

Was ist ein «schwerer», was ein «leichter» Verkehrsunfall?

P. Niederer^a, F. Walz^a, M. Muser^a, U. Zollinger^b

^a Institut für Biomedizinische Technik, Universität und ETH Zürich

^b Institut für Rechtsmedizin, Universität Bern

Vorbemerkungen

Der folgende Artikel mag primär für eine Ärztezeitung etwas technisch erscheinen; die Praxis zeigt aber, dass sich Ärzte häufig gutachterlich auftragsgemäss auch zu fahrzeugtechnischen und biomechanischen Belangen äussern müssen. Oft ist dabei erkennbar, dass der fachliche technische und biomechanische Hintergrund zu diesen komplexen Fragestellungen fehlt; er wird ja durch die medizinische Ausbildung nicht abgedeckt und die «Erfahrung» hilft auch nicht weiter. Schliesslich sind leider in diversen medizinischen (und juristischen) Publikationen über die Biomechanik klare fachliche Fehler enthalten, die dem Mediziner aber dennoch als Grundlage dienen. Es sollen hier deshalb aus physikalischer und biomechanischer Sicht einige Hinweise zur – oft gar nicht erkannten – Problematik abgegeben werden.

Einleitung

In Pressemitteilungen oder in Verlautbarungen der Polizei im Zusammenhang mit Verkehrsunfällen ist häufig von «schwer» oder «leicht» die Rede. Diese Klassierung basiert dabei meist auf einer kaum nachvollziehbaren Kombination von verkehrstechnischen Gegebenheiten (vermutete Geschwindigkeiten), Fahrzeugzerstörungen und dem Ausmass von Verletzungen.

¹ Geschwindigkeitsänderung (Delta-v): Durch Kollision bedingte Geschwindigkeitsänderung des Fahrzeuges (z.B. ein stillstehendes Fahrzeug ändert seine Geschwindigkeit durch einen Heckanprall von Null auf 10 km/h = Delta-v 10 km/h). Oder: Frontale Kollision gegen eine nicht nachgebende Mauer mit 20 km/h: Delta-v = 20 km/h.

² Dass auch die psychische Verfassung der Betroffenen eine eminent wichtige Rolle spielen kann, ist bekannt. Darauf wird hier jedoch nicht eingegangen, da diese Abhandlung auf einige grundlegende Aspekte der Kollisions- und der Biomechanik beschränkt ist.

Korrespondenz:

Prof. Dr. med. Felix Walz
Institut für Biomedizinische Technik
Universität und ETH Zürich
Gloriastrasse 35
CH-8092 Zürich
www.biomed.ee.ethz.ch

Bedeutungsvoll kann der Schweregrad einer Kollision dann werden, wenn eine gerichtliche Beurteilung erfolgt, oder wenn hohe Versicherungsleistungen zur Diskussion stehen. Versucht man, einer qualitativen Einteilung (z.B. leicht – mittelschwer – schwer) auf den Grund zu gehen, stösst man auf erhebliche Definitionsschwierigkeiten und Unklarheiten bezüglich der einzelnen relevanten Parameter wie Geschwindigkeiten (Fahr-, Kollisionsgeschwindigkeiten, Delta-v¹), Fahrzeugdeformationen, Beschleunigungen usw. [1] einerseits und Schweregrad von Verletzungen andererseits. Wie ist z.B. letzterer einzustufen? Nach Primärschaden (schon hier ist die Abgrenzung zwischen schwer, mittelschwer und leicht nicht klar), Todesrisiko, Heilungsdauer, langfristige Schäden, Kosten?

