

Biomechanik von HWS-Beschwerden bei leichten Pkw-Kollisionen

PD Dr. Kai-Uwe Schmitt / Prof. Dr. med. Felix Walz

AGU Zürich
Institut für Biomedizinische Technik, Universität/ETH Zürich

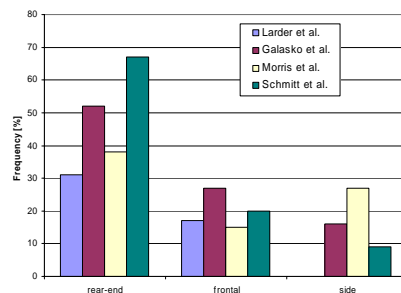
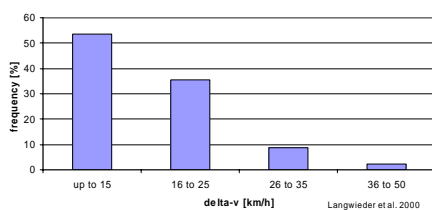


Hintergrund

- AGU: ca. 800 interdisziplinäre Gutachten zu Fällen mit HWS-Beschwerden
 - technische, medizinische und biomechanische Aspekte
- AGU-Datenbank:
 - Ca. 6'500 Fälle

Hintergrund

- Heckkollisionen (AGU Datenbank: rund 70%)
- Geringes delta-v

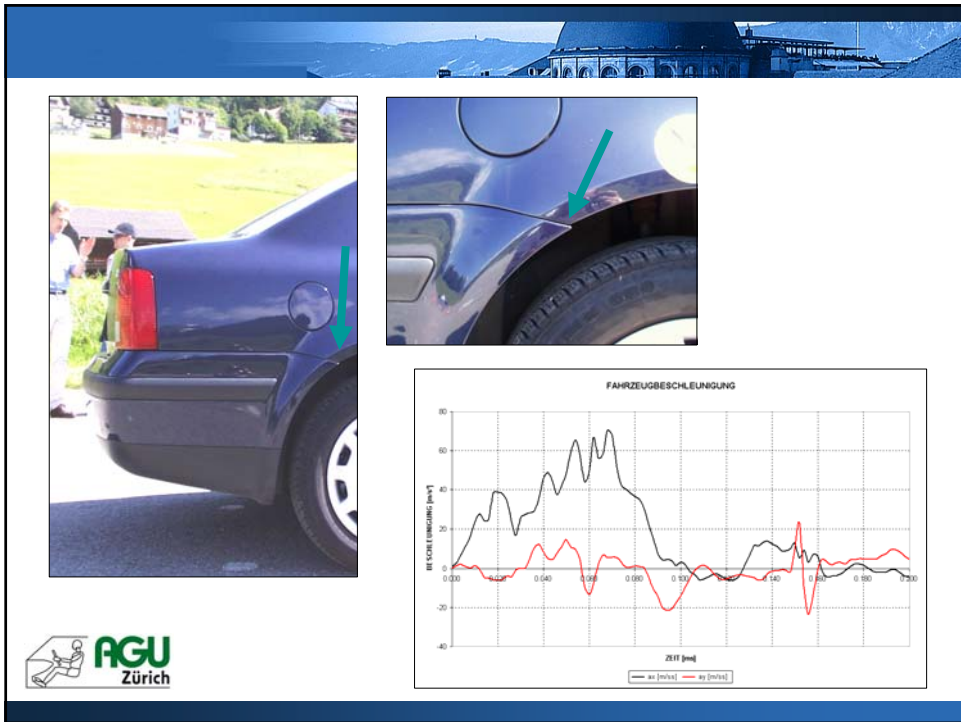


Technische Charakterisierung

- Analyse der Fahrzeugschäden
 - bei leichten Kollisionen oftmals schwierig
- Möglichkeiten die Kollisionsschwere zu beschreiben:
 - Kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung (delta-v)
 - EES („energy equivalent speed“)
 - Fahrzeug-Beschleunigung

>> Angabe von Bereichen, immer toleranzbehaftet





AGU-Crashdatenbank

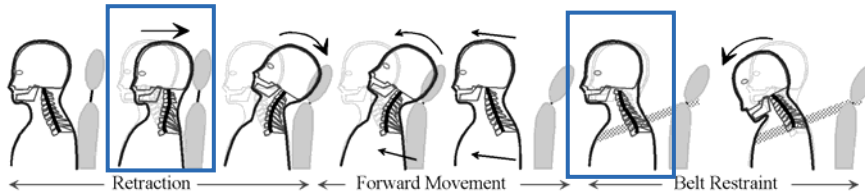
- Datenbank mit Versuchsergebnissen zu Fahrzeugbelastungen im niedrigen Geschwindigkeitsbereich
- www.agu.ch

