

# Das Schleudertrauma der Halswirbelsäule (HWS)

## Fahrzeug - Insassenbelastung

*Betrachtung aus technischer Sicht.*

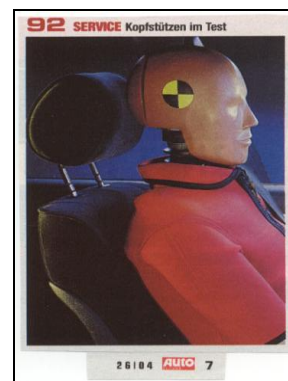
*Eingrenzung einer Objektivierung der Verletzungswahrscheinlichkeit der Halswirbelsäule durch:  
Berechnung der Insassenbelastung aus  
mathematischer, mechanischer und biomechanischer Sicht  
durch Berücksichtigung von Ergebnissen aus realen Crash-Versuchen  
(heutiger Wissenschaftsstand für die rechnerische Ermittlung der Bewertungskriterien).*

## Demonstrationsbeispiel:

### Auffahrunfall: Front VW Passat III gegen Heck Volvo 360 GLE

Berechnungsbeispiel zu Artikel 'Das Schleudertrauma der Halswirbelsäule (HWS)' ZVR\_07.04.2008

Erweitert am 27.09.2016



Verfasser:

**ING. WOLFGANG HUBER**

## **Das Schleudertrauma der Halswirbelsäule (HWS)**

### **Fahrzeug - Insassenbelastung**

*Betrachtung aus technischer Sicht.*

*Eingrenzung einer Objektivierung der Verletzungswahrscheinlichkeit der Halswirbelsäule durch:  
Berechnung der Insassenbelastung aus mathematischer, mechanischer und biomechanischer Sicht durch  
Berücksichtigung von Ergebnissen aus realen Crash-Versuchen  
(heutiger Wissenschaftsstand für die rechnerische Ermittlung der Bewertungskriterien).*

---

*Es ist nunmehr möglich, über die Berechnungsart der Berechnung der mittleren Karossenbeschleunigung in der Kompressionsphase (unter Ansatz der errechneten mittleren relativen Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase und unter Berücksichtigung der objektiv errechneten Kompressionszeit) die Insassenbelastung rechnerisch zu erfassen und wurde somit eine objektive rechnerische Beurteilungsschranke gefunden.*

Im Anhang befindet sich eine Mustertabelle. Es erscheint zweckmäßig, in diese vom technischen Sachverständigen seine unterstellten, und von ihm errechneten, Werte eintragen zu lassen, um dem medizinischen Sachverständigen übersichtlich die Bewertungsgrundlagen für die medizinische Beurteilung darzutun.

Im Anschluß wird in einer Musterbetrachtung ein Beispiel rechnerisch vorgestellt.

---

**Als Demonstrationsbeispiel:**  
**Auffahrunfall: Front VW Passat III gegen Heck Volvo 360 GLE**

R A H M E N G E S C H E H E N

=====

Bei Dunkelheit, eingeschalteter öffentlicher Straßenbeleuchtung, auf trockener Asphaltfahrbahn, kam es zu einer Kollision zwischen der rechten Frontseite eines VW Passat 35P GL III, Baujahr März 1993, und der linken Heckseite des davor befindlichen 5-türigen PKW Volvo 360 GLE, Baujahr April 1985, welcher von einer 19 Jahre alten, 1,73 m großen, 53 kg schweren, angegurteten Frau gelenkt wurde und welche verkehrsbedingt vor einem Kreisverkehr, als benachrangtes Fahrzeug, zum Stillstand gekommen war.

Dieses Fahrzeug war bereits kurze Zeit gestanden, als der VW Passat auffuhr.

Die Lichtraumprofilüberdeckung bei der Kollision betrug ca. 0,60 m; beide Fahrzeuglängsachsen waren parallel oder annähernd parallel zueinander. Im Volvo waren die Kopfstützen ordnungsgemäß eingestellt, die Lenkerin blickte geradeaus, sie befand sich in einer normalen aufrechten Sitzposition.

Es war zu prüfen, ob die angegebenen Verletzungen der Lenkerin des Volvo sich auch mit der Kollisionsgeschwindigkeit in Einklang bringen lassen.

Noch vor Einschaltung des verkehrstechnischen Sachverständigen erstattete ein medizinischer Sachverständiger ein Gutachten betreffend der Verletzungen.

Laut Akteninhalt führt er, gerafft wiedergegeben, folgendes aus:

Sie habe ihren PKW Volvo zum Stillstand gebracht, als plötzlich ein Fahrzeug von hinten auffuhr. Nach ca. 1 Stunde habe sie enorme Schmerzen im Nackenbereich verspürt. Sie sei ins Krankenhaus gebracht worden. An ihrem Fahrzeug sei das Heck stark eingedrückt worden, das Fahrgestell sei verzogen und es sei ein Totalschaden entstanden.

Der Lenker des auffahrenden Fahrzeuges gab folgendes an:

Er sei ganz leicht aufgefahren; es sei nur der Auspuff und die Stoßstange beschädigt worden.

Die Frau, welche an der Unfallstelle keine Beschwerden angab, suchte noch am Unfalltag das Krankenhaus auf.

Sie klagte zu diesem Zeitpunkt über Kopfschmerzen und Schmerzen im Hals-Nackebereich; eine Bewegungseinschränkung war jedoch nicht festzustellen.

Ihr wurde das Tragen einer Schanzkrawatte unter Einnahme von Medikamenten empfohlen.

Bei einer Kontrolle (6 Tage später) war die Kopfbeweglichkeit endlagig eingeschränkt, die Muskulatur nicht verspannt. Die Frau klagte noch über Schmerzen im Hals-Nackebereich. Es wurden ihr physikalische Behandlungen und schmerzstillende, entzündungshemmende, Medikamente verordnet.

Bei der ärztlichen Untersuchung (durch med. Sachverständigen) gab sie an, dass sie kurz nach dem Unfall Schwindelgefühl und Kopfschmerzen verspürt habe; sie habe den Kopf auch nur mehr eingeschränkt bewegen können. Während der ersten Tage nach dem Unfall habe sie wegen Kopf- und Nackenschmerzen Bettruhe eingehalten, etwa 14 Tage lang habe sie eine Schanzkrawatte getragen und rd. 4 Wochen sei sie im Krankenstand gewesen. Vorbeschwerden der Wirbelsäule wurden verneint.

Die physikalische Therapie (im Krankenstand durchgeführt) habe sehr zur Beschwerdenlinderung beigetragen.

Laut Bericht des medizinischen Sachverständigen:

Die Zerrung der Halswirbelsäule lässt sich aus den Beschwerdeangaben und dem Befund ableiten. Folgt man den Angaben der Frau über eine erhebliche Bewegungsschmerzhaftigkeit, so ist von einer 3 Tage überschreitenden Gesundheitsschädigung und Berufsunfähigkeit bei der Kindergartenhelferin auszugehen.

Da knapp 1 Woche nach dem Unfall die Kopfbeweglichkeit nur endlagig eingeschränkt war und auch keine Muskelverspannung festgestellt werden konnte, ist jedoch von einem kontinuierlich sich rückbildenden Beschwerdeverlauf auszugehen. Die Gesundheitsschädigung und Berufsunfähigkeit habe die 24 Tagesgrenze und auch die 10 Tagesgrenze nicht überschritten. Eine länger dauernde körperliche Schonung oder Ruhigstellung war jedenfalls aus ärztlicher Sicht nicht angezeigt; es wäre ihr gegen Ende der 2. Woche nach dem Unfall aus ärztlicher Sicht auch bereits wieder zumutbar gewesen ihren Beruf auszuüben. Der **asthenische** Körperbau der Frau ist aus ärztlicher Sicht geeignet das Auftreten einer Verletzung im HWS-Bereich zu begünstigen.

Es liegt auch die Ambulanzkarte vor, ausgestellt am Unfalltag, wo folgendes angeführt ist:

Peitschenschlagsyndrom, Hals frei beweglich, kein DS (Druckschmerz), keine Comocio, arbeitslos.

In Vorbereitung zur 1. Hauptverhandlung im Strafverfahren standen dem verkehrstechnischen Sachverständigen (dem Artikelverfasser) folgende Unterlagen zur Verfügung:

**Volvo 360 GLE:**

Besichtigungsbericht samt 4 Fotos in Original.

Aus dem Besichtigungsbericht ergab sich, dass bei einem Zeitwert von € 654,-- (ATS 9.000,--) die Reparaturkosten inklusive Mehrwertsteuer ca. € 2108,-- (ATS 29.000,--) ausgemacht hätten, sodass beim Volvo ein wirtschaftlicher Totalschaden eingetreten war.

Detaillierung laut dem Besichtigungsbericht:

- Stoßstange hinten plus Träger,
- 2 Stützen hinten,
- Seitenteil links richten – 4 Stunden,
- Heckteilunterteil ersetzen,
- Kofferboden richten – 1 Stunde,
- Heckleuchte links ersetzen,
- Auspufftopf hinten ersetzen.

Für die Unfallrekonstruktion wurde ein Datenblatt verwendet, dort - grob abgeschätzt - die Kontaktsuren eingezeichnet, wobei es sich nicht exakt um das gleiche Modell handelt.

Betreffend der vergleichweisen Schäden zu einem Versuch wurde ein Volvo 440 genommen (kein anderer verfügbar) und dieser für Vergleichszwecke herangezogen.

Aus der Unfallsanzeige der Polizei ergab sich folgendes:

Heck stark eingedrückt, Fahrgestell verzogen, Totalschaden.

**VW Passat – Auffahrender:**

Aus der Unfallsanzeige ergab sich folgendes:

Komplette Front stark eingedrückt, vermutlich Totalschaden.

Aus dem internationalen Unfallbericht ergab sich:

Rechter Scheinwerfer, Motordeckel.

Mit diesen Unterlagen war es erforderlich zur 1. Verhandlung ein Gutachten betreffend der Anstoßintensität vorzubereiten.

Die Angaben betreffend des VW Passat waren leider sehr dürftig.

In einer 2. Verhandlung wurden vom VW Passat Unterlagen vorgelegt, nämlich eine Reparaturrechnung und auch ein Lichtbild, sodass das Schadensbild dieses Fahrzeuges seinem  $\Delta v_{(0=Kompression)}$  gegenübergestellt werden konnte.

Es wurde für jedes Fahrzeug sein  $\Delta v_{Kompression}$  auf Grund seines Schadensbildes (seiner Deformationsarbeit<sub>(0=Kompression)</sub>) berechnet.

Dann erfolgte eine Berechnung der Kollisionsgeschwindigkeit des auffahrenden Fahrzeuges (das davor befindliche Kfz steht) mittels einer Impulsrechnung (= Stoßrechnung) so, dass die gesamte Energieänderung in der Kompressionsphase beider Fahrzeuge zusammen gleich war der gesamten Deformationsarbeit beider Fahrzeuge in der Kompressionsphase.

Bei der 1. Verhandlung wurde folgendes ermittelt:

Laut Angabe – Beschädigungen am VW Passat:

Rechter Scheinwerfer kaputt, Motorhaube leicht aufgebogen gewesen, Kotflügel nicht beschädigt, Stoßfänger glaublich nicht beschädigt.

Es wurde in Handskizzen versucht die Kollisionsposition und die Unfallendstellung darstellen zu lassen, wobei der Lenker des auffahrenden Fahrzeuges angab, dass die Kollisionsposition seiner Ansicht nach auch die Endposition war, auch eine Verdrehung konnte er nicht wahrnehmen.

Er selbst musste eine Vollbremsung vornehmen, die noch bis zur Kollision wirksam wurde. Er konnte nach dem Unfall mit dem Fahrzeug weiter fahren.

Lenkerin des Volvo 360 – aufgefahrenes Fahrzeug:

Ihr Fahrzeug hatte keine Vorschäden. Sie blieb mit einer normalen Bremsung stehen, ist dort ca. 4 s gestanden. Ihr Auto wurde nicht sehr weit nach vorne gestoßen, es gab nur einen Ruck. In Endposition standen die Fahrzeuge nicht Blech an Blech, sie glaube aber nicht, dass sie zwischen den Autos hätte durchgehen können.

Beim Fahrzeug des anderen war die ganze Front eingedrückt. Sie glaube auch, dass der rechte Scheinwerfer kaputt war.

Von der Versicherung habe sie € 872,- (ATS 12.000,-) bekommen (für das Auto Volvo), Schmerzensgeld habe sie € 1890,- (ATS 26.000,-) bekommen.

Bei der nächsten (2.) Verhandlung wurden Reparaturrechnung einer autorisierten VW-Werkstätte (und VW Händler) und 1 Lichtbild betreffend des VW Passat vorgelegt. Aus der Reparaturrechnung ergab sich folgendes:

- 1.) - Dach ausgerichtet incl. Dachhimmel teilweise öffnen (offenbar war eine Dachfalte vorhanden gewesen),
- 2.) - Kotflügel plus Radhaus ausrichten,
- 3.) - Stoßfänger und Motorhaube ersetzt,
- 4.) - Schloßträger ersetzt.

**Keine Längsträgerreparatur angeführt!**

Für Position 1.) und 2.) wurden 6 Stunden Arbeitszeit verrechnet.

Weiters ergab sich, dass das Schadensbild praktisch so aussah, wie das Schadensbild des AZT-Reparaturtests (mit Ausnahme des Stoßfängers).

Betreffend der (offenbar vorhanden gewesenen) Stauchfalte ergibt sich, dass diese für einen größeren k-Faktor spricht, als in meinem Gutachten unterstellt wurde. Dieser k-Faktor wurde in meinem Gutachten deshalb im unteren Bereich genommen, da bei kleiner werdendem k-Faktor die dynamische Deformationstiefe kleiner, daraus die Kompressionszeit kleiner und weiters daraus die mittlere Karossenbeschleunigung größer, wird.

Die Dachfalte weist nicht darauf hin, dass die Anstoßintensität größer war, als errechnet, sondern weist darauf hin, dass der k-Faktor offensichtlich größer anzusetzen ist, also die dynamische Deformation größer war.

Daraus würde sich aber sinngemäß ergeben, dass die mittlere Karossenbeschleunigung des gestoßenen Fahrzeuges (Volvo) in der Kompressionsphase kleiner war, als rechnerisch von mir ermittelt wurde.

Es wurde in weiterer Folge in dieser 2. Verhandlung neuerlich gerechnet, woraus sich für den Volvo ca. 2,8 g mittlere Karossenbeschleunigung in der Kompressionsphase ergaben. Die maximale bleibende Deformation des VW Passat wurde in der Verhandlung grob abgeschätzt mit 9 cm,  $\Delta v_{\text{Kompression}} - \text{Kfz gegen Kfz}$  – für den VW Passat mit ungefähr 10 km/h genommen.

Der ermittelte Wert von 2,8 g liegt eindeutig unter 3 g (Broschüre der Gesellschaft der Gutachterärzte Österreichs – Untersuchung des Allianz-Zentrums München).

Bevor noch das Lichtbild betreffend der Unfallschäden des VW Passat vorlag, wurde aus dem Datenblattvergleich heraus ermittelt, dass offensichtlich der VW Passat mit Vollbremsung, das heißt, voll abgesenkt, gegen den Volvo gestoßen war, was dann auch durch das Lichtbild des VW bestätigt wurde.

Bei der effektiven Kollisionsgeschwindigkeitsangabe ist das entsprechende  $\Delta v_{\text{Bremsung}}$  durch die Bremsung in der Kollisionsphase des auffahrenden Fahrzeuges zur Kollisionsgeschwindigkeit dazuzurechnen. Einerseits wird die Kollisionsgeschwindigkeit etwas größer, andererseits wird der g-Wert für die gestoßene Karosse entsprechend größer, weil die Kompressionszeit kleiner wird.

Diese Vollabsenkung des VW Passat lag nur dann vor, wenn das Heck des Volvo im Ruhezustand war (dieser Stillstand des Volvos wurde von dieser Fahrzeuglenkerin auch angegeben).

Die Stoßantriebsrichtung wurde grob abgeschätzt angesetzt. Die sich daraus errechnete Rotation für die beiden Fahrzeuge ist gegenüber den Angaben der Unfallfahrzeuglenker zu groß; es lag somit keine Rotation vor.

Für das Beispiel wird aber diese Rotation beibehalten, um auch die Rotation bei der Ermittlung der Insassenbelastung für das gestoßene Fahrzeug mitverwenden zu können.

Das heißt aber weiters, dass die mittlere Karossenbeschleunigung in der Kompressionsphase, gerechnet mit der Rotation, etwas zu groß ist, gegenüber der Tatsache, dass die Rotation nicht vorgelegen hat.

Bei allen Überlegungen wird aber immer der obere Bereich gesucht, um davon auszugehen, dass die HWS (Halswirbelsäule) - Verletzung nicht nachzuweisen bzw. zu erwarten ist, sondern das Gegenteil zu beweisen ist; nämlich, ob sie eingetreten sein konnte oder nicht.

Dies alles bei einer durchschnittlich definierten Person, ohne oder ohne wesentlicher körperlicher relevanter Vorschädigungen und unter optimalen Voraussetzungen.

Bei der Insassenbelastung wird nur in einer Ebene Translation und Rotation zusammengesetzt.

Genaugenommen wäre dies 3-dimensional, nämlich auch in Hochachsenrichtung zu sehen, und auch noch die Rotation des Oberkörpers um die Körperquerachse zu berücksichtigen.

Dies wird hier allerdings nicht betrachtet.

Betreffend des Ansatzens der Karosserie-Steifigkeitszahl für die Berechnung der Deformationsarbeit ist darauf hinzuweisen, wie dies in meiner Steifigkeitszahl-Liste angeführt ist, dass bei den Werten der AZT-Versuche (dies sind die Reparatur-Crashversuche des Allianz-Zentrums für Technik, München-Ismaning) entsprechende Abschlüsse vorzunehmen sind, weil dort gegen eine starre feste Barriere über volