

Personenschäden im Straßenverkehr

Unfallanalyse, Medizin, Recht

Bearbeitet von

Prof. Dr. med. William H. M. Castro, Dr. Manfred Becke, Dr. jur. Michael Nugel, Dr. jur. Thomas Balzer, Prof. Dr. med. Axel Ekkernkamp, Thorsten Facius, Horst Fischer, Dr. med. Sven Hartwig, Dr. med. Martin Hein, Dr. rer. nat. Ingo Holtkötter, PD Dr. med. Michael Huber, Wolfram Kalthoff, Prof. Dr.-Ing. Florian Kramer, Vanessa Krause, Dr. med. Ulrich Lepsien, Dr. med. Isabel Mazzotti, Prof. Dr. med. Gerrit Matthes, Stefan Meyer, Dr. techn. Andreas Moser, Markus Nickel, Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Otte, Prof. Dipl.-Ing. Karl-Heinz Schimmelpfennig, Severin Schlottbom, Prof. Dr. med. Frank Schmä, Klaus Schmedding, Prof. Dr. techn. Hermann Steffan, Esther Stoeber, Irina Vatter, Dr. med. Karla Verlinden, Patrick Vogt, Rainer Wenker, Dr. Michael Weyde, Dr. Markus Winninghoff, Joost Wolbers

1. Auflage 2016. Buch. XXXII, 873 S. Gebunden

ISBN 978 3 406 69564 3

Format (B x L): 16,0 x 24,0 cm

[Recht > Öffentliches Recht > Verkehrsrecht > Verkehrsrecht \(Straße, Luft, Eisenbahn, Wasser\), Personenbeförderung](#)

Zu [Inhalts-](#) und [Sachverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

The logo for beck-shop.de features the text 'beck-shop.de' in a bold, red, sans-serif font. Above the 'i' in 'shop' are three red dots of varying sizes, arranged in a slight arc. Below the main text, the words 'DIE FACHBUCHHANDLUNG' are written in a smaller, red, all-caps, sans-serif font.

beck-shop.de
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung [beck-shop.de](#) ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

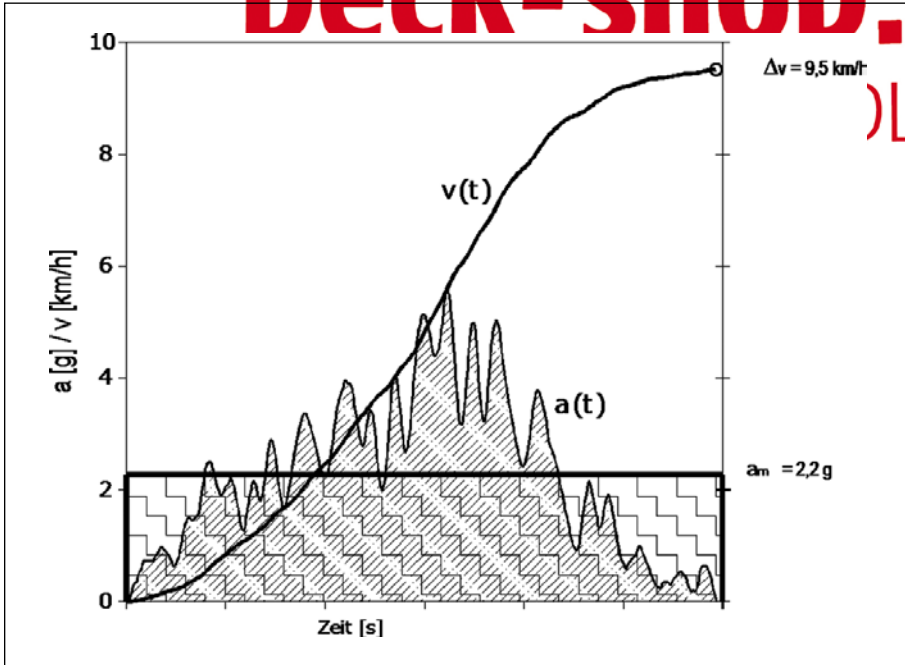


Abb. 29: Parameter zur Beschreibung der biomechanischen Belastung.

