km/h, äußerten für kurze Zeit leichte Beschwerden, wie Kopfschmerz und Muskelkatergefühl.

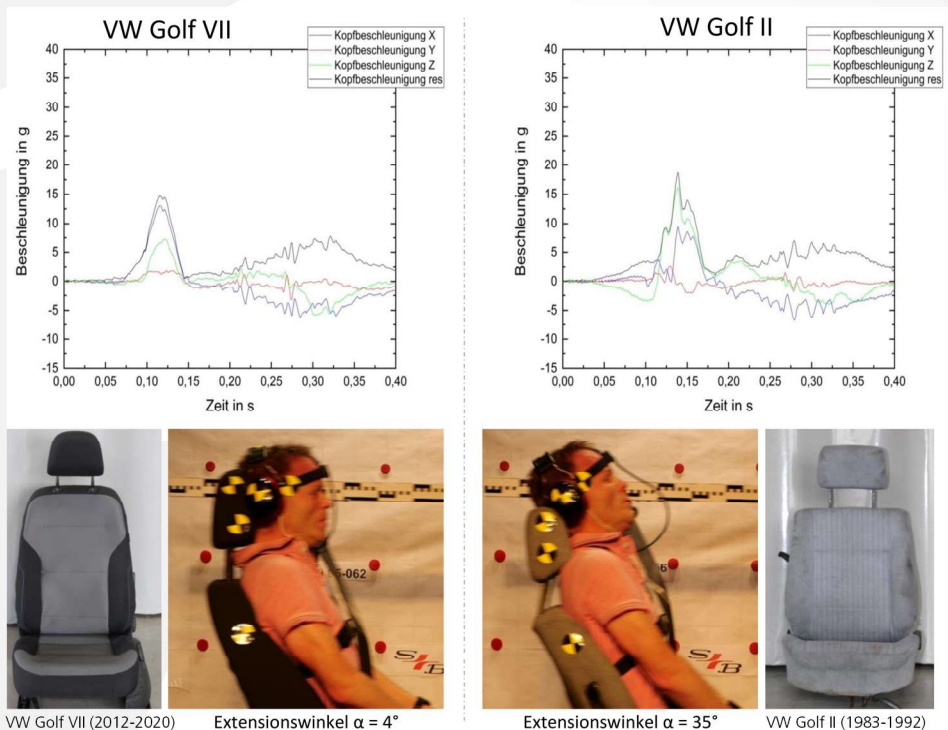
Bewegungsvergleich infolge der Heckkollision zwischen Autoscooter (linke Bildspalte) und Pkw (rechte Bildspalte)

[Quelle: Castro/Schilgen/Meyer/Peuker/Wörtler, Eur Spine J 06 (1997) 366-375, Springer Verlag 1997]

- » Auch in dieser Studie wurde festgestellt, dass die in Autoscootern gemessenen Beschleunigungsverläufe mit denen aus Fahrzeug/Fahrzeug-Kollisionen nahezu identisch sind.

Heckkollisionen mit modernen Fahrzeugsitzen

- » Da die Fahrzeugentwicklung in den letzten Jahren nicht geruht hat, stellt sich aus technischer Sicht die Frage, ob durch die modernen Fahrzeugsitze das Verletzungsrisiko, gerade in Bezug auf eine HWS-Verletzung, gesunken ist.
- » Die 93er und 97er Studien gelten noch heute als Bezugsgrößen für die Bewertung von Heckauffahrkollisionen.
- » Es wurden in Versuchen Fahrzeugsitze aus der 97er Studie mit den aktuellen Nachfolgemodellen verglichen, z.B. VW Golf VII mit VW Golf II.



Belastungsvergleich neue/alte Autositze – Heck $\Delta v = 9 \text{ km/h}$ [Quelle: S+B-Untersuchung]

- » Der Extensionswinkel sowie der Beschleunigungsverlauf des Kopfes ist bei neuen Sitzen im Vergleich zur Insassenbelastung mit alten Fahrzeugsitzen gesunken.

