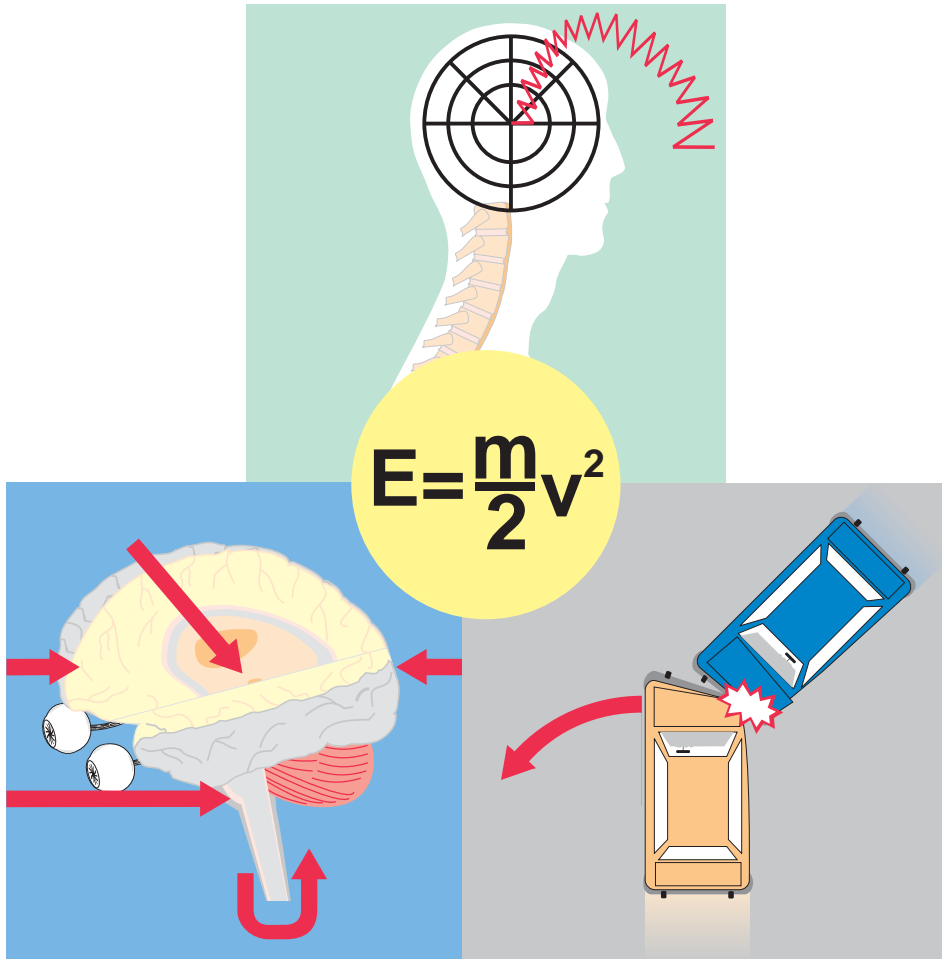


Das HWS-Schleudertrauma - moderne medizinische Erkenntnisse

Prof. Dr. Claus-F. Claussen
Dr. Ralf Dehler
Dr. Abbas Montazem
Dr. Eckhard Volle



SSSSSSSCIENCE

UNI-MED

***Das HWS-
Schleudertrauma -
moderne medizinische
Erkenntnisse***



UNI-MED Verlag AG

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Claussen, C.-F.:

Das HWS-Schleudertrauma - moderne medizinische Erkenntnisse/C.-F. Claussen.-

1. Auflage - Bremen: UNI-MED, 1999

ISBN ; 9: /5/: 596/6664/3

Dieses Werk entstand mit Hilfe des Neurootologischen Forschungsinstitutes der Gesellschaft zur Erforschung von Geruchs-, Geschmacks-, Gehör- und Gleichgewichtsstörungen e.V. (4-G-F-e.V.), Kurhausstr. 12, 97688 Bad Kissingen, Internet: <http://www.vertigo.-dizziness.com>

© 1999 by UNI-MED Verlag AG, D-28323 Bremen,
Bundesrepublik Deutschland
International Medical Publishers

Gesamtherstellung in der Bundesrepublik Deutschland

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle dadurch begründeten Rechte, insbesondere des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Übersetzung sowie der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Weg bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Die Erkenntnisse der Medizin unterliegen einem ständigen Wandel durch Forschung und klinische Erfahrungen. Die Autoren dieses Werkes haben große Sorgfalt darauf verwendet, daß die gemachten Angaben dem derzeitigen Wissensstand entsprechen. Das entbindet den Benutzer aber nicht von der Verpflichtung, seine Diagnostik und Therapie in eigener Verantwortung zu bestimmen.

Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden nicht besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, daß es sich um einen freien Warennamen handele.

UNI-MED. Die beste Medizin.

In der Reihe UNI-MED SCIENCE werden aktuelle Forschungsergebnisse zur Diagnostik und Therapie wichtiger Erkrankungen "state of the art" dargestellt. Die Publikationen zeichnen sich durch höchste wissenschaftliche Kompetenz und anspruchsvolle Präsentation aus. Die Autoren sind Meinungsbildner auf ihren Fachgebieten.

Vorwort und Danksagung

Das Kopf-Hals-Beschleunigungstrauma, welches heute verallgemeinernd mit dem Begriff HWS-Schleudertrauma zusammengefasst wird, stellt zur Zeit für viele Unfallopfer und Patienten, aber auch für viele Schadensregulierer ein besonderes Beschwerfnis mit vielen Fragen und Zweifeln dar. Die Entwicklung und die Folgen dieses Krankheitskonglomerates lassen noch immer im Hinblick auf die Diagnose, die Behandlung und auch auf die Prognose aus unterschiedlichen ärztlichen und gutachterlichen Gesichtswinkeln sehr viele unterschiedliche, aber auch widersprüchliche Beurteilungen ggf. bei denselben Patienten zu.

Wie der 32. Deutsche Verkehrsgerichtstag in Goslar 1994 mit seinen Entschliefungen zum Thema "Be-gutachtung des HWS-Schleudertrauma" zum Ausdruck gebracht hat, sollten jetzt neue Wege zur Bege-hung dieses komplizierten interdisziplinären Terrains gewählt werden, um es ärztlich und wissenschaft-lich angemessen zu erschließen.