auch durch Angabe einer mittleren Beschleunigung der Fahrgastzelle über dieser Zeitspanne beschreiben, ohne dass signifikante Fehler entstehen. Geht man von der gerade erwähnten Kollisionsdauer von 0,1 s aus, so ist auch die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung Δv ein geeigneter Parameter zur Charakterisierung der Insassenbelastung. Dass eine solche Vereinfachung ohne Verfälschung der Ergebnisse möglich ist, konnte unter anderem mit Schlittentests gezeigt werden, wo bei Variation des Beschleunigungspulses und konstantem Δv keine Unterschiede im Bewegungsverhalten der Probanden zu erkennen waren. Und auch andere experimentelle Untersuchungen zeigen, dass dieser technische Parameter mit allen signifikanten Bewegungs- und Belastungsparametern korreliert⁴⁷. Für die forensische Praxis besitzt die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung zudem den Vorteil der auch für den Laien intuitiv klaren Bedeutung, wohingegen man oft feststellt, dass Laien unter Beschleunigung schlicht Geschwindigkeitsänderung (also deren Resultat) verstehen.

Die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung Δv hat sich aus diesen angeführten Gründen als Parameter zur Beschreibung der Unfallschwere sowohl im Rahmen des Gutachtenwesens, als auch in der internationalen Fachliteratur durchgesetzt (siehe Abschnitt Geschwindigkeitsänderung Δv → Rn. 14 ff.). 156

⁴⁷ Meyer/Schal, Technisch-biomechanische Unfallanalyse in: Hugemann, Unfallrekonstruktion, 2007.

- 157** Einschränkung muss abschließend an dieser Stelle angemerkt werden, dass die Angabe von Δv nur bei Vollstößen mit Kollisionsdauern um eine Zehntelsekunde ein sinnvoller globaler Parameter zur Beschreibung der biomechanischen Insassenbelastung ist. Bei zeitlich ausgedehnteren Streifkollisionen ist die Angabe der mittleren Beschleunigung sinnvoller (siehe Abschnitt Streifkollisionen, Schutzplanke → Rn. 285 ff.).

Praxistipp:

Unabhängig von Schwere und Art des Unfalls gilt in der Biomechanik und im Rahmen des Gutachtenwesens die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung Δv als der aussagekräftigste technische Kollisionsparameter zur Beschreibung der Insassenbelastung.

d) Methode

- 158** Nach der Rekonstruktion der Anstoßkonfiguration, bei der aus den Schadenfotos die Position der Unfallfahrzeuge zueinander hinsichtlich Anstoßhöhe und Überdeckungsgrad ermittelt wurde, kann man sich der Eingrenzung der Anstoßintensität und damit der Geschwindigkeitsberechnung widmen. Wie bereits eingangs erläutert, hat der Energieerhaltungssatz der Mechanik bei der Ermittlung dieser Parameter zunehmend an Bedeutung gewonnen. Anhand eines Beispiels werden im Folgenden zwei unterschiedliche, jedoch sehr anschauliche Vorgehensweisen zur Ermittlung dieser technisch relevanten Parameter vorgestellt.
- 159** **Abbildung 30** zeigt zunächst einen Auszug aus dem Analysematerial. Hierbei handelt es sich um Fotografien der Schäden zweier an einer innerstädtischen Auffahrkollision beteiligter Pkw. Die Fahrerin des heckseitig angestoßenen Honda Civic streitet um nicht unerhebliche Schmerzensgeld- und Ersatzansprüche. Sehr schnell lässt sich aus den Fotografien eine Stoßfänger-auf-Stoßfänger-Anstoßkonfiguration unter hohem Überdeckungsgrad und einem rechtsseitigen Schadensschwerpunkt, bezogen auf den heckseitig angestoßenen Honda, erkennen.



Abb. 30: Unfallschäden einer Auffahrkollision zwischen einem Seat Ibiza und einem Honda Civic.