In einem kürzlich in Bern abgehaltenen, von den Autoren mitorganisierten internationalen Kongress über kollisionsbedingte Schäden an der Halswirbelsäule [2] kam es einmal mehr zu hitzigen Kontroversen über die «Schwere von Autokollisionen», insbesondere von Heckstössen und deren Relation zu Verletzungen der Halswirbelsäule, d.h. gerade über die Frage der Kausalität. Besonders problematisch wird die Sache dabei dann, wenn technisches Halbwissen Verbreitung findet, was naturgemäss dadurch begründet ist, dass Ärzte und Anwälte ohne einschlägige Kenntnis der Kollisions- und Verletzungsmechanik involviert sind. Im folgenden soll deshalb versucht werden, einige technische und biomechanische Begriffe zu klären, die – oft nicht korrekt angewandt – in ärztlichen und juristischen Berichten auftauchen.

Seit den sechziger Jahren wird dem Thema Sicherheit im Strassenverkehr in zunehmendem Masse Beachtung geschenkt. In der Automobilindustrie nimmt die Fahrzeugsicherheit einen immer höheren Stellenwert ein. Bei der grundlegenden Unfallforschung steht dabei zunächst die Frage nach Kriterien im Vordergrund, gemäss welchen die Schwere einer Kollision bzw. die Schwere einer Verletzung klassiert werden kann. Dabei sind drei Aspekte, nämlich erstens die mechanische Schwere einer Kollision, bezogen auf das Fahrzeug (Fahrzeugtechnik), zweitens die Schwere einer Verletzung (Medizin) und drittens die Körperbelastung in einem spezifischen Fall (Biomechanik), deutlich zu unterscheiden [3]. Entsprechend haben die drei Beurteilungen einen unterschiedlichen fachlichen Hintergrund, wenn sie auch immer im gemeinsamen Zusammenhang anzugehen sind.

Jedes Fahrzeug, jede Kollision, die jeweiligen Kollisionsumstände, sodann die betroffenen Fahrzeuginsassen, deren biomechanische Konstitution und die im Moment der Kollision innegehabte Körperstellung sind unterschiedlich und haben einen entscheidenden Einfluss auf das Unfallgeschehen². Kriterien, welche Unfälle oder Verletzungen klassieren, haben demnach lediglich als statistische Grössen eine Berechtigung, und solche müssen in umfangreichen Feldstudien im Sinne von Populationsmittelwerten erhoben werden. Im Einzelfall können sich markante Abweichungen ergeben. Aus diesem Grunde haben auch Aussagen in bezug auf Kausalitäten wie «mit Sicherheit» oder

«ausgeschlossen» im Rahmen verkehrstechnischer und biomechanischer Beurteilungen keinen Platz.

Physikalische Zusammenhänge

Es hat sich im Rahmen langjähriger Untersuchungen gezeigt, dass Fahrzeug-Fahrzeug-Kollisionen, welche dadurch charakterisiert sind, dass

- ein Einzelstoss vorliegt,
 - die bei der Kollision eintretenden Kontaktkräfte zwischen den Fahrzeugen in guter Näherung in einem Punkt zu einer Gesamtkraft reduziert werden können,
 - die Stossrichtung klar definiert ist,
- drei Grössen eine Klassierung der Kollisionsschwere erlauben. Es handelt sich um
- das Integral der Fahrzeugbeschleunigung über die Kollisionszeit, d.h. die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung, der erwähnte Δv -Wert
 - die Kollisionsdauer, und daraus folgend
 - die mittlere Fahrzeugbeschleunigung (bzw. Verzögerung).

Mit Ausnahme der Kollisionsdauer sind diese Grössen für beide kollidierenden Fahrzeuge verschieden. Aus der Definition von Δv geht klar hervor, dass dieses Kriterium seinen Sinn verliert, wenn die oben erwähnten Voraussetzungen nicht erfüllt sind. Die Beschleunigung ist eine vektorielle Grösse, und falls diese während der Kollision ihre Richtung stark ändert, führt die Integration auf einen sinnlosen Wert. Komplexe Kollisionen, Überschläge, usw. können demnach mit Δv nicht oder, je nach Fall, höchstens in grober Näherung erfasst werden.