The images show different stages of crash testing. The top-left image shows the rear of a dark car with a vertical pole in front of it. The bottom-left image shows the front of a white car with a vertical pole in front of it. The right image shows a side-impact crash test where a dark car is being struck by a silver car. A checkered pattern is visible on the ground in the foreground.

AGU Zürich

Biomechanik

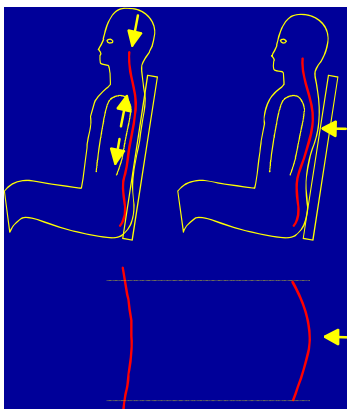
■ Insassenbewegung



S-Verformung



Aufrichten der BWS



- Die Sitzlehne drückt auf die BWS-Kyphose und zwingt die WS, sich aufzurichten
- Dadurch entstehen in der HWS Kompressionskräfte
- Diese führen zu einer Lockerung der die HWS stabilisierenden Bänder und begünstigen so Scher-Bewegungen der Wirbelkörper



Hypothesen

- Hyperextension mit folgender Bänder/HWK-Verletzungen (heute selten) (Mertz and Patrick 1971)
- Druckgradienten in flüssigkeitsgefüllten Räumen, Schädigung von Nervenzellen als Folge (Aldman 1986)
- Scherbewegung, Überreizung von Gelenkflächen (Yang et al. 1997)
- Überdehnung der Muskulatur
- Auslösung von bereits vorhandenen Bandscheiben-Problemen



Experimente zur Bestimmung von Belastungsgrenzen

- Freiwilligenversuche (z.B. Mertz et al. 1967, Goldsmith and Ommaya 1983, Ono et al. 1997, Ivancic et al. 2010)

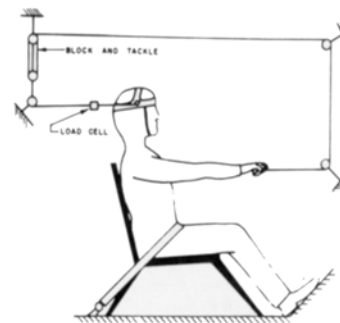


Fig. 2 - Setup for applying static head loads



Experimente zur Bestimmung von Belastungsgrenzen

- Freiwilligenversuche
(z.B. Mertz et al. 1967, Goldsmith and Ommaya 1983, Ono et al. 1997, Ivancic et al. 2010)

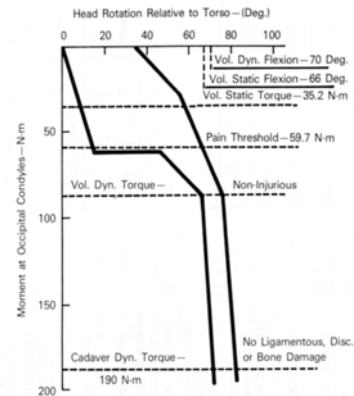
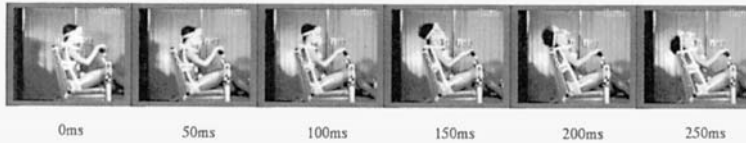


Fig. 28 Head-Neck Response Envelope for Flexion and Various Tolerance Levels. Ref. (198)

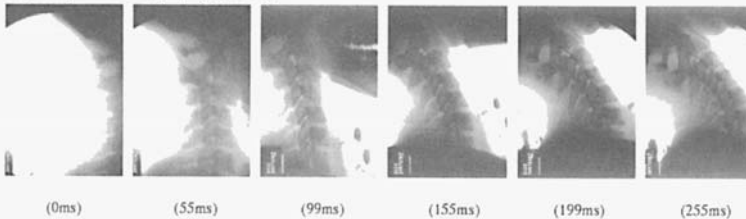


Experimente zur Bestimmung von Belastungsgrenzen

a) High-speed Video (500 f/s)



b) X-ray Cineradiography (90 f/s)



