

Delta-v versus mittlere Beschleunigung

M. Muser / M. Voisard
GMTTB Jahrestagung
Konstanz 20.-21.4.2012

HWS-Verletzungen erklärbar?

Technische Unfallanalyse

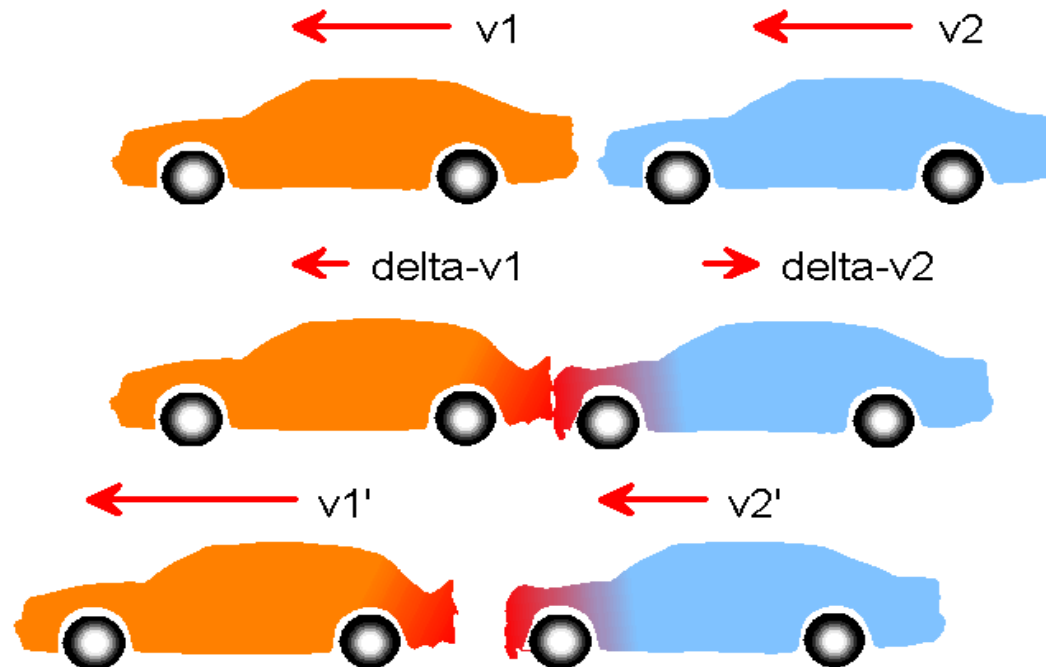
Fahrzeugbelastung >> Insassenbelastung

Belastung > oder < als „Toleranzgrenze“

Erklärbar ? Nicht erklärbar ?

GMTTB, 20/21.4.2012

Technische Unfallanalyse (delta-v)



Im besten Fall bekannt bzw. messbar:

Fahrzeugmassen, Deformationstiefen,
Bremszustände

Abschätzen: Deformations-Energien, Elastizität

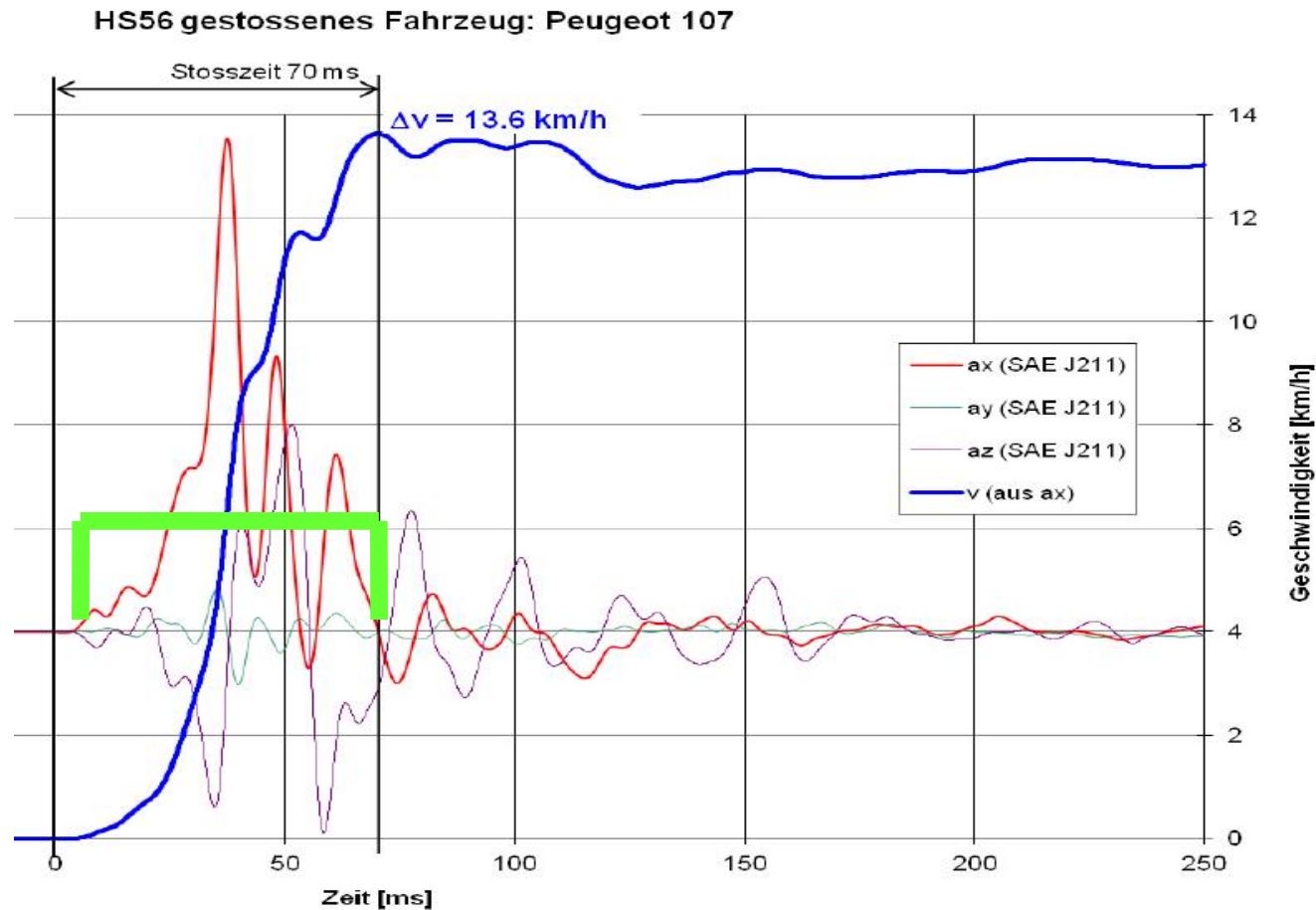
Delta-v allein??

- „bei delta-v unterhalb 10 km/h im **Normalfall** nicht erklärbar“
- „bitte berechnen Sie den delta-v-Wert...“
- Ein Fahrzeug bremst aus 100 km/h bis zum Stillstand ab.
- Der Mitfahrer beklagt HWS-Beschwerden
- Delta-v = 100 km/h! mit Sicherheit erklärbar!!
- Die Angabe eines delta-v Wertes **allein** reicht nicht
- Oft wird aber eine (bei einer „richtigen“ Kollision) ein Zusammenhang von delta-v mit a mean angenommen

GMTTB, 20/21.4.2012

Technische Unfallanalyse (a_{mittel} , \hat{a})