4. Heckkollisionen

aa) **EES-Anprallversuche** Bei der Suche nach geeigneten Vergleichsversuchen mit ähnlichen Schadenbildern an der Front und am Heck stößt man auf das Problem, dass die meisten genannten Crashversuche im Rahmen gesetzlicher Bestimmungen zum Insassenschutz oder Verbrauchertests auf vergleichsweise hohe Belastungen abzielen. Sie werden zu diesem Zweck mit hohen Geschwindigkeiten gefahren. So werden Frontalkollisionen nach der europäischen Norm Euro-NCAP beispielsweise unter voller Überdeckung mit einer Anprallgeschwindigkeit von 50 km/h und gegen eine verformbare Barriere unter Teilüberdeckung mit 56 km/h gefahren. Die dabei erzielten umfangreichen Fahrzeugverformungen lassen sich jedoch nicht auf eine Leichtkollision wie in **Abbildung 30** übertragen. Zur Beurteilung dieser Unfälle sind somit oft fallspezifische Kollisionsversuche oder spezielle Barrierenanprallversuche durchzuführen. **Abbildung 31** zeigt exemplarisch das Ergebnis eines Barrierenanpralltests mit geringer Anstoßgeschwindigkeit. Der abgebildete Frontschaden basiert auf einem Versuch, bei dem ein dem Unfallfahrzeug typgleicher Seat Ibiza frontal gegen ein Stoßfängermodell aus Hartholz (ohne Energieabsorptionsvermögen) prallte. Das Modell war auf üblicher Stoßfängerhöhe an einer starren Barriere montiert. Nach dem Versuch waren eine merkliche Fehlstellung des Frontstoßfängers und leichte Belastungsspuren an den Längsträgerspitzen festzustellen. Anhand der im Versuchsfahrzeug installierten Messtechnik konnte durch die aufgezeichnete Fahrzeugbeschleunigung eine EES zur Beschreibung der Deformationsenergie von 9 km/h ermittelt werden. Dieser Versuchsschaden war allerdings etwas intensiver als der Unfallschaden, was in der Analyse des Unfalls zwischen dem Seat und dem Honda einzukalkulieren ist. Eine zusätzliche Erkenntnis aus dem Versuch war, dass der Seat Ibiza aufgrund der zu beobachtenden geringen Deformationstiefe über eine vergleichsweise struktursteife ausgelegte Fahrzeugfront verfügt. Diese Tatsache ist unter dem physikalischen Grundsatz von „Actio = Reactio“ (3. Newton'sches Gesetz) bei der Ermittlung der Gesamtdeformationsenergie zweier unterschiedlich struktursteifer Kollisionspartner zu berücksichtigen (siehe Abschnitt Geschwindigkeitsänderung $\Delta v \rightarrow Rn. 14$ ff.). Das Vergleichsbild vom Heckschaden (**Abb. 32**) zeigt keinen dem Unfall-Pkw typgleichen Honda, sondern einen Suzuki Swift. Dieser Pkw verfügt (nicht

160

161



Abb. 31: Vergleichsfrontschaden des Seat Ibiza.



Abb. 32: Vergleichsheckschaden des Suzuki Swift.

nur äußerlich) über einen sehr ähnlichen Karosserieaufbau. Der abgebildete Versuchsschaden wurde ebenfalls durch einen Anprall gegen das bereits vorgestellte Stoßfänger-Barrierenmodell erzielt, er lässt sich hinsichtlich der aufgenommenen Deformationsenergie durch eine EES von 18,5 km/h einstufen. Beim Test-Suzuki sind insbesondere die Stauchfalten im rechten hinteren Seitenteil auffällig. Der Schadenumfang und somit auch die EES des unfallbeteiligten Pkw waren auch hier insgesamt geringer. Der erhebliche Unterschied zwischen den EES-Werten des stoßenden und des gestoßenen Fahrzeugs lässt sich technisch durch die besonders stukturharte Frontpartie des auffahrenden Seat Ibiza erklären.

- 162** Durch diese Vergleichstests konnte die EES für die Unfallfahrzeuge in einer praxisnahen Bandbreite eingrenzt werden. So wurde die EES für den Frontschaden am Unfall-Seat zwischen 6 und 8 km/h angesetzt, der Heckschaden am Honda Civic wurde in einer etwas größeren Bandbreite einer EES zwischen 14 und 18 km/h angegeben. Durch Addition der hieraus gewonnenen Verformungsenergien (siehe Abschnitt Geschwindigkeitsänderung $\Delta v \rightarrow$ Rn. 14 ff.) und unter Berücksichtigung einer Teilelastizität durch Angabe eines k-Faktors zwischen 0,15 und 0,25 konnte die Relativgeschwindigkeit im Unfall zwischen dem Seat und dem Honda in einer Bandbreite zwischen 21 und 26 km/h berechnet werden. Dies führt über die Zusammenhänge des Impulserhaltungssatzes der Mechanik auf ein Δv des angestoßenen Pkw in einer Bandbreite von 13 bis 17 km/h.
- 163** Das Beispiel der Analyse mithilfe von EES-Versuchen zeigt nur einen kleinen Ausschnitt der gesamten erforderlichen Vorarbeiten. Bei der Arbeit mit Vergleichsversuchen kommt es zunächst darauf an, auf ein möglichst umfangreiches Archiv zurückgreifen zu können. Weiterhin ist die analytische Bewertung des Deformationsverhaltens (vgl. struktursteifer Seat im Beispiel) unerlässlich. Selten findet man typgleiche Versuchsfahrzeuge, die unter mit dem zu untersuchenden Unfall identischen Versuchsbedingungen hinsichtlich Überdeckungsgrad und Anstoßhöhe beansprucht wurden. Häufig sind deshalb Quervergleiche unterschiedlicher Anstoßsituation und Fahrzeuggenerationen erforderlich. Reicht die Ergebnisgüte (im vorangegangenen Beispiel Δv in einer Bandbreite zwischen 13 und 17 km/h) zur Beurteilung des Einzelfalls nicht aus oder wird von juristischer Seite eine genauere Ein-

4. Heckkollisionen

stufung gefordert, so bleibt nur der Weg über ein Unfallexperiment mit den Unfall-Pkw baugleichen Fahrzeugen.

bb) Unfallversuche Obwohl die Durchführung eines Auffahrkollisionsversuchs mit hohem Arbeits- und Kostenaufwand verbunden ist, gewinnt das spezifische Kollisionsexperiment als Lösungsmöglichkeit zunehmend an Bedeutung. In **Abbildung 33** sind die an einem Kollisionsversuch beteiligten Fahrzeuge abgebildet. Hierbei handelt es sich um Testfahrzeuge, die den Unfallfahrzeugen aus **Abbildung 30** in Bezug auf Hersteller und Typ gleichen. Die Versuchsplanung hinsichtlich Überdeckungsgrad, Anstoßhöhe, Kollisionswinkel und beabsichtigter Relativgeschwindigkeit stützte sich dabei auf die bereits in den **Abbildungen 31** und **32** gezeigten EES-Versuche und die daraus erarbeiteten Berechnungsergebnisse. Der Kollisionsversuch ist also nicht Ersatz für die EES-Methode, sondern eine sinnvolle Ergänzung.



Abb. 33: Anstoßkonfiguration und Vergleichsschäden des Kollisionsversuchs.

Vorbereitend sind Testfahrzeuge anzuschaffen und mit Messtechnik auszurüsten. Beim Versuch befand sich im angestoßenen Pkw ein Dummy, der auffahrende Pkw wurde hingegen von einem Freiwilligen in die Kollision gelenkt. Die Kollisionsgeschwindigkeit des auffahrenden Seat betrug 22,4 km/h und konnte mit einer Lichtschranke gemessen werden. Die im Versuch entstandenen Schäden werden in **Abbildung 33** (unten) gezeigt. Der Bewegungsablauf des Dummies ist im **Video 1** zu sehen.

Sowohl Frontschäden als auch Heckschäden an den Testfahrzeugen sind etwas intensiver ausgefallen als im Unfall (**Abb. 34**), die im Versuch gemessene Geschwindigkeitsänderung im gestoßenen Fahrzeug konnte somit als obere



Abb. 34: Visueller Vergleich der Schäden von Unfall (oben) und Crashtest (unten).

Grenze für den konkreten Fall angegeben werden. Im Ergebnis konnte so die aus den EES-Versuchen festgestellte Ergebnisbandbreite eines Δv zwischen 13 und 17 km/h auf den unteren Bereich manifestiert werden, sodass tatsächlich von einer kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung des heckseitig angestoßenen Honda Civic in einer Bandbreite von etwa 13 bis 14 km/h ausgegangen werden kann. Voraussetzung für dieses Analyseergebnis ist natürlich das Gelingen des Kollisionsexperiments, was nie garantiert werden kann. Jedoch ist die Rekonstruktion der technisch-biomechanischen Kollisionsparameter im Falle eines erfolgreichen Unfallversuchs mit typgleichen Fahrzeugen in sehr engen Grenzen möglich.

- 167** Die Vergleichsbilder in **Abbildung 34** legen außerdem nahe, dass ein visueller Vergleich im Gegensatz zu rein formelmäßigen Zusammenhängen vom technischen Laien sicherlich einfacher nachvollzogen werden kann⁴⁸.
- 168** Die vorgestellten Barrierenanpralltests und der Kollisionsversuch befinden sich in der Internet-Datenbank von CTS und können dort im Detail betrachtet werden⁴⁹.

⁴⁸ Vgl. Kalthoff, VerkehrsRechtsReport 2006, 14.

⁴⁹ <http://www.crashtest-service.com>.

Praxistipp:

Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit müssen in einer Unfallanalyse zwingend Vergleichsbilder aus Barrieren-Crashtests und/oder Kollisionsversuchen zur Veranschaulichung der Berechnungsergebnisse enthalten sein. Nur durch Kollisionsexperimente (Crashtests) unter Beteiligung typgleicher Fahrzeuge ist eine Bestimmung der technisch-biomechanischen Kollisionsparameter in engen Grenzen möglich.

e) Insassenbewegung während der Heckkollision

Um von der Höhe des technischen Kollisionsparameters Δv auf die biomechanische Belastung des Insassen in einem heckseitig angestoßenen Fahrzeug zurückzuschließen, ist es erforderlich, die Bewegung des Insassen zunächst zu erforschen und anschließend anschaulich zu beschreiben. Die Biomechanik lehrt uns, dass mit steigender Anregung (Δv) des Systems (Fahrzeug/Sitz) auch dessen Antwort (Insassenbewegung) zunimmt. 169

aa) Alltagsbelastung im Autoscooter Zur Beschreibung des Bewegungsablaufs eines Pkw-Insassen während des Heckanstoßes ist es zunächst notwendig, ein allgemein tolerierbares Belastungsniveau zu definieren, um dann eine für den freiwilligen Probanden gefahrlose Versuchsdurchführung zu gewährleisten. Aus diesem Grund wurden in der Vergangenheit allgemein tolerierbare Belastungen aus dem Alltagsleben untersucht, wie sie beispielsweise im Autoscooter auf dem Jahrmarkt auftreten. Die während des normalen Fahrbetriebs stoßbedingt einwirkenden Beschleunigungen auf eine Autoscooter-Fahrgastzelle wurden messtechnisch erfasst und hieraus die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung berechnet. Diese Werte konnten auf Pkw-Pkw-Heckanstoße übertragen und so der Bewegungsablauf von Freiwilligen im heckseitig angestoßenen Pkw ohne Verletzungsrisiko für die Teilnehmer studiert werden. 170

Der beispielhafte Vergleich der Anstoßanregung eines Autoscooters mit der einer Pkw-Karosserie ist in **Abbildung 35** gezeigt. Der fettgedruckte Linienzug beschreibt die Autoscooter-Heckkollision, wohingegen die feinere Kurve die Pkw-Heckkollision charakterisiert. Bereits anschaulich wird klar, dass der Zeitverlauf sehr ähnlich ist – man gewinnt fast den Eindruck, dass es sich bei dem Autoscootersignal um ein gefiltertes oder geglättetes Signal der Pkw-Beschleunigung handeln könnte. Die höherfrequenten Überschwingungen in dem dünn gezeichneten Pkw-Verlauf können vom Insassen aufgrund der Sitz- und Körperdämpfung ohnehin nicht wahrgenommen werden. Insofern sind Autoscooter- und Pkw-Heckanstoße kollisionsmechanisch sehr gut miteinander zu vergleichen⁵⁰. 171