Experimente zur Bestimmung von Belastungsgrenzen

- Freiwilligenversuche
(z.B. Mertz et al. 1967, Goldsmith and Ommaya 1983, Ono et al. 1997, Ivancic et al. 2010)



150 ms



200 ms



Belastungsgrenzen

Belastung	Test-objekte	Kriterium	Grenzwert	Referenzen	
Extension	F	keine Verletzung (statisch)	23.7 Nm	Goldsmith & Ommaya 1984	
		Schmerz	47.3 Nm	Mertz & Patrick 1971	
L		keine Verletzung	47.5 Nm	Goldsmith & Ommaya 1984	
		AIS2 Verletzung der Ligamente	56.7 Nm	Goldsmith & Ommaya 1984	
Flexion	F	Schmerz	59.4 Nm	Mertz & Patrick 1971	
			59.7 Nm		Goldsmith & Ommaya 1984
	L	AIS2 (keine Frakturen)	maximal, freiwillig ertragene Belastung	87.8 Nm	
			189 Nm	88.1 Nm	Goldsmith & Ommaya 1984
Druck	L	bilaterale Dislokation der Facettengelenke	1.72 kN	Myers et al. 1991	
			Kompressionsverletzungen		4.8 kN bis 5.9 kN
Zug	F	keine Verletzung (statisch)	1.1 kN	Mertz & Patrick 1971	
	L	Versagen	3.1 kN	Shea et al. 1991	
Scherung (a-p)	F	keine Verletzung	845 N	Mertz & Patrick 1971	
			2 kN		Goldsmith & Ommaya 1984
	FE	irreversibler Schaden	(odontoiide) Frakturen	1.5 kN	
			Rupturen der Ligamente	824 N	Fielding et al. 1974



Belastungsgrenzen im konkreten Fall?

- Individuelle Abweichungen?
 - Einfluss der Muskulatur?
 - Degeneration? (HWS-Tagung, TÜV Süd, 2008)



Degeneration? - Schlussfolgerungen

„Für die Kausalitätsbegutachtung von HWS-Beschwerden bleibt bei erkennbaren *degenerativen aber nicht traumatischen* Veränderungen in der *HWS-Struktur* die wenig konkrete Schlussfolgerung:

- keine Pauschalbeurteilung
- in jedem Einzelfall muss versucht werden, etwaige *Brücken* zwischen der veränderten HWS-Struktur und dem spezifischen Beschwerde-Ursprung (Weichteile ?) zu finden.“

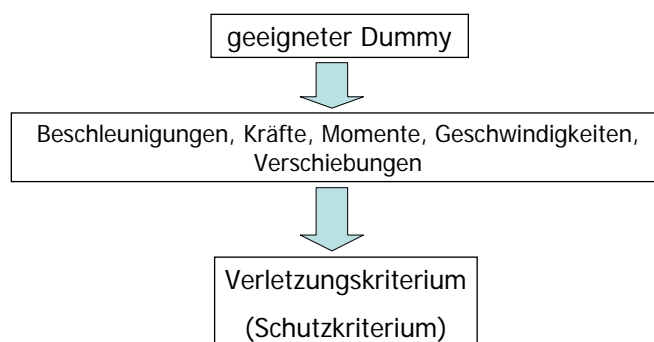


Belastungsgrenzen im konkreten Fall?

- Individuelle Abweichungen?
 - Einfluss der Muskulatur?
 - Degeneration?
- Messungen der Belastungen am Pat. nicht möglich > Nachfahrversuch? Crashtest-Dummy?



Kritische Belastungen der HWS?



HWS-Verletzungskriterien

- NIC_{max} (Boström et al. 1996)
 - N_{km} (Schmitt et al. 2001)
 - IV-NIC (Panjabi et al. 1999)
 - NDC (Viano and Davidsson 2002)
 - LNL (Heitplatz et al. 2003)
 - N_{ij} (Kleinberger et al. 1998)
 - $NIC_{protraction}$ (Boström et al. 2000)
 - WIC (Muonz et al. 2005)
 - Head-Torso-Rot. (Kuppa et al. 2005)
- Heckkollision
- Frontalkollision



Kriterien/Grenzwerte: Probleme

- Die während einer Kollision tatsächlich wirkenden Kräfte/Momente etc. können an Versuchspersonen nicht gemessen werden. Auch die Bewegungsabläufe sind schwierig zu erfassen.
- Bei Leichenversuchen ergeben sich messtechnisch grosse Schwierigkeiten. Zudem sind die Verletzungen meist diagnostisch nicht nachweisbar.
- Es gibt eine grosse individuelle Variabilität.
- Derzeitige Dummies (BioRID, RID 2/3d), bilden die Realität nur relativ grob ab.
- Reproduzierbarkeit muss gewährleistet sein (Fertigungstoleranzen, „Einsatzprozedur“, Unterschiede zw. versch. Testhäusern...)



Belastungsgrenzen im konkreten Fall?

- Individuelle Abweichungen?
 - Einfluss der Muskulatur?
 - Degeneration?
- Messungen der Belastungen am Pat. nicht möglich > Nachfahrversuch? Crashtest-Dummy?
- Korrelation mit realen Fahrzeugdaten



Korrelation mit realen Daten

1. Verletzungsrisiko aus Versicherungsstatistik >> entsprechende Fahrzeugmodelle (Sitze) in Schlittenversuchen testen >> Grenzwerte der bestimmten Kriterien definieren
2. Fahrzeuge mit Mess-Sensoren ausstatten >> Fahrzeug-Belastungen bei Kollisionen messen >> mit medizinischen Unterlagen korrelieren



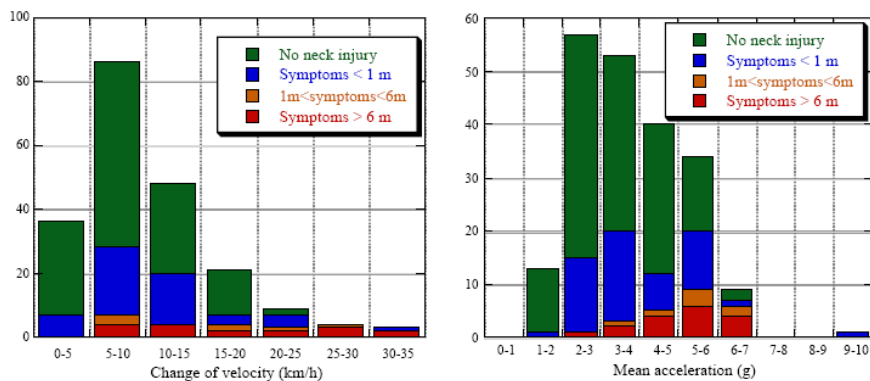
Korrelation mit realen Daten

- Folksam (Schweden), Crashrecorder, seit 1995
- Untersuchung d. Zusammenhangs mit medizinischen Befunden
 - Vorteil: Verletzte und Nicht-Verletzte
- Untersuchungen zu fahrzeugspezifischer Eigenschaften (z.B. Sitze)



Korrelation mit realen Daten

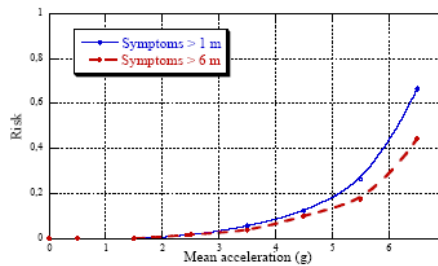
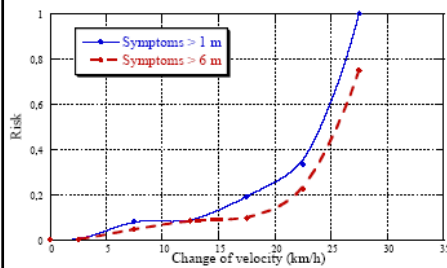
- Anzahl vs. delta-v/mittlere Beschleunigung



(Kullgren et al. 2009)

Korrelation mit realen Daten

- Risikokurven



(Kullgren et al. 2009)

Fazit

- Fahrzeugspezifische Parameter (delta-v, Beschleunigung) als Hilfsgrösse zur Beschreibung von Insassenbelastungen, statistische Korrelation möglich
- zur Einzelfall-Beurteilung technischer Hintergrund wichtig und entsprechend abzuklären, aber weitere (biomechanische) Faktoren berücksichtigen
- Einflussfaktoren ausserhalb der Biomechanik