GMTTB, 20/21.4.2012



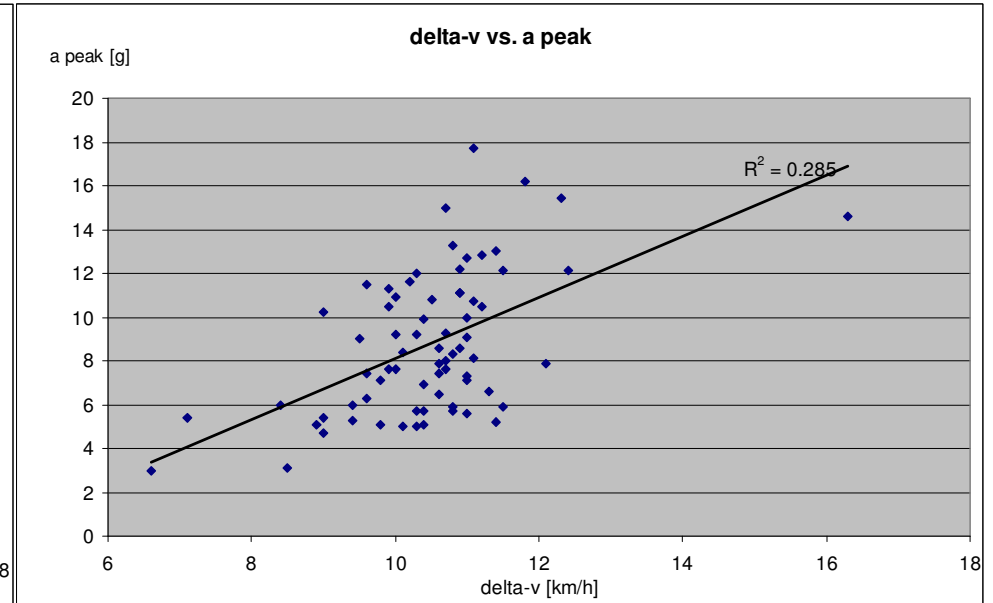
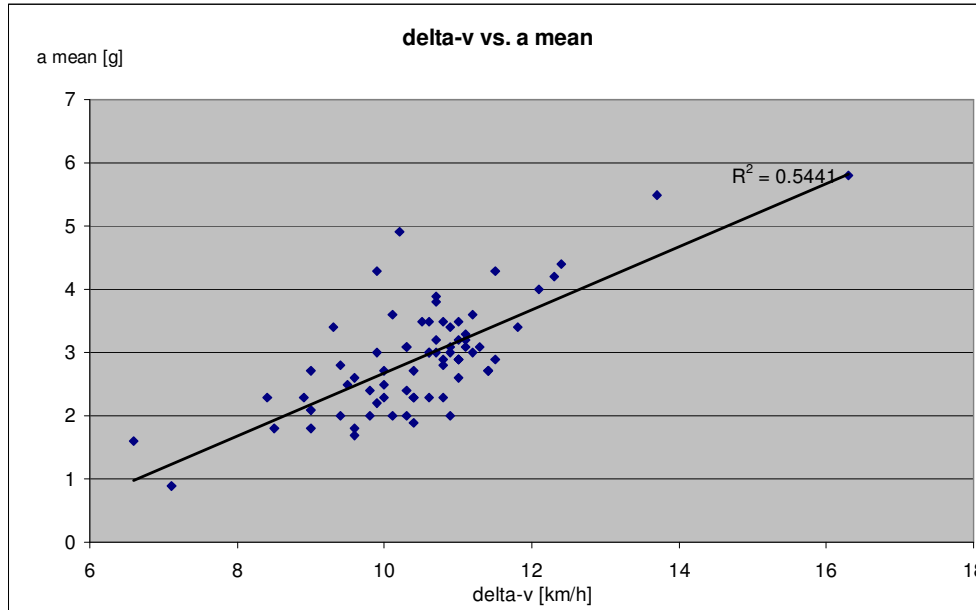
$a_{\text{mittel}} \cdot \text{Stosszeit} = \Delta v$,