Wenn also jemand, wie es am erwähnten Kongress in Bern [2] geschehen ist, die Fahrt eines amerikanischen «rattler roller coaster» (eine Art Rüttelachterbahn) mit Δv zu erfassen versucht und mit Vielfachen der Erdbeschleunigung argumentiert, ist dies – technisch gesehen – Unsinn. Beim Rattler sind die Insassen andauernd, zum Teil äusserst heftigen Stössen von allen Seiten ausgesetzt, die Beschleunigungswerte erstrecken sich über ein weites Spektrum von Frequenzen mit zum Teil sehr hohen Spitzen. Dass dabei gelegentlich schwere Verletzungen auftreten, erstaunt nicht, allerdings versagen in einem solchen Umfeld alle bekannten Kriterien, welche im Zusammenhang mit der Autosicherheit angewendet werden. Eine Übertragung auf Autokollisionen, insbesondere leichte Heckkollisionen ist nicht möglich.

Die Bestimmung von Δv , der Stosszeit oder der mittleren Beschleunigung erfordert einschlägiges Fahrzeugtechnisches Fachwissen, Kenntnis der äusserst umfangreichen Literatur (beispielsweise stehen von der «National Highway Traffic Safety Administration» der USA [4], der Deutschen DEKRA [5] oder dem Allianz-Zentrum für Technik [6] und dem Europäischen Verein für Unfallforschung [7] Tausende von Daten über Kollisionsversuche zur Verfügung), Kenntnis der Methoden der Unfallrekonstruktion sowie praktische Erfahrung.

Schwere von Verletzungen und Trauma-Biomechanik

Schwieriger ist es, die auf physikalisch-technischer Basis erhobene Kollisionssituation mit Verletzungsbildern zu korrelieren [8–11]. Hier begibt man sich auf das Fachgebiet der Trauma-Biomechanik [12–14]. Es erhebt sich zunächst wiederum die Frage nach der «Schwere» einer Verletzung. Wie bereits erwähnt wurde, ist eine ganze Reihe von Kriterien denkbar. Schwierigkeiten im Diskurs zwischen Medizinern und Juristen rühren bereits daher, dass der Jurist eine klare Definition der «schweren Verletzung» gemäss StGB kennt, nämlich «zu bleibendem Schaden führend» usw., während der klinisch tätige Mediziner je nach seinem Dafürhalten eine Verletzung als «schwer» oder «leicht» zu beurteilen pflegt. In der Unfallforschung und in der Autoindustrie wird die sogenannte «Abbreviated Injury Scale» (AIS) und die Erweiterung «Injury Severity Score» (ISS) verwendet, welche durch die «Association for the Advancement of Automotive Medicine» AAAM [15] definiert und laufend nachgeführt wird. Die AIS-Skala erstreckt sich von 0 bis 6, wobei AIS = 0 keine Verletzung, AIS = 6 eine «derzeit nicht behandelbare» Verletzung bedeutet. Die Einteilung erfolgt einzig nach der Überlebbarkeit einer Verletzung. Langzeitfolgen oder klinische Probleme sind dabei nicht berücksichtigt. Im Verlaufe vieler Feldstudien hat sich gezeigt, dass Δv und ISS im Sinne der Statistik brauchbare Kriterien sind, indem mit zunehmendem Δv -Wert die Verletzungsschwere im Mittel signifikant ansteigt.

Besondere Verhältnisse liegen bei «leichten» Heckkollisionen vor, bei welchen anschliessend Halswirbelsäulenbeschwerden auftreten. Der Grund besteht darin, dass in einem solchen Fall der Kopf des/der Betroffenen in der Regel keine weiträumige Bewegung ausführt, so dass mit Ausnahme der Kopfstütze kein Element des Fahrzeuginnenraumes kontaktiert wird.

Bei leichten Heckkollisionen sind die oben erwähnten Voraussetzungen für die Beurteilbarkeit der «Heftigkeit» der Kollision meist weitgehend erfüllt. Es ist somit möglich, die Kollision aus technischer Sicht ausreichend zu beschreiben. Erschwerend ist gelegentlich der Umstand, dass solche Kollisionen oft schlecht dokumentiert sind, da sie eben mechanisch von «leichter» Natur sind, und beispielsweise die Polizei nicht beigezogen wird. Verletzungen in solchen Fällen sind, falls überhaupt, meist vom Schweregrad AIS = 1. Zusätzlich ist bekannt, dass sich Beschwerden nach leichten Heckkollisionen häufig erst viele Stunden nach dem Ereignis bemerkbar machen, und dass das heutige diagnostische Instrumentarium (Computertomographie, Magnetresonanztomographie, Positronen-Emissions-Computertomographie, usw.) oft keine brauchbaren Informationen liefert [16–18]. Rein klinisch festgestellte Symptome mit dem Ereignis in Verbindung zu bringen, erfordert deshalb besondere Vorsicht, insbesondere als aus der rein zeitlichen Koinzidenz von traumatischem Ereignis und Auftreten von Beschwerden noch keine belegbaren Schlüsse bezüglich Kausalität möglich sind.

Die biomechanische Beurteilung nimmt sich dieses Problems an und stellt damit das Bindeglied zwischen technischer Unfallrekonstruktion und ärztlicher Diagnose und Behandlung dar. Sie kann nur durch einen in diesem Gebiet besonders ausgebildeten Mediziner oder Biomechaniker erfolgen. Auch hier ist einschlägiges Fachwissen, gepaart mit langjähriger Erfahrung, notwendig.

Leider versuchen gelegentlich Ärzte oder Juristen, zum Teil nolens volens, Unfallrekonstruktionen und biomechanische Beurteilungen selbst vorzunehmen, indem sie aufgrund subjektiver Schilderungen einer betroffenen Person und mit oder auch ohne Betrachtung der Unfallfotos Feststellungen bezüglich der «Schwere» einer Kollision treffen. Oft lässt man sich dabei, wie erwähnt, allein von der lediglich zeitlichen Koinzidenz zwischen Kollisionsereignis und Angabe von Beschwerden leiten. Werden später eine oder mehrere Fachpersonen als Gutachter beigezogen, ist damit die Möglichkeit einer Kontroverse vorprogrammiert, da die einen von reinen «medizinischen» Schätzungen der Kollisionsheftigkeit ausgehen, während sich andere Gutachter auch auf technische Fakten stützen können. Die Folge davon ist, dass die Streitereien, welche dann fälschlicherweise als «Expertenstreit» dargestellt werden, gelegentlich zu jahrelangen Verfahren auf dem Buckel des/der Betroffenen ausarten. Mangels seriöser verkehrstechnischer und biomechanischer Abklärungen kommt es ohne weiteres vor, dass beispielsweise bei jemandem mit einer schwerwiegenden Halsverletzung nicht einmal ein Röntgenbild gemacht wird, weil der Verletzungsverursachende Verkehrsunfall vom Arzt als unbedeutend taxiert wird. Andererseits hatten die Autoren einen Fall zu beurteilen, bei dem jemand – ohne Erfolg – an der Halswirbelsäule operiert wurde, obwohl die objektiv vorhandenen Beschwerden kein somatisches Korrelat aufwiesen und die Kollision biomechanisch unerheblich war, aber vom Arzt aufgrund der Angaben des Patienten als «sehr heftig» angenommen wurde. Durch eine rechtzeitig ausgeführte verkehrstechnische und biomechanische Abklärung hätten ohne weiteres entsprechende Hinweise gefunden werden können, dass ein solches chirurgisches Vorgehen nicht angezeigt war. In diesem Sinne kann eine derartige Analyse für den Arzt und den Patienten wertvolle Hinweise für die weiteren Diagnose- und Therapiepfade bringen [19]: Bei Kenntnis des tatsächlichen Unfallablaufes als weiterem Mosaikstein im Gesamtbild steht bei einem biomechanisch – immer bezogen auf den individuellen Fall – heftigen Unfallereignis eine Therapie eher im somatischen bzw. bei einem biomechanisch unerheblichen Ereignis eher im psychologischen Bereich im Vordergrund.

Hinweise zur Kausalitätsbeurteilung

Die statistische Korrelation zwischen Kollisionsmechanik und Verletzungen geschieht auf der Basis der Rekonstruktion von realen Unfällen, biomechanischen Testserien, kontrollierten Versuchen mit «nicht gefassten» Freiwilligen verschiedener Altersgruppen (im subtraumatischen Bereich) [20, 21] und mathematischen Modellen. Im Lauf der Zeit haben sich dabei gewisse Regeln herausgebildet, welche jedoch lediglich im Sinne der Statistik Bedeutung haben und in jedem Einzelfall neu beurteilt werden müssen. Diese sind insbesondere in bezug auf Heckkollisionen und Schäden der Halswirbelsäule von Bedeutung, während andere Kollisionsumstände und Verletzungen meist weniger kontrovers beurteilt werden.

1. Ist der Δv -Wert grösser als 10 km/h, gilt die Kausalität zwischen Unfallereignis und HWS-Verletzungen bzw. Beschwerden unter den folgenden Zusatzbedingungen aus biomechanischer Sicht als erklärbar: Das betreffende Fahrzeug verfügt über keine der zu beurteilenden Kollisionssituation besonders angepassten Sicherheitssysteme (Sitz/Kopfstützenkonstruktion und -funktion), $\Delta v \geq 10$ km/h entspricht dem maximalen Wert des ermittelten Bereiches³ evtl. von nachgefahrenen Crashversuchen, die mittlere Fahrzeugbeschleunigung beträgt mehr als 3 g (1 g = Erdbeschleunigung).

Umstände, welche eine derartige Schlussfolgerung relativieren können, betreffen beispielsweise einen durchtrainierten, gesunden und kräftigen jungen Mann, bei welchem eine erhöhte Toleranz bezüglich mechanischem Trauma besteht, oder (bei Heckkollisionen) das Vorhandensein eines Fahrzeugsitzes der neusten Generation mit verbesserter Heckaufprallsicherheit.

2. Ist der Δv -Wert dagegen geringer als 10 km/h, sind weitere Abklärungen notwendig, welche unter Umständen sehr umfangreich und zeitaufwendig sein können, z. B. war die Halswirbelsäule gemäss Arztberichten bereits relevant vorgeschädigt, durch degenerative Veränderungen oder aufgrund einer früheren HWS-Belastung. Welchen mutmasslichen Einfluss hatte das Alter? Hatte der/die Insasse/Insassin eine Sitzposition inne, welche die Verletzungsgefahr vergrösserte? War der Aufprall besonders hart (mittlere Fahrzeugbeschleunigung mehr als 3 g)? Waren andere eventuell verletzungsfördernde Umstände vorhanden? Erst nach sorgfältiger Abklärung all dieser Fragen lässt sich gegebenenfalls der Schluss ziehen, dass eine Verletzung aus technisch-biomechanischer Sicht erklärbar oder nicht erklärbar ist.

³ Es lassen sich wegen der immer vorhandenen Unsicherheiten grundsätzlich nur Intervalle für Δv , nie jedoch exakte Werte bestimmen.

Es gibt Fälle, wo dieses kollisionsmechanische Konzept, basierend auf Δv und den übrigen oben erwähnten technischen und biomechanischen Grössen, nicht angewendet werden kann; es ist in jedem Fall durch den entsprechenden Experten spezifisch vorzugehen.

Aus begreiflichen Gründen ist die Anwendung derartiger Regeln brisant, denn sie können unter Umständen einen gewichtigen Einfluss auf die Höhe von Versicherungsleistungen haben. Es ist deshalb nicht erstaunlich, dass kontroverse Ansichten bestehen. So sei zum Beispiel erwähnt, dass ein besonders eifriger Kritiker dieses Konzeptes am erwähnten Berner Kongress die Ansicht vertrat, das oben skizzierte Vorgehen sei unzulässig, weil bereits bei viel geringeren Werten von Δv (als 10 km/h) generell eine erhebliche Verletzungsgefahr bestehen würde. Gleichzeitig berichtete er aber über von ihm selbst durchgeführte Versuche mit Freiwilligen, welche Heckstössen bis zu einem Δv -Wert von 11,5 km/h ausgesetzt waren. Würde nicht Gewissheit bestehen, dass diese Versuche ungefährlich waren, hätte er die Versuchsserie aus ethischen Gründen keinesfalls durchführen dürfen (wissenschaftliche Versuche mit Freiwilligen bedürfen der Zustimmung einer Ethikkommission, wobei die Unbedenklichkeit begründet werden muss).

Zusammenfassung

- Es existieren Kriterien, welche in vielen Fällen erlauben, die mechanische Schwere einer Kollision und die biomechanische Schwere einer Verletzung zu erheben und diese zu korrelieren.
- Hiefür sind speziell ausgebildete Fachleute beizuziehen, da die Anwendungen der erwähnten Kriterien entsprechendes Fachwissen und Erfahrung erfordern.
- Es muss insbesondere immer fallspezifisch vorgegangen werden, und man muss sich der Grenzen des jeweiligen Fachgebietes bewusst sein.
- Bei biomechanischen Gutachten sind in den üblicherweise vorgelegten schwierigen Fällen Formulierungen bezüglich der Kausalität wie «kann mit Sicherheit bejaht» oder «mit Sicherheit ausgeschlossen werden» unzulässig.

Die technische und biomechanische Analyse kann insgesamt aber «verhindern, dass die Beurteilung der Kausalität von Beschwerden auf falschen Grundlagen basiert» (Schweizerische Neurologische Gesellschaft, [22]). Sie kann – mit dem entsprechenden fachlichen Hintergrund und der gebotenen Vorsicht – für die korrekte Erarbeitung des Sachverhaltes sowie für das diagnostische und therapeutische Vorgehen von hohem Nutzen sein.

Schlussfolgerungen für den Mediziner

1. Diagnose und Therapie

Bei Kenntnis des tatsächlichen Unfallablaufes als weiterer Mosaikstein steht bei einem individuell gesehen biomechanisch heftigen Unfallereignis eine Therapie eher im somatischen bzw. bei einem biomechanisch unerheblichen Ereignis eher im psychologischen Bereich im Vordergrund.

2. Begutachtung

Bevor man zu biomechanischen Abläufen, Kausalitätsfragen usw. konkret gutachterlich Stellung nimmt, sollte man sich folgende Fragen stellen:

- Gehören diese (fahrzeugtechnischen und biomechanischen) Fragen in mein Fachgebiet («muss ich das überhaupt wissen»)?
- Habe ich wirklich genaue Kenntnisse über den Hergang, z.B. Fahrzeugdaten, kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung (Delta- v), Beschleunigungen, Aufprallwinkel usw.?
- Wenn ich die oben genannten Informationen vorliegen habe, kann ich diese Grundlagen korrekt interpretieren (Physik, Biomechanik usw.?).
- Wenn man überwiegend mit «Nein» antworten muss, sollte man sich die Beantwortung dieser Spezialfragen ersparen und sich auf das medizinische Fachgebiet konzentrieren.