Sogenannte Gruppen- und Lehrmeinungen haben während der kurzen Zeit der Beschäftigung mit dem Thema HWS-Schleudertrauma seit etwa 1953 bereits zu solchen Verfestigungen und gegenseitigen Blok-kierungen geführt, dass man immer wieder auf Fronten stößt, die so weder im Einzelfall, noch im tatsäch-lichen Beschwerdemuster der Patienten klinisch wissenschaftlich oder statistisch begründbar sind.

Um die Diskussion über das HWS-Schleudertrauma vornehmlich um der Patienten willen zu versachli-chen und um die diagnostischen Wege mit realen Erkenntnissen zum Thema zu ebnet, haben die vier Hauptautoren dieses Werkes jeweils ausgehend von ihren Fachgebieten Neurootologie, Radiologie, Neu-rochirurgie und Orthopädie miteinander Beiträge zusammengestellt, bei denen die Patienten und Unfall-opfer im Mittelpunkt stehen. Zur Wissensvertiefung über die Unfallmechanik und die nachfolgende klini-sche Entwicklung sind die Autoren in besonderem Maße auch den Mit- und Gastautoren Herrn Prof. Dr. Dr. Eiji Sakata, Tokio, Japan, Herrn Dipl.-Phys. Dr. Ulrich Löhle, Freiburg, Frau Dr. Erika Claussen, Bad Kissingen, und Frau Frauke Dehler, St. Peter-Ording, für ihre sehr wichtigen Beiträge dankbar.

Dem UNI-MED Verlag in Bremen danken wir für die verlegerische Betreuung und gestalterisch anspre-chende Realisierung dieses Werkes in so kurzer Zeit. Frau Irmentraut von Schlachta danken wir für die kritische Korrektur der Endfassung dieses Werkes.

Insgesamt ist dieses Werk dem Wohle der betroffenen Patienten, der rationalen Diagnostik ihrer Leiden mit positiven Befunden und der modernen Behandlung ihrer Beschwerden gewidmet.

Bad Kissingen, im Februar 1999

Claus-F. Claussen

Ralf Dehler

Abbas Montazem

Eckhard Volle

Autoren

Prof. Dr. med. Claus-Frenz Claussen

Extraordinarius für Neurootologie der Universität Würzburg

Präsident der Internationalen Gesellschaft für Neurootologie und Äquilibrimetrie e.V. (GNA e.V), Bad Kissingen

Präsident der Internationalen Gesellschaft zur Erforschung von Geruchs-, Geschmacks-, Gehör- und Gleichgewichtsstörungen e.V. (4-G-F-e.V.), Bad Kissingen

Vizepräsident der Internationalen Akademie der Gleichgewichtsforscher, Bárány Society, Uppsala, Schweden

Verantwortlicher Herausgeber des *International Tinnitus Journal* (ITL), Bad Kissingen, New York

Mitherausgeber der Neurootology Newsletter, Bad Kissingen, Kiew

Homepages im Internet:

1. <http://www.tinnitus.com>

2. <http://www.vertigo.-dizziness.com>

Kurhausstr. 12

97688 Bad Kissingen

Kap. 1.-2.2., 2.4.-2.5.3., 3.-4.3., 4.5.2.-4.5.2.5., 5.-7., 8.1., 9.-10.

Dr. med. Erika Claussen

Ärztin für HNO mit besonderer Spezialisierung auf dem Gebiet der Neurootologie

Facharztpraxis Kurhausstr. 12

97688 Bad Kissingen

Kap. 4.5.2.2., 4.5.2.4., 4.5.2.5.

Frauke Dehler

FSZ für Brüggertherapie

St. Peter Ording

Kap. 8.2.3.-8.2.4.

Dr. med. Ralf Dehler

Arzt für Orthopädie

Nordsee-Reha-Klinik II

Wohldweg 7

25826 St. Peter Ording

Kap. 4.5.1.-4.5.1.2., 6., 8.2.-8.2.5., 10.

Dr. rer. nat. Ulrich Löhle

Diplomphysiker - Sachverständiger

Freiburg/Breisgau

Kap. 2.3.

Dr. med. Abbas Montazem
Arzt für Neurochirurgie
Stadtbleiche 3
87269 Füssen
Kap. 4.6., 8.3., 10.

Prof. Dr. Dr. Eiji Sakata
Professor emeritus und ehemaliger Ordinarius für Neurootologie an der Universität Saitama, Japan
Leiter des Zentrums für Schwindel-Ohrensauen-Gehörserkrankungen, Tokio, Japan
Kap. 2.5.4.

Dr. med. Eckhard Volle
Arzt für Radiologie, Kinderradiologie, Neuroradiologie
Poststraße 16
87439 Kempten/Allgäu
Kap. 2.5.4., 4.4.-4.4.2., 5.1., 10.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	9
2. Das Unfallereignis.....	11
2.1. Statistische Angaben zur Vorkommenshäufigkeit von Unfallereignissen mit Kopf-Hals-Schleuderverletzung.....	11
2.1.1. Statistische Angaben im Hinblick auf die Vorkommenshäufigkeit von Verletzungen durch Verkehrsunfälle in Deutschland	14
2.2. Patientenangaben hinsichtlich vorkommenden Kollisionskonstellationen als Ursache von Kopf-Hals-Traumata	15
2.3. Zur Biomechanik einer Kopf-Hals-Schleuderverletzung.....	16
2.4. Anatomische strukturelle Überlegungen zur Entstehung eines Kopf-Hals-Traumas.....	25
2.4.1. Anatomische Strukturen des Halses.....	26
2.5. Pathophysiologische Grundlagen der Entstehung eines Kopf-Hals-Traumas.....	30
2.5.1. Pathomorphologie der Läsionen des Halses	31
2.5.2. Kontakt- versus Non-Kontakttraumata	33
2.5.3. Betrachtungen im Hinblick auf weitere Verletzungen nach HWS-Schleudertrauma.....	34
2.5.4. Neuroradiologische und biomechanische Betrachtungen im Hinblick auf Verletzungen nach HWS-Schleudertrauma	36
3. Der Unfalltag aus der Sicht des Unfallopfers	39
3.1. Biografische Beschwerdeangaben von Verkehrsunfallopfern - statistische Ergebnisse	39
3.2. Biografische Beschreibungen von Unfallsituationen einzelner Fälle	39
4. Spätfolgen des HWS-Schleudertraumas	45
4.1. Beschwerdemuster von Patienten Jahre nach einem Kopf-Hals-Beschleunigungstrauma.....	45
4.2. Gliederung typischer posttraumatischer Syndrome.....	50
4.3. Problematik der diagnostischen, therapeutischen und gutachterlichen Unsicherheiten, dargestellt anhand der Vielzahl beteiligter ärztlicher Fachgebiete	50
4.4. Die bildgebende Diagnostik posttraumatischer Schädigungen	51
4.4.1. Bildgebende Verfahren bei Beschleunigungsverletzungen der HWS und des Kopfes.....	51
4.4.2. Funktionsuntersuchungen der HWS und Kopfgelenkebene nach Kopf-Hals-Schleudertrauma mittels bildgebender Diagnostik.....	60
4.5. Nachweis von funktionellen posttraumatischen Beschwerden.....	63
4.5.1. Die klinisch-orthopädische Untersuchung des Patienten mit Kopf-Hals-Beschleunigungsverletzung.....	63
4.5.1.1. Orthopädischer Erstkontakt direkt nach dem Unfall	63
4.5.1.2. Orthopädische Erstuntersuchung im späteren Verlauf nach dem Unfallereignis	64
4.5.2. Die neurootologische Untersuchung der peripheren und zentralen Kopfsinnesstörungen	64
4.5.2.1. Die systematische ärztliche Befragungsanamnese - CFC	66
4.5.2.2. Der HNO-Ärztliche Befund nach HWS-Schleudertrauma.....	67
4.5.2.3. Neurootologie - ein modernes medizinisches Spezialgebiet	69
4.5.2.4. Der Neurootometrische Befund nach HWS-Schleudertrauma	72
4.5.2.5. Neurootologische Differentialdiagnosen zum Ausschluss unfallfremder Erkrankungen.....	85
4.6. Morphologische posttraumatische Schädigungsmuster - operative neurochirurgische Inspektionsbefunde	90