Heckkollision

RISP (Rear Impact Self Protection) Schutzhaltung bei Heckkollisionen

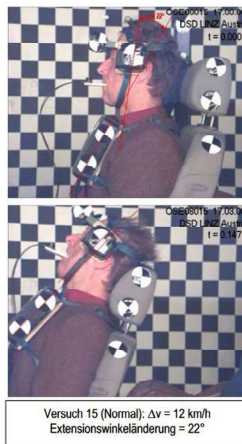
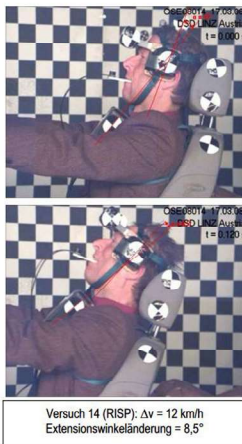


Normale Sitz- (oben) und Schutzhaltung (unten)

[Quelle: Becke, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 11 (2007) 294-299]

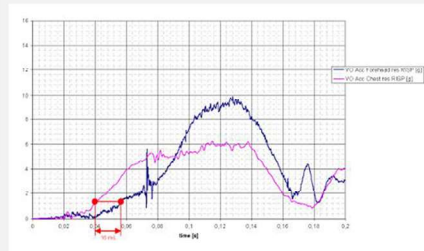
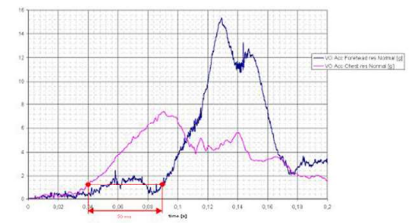
- » Zur Reduzierung des Verletzungsrisikos bei Heckkollisionen sollte der Abstand zwischen Kopf und Kopfstütze minimiert werden. Gleichzeitig können Kopf- und Schulterregion in den gepolsterten Bereich der Rückenlehne gepresst werden.
- Vorteile durch die Schutzhaltung (RISP) sind:
 - Vorliegen einer guten Führung des Kopfes durch die Kopfstütze
 - Ausbleiben einer Kollision zwischen Kopf und Kopfstütze
 - Relativbewegung zwischen Kopf und Oberkörper wird minimiert

- » Die Verringerung der Insassenbelastung durch die Einnahme der Schutzhaltung RISP wurde anhand von Versuchen mit Probanden belegt. Verglichen wurde die Belastung bei normaler Sitzhaltung und eingenommener Schutzhaltung vor der Kollision.



Beschleunigungsmessungen des Kopfes und der Brust bei Heckkollisionen mit $\Delta v = 12 \text{ km/h}$ bei normaler Sitzhaltung (Diagramm oben) und eingenommener Schutzhaltung (Diagramm unten)

[Quelle: Becke, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 11 (2007) 294-299]



- » Die Kopfbeschleunigung eilt der Brustbeschleunigung bei RISP nur geringfügig nach. Die Maximalbelastung verringert sich von 15 g auf 10 g ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

Untersuchung von aktiven und passiven Kopfstützensystemen bei der Heckkollision

- » Um das Verletzungsrisiko des Insassen bei einer Heckkollision zu verringern, werden zunehmend Systeme mit einer ausfahrbaren Kopfstütze auf dem Markt angeboten.



[Quelle: S+B-Untersuchung]



[Quelle: S+B-Untersuchung]

- » Bei dem Opel Insignia wird die Kopfstütze durch einen Druckmechanismus im Hüftbereich ausgelöst. Hierdurch ist die Auslöseschwelle und der Grad des Ausfahrens nicht nur vom Δv sondern auch vom Gewicht des Insassen abhängig.



Passives Auslösen der Kopfstütze beim Opel Insignia bei $\Delta v = 11$ km/h und einem Körpergewicht von etwa 130 kg [Quelle: S+B-Untersuchung]



Elektrisches Auslösen des NeckPro-Systems mit anliegendem Kopf

[Quelle: S+B-Untersuchung]

- » Das Kopfstützensystem NeckPro von Mercedes löst elektrisch aus. Befindet sich der Kopf beim Auslösen direkt an der Kopfstütze, wird der Kopf durch das Ausfahren der Kopfstütze sogar entgegengesetzt zur rückwärtsgerichteten Primärbewegung nach vorne beschleunigt.

Heckkollision

Vorgebeugte & verdrehte Körperhaltung, unnatürliches Abknicken des Kopfes



[Quelle: S+B-Untersuchung]



[Quelle: S+B-Untersuchung]

- » Eine vorgebeugte und verdrehte Körperhaltung wird von Fahrzeugführern oft eingenommen, wenn aus dem fließenden Verkehr in gleicher Fahrtrichtung auf eine bevorrechtigte Straße aufgefahren wird.
- » Frühere Studien haben gezeigt, dass ein verdrehter Kopf oder eine vorgebeugte Körperhaltung zu keinem erhöhten Verletzungsrisiko bei Heckkollisionen führen. Bei verdrehtem Kopf ändert sich der Verdrehwinkel im Kollisionsverlauf nicht und bei vorgebeugter Sitzposition wird die Belastung durch das Abrollen des Rückens an der Lehne sogar verringert.
- » Neue Untersuchungen zeigen jedoch, dass es durch gleichzeitiges Vorbeugen und Verdrehen des Oberkörpers und Kopfes bei der Primärbewegung zu einem unnatürlichen Abknicken des Kopfes kommen kann, da die nach hinten gerichtete Schulter die normale Abrollbewegung verhindert. Bereits bei einem Δv von 8 km/h wird die stoßabgewandte Halsseite deutlich überdehnt.

Unnatürliches Abknicken des Kopfes und Überdehnung der rechten Halsseite bei $\Delta v = 8$ km/h [Quelle: S+B-Untersuchung]

FÄLLE.
ANALYSEN.
ERGEBNISSE.



SCHIMMELPFENNIG & BECKE

SEIT 1978.

Frontalkollision

Schlittenversuche

- » Zur Analyse der Bewegungskinematik und der Belastungen wurden in unserem Hause diverse Untersuchungen durchgeführt.



Schlittenversuch mit Proband

 $\Delta v = 11,7 \text{ km/h}$ $\Delta t = 0,016 \text{ s}; a_m = 21 \text{ g}$

[Quelle: Becke/Winninghoff/Walter,
Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik
02 (2000) 45-48]



Pkw-Frontalkollision mit Probandin

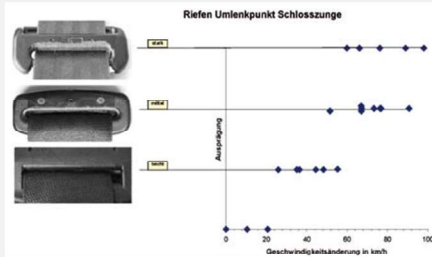
 $\Delta v = 11,1 \text{ km/h}$ $\Delta t = 0,09 \text{ s}; a_m = 3,4 \text{ g}$

[Quelle: CTS]

- » Zur Veranschaulichung der Schlittenversuche ist in der linken Abbildung ein männlicher Proband bei einem Schlittenversuch zu sehen. Man erkennt, dass es zu einer Flexionsbewegung der Halswirbelsäule kommt.
- » In der rechtsseitigen Abbildung ist der Bewegungsablauf einer Probandin in einem frontal belasteten Pkw bei einer Geschwindigkeitsänderung von $\Delta v = 11,1 \text{ km/h}$ zu sehen. Insgesamt ist eine gute Analogie zum Schlittenversuch festzustellen.
- » Aus den Beschleunigungswerten folgt, dass bei den getesteten Gurtschlitten kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderungen zwischen 8,9 und 14,9 km/h auftraten.
- » Im Rahmen der Studie wurden die Gurtschlittenbetreiber befragt, ob ihnen Verletzungen von freiwilligen Teilnehmern durch die Gurtschlittentests bekannt seien, was verneint wurde.

Belastungsspuren und Gurtstraffer: War der Gurt angelegt oder nicht?

- » An bestimmten Stellen des Gurtsystems können Belastungsspuren auftreten, anhand derer auf eine Gurtnutzung geschlossen werden kann.



Eigene Untersuchung zur Beschädigung des Gurtsystems in Abhängigkeit von der Kollisionsgeschwindigkeit
[Quelle: Walter, VRR VerkehrsRechtsReport 03 (2007) 99-104]

- » Das Auslösen der sogenannten Gurtstraffer während der Kollision sorgt für ein Anziehen des Gurtes, so dass der Insasse möglichst gut auf seiner Sitzposition gehalten wird. Ist der Gurt nach dem Unfall stramm an der B-Säule gespannt, so ist dies ein Zeichen, dass der Gurt nicht getragen wurde und die Gurtstraffer ausgelöst haben.



- » Eigene Untersuchungen zum Gurtstraffer zeigen, dass der bei der Kollision angelegte Gurt trotz Auslösen der Gurtstraffer unter speziellen Voraussetzungen nicht arretiert bleiben muss, sondern sich teilweise wieder in der B-Säule aufrollen lässt.

Teilweise arretierter Sicherheitsgurt nach Frontalkollision und Auslösen der Gurtstraffer. Der Gurt ist nicht stramm an der B-Säule gespannt. Ein Angurten mit der vorhandenen Gurtlose ist jedoch auch nicht mehr möglich. [Quelle: S+B-Untersuchung]



Manuelles Auslösen des Gurtstraffers in einem Vergleichsfahrzeug zur Untersuchung des Gurtverhaltens nach der Kollision
[Quelle: S+B-Untersuchung]

Frontalkollision

Beeinflussung der Kopfbeschleunigung durch den Airbag

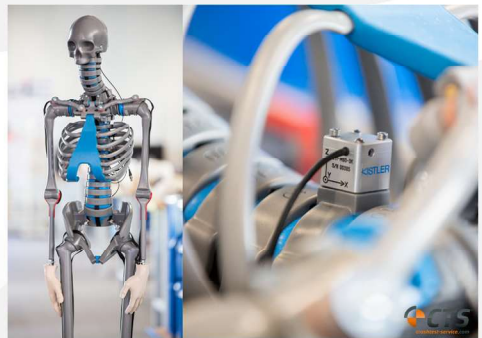


[Quelle: CTS]



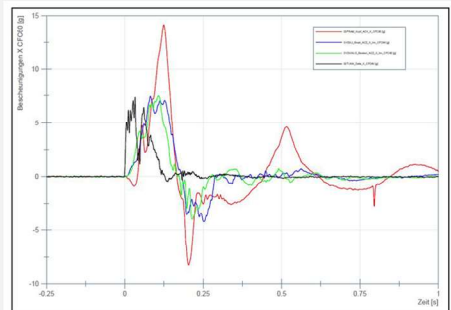
[Quelle: CTS]

- » Aus den Fahrzeugschäden kann unter Beziehung von Crashversuchen die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung Δv der Fahrgastzelle erarbeitet werden. In welchem Ausmaß sich die Belastung für den Insassen durch die Airbagauslösung bei Δv -Werten auf unterschiedlichem Niveau verringert, ist bisher nicht veröffentlicht.



Aufbau eines biofiden Dummies für Crashversuche mit Beschleunigungssensoren [Quelle: S+B-Untersuchung und CTS]

- » In Zusammenarbeit mit der Firma CTS kann durch den Einsatz sog. biofider Dummies bei Crashversuchen die Kopf-, Brust- und Hüftbeschleunigung im Vergleich zur Zellenbeschleunigung, mit und ohne Airbagauslösung, direkt am Dummy aufgenommen und ausgewertet werden.



Beschleunigungsmessung des Kopfes, der Brust und der Hüfte eines biofiden Dummies im Vergleich zur Fahrzeugbeschleunigung (schwarz) im Crashversuch [Quelle: CTS]

Studie zu schief-frontalen Anstößen

- » Verletzungen an der Halswirbelsäule werden nicht nur nach Heckauffahrkollisionen vorgetragen, sondern auch bei anderen Beanspruchungen, wie z.B. nach schief-frontalen Kollisionen.
- » Es wurden zu dieser Thematik 450 Crashtests mit 67 Freiwilligen und 2 Dummies durchgeführt.



Prinzipieller Versuchsaufbau

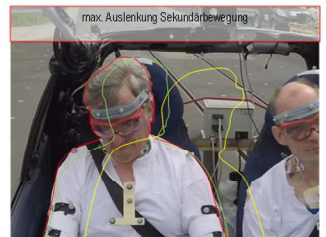
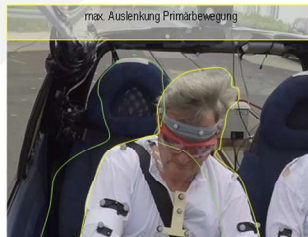


Versuchs-Pkw mit Kameras



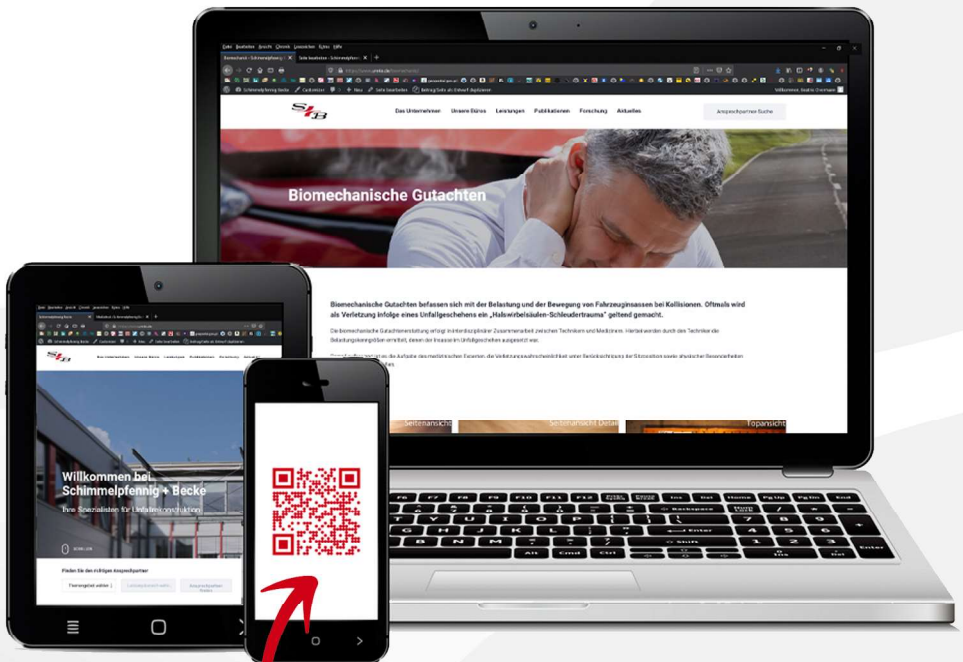
Kamera-Installation außerhalb

- » Zur Messung der Insassenbewegung kam ein hochmodernes 3D-Kamerasystem zum Einsatz. Des Weiteren wurden die Muskelaktivitäten der Probanden aufgezeichnet. Erste Analysen weisen bereits auf deutliche Unterschiede der Insassenbewegung in Abhängigkeit der Versuchsparameter hin.
- » Die kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderungen betrugen 3 und 6 km/h sowie bei einigen Versuchen knapp 8 km/h.



- » Bei einer schief-frontalen Kollision kann die Sekundärbewegung (in Querrichtung) genau so groß ausfallen wie die Primärbewegung.
- » Bei der vorläufigen Auswertung der Studien fand sich kein Hinweis darauf, dass der sogenannte Überraschungseffekt als verletzungsfördernd gewertet werden kann.

Besuchen Sie uns auch auf unserer
neu gestalteten Website!

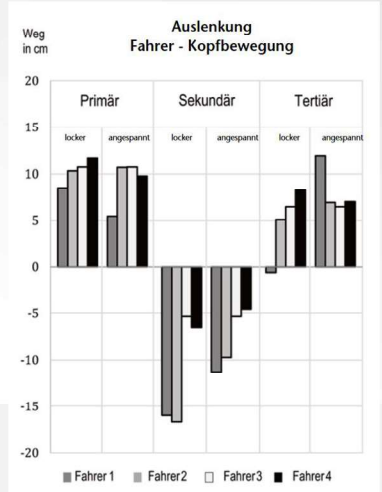
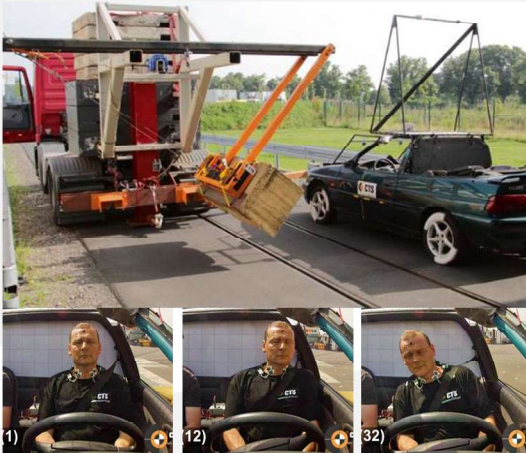


Scan me

Seitenkollision

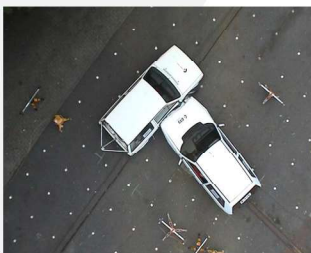
Besonderheiten im Bewegungsablauf

- » Lange Zeit lagen im Wesentlichen nur Experimente zur Seitenbelastung bei stehendem Fahrzeug vor. In der Realität finden seitliche Anstöße in der Regel jedoch gegen die fahrende Fahrgastzelle statt, wodurch aufgrund der rollenden Reifen veränderte Umstände vorliegen.



Versuchsreihe zur Kopfbelastung des Insassen bei einer Seitenkollision: Ausgangsposition (1), Primär- (12) und Sekundärauslenkung (32)
 [Quelle: Castro/Hein/Kalthoff/Becke/Gorny/Wagner/Castro, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 11 (2015) 380-389]

- » Die Versuchsreihe hat gezeigt, dass die Sekundärauslenkung des Kopfes teilweise sogar größer ausfallen kann als die Primärauslenkung in Richtung Stoßpunkt. Bei stoßabgewandter Kollision sind daher bei ausreichender Stoßintensität Anstöße gegen den Fahrzeuginnenraum mit bspw. der Schulter oder dem Kopf bei der Sekundärauslenkung denkbar.
- » Bei einer Seitenkollision kann es nicht nur zu einem Anstoß an das Fahrzeug kommen, sondern auch zur Interaktion der Insassen miteinander.

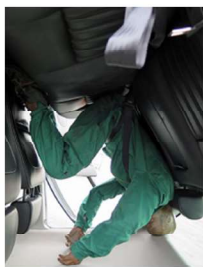


Seitenkollision mit Kopfanprall des stoßabgewandten Fahrers auf die Schulter des Beifahrers [Quelle: CTS]

Sonderfall

Überschlag

- » Grundsätzlich ist zu unterscheiden, ob der Insasse im Fahrzeug verblieb oder aus dem Fahrzeug herausgeschleudert wurde. Häufig ist aber die Frage zu beantworten, ob anhand der vorhandenen Umstände festgestellt werden kann, ob der Insasse angegurtet war oder nicht.
- » Die vorgefundene Lage des Gurtes im Fahrzeug lässt möglicherweise eine Aussage zu, ob ein Insasse angegurtet war.



Im Gurt hängender Dummy bei auf dem Dach liegendem Pkw

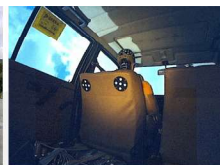
- » Ein Versuch hat gezeigt, dass bei einem kopf-über im Fahrzeug hängenden Insassen der Gurt trotz des wirkenden Eigengewichts des Insassen gelöst werden kann. Stützt sich der Insasse nicht zuvor am Dach ab, kommt es zu einem Aufprall des Kopfes in der Dachschaale mit entsprechender Belastung der Halswirbelsäule.



Position des Dummy nach dem Abschnallen

[Quelle: Wolbers, Personenschäden im Straßenverkehr (2016) 215]

- » Bisher konnte in Überschlagsversuchen noch nicht beobachtet werden, dass ein angegurteter Dummy aus dem Fahrzeug herauskatapultiert wurde. Der Dummy verblieb aufgrund der Haltekräfte des Beckengurtes in seiner Sitzposition.
- » Nicht angegurtete Dummies können während des Überschlags völlig willkürlich ihre Position im Fahrzeug verändern.



[Quelle: CTS]

- » Wird ein Insasse nach einem Überschlag außerhalb eines Fahrzeugs vorgefunden, spricht daher viel dafür, dass er nicht angegurtet war.

Anstoßmechanismen im Innenraum & akustische Belastung bei der Kollision

- » Je nach Kollisionstyp sind unterschiedliche Anstoßmöglichkeiten im Fahrzeuginnenraum zu prüfen, wie bspw.:



[Quelle: CTS]

- Verletzungen im Rückenbereich bei einer Frontalkollision durch nicht angegurte Fondinsassen, die von hinten gegen die Rückenlehne gedrückt werden.



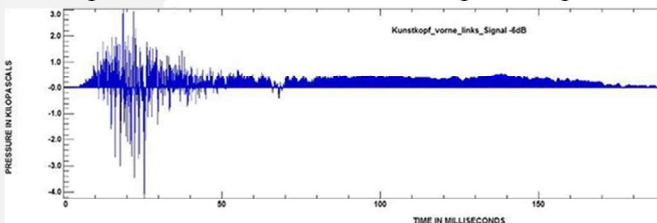
Ansicht von oben [Quelle: CTS]

- Kopfanprall des stoßabgewandten Fahrers gegen die Innenverkleidung der Beifahrertür bei einer Seitenkollision trotz ordnungsgemäß angegurtem Insassen.



Crashversuch zur Insassenbelastung: Kopfanprall in der Reboundbewegung einer Heckkollision bei $\Delta v = 15 \text{ km/h}$ [Quelle: CTS]

- » Durch die Auswertung eines Crashversuchs mit einem biofiden Dummy konnte gezeigt werden, dass es bei einer Heckkollision in der Reboundphase zum Kopfanprall des Insassen gegen den Fahrzeugdachhimmel bei einer normalen Sitzposition und bei normaler Körpergröße kommen kann.
- » Mit spezieller Messtechnik ist es möglich, die Druckbelastung für das Ohr durch das Kollisionsgeräusch und den Knall bei der Airbagauslösung individuell zu messen.



[Quelle: S+B-Untersuchung]



[Quelle: CTS]

S+B Sachverständige in Münster

Karl-Heinz Schimmelpfennig

Prof. Dipl.-Ing.¹, Geschäftsführender Gesellschafter

Manfred Becke

Dr. Dipl.-Ing.², Geschäftsführender Gesellschafter

Ingo Holtkötter

Dr. rer. nat.³, Geschäftsführer

Uwe Golder

Dipl.-Ing.⁴

Bernd Fago

Dr.-Ing.⁵

Joost Wolbers

Dipl.-Ing.⁶

Tim Hoger

Dr. rer. nat.⁵

Robert Dietrich

Dipl.-Ing.⁶

Severin Schlottbom

Dipl.-Phys.⁶

Annika Kortmann

Dipl.-Phys.

Jens Bastek

Dr. rer. nat.⁶

Thomas Dembsky

Dr. rer. nat.

Jenin Plankalayil

Dipl.-Ing.

Thilo Romberg

Dipl.-Ing.

Monika Escher

M.Sc.

Steffen Rieger

Dr. rer. nat.

seit über

40
Jahren

S+B Sachverständige in Düsseldorf

seit über

15
Jahren

Karl-Heinz Schimmelpfennig

Prof. Dipl.-Ing.¹, Geschäftsführender Gesellschafter

Manfred Becke

Dr. Dipl.-Ing.², Geschäftsführender Gesellschafter

Ingo Holtkötter

Dr. rer. nat.³, Geschäftsführer

Tim Hoger

Dr. rer. nat.⁵

Severin Schlottbom

Dipl.-Phys.⁶

öffentlich bestellt und vereidigt für

- 1 Kfz-Technik und Straßenverkehrsunfälle sowie
Unfälle mit mechanisch-technischem Gerät
- 2 Kfz-Technik und Straßenverkehrsunfälle
- 3 Straßenverkehrsunfälle sowie
Kraftfahrzeugelektrik und -elektronik
- 4 Straßenverkehrsunfälle sowie
Verkehrsüberwachungssysteme
- 5 Straßenverkehrsunfälle sowie
Unfälle mit mechanisch-technischem Gerät
- 6 Straßenverkehrsunfälle

So erreichen Sie uns

Schimmelpfennig + Becke GmbH & Co. KG

Ingenieurbüro für Unfallrekonstruktion

Münsterstraße 101
48155 Münster

Münsterstraße 358
40470 Düsseldorf

Telefon / 0 25 06 - 8 20-0

Telefax / 0 25 06 - 8 20-99

E-Mail / kontakt@ureko.de

Internet / www.ureko.de

02 11 - 8 76 68 10

02 11 - 9 33 75 05

kontakt@westreko.de

www.westreko.de