Messbar: **Steifigkeit in Standard-Konfiguration**

Abschätzen: **Einfluss von Unterfahren, Überdeckung, plastische / elastische Deformation**

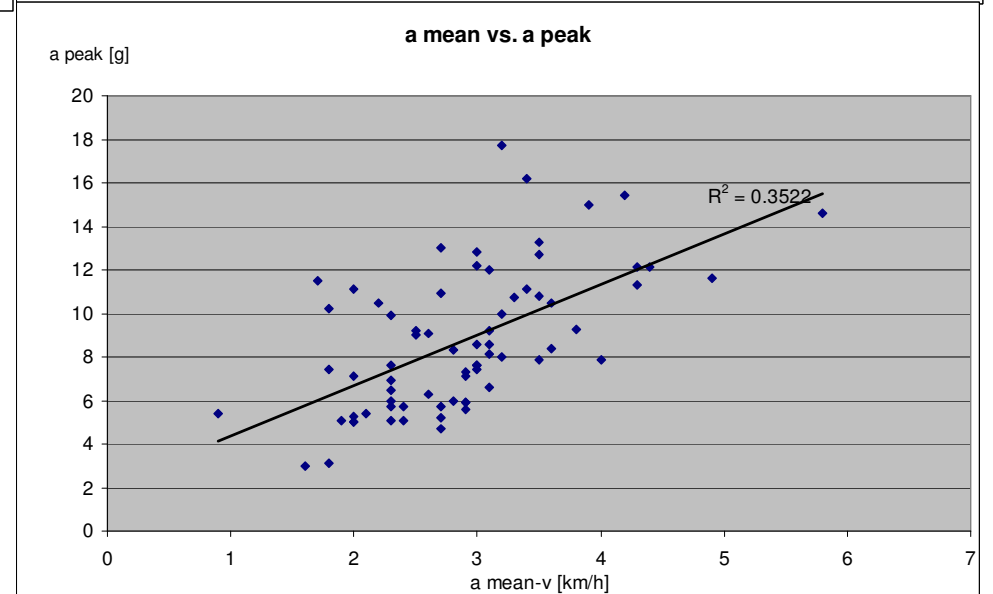
Korrelation delta-v <> Beschleunigung

GMTTB, 20/21.4.2012



Delta-v, a mean, a peak aus Versuchen
HS_01 bis HS_73

Crashtest Datenbank www.agu.ch



Technische Unfallanalyse

- **Mit den heutigen Methoden der T.U. kann delta-v zuverlässiger bestimmt werden als die mittlere Beschleunigung**
- **Auch wenn der Eingrenzungsbereich grösser ist, sollte Beschleunigung immer mit betrachtet werden**
- **Delta-v Fahrzeug ist (ungefähr) gleich delta-v Insasse**
- **Spitzenbeschleunigung Fahrzeug normalerweise grösser als Spitzenbeschleunigung Insasse**

GMTTB, 20/21.4.2012

Entstehung von Verletzungen

Hooke's Gesetz:

$$F = -k \cdot x \quad \text{oder} \quad \sigma = E \cdot \varepsilon$$

(F= Kraft, k= Federkonstante, x=Federweg, σ =Spannung, E=Elastizitätsmodul, ε =Dehnung)

Weil (ohne zusätzliche quasi-statische Krafteinwirkung)