Literatur

- 1 Berg AF, Walz F, Muser M, Bürkle H, Epple J. Implications of velocity change Δv and energy equivalent speed EES for injury mechanism assessment in various collision configurations. IRCOBI Conference proceedings, Göteborg 1998:57-72.
- 2 WAD 2001. Die Hauptvorträge werden im Jahr 2002 veröffentlicht. Bern: Verlag Stämpfli.
- 3 Walz F. Biomechanische Aspekte der HWS-Verletzungen. Orthopäde 1994;23(4):262-7.
- 4 NHTSA: <http://www.nhtsa.dot.gov/cars/testing/NCAP/>
- 5 DEKRA: <http://www.dekra.de>
- 6 AZT: <http://azt.allianz.de/kfztechnik/>
- 7 EVU: <http://www.evu-info.com/ch/>
- 8 Boström O, Krafft M, Aldman B, Eichberger A. et al. Prediction of neck injuries in rear impacts based on accident data and simulations. IRCOBI Conference. Hannover, 1997:251-64.
- 9 Walz F. Weichteilverletzungen der Halswirbelsäule und «leichte» Hirnverletzungen bei Autoinsassen; biomechanische Voraussetzungen. Schweiz Z Sozialversich Berufl Vorsorge 1996;40(6):437-52.
- 10 Walz F. Pathomechanik der HWS-Weichteilverletzung bei PKW-Insassen. 62. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V., Berlin, Unfallchirurg Nr. 272, 84-7, Hrsg. L. Kinzl, K.E. Rehm (1998).
- 11 Walz F, Muser M. Biomechanical assessment of soft tissue cervical spine disorders and expert opinion in low-speed collisions. Accident Analysis & Prevention 2000;32:161-5.
- 12 Yoganandan N, Pintar FA. Whiplash injury – Biomechanical experimentation. Spine 1999;24:83-5.
- 13 McConnell et al: Human head and neck kinematics after low velocity impacts – understanding “whiplash”. 39th Stapp Car Crash Conference. SAE Warrendale 1995.
- 14 Svensson MY. Neck Injuries in Rear-End Car Collisions – Sites and Biomechanical Causes of the Injuries, Test Methods and Preventive Measures. Göteborg: Dept. of Injury Prevention, Chalmers University of Technology; 1993. ISBN 91-7032-878-1.
- 15 AAAM: <http://www.carcrash.org/>
- 16 Dvorak J, Ettl T, Jenzer G, Mürner J, Radanov BP, Walz F. Standortbestimmung zum Zustand nach Beschleunigungsmechanismus an der Halswirbelsäule. Schweiz Ärztezeitung 1995;76(14):574-6.
- 17 Moorahrend U (Hrsg.). Die Beschleunigungsverletzung der HWS. Stuttgart: G. Fischer Verlag; 1993.
- 18 Spitzer WO, Skovron ML, Salmi LR, Cassidy JD, Duranceau J, Suissa S, Zeiss E. Scientific monograph of the Quebec Task Force on Whiplash-Associated Disorders: redefining “whiplash” and its management. Spine. 1995;20(8 Suppl): 1S- 3S.
- 19 <http://www.sanacons.ch>
- 20 Meyer S, Weber M, Kalthoff W, Schilgen M. Freiwilligen-Versuche zur Belastung der Halswirbelsäule durch Pkw-Heckanstöße. verkehrsunfall, fahrzeugtechnik 1999;1:13-24.
- 21 Castro WHM, Schilgen M, Meyer S, Weber M, Peucker C, Wörtler K. Do “whiplash injuries” occur in low-speed rear impacts? Eur Spine J 1997;6:366-75.
- 22 Schnider A, Annoni J-M, Dvorak J, Ettl T, Gütling E, Jenzer G, et al. Beschwerdebild nach kraniozervikalem Beschleunigungstrauma (whiplash-associated disorder). Schweiz Ärztezeitung 2000;81(39):2218-20.

Weitere Hinweise

- <http://www.agu.ch>
- http://www.med.uni-muenchen.de/rechts/akt_0.htm