5. Das Late-Whiplash-Injury-Syndrom	93
5.1. Bildgebende Diagnostik bei Spätschäden nach Kopf- Hals-Schleudertraumata	95
6. Einteilungen des posttraumatischen Schweregrades.....	99
7. Die Prävention der Traumafolgen durch Kopf-Hals-Beschleunigungs- traumata.....	103
8. Die Therapie der Traumafolgen	105
8.1. Die medikamentöse Behandlung posttraumatischer Zustände	105
8.2. Die orthopädische kompetitiv-kinesthetische Therapie von Traumafolgen	106
8.2.1. Einleitung	106
8.2.2. Die komplexe Auswirkung des Unfallmechanismus auf das Gesamtbewegungssystem	106
8.2.3. Das Modulationsprinzip des nozizeptiven somatomotorischen Blockierungseffekt (NSB) nach Brügger.....	108
8.2.4. Therapeutisches Konzept	112
8.2.5. Zusammenfassung der orthopädisch kompetitiv-kinesthetischen Therapie	117
8.3. Möglichkeiten einer operativen Therapie nach Kopf-Hals-Beschleunigungstrauma	117
8.3.1. Kurze Vorgeschichte zur operativen Therapie am craniocervicalen Übergang	117
8.3.2. Narkose und Narkosevorbereitung für einen Eingriff am cranio-cervicalen Übergang	118
8.3.3. Operatives Vorgehen bei Stabilisierungsmaßnahmen am cranio-cervicalen Übergang	119
8.3.4. Intraoperative Prüfung der Stabilität.....	120
8.3.5. Technik der C1/C2-Verschraubung nach Magerl.....	120
8.3.6. Technik der Knochenentnahme vom Beckenkamm.....	121
8.3.7. Plattenverschraubung am cranio-cervicalen Übergang	122
8.3.8. Technik der dorsalen Plattenfixierung am cranio-cervicalen Übergang.....	122
8.3.9. Wundverschluss	123
8.3.10. Operatives Vorgehen bei der sogenannten Hangman-Fraktur	123
8.3.11. Weitere technische intraoperative Überlegungen	124
8.3.12. Postoperative Untersuchungsintervalle.....	124
8.3.13. Am cranio-cervicalen Übergang operiertes Patientengut.....	125
8.3.14. Operationsmethode im Bereich der mittleren Halswirbelsäule von ventral bei HWS- Schleudertrauma.....	126
8.3.14.1. Einleitung	126
8.3.14.2. Kurzer Überblick über die Pioniere der ventralen Halswirbeloperationen	126
8.3.14.3. HWS-Operation im Bereich der mittleren HWS von ventral	127
8.3.14.4. Technik der Knochenentnahme von Beckenkamm für Operation an der mittleren HWS nach Diskektomie und/oder Korporektomie.....	132
8.3.14.5. Diskussion des Operationszuganges	132
8.3.14.5.1. Patientengut	133
9. Verkehrsrechtliche Gesichtspunkte nach Kopf-Hals-Beschleunigungs- trauma	135
10. Anhang.....	139
10.1. Glossar	139
10.2. NOASC-Befundformular zur gezielten ärztlichen und gutachterlichen Untersuchung.....	167
Index.....	171

1. Einleitung

Das Halsschleudertrauma (whiplash = Peitschenschlag) zählt zu den häufigsten traumatischen Verletzungen des Halses, da es durch fast alle Arten von Verkehrsunfällen ausgelöst werden kann.

Das HWS-Schleudertrauma bezeichnet ein physikalisches Beschleunigungs- bzw. Entschleunigungstrauma mit einem Energietransfer auf die zu einem Pendelstab verbundene Kopf-Hals-Struktur. Die Schleuderverletzungen können ausgelöst werden durch lineare Heckauffahr- bzw. Frontaufprallunfälle oder lineare rechtsseitige oder linksseitige Aufprallunfälle. Daneben sind aber auch kompliziertere Kollisionsmechanismen bekannt, bei denen die Fahrzeuge diagonal von vorne rechts oder vorne links bzw. diagonal von hinten rechts oder hinten links getroffen werden (Abb. 2.2). Bei den Diagonalkollisionen erleben wir in der Regel eine Rotation des Fahrzeuges mit angulären Beschleunigungen. Klassische Kopf-Hals-Schleudereignisse kommen aber auch bei Stürzen oder Sprungverletzungen z.B. in zu flach geflutete Schwimmbäder oder Teiche bzw. beim Angeschlagenwerden des Kopfes durch herabfallende Gegenstände oder von der Seite anprallende Hebel vor.

Fallzahlbezogen wird heute weltweit die überwiegende Menge der Verletzten durch Kraftfahrzeugunfälle geschädigt.

Bei dem sogenannten HWS-Schleudertrauma handelt es sich um eine neuartige Zivilisationskrankheit, die wir vor allem in der derzeitigen Häufung zu Beginn dieses Jahrhunderts noch nicht gekannt haben. Die Automobilunfälle spielen bei diesen Verletzungen mit und ohne Fahrzeuginnenkontakt die überragende Rolle.

Für das Halswirbelsäulenschleudertrauma benutzen Gay und Abbott in den USA 1953 den Begriff "Common Whiplash Injury". Damit beschrieben sie einen Unfallmechanismus mit nachfolgendem Beschwerdekomples im Sinne einer Distorsion der Halswirbelsäule. Unter ihren Patienten fanden sie relativ häufig verschiedene Komplikationen.

Zur Zeit könnten wir davon ausgehen, dass durch Verkehrsunfälle in Deutschland jährlich mindestens 200.000 Menschen von einem Halswirbelsäulenschleudertrauma betroffen sind. Damit sind

Bagatellunfälle und Verletzungen geringeren, aber auch schwereren Ausmaßes insgesamt erfasst.

Das Halswirbelsäulenschleudertrauma ist durch eine vielfältige und im Einzelfall durch das einwirkende Trauma nicht immer leicht vorher-sagbare Symptomatik gekennzeichnet. Demographisch handelt es sich heute wesentlich um eine Zivilisationskrankheit, deren enorme Verbreitung und Zunahme hoch mit der zunehmenden Motorisierung des Straßenverkehrs korreliert.

Sollte man die wichtigsten Suchbegriffe im Sinne von Keywords angeben, um das in diesem Buch angesprochene Thema in einer modernen Datenbank aufzurufen, dann kommen mit Sicherheit die folgenden **12 alphabetisch geordneten Diagnosen** dafür in Frage:

- 1. Cervico-encephales Syndrom
- 2. Cervico-brachiales Syndrom
- 3. Cervico-medulläres Syndrom
- 4. Cervikales Syndrom
- 5. Chronisches posttraumatisches Kopf-Hals-Leiden
- 6. Halsverletzung durch Verkehrsunfall
- 7. Halsdistorsion
- 8. HWS-Distorsion
- 9. HWS-Schleudertrauma
- 10. Kopf-Hals-Trauma
- 11. Late-Whiplash-Syndrom
- 12. Whiplash-(Peitschenschlag-)Syndrom

Nach einer Zeit der diagnostischen Stagnation vertiefen sich die diagnostischen und therapeutischen Kenntnisse in Bezug auf das Kopf-Hals-Beschleunigungstrauma so sehr, dass auch Kausalitäten im Hinblick auf Verursachung und Haftpflichtansprüche festgemacht werden können.

Das vorliegende Buch richtet sich an die folgenden Gruppen, bei denen gerade heute ein besonderes Informationsbedürfnis zu Thema HWS-Schleudertrauma besteht:

- 1. die Unfallopfer
- 2. die Unfallopferberater und Juristen (Rechtsanwälte)
- 3. die Sachverständigen

- 4. die Versicherungsspezialisten (z.B. Schadensregulierer der Haftpflichtversicherungen und Fachleute der Krankenkassen)
- 5. die Richter
- 6. die Therapeuten von Unfallopfern (Physiotherapeuten, Reha-Kliniken usw.)
- 7. die Kraftfahrzeugentwickler
- 8. die Gutachter (vorwiegende medizinische Gutachter)
- 9. die Ärzte (behandelnde Allgemein- und Fachärzte)

Bei dieser Monografie handelt sich um ein komprimiertes interdisziplinäres Nachschlagewerk, welches das Thema beschleunigungsbedingter Kopf-Hals-Verletzungen aus vier verschiedenen ärztlichen Gesichtswinkeln mit regelmäßiger fachbezogener Erfahrung, nämlich der Orthopädie, der Neurochirurgie, der Radiologie und der Neurootologie, anhand moderner klinischer und wissenschaftlicher biomechanischer Erkenntnisse diskutiert.

2. Das Unfallereignis

Das HWS-Schleudertrauma gehört bezüglich seiner mengenmäßigen Zunahme und Verbreitung zu den modernen Zivilisationskrankheiten. Der auf dem kurzen Pendelstab Hals gelagerte Rundkörper Kopf unterliegt bei besonderen Entschleunigungssituationen sehr schnellen Hyperextensions- und Hyperflexionsschlägen überwiegend in gerader oder schräger Längsrichtung, welche zur Entstehung des HWS-Schleudertraumas führen.

Das akute Unfallereignis steht heute sowohl aus ärztlicher, wie auch aus versicherungsrechtlicher Sicht im Mittelpunkt sehr widersprüchlicher, nach weiterer Klärung suchender Betrachtungen.

Das HWS-Schleudertrauma kann beim Verkehrsunfall entweder isoliert als einzige Verletzungsfolge bzw. in Kombination mit zahlreichen anderen Traumata (Abb. 2.1), z.B. beim typischen Polytrauma mit Frakturen der Extremitäten, Rippenbrüchen und offenen bzw. stumpfen Weichteilverletzungen, einhergehen.

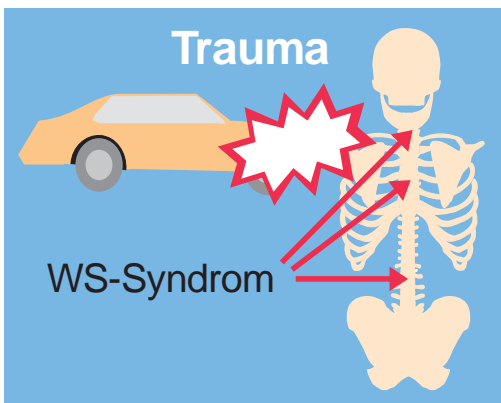


Abb. 2.1: Schema der Verursachung von Wirbelsäulensyndromen durch Verkehrsunfälle mit Kraftfahrzeugen. Am häufigsten treten HWS-Schleudertraumata auf. Daneben kommt es aber auch zu posttraumatischen Brustwirbelsäulen- und Lendenwirbelsäulensyndromen.

2.1. Statistische Angaben zur Vorkommenshäufigkeit von Unfallereignissen mit Kopf-Hals-Schleuderverletzung

In den USA berichtet die National Highway Traffic Safety Administration, dass 1995 5,5 Millionen Amerikaner durch Motorfahrzeugunfälle verletzt wurden. Dabei zeigte eine große populationsbezogene Studie, dass 53 % dieser Verkehrsunfälle Schleudertraumata sind. Das bedeutet, dass im Jahre 1995 2,9 Millionen US-Amerikaner an einem neu aufgetretenen akuten Schleudertrauma erkrankt sind. Bezogen auf die gesamte Bevölkerung sind das 1.107 neue Fälle pro 100.000 Einwohner pro Jahr.

Im Hinblick auf die langzeitigen Personenschäden im Sinne des "Late-Whiplash-Injury-Syndromes" errechnet sich daraus, dass in den USA im Jahre 1995 ca. 900.000 Fälle eines Late Whiplash aufgetreten sind.

Epidemiologische Studien in den USA gehen heute davon aus, dass die bleibenden Schäden nach einem HWS-Schleudertrauma im Sinne eines Late Whiplash-Injury-Syndromes mit langjährigen posttraumatischen Beschwerden bei insgesamt 6,2 % der Bevölkerung bzw. bei 15,5 Millionen US-Amerikaner bestehen.

Finanziell werden in den USA heute jährlich mehr als 29 Milliarden Dollar für Schleudertraumata und deren Klärungen durch Gerichtsprozesse ausgegeben.

Das Thema Schleudertrauma bzw. Whiplash Injury ist derzeit so aktuell, dass eine kürzliche Literaturübersicht mehr als 10.000 Artikel berücksichtigen musste.

Etwa 80 % aller Halsschleudertraumata heilen, wie wir heute wissen, innerhalb von Wochen, Monaten oder bis zu maximal zwei Jahren folgenlos ab. Allerdings verbleiben bei 20 % aller Unfallopfer mehr oder weniger ausgeprägte Schäden auch über den dogmatisierten Zweijahreszeitraum hinaus. Diese Kranken erleiden durch den Unfall Veränderungen, die sie bleibend in einen geschädigten Zustand in ihrer Gesundheit, in ihrer Leistungsfähigkeit und auch in ihrer Lebensqualität versetzen.

Land	Jahr	Fälle pro 100.000 Einwohner
Neuseeland	1987	13
Australien	1987	39
Quebec	1987	70
Schweden	1990	280
England	1995	450
Saskatchewan	1987	700
British Columbia	1992	850

Tab. 2.1: Angemeldete HWS-Schleuderverletzungen pro 100.000 Einwohnern in verschiedenen Ländern.

Erschwert wird die Schadensbeschreibung noch dadurch, dass die pathologischen Reaktionen vielfach erst durch bestimmte Kopf- und Halsbewegungen ausgelöst werden. Eine vollkommene Ruhigstellung des Halses ist aber beim alltäglich sich bewegenden Menschen so gut wie unmöglich.

Statistische Analysen der Gruppe BC Whiplash Initiative (<http://www.health-sciences.ubc.ca/whiplash.bc/>) zeigen, bezogen auf Auswertungen verschiedener Statistiken aus geografisch weit auseinander liegenden Ländern eine sehr unterschiedliche Auftretenshäufigkeit in der nationalen Unfallstatistik, wie in Tabelle 2.1 beschrieben.

Es wird angenommen, dass die unterschiedlich beschriebenen Häufigkeiten auf Unterschieden der Straßenbedingungen, der Wetterbedingungen, der Fahrgewohnheiten, der Sicherheitsmaßnahmen der Straßen und der Fahrzeuge sowie Unter- oder Überrepräsentation der Anwendungshäufigkeiten von bürokratischen und juristischen Hintergrundbedingungen abhängt.

Aus einer schwedischen unfallanalytischen Studie an 80.000 Fällen geht hervor, dass das Verletzungsrisiko durch ein HWS-Schleudertrauma bei Frauen um 53,4 % höher liegt als bei Männern.

Unfallart	Beschreibung des Unfallablauf für die Bundesverkehrsstatistik
Nr. 1	Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug, das anfährt, anhält oder im ruhenden Verkehr steht. Anfahren oder Anhalten ist hier im Zusammenhang mit einer gewollten Fahrtunterbrechung zu sehen, die nicht durch die Verkehrslage veranlasst ist.
Nr. 2	Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet. Es handelt sich um Unfälle durch Auffahren auf ein Fahrzeug, das selbst noch fuhr oder verkehrsbedingt hielt.
Nr. 3	Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug, das seitlich in gleicher Richtung fährt. Es handelt sich um Unfälle beim Nebeneinanderfahren durch Streifen oder beim Fahrstreifenwechsel durch Schneiden der Fahrt.
Nr. 4	Zusammenstoß an einem anderen Fahrzeug, das entgegenkommt. Es handelt sich um Zusammenstöße im Begegnungsverkehr, ohne dass ein Kollisionspartner die Absicht hatte, über die Gegenspur abzubiegen.
Nr. 5	Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt.
Nr. 6	Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger.
Nr. 7	Aufprall auf ein Hindernis auf der Fahrbahn. Zu den Hindernissen zählen z.B. umgestürzte Bäume, Steine, verlorene Fracht sowie freilaufende Tiere oder Wild.
Nr. 8	Abkommen von der Fahrbahn nach rechts.
Nr. 9	Abkommen von der Fahrbahn nach links.
Nr. 10	Unfall anderer Art. Hier werden alle Unfälle erfasst, die sich nicht einer der Unfallarten von 1 bis 9 zuordnen lassen.

Tab. 2.2: Die Unfallart beschreibt vom gesamten Unfallablauf die Bewegungsrichtung der beteiligten Fahrzeuge zueinander beim ersten Zusammenstoß auf der Fahrbahn oder, wenn es nicht zum Zusammenstoß gekommen ist, die erste mechanische Einwirkung auf einen Verkehrsteilnehmer. Im einzelnen werden 10 Unfallarten unterschieden.

Jahr	Anzahl der Verkehrsunfallverletzten mit Unfallart Nr. 1 und 2 in Deutschland
1985	77.230
1986	87.255
1987	89.216
1988	100.278
1989	105.052
1990	112.914
Gesamtzahl aller Verkehrsunfallverletzten während 6 Jahren	
	571.945

Tab. 2.3: Personenschäden bei Straßenverkehrsunfällen zwischen 1985 und 1990 im früheren Bundesgebiet und dem Gebiet der ehemaligen DDR aufgrund der beiden Unfallarten Nr. 1 und 2, die besonders geeignet sind, ein HWS- Schleudertrauma hervorzurufen, mit der Gesamtzahl der Unfallverletzten in West- und Ostdeutschland.