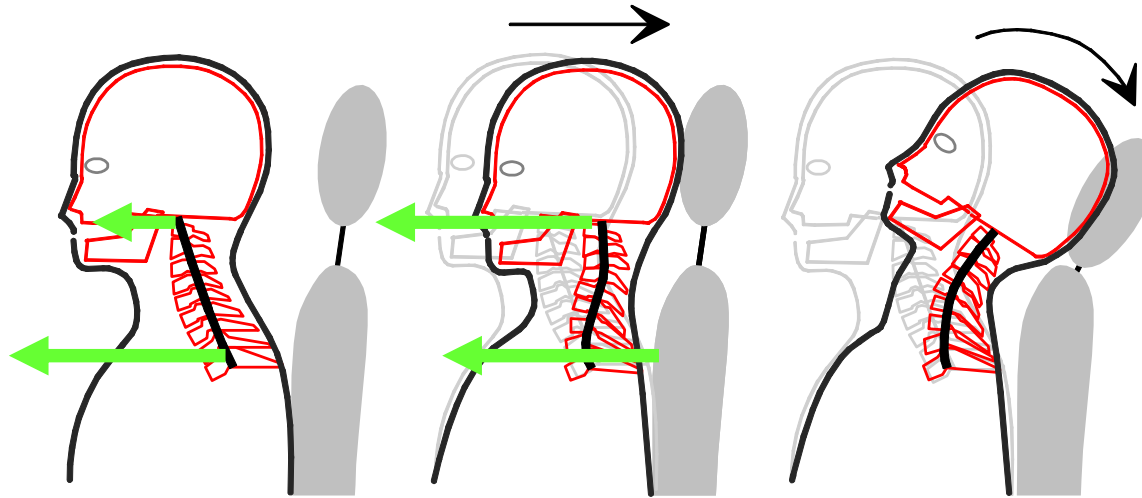
$$F = m \cdot a$$

sind praktisch alle Verletzungskriterien direkt oder indirekt von der Beschleunigung abhängig. Um eine bestimmte Dehnungsgrenze zu überschreiten, muss die Kraft aber für eine bestimmte Zeit (\ll Stosszeit) einwirken (z.B. Karate-Kämpfer...)

The pain is in the strain!

GMTTB, 20/21.4.2012

HWS-Verletzungskriterien

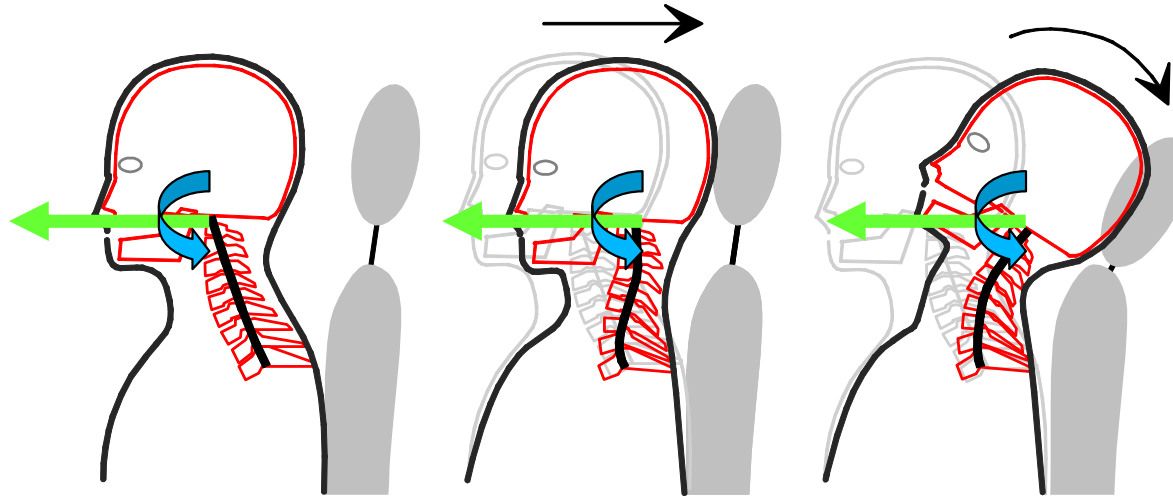


$$NIC(t) = a_{rel}(t) \times 0.2 + v_{rel}(t)^2$$

a und v rel sind nach Kopfstützen-Kontakt = 0, d.h. nur die ersten ca. 70 ms der Kollision spielen überhaupt eine Rolle (!!)

NIC ist nur v.a. von der (mittleren) Beschleunigung zu Beginn der Kollision abhängig

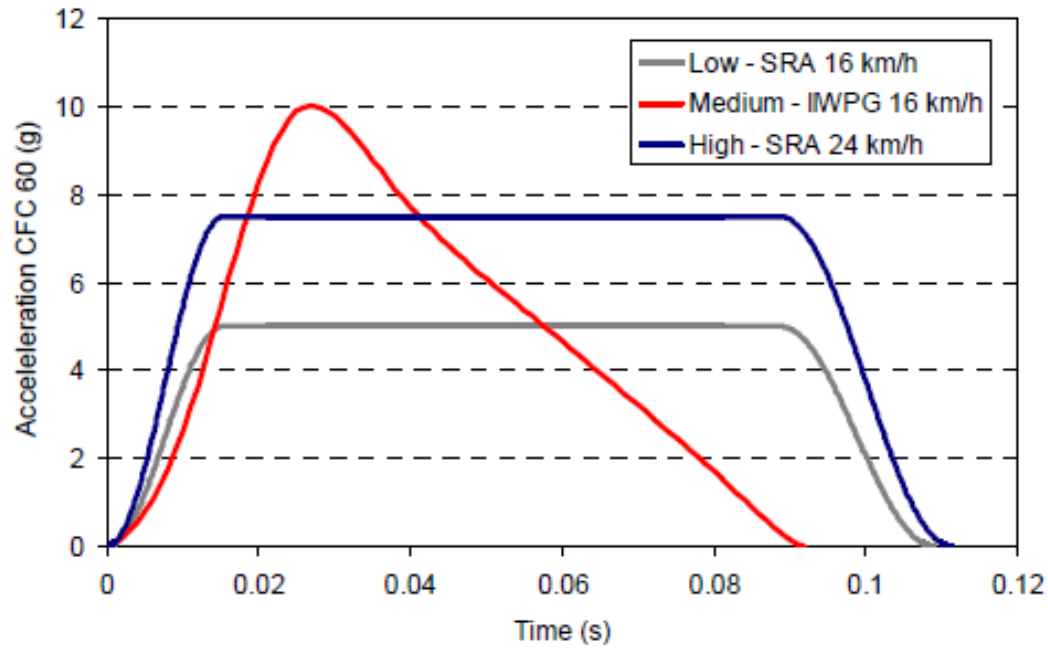
HWS-Verletzungskriterien



Nkm: $M_y / M_{int} + F_x / F_{int}$

Kräfte und Momente sind immer von (Dreh) Beschleunigungen abhängig, höchstens indirekt von delta-v

Sliding Scales aus EuroNCAP



	6g		10g	
	gut	schlecht	gut	schlecht
NIC	9	18.3	11	27
Nkm	0.12	0.5	0.15	0.69

GMTTB, 20/21.4.2012

Studien aus Crashrecorder-Daten

- **Mittlere Beschleunigung ist besser mit Beschwerden und –dauer korreliert als delta-v**
- **Spitzenbeschleunigung: nicht nur Spitzenwert, sondern Zeitpunkt des Auftretens korreliert mit Beschwerden...**
- **Limitationen: med. Daten z.T. subjektiv, wenige Fahrzeugtypen, Genauigkeit der CR-Daten...**

Krafft M, Kullgren A, Tingvall C, Bostrom O, and Fredriksson R. How crash severity in rear impacts influences short- and long-term consequences to the neck. *Accident Analysis & Prevention* 32: 187-195, 2000.

Krafft M, Kullgren A, Ydenius A, and Tingvall C. The correlation between crash pulse characteristics and duration of symptoms to the neck - crash recording in real life rear impacts. *17th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles*, Amsterdam, 1-7, 2001.

Kullgren A, Krafft M, Nygren A, and Tingvall C. Neck injuries in frontal impacts: influence of crash pulse characteristics on injury risk. *Accident Analysis & Prevention* 32: 197-205, 2000.

Linder A, Avery M, Krafft M, Kullgren A, and Svensson MY. Acceleration pulses and crash severity in low velocity rear impacts - real world data and barrier tests. *International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles*, 1-10, 2001.

Ydenius (2002) Influence of Crash Pulse Duration on Injury Risk in Frontal Impacts Based on Real Life Crashes, *Proc. IRCOBI Conf.*, Munich, Germany, pp. 155-166.

GMTTB, 20/21.4.2012

Schlussfolgerungen

- **Es gibt deutliche Hinweise, dass die mittlere Beschleunigung ein besserer Indikator ist als delta-v**
- **Aus biomechanischer Sicht sind Verletzungen (praktisch) immer auf Beschleunigungen oder Beschleunigungsspitzen zurück zu führen**
- **Aus technischer Sicht ist der delta-v Wert aber genauer bestimmbar als die Beschleunigung (v.a. Spitzen-Beschleunigungen sind sehr schwierig)**
- **Es besteht eine Korrelation zwischen delta-v und mittlerer Beschleunigung, diese ist aber nicht sehr stark**
- **Bei gleicher Geschwindigkeitsänderung und kürzerer Stosszeit ist das Verletzungsrisiko höher**

GMTTB, 20/21.4.2012

Schlussfolgerungen (II)

- **Delta-v Kriterien als Annäherung brauchbar**
- **Vertiefte Analysen müssen Abweichungen vom Normalfall, z.B. Unterfahren (tiefere) und „harte“ Kollisionen (höhere) Beschleunigungen mit berücksichtigen**
- **Informationen aus Crash-Recordern könn(t)en zu Toleranzkriterien für die Beschleunigung führen**
- **Aber auch qualitative Aussagen (z.B. „aussergewöhnlich hohe Beschleunigungswerte“ könn(t)en die Qualität der biomechanischen Begutachtung erhöhen und ev. die alleinige Abstützung auf „delta-v“ relativieren**

GMTTB, 20/21.4.2012

Fragen??

Alltagsbelastungen

- Mit welchen Belastungen des Alltags sind die beim Ereignis xxx aufgetretenen Belastungen vergleichbar?
- Normalerweise gefragt bei tiefen Belastungen (delta-v 5 km/h, 2-3 g)



Literatur

- Krause, Hesse, Becke 2002: z.B. mit Kollision Tisch-Stuhl sind Kopf- und Brustbeschleunigungen wie bei einer leichten Heck-Kollision erreichbar; aber die zeitliche Verzögerung zwischen T1- und Kopfbeschleunigung nicht, d.h. viel tiefere NIC Werte ...
- Aus Colliseum.net

- Großer und Fürbeth im Rahmen einer biomechanischen Tagung in München bzw. von
- 1994 Allen, M. E., Weir-Jones, P., Motiuk, D. R. et al: Acceleration Perturbations of Daily Living - a comp vorgestellt. Unter *Whiplash-Syndrom* versteht man das *Peitschenschlagsyndrom* in Verbindung mit der Kinn

Alltagsbelastungen	Kopfbeschleunigung	Brustbeschleunigung	Geschwindigkeitsänderung
Kürzel	a_{Kopf}	a_{Brust}	Δv
Einheit	[g]	[g]	[km/h]
dynamisches Setzen	6	8	7...8
Schubsen von hinten	3	2	3...4
Ohrfeige	3	5	3...4
Kopfball	10	2,5	15
Kinnhaken	8,5	3	10...12
Hüpfen	3...4	5	4...5
Niesen	2,9	./.	./.
Husten	3	./.	./.

GMTTB, 20/21.4.2012



Dr. sc. techn. Markus Muser