⁵⁰ Castro/Schilgen/Meyer/Weber/Peuker/Wörtler, Eur Spine J, 1997; 6:366–375; Meyer, Experimentelle Untersuchung des Zusammenhangs zwischen technischen Kollisionsparametern und der Bewegungskinetik von Insassen im Hinblick auf leichte HWS-Schleudertraumen, Universität Hannover, Institut für Kraftfahrwesen, 1993; Meyer/Hugemann/Weber, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 1994, 15–21 und 187–199; Meyer/Weber/Castro/Schilgen/

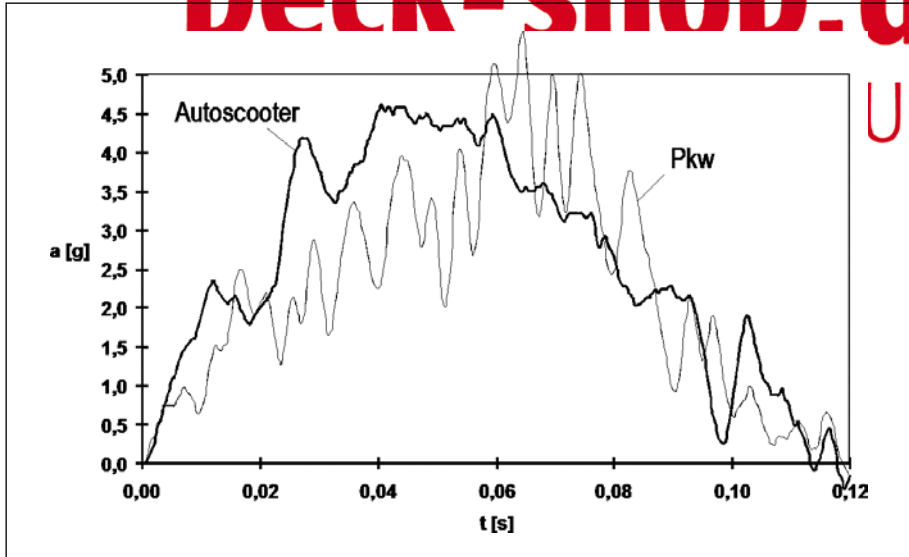


Abb. 35: Vergleich der Beschleunigungen im Autoscooter und im Pkw.

- 172** Der direkte Vergleich einer Insassenbewegung infolge eines Autoscooter-Heckanstoßes und eines Pkw-Heckanstoßes, die sich jeweils durch Angabe einer kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung um 10 km/h beschreiben lassen, ist in **Abbildung 36** gezeigt. Die linke Bildspalte dokumentiert den Bewegungsablauf eines Freiwilligen im heckseitig angestoßenen Autoscooter, an dem wegen des luftgefüllten Prallrings keine Schäden festzustellen sind. Das Kollisionsverhalten ist vergleichsweise elastisch und lässt sich durch einen k-Faktor von etwa 0,7 bis 0,8 beschreiben. Aufgrund einer fehlenden Kopfabstützung – die Sitzschale des Autoscooters stützt den Rücken des Insassen nur etwa bis in Schulterblathöhe ab – kommt es zu einer Überstreckung, einer sogenannte Hyperextensionsbewegung, der Halswirbelsäule. Die katapultartig nach vorne beschleunigte Sitzschale des Autoscooters wird gleichsam unter dem Insassen hinweg bewegt. Über den Kraftschluss mit dem Rücken erfährt der Körper des Insassen eine Vorverlagerung, der ungehaltene Kopf knickt nach hinten ab.
- 173** Demgegenüber bietet der Fahrzeugsitz eines Pkw eine deutlich höhere Schutzfunktion. Dies ist daran zu erkennen, dass in der rechten Bildspalte bei ähnlicher Anregung, also vergleichbarem Δv , die Freiwillige auf dem Fahrersitz des heckseitig angestoßenen Fahrzeugs wegen der Sitzelastizität zunächst nur mit geringerer Intensität nach vorne beschleunigt wird. Auch eine Überstreckung der Halswirbelsäule (Hyperextension) ist aufgrund einer Abstützung des Hinterkopfes durch die ebenfalls nach vorne eilende Kopfstütze nicht zu beobachten.

Peuker, The Minimal Collision Velocity for Whiplash, Whiplash Injuries: Current Concepts in Prevention, Diagnosis and Treatment of the Cervical Whiplash Syndrome, edited by Robert Gunzburg and Marek Szpalski, Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia 1998.