Die Unfallstatistiken des Statistischen Bundesamtes belegen, dass alleine im Jahr 1992 in der Bundesrepublik Deutschland 395 462 Unfallverletzte registriert wurden. Für die beiden ersten der zehn vom Statistischen Bundesamt unterschiedenen Unfallarten (Tab. 2.2), nämlich Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das anfährt, anhält oder im ruhenden Verkehr steht, bzw. Zusammenstoß mit

anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet, beobachten wir für die Bundesrepublik Deutschland gemeinsam mit der DDR in den Jahren 1985 bis 1990 ein Ansteigen der jährlichen Verletztenzahlen von 77 230 im Jahre 1985 auf 112 914 im Jahre 1990 (Tab. 2.3). Beide Unfallmechanismen sind in besonderer Weise dazu angetan, ein HWS-Schleudertrauma auszulösen. Allein im Jahre 1992 sind 395.462 Straßenunfälle mit Personenschäden in der Bundesrepublik Deutschland registriert worden (Tab. 2.4). Schätzungsweise mindestens 50 % der Unfallverletzten haben (auch) ein HWS-Schleudertrauma erlitten. Das sind mindestens 197.731 Personen. Die Traumafolgen können bereits nach wenigen Tagen bis zu sechs Monaten folgenlos abheilen (80 %) oder aber in ein länger dauerndes cervikales, cervico-brachiales, cervico-medulläres oder cervico-encephales Syndrom übergehen.

Ähnliche Häufigkeiten von HWS-Schleudertraumata wie in Deutschland finden sich auch in den anderen verkehrsreichen Ländern. Diese Unfälle verursachen nicht nur in Deutschland sehr große direkte und indirekte Folgekosten für die Unfall-opfer selbst, aber auch für die Versicherungen und das gesamte soziale Versorgungssystem einschließlich der privaten und sozialen Krankenkassen.

Beteiligte Unfallart	Personenschäden insgesamt	Getötete	Schwerverletzte	Leichtverletzte
Nr.1. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das anfährt, anhält oder im ruhenden Verkehr steht	26.255	174	4.274	21.807
Nr.2. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet	58.572	414	7.224	50.934
Nr.4. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das entgegen kommt	34.667	1.757	11.695	21.215
Nr.7. Aufprall auf ein Hindernis auf der Fahrbahn	2.108	39	617	1.455
Alle Personenschäden aus Nr. 1., 2., 4. und 7.	121.602	2.384	23.807	95.411
Personenschäden aller 10 Unfallarten	395.462	9.538	107.030	278.894

Tab. 2.4: Straßenunfälle mit Personenschäden in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1992.

Die jüngsten Versicherungsstatistiken über Auto-unfälle in Japan haben z.B. ergeben, dass etwa 50 % aller Verletzten bei Fahrzeugunfällen an einem HWS-Schleudertrauma leiden (Tab. 2.5). Dabei handelt es sich in der Regel um geringe Kollisionsgeschwindigkeiten. Die Anzahl solcher Unfallverletzten, insbesondere durch Auffahrunfälle, hat sich in den vergangenen Jahren außerordentlich erhöht. Diesbezüglich wird auf die nachfolgende Tabelle (Tab. 2.5) verwiesen.

Jahr	alle Unfallverletzten bei Fahrzeugzusammenstößen	Anzahl HWS-Schleudertraumata	% HWS-Schleudertraumata
1985	617 147	270 709	43,9 %
1986	631 421	283 188	44,8 %
1987	632 002	298 919	47,3 %
1988	633 696	302 513	47,7 %
1989	665 337	318 975	47,9 %
1990	674 144	323 928	48,1 %
1991	700 757	355 703	50,8 %

Tab. 2.5: Anzahl von Unfallverletzten mit Halswirbelsäulenschleudertrauma bei allen Arten von Fahrzeugzusammenstößen in Japan 1991 nach Ono und Kanno (1993).

2.1.1. Statistische Angaben im Hinblick auf die Vorkommenshäufigkeit von Verletzungen durch Verkehrsunfälle in Deutschland

In der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik (ASVU) werden nur solche Unfälle erfasst, zu denen die Polizei herangezogen wurde. Das sind vor allem solche mit schwereren Folgen. Insbesondere Verkehrsunfälle mit nur Sachschaden oder mit nur geringfügigen Verletzungen werden in Deutschland zu einem relativ großen Teil der Polizei nicht angezeigt. (Zitiert nach Deutscher, 1994). In 1990 registrierte die amtliche Straßenverkehrsunfallstatistik (ASVU) 99.469 Pkw-/Pkw-Unfälle mit 151.436 getöteten oder verletzten Personen (Tab. 2.6).

Verletzungsgrad	ASVU-Statistik 151.436 = 100 %
Getötete	0,9 %
Schwer Verletzte	14,9 %
Leicht Verletzte	84,2 %

Tab. 2.6: Verletzungsschwere bei Pkw-/Pkw-Unfällen in Deutschland 1990, basierend auf 151.436 Personenschäden.

Aus derselben Statistik ist auch die Altersverteilung der Verletzten zu entnehmen (Tab. 2.7):

Alter in Jahren	ASVU Statistik: 151.436 = 100 %
0 bis 14	4,8 %
15 bis 29	50,2 %
30 bis 59	37,5 %
60 und älter	7,5 %

Tab. 2.7: Altersstatistik gemäß der ASVU Statistik für 1990.

Auf Grund der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik (ASVU) ist auch bekannt, an welchen Orten die Pkw-/Pkw-Unfälle stattgefunden haben. Die statistische Auswertung von 99.469 Pkw-/Pkw-Unfällen ergibt das folgende örtliche Verteilungsmuster für das Jahr 1990 (Tab. 2.8):

Ort des Unfalles	ASVU Statistik: 99.469 = 100 %
Innerorts	60,8 %
Außerorts	32,2 %
Bundesautobahn	7,0 %

Tab. 2.8: Verteilung der Unfallorte gemäß der ASVU Statistik für 1990

Die Zuordnung von 10.736 Unfällen auf einzelne Kollisionstypen erfolgte nach dem HUK-Verband, Büro für Kfz-Technik (Zitat nach Deutscher). Die HUK-Auswahl setzt sich aus 5.386 Heck-/Front-, 1.347 Front-/Front-, 3.037 Seit-/Front- und 946 sonstigen Kollisionen zusammen. (Abb. 2.2) Als sonstige Kollisionen sind Unfälle bezeichnet, bei denen die erste Anstoßstelle an einem der beteiligten Fahrzeuge nicht mit dem entsprechenden Kollisionstyp übereinstimmt. Statistisch ergibt dies für die 10.736 ausgewerteten Fälle folgende Kollisionsmechanismen (Tab. 2.9):

Aufprallrichtung bei der Fahrzeugkollision	HUK-Fälle: 10.736 = 100 %
Heckkollision	50,2 %
Seitenkollision	28,5 %
Frontalkollision	12,6 %
Sonstige Kollisionen	8,7 %

Tab. 2.9: Kollisionskonstellationen bei 10.736 HUK-Fällen 1990.

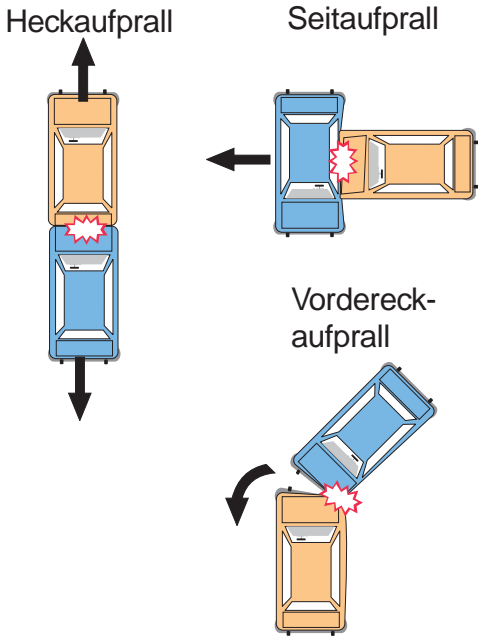


Abb. 2.2: Schematische Darstellung unterschiedlicher Kollisionsrichtungen von Kraftfahrzeug-Kraftfahrzeug-Kollisionen. Darstellung der Zusammenprallereignisse in der Längsachse, d.h. Heckaufprall (bzw. Frontalkollision); Aufprallereignisse in der Querachse von rechts (bzw. von links); Aufprallereignisse mit Rotationswirkung durch Vordereckaufprall (rechts oder links) bzw. Hintereckaufprall (rechts oder links).

Bei den Eck- oder Diagonalaufprallereignissen ist eine besondere Gefahr der Kopf-Hals-Drehbeschleunigungen mit schwersten Beanspruchungen der Kopfsockelgelenke und der darin enthaltenen Bänderapparate gegeben.

2.2. Patientenangaben hinsichtlich vorkommenden Kollisionskonstellationen als Ursache von Kopf-Hals-Traumata

Bei der Auswertung eigener Patientendaten nach Kopf-Hals-Beschleunigungstraumata ergab sich die folgende Statistik bei 153 Fällen (Tab. 2.10).

Unfallarten	Prozent (153 = 100 %)
Kollisionsbedingte Unfälle zu ebener Erde mit Autos	88,89 %
Isolierter Unfall eines Pkw durch Absturz in eine Grube	0,65 %
Zusammenstöße Auto gegen Radfahrer	1,96 %
Zusammenstöße Auto bzw. Radfahrer gegen Fußgänger	3,24 %
Motorradunfälle mit Hinstürzen	5,23 %
Verkehrsunfall mit Pferden	0,65 %

Tab. 2.10: Patientenangaben im Hinblick auf tatsächlich vorkommende Kollisionskonstellationen als Ursache von Kopf-Hals-Traumata.

Tatsächliche Unfallmuster bei Kraftfahrzeugkollisionen

Auf Grund der stichprobenartigen Auswertung eigener Fallbeschreibungen und biografischer Anamnesen unserer Patienten nach Kopf-Hals-Beschleunigungstrauma stellten wir bei der Auswertung einer Stichprobe von 122 Fällen die folgenden Kollisionen und Kollisionsrichtungen fest. Dabei haben wir jeweils nur einen Unfall pro Patient berücksichtigt, auch wenn dieser mehrere Unfälle durchgemacht hat. Im übrigen haben wir jeweils nur den ersten vom Patienten erlittenen Unfall berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Auswertung der 122 Fälle sind in Tabelle 2.11 dargestellt.

Unfallparameter	Prozent (122 = 100 %)
Geradliniger Heckaufprall	45,90 %
Schrägaufprall auf das Heck von der rechten Seite	5,74 %
Schrägaufprall auf das Heck von der linken Seite	3,28 %
Geradliniger seitlicher zentraler Aufprall von rechts	6,56 %
Geradliniger seitlicher zentraler Aufprall von links	5,74 %
Zentraler Frontalaufprall	17,21 %
Aufprall von vorne rechts diagonal	6,56 %
Aufprall von vorne links diagonal	8,20 %
Freies Schleudern ohne Anprall an einen Kollisionspartner	0,82 %
Kurzfristiger zweiter Aufprall gegen ein Hindernis nach dem ersten Aufprall	22,95 %
Rückenlehne beim Aufprall abgebrochen	3,28 %
Überschlagen des Fahrzeuges nach dem ersten Aufprall	5,74 %

Tab. 2.11: Kollisionskonstellationen beim Erstunfall bei einer Stichprobe von 122 neurootologischen Patienten.

2.3. Zur Biomechanik einer Kopf-Hals-Schleuder-Verletzung

Erfährt ein Fahrzeug einen Heckaufprall, so wird zwar der Körper des Insassen zusammen mit dem Fahrzeug beschleunigt; der Kopf des Insassen macht diese Beschleunigung trägheitsbedingt nicht sofort mit. Dies führt zu knickenden und scherenden Belastungen der HWS und damit zu HWS-Verletzungen.

HWS-Verletzungen können gravierende Beschwerden auslösen, obwohl sie unter Umständen pathologisch nicht nachweisbar und damit auch medizinisch nicht sicher diagnostizierbar sind. Die Frage, ob eine diagnostizierte oder zumindest behauptete HWS-Verletzung bei einem konkreten

Unfall wahrscheinlich ist oder nicht, kann in der Regel nur interfakultativ beantwortet werden. Zunächst muss ein technischer Sachverständiger aus den Schäden der Fahrzeuge und anderen kinematischen Daten die Anstoßbeschleunigungen nach Betrag und Richtung ermitteln. Daraus kann ein biomechanischer (medizinischer) Sachverständiger auf die Belastung der HWS und damit auf eine mögliche Verletzungsgefahr schließen.

Aus technischer Sicht gilt es daher zunächst, einen Zusammenhang zwischen der Schwere eines Unfalles und der Schwere der Verletzungen der Fahrzeuginsassen herzustellen:

Heute ist die sogenannte EES (EES = energy equivalent speed) der gängige Parameter zur Beschreibung der Unfallschwere. Aus dem Beschädigungsbild eines Fahrzeuges bestimmt man diejenige Geschwindigkeit EES, die notwendig wäre, um beim Aufprall gegen eine unverrückbare und undeformierbare Barriere an dem Pkw den gleichen Schaden zu bewirken.

Zumindest in Bezug auf die Belastung der Insassen eines Pkw greift man insbesondere im medizinischen Bereich jedoch meist auf die anschaulichere Beschreibung der Unfallschwere durch die sogenannte kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung $\bullet v$ eines Fahrzeuges zurück.

$\bullet v$ ist nicht die Kollisionsgeschwindigkeit des auf-fahrenden Fahrzeuges, sondern die Geschwindigkeitsänderung, die ein Pkw bei einer Kollision mit einem anderen Pkw erfährt; wenn beispielsweise ein stehender Pkw von hinten von einem mit 50 km/h fahrenden Pkw angefahren und dadurch aus dem Stand (0 km/h) auf 30 km/h beschleunigt wird, beträgt die Geschwindigkeitsänderung $\bullet v$ des angestoßenen Pkw 30 km/h.

Nachfolgend wird die Insassenbelastung mit Hilfe der Geschwindigkeitsänderung $\bullet v$ des angestoßenen Fahrzeuges beschrieben; es wird jedoch aufgezeigt, dass die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung $\bullet v$ allein keine ausreichende Beschreibung für die Insassenbelastung darstellt.

Verletzungen entstehen durch mechanische Belastungen.

Die mechanischen Belastungen (Kräfte) können in **direkter** Form auf den Insassen einwirken

- beispielsweise wenn er bei einer Frontalkollision mit dem Kopf gegen die Windschutzscheibe schlägt, oder wenn er bei einem Heckaufprall mit dem Kopf gegen die Kopfstütze oder ein anderes Bauteil aufschlägt (Kontakttrauma)

Die mechanischen Belastungen (Kräfte) können aber auch in **indirekter** Form Verletzungen von Insassen bewirken

- beispielsweise wenn sich der Kopf bei einer Heckkollision relativ zum Oberkörper nach hinten bewegt, ohne dass es hierbei zu einer Berührung des Kopfes mit einem Bauteil (beispielsweise Kopfstütze) des Fahrzeugs kommt etc. (Non-Kontakttrauma)

Kräfte gleicher Größe, die in direkter Form auf den Insassen einwirken, bewirken bei gleicher Stärke in der Regel schwerwiegendere Verletzungen als Kräfte, die lediglich in indirekter Form auf einen Insassen einwirken.

Die auf den Insassen einwirkende mechanische Belastung lässt sich physikalisch am ehesten durch den Begriff "Kraft" beschreiben; Kraft ist Masse x Beschleunigung bzw. Masse x Verzögerung, je nachdem, ob der Insasse durch die mechanische Belastung eine Beschleunigung oder Verzögerung erleidet.

Zumindest auf den ersten Anschein gilt: Je höher die auf den Insassen einwirkende mechanische Belastung (Kraft) ist, um so größer ist seine Verletzungsschwere; diese Feststellung gilt zumindest im statistischen Mittel, wenn man sie einzeln auf jede denkbare belastete Körperstruktur bezieht.

Die Unterscheidung zwischen den einzelnen Körperstrukturen ist notwendig: Die mechanische Belastung (Kraft), die von einem Oberschenkel noch ertragen werden kann, kann am Hals bereits tödliche Verletzungen bewirken.

Die im statistischen Mittel in erster Näherung geltende **Feststellung**

Verletzungsschwere steigt linear mit der mechanischen Belastung (Kraft) an

muss im **Einzelfall** auf ihre möglichen Abweichungen vom statistisch zu erwartenden Ergebnis überprüft werden. Die individuellen Besonderheiten des Einzelfalls sind unter anderem

- individuelle traumato-mechanische Belastbarkeit
- anatomische Beschwerden
- degenerative und/oder krankhafte Einflüsse
- augenblickliche Muskelspannung
- augenblickliche Kopfhaltung
- mögliche OOP (out of position-)Sitzhaltung
- Abwehrreaktionen
- Resonanzeffekte der verschiedenen (passiven und aktiven)
- Krafteinwirkungen etc.

Darauf wird später noch näher einzugehen sein.

Wenn statistisch gesehen für jede einzelne Körperstruktur gilt:

- Verletzungsschwere steigt linear mit der mechanischen Belastung (Kraft) an

wobei diese Feststellung getrennt gemacht werden muss für Kräfte in direkter Form und Kräfte in indirekter Form, muss der für den physikalischen Laien zunächst nicht fassbare Begriff "mechanische Belastung (Kraft)" durch verständliche physikalische Größen wie Beschleunigung / Verzögerung / Geschwindigkeit erklärt werden.

Kräfte sind vektorielle Größen; sie haben sowohl einen Betrag, als auch eine Richtung.

Der Betrag der auf einen Pkw-Insassen einwirkenden Kraft hängt von der Aufprallintensität, ihre Richtung von der Anstoßrichtung ab.

Der Zusammenhang zwischen mechanischer Belastung (Kraft) und den physikalischen Größen Beschleunigung / Verzögerung kann über folgende Gleichung hergestellt werden:

Kraft = Masse x Beschleunigung (Verzögerung)
 $K = m \times a$

Dabei sind:

- K = Kraft
- m = Masse des Körpers, auf den die Kraft einwirkt
- a = Beschleunigung / Verzögerung

Es besteht mithin ein linearer Zusammenhang zwischen der Kraft und der Beschleunigung / Verzögerung und damit auch ein linearer Zusammenhang zwischen der "Verletzungsschwere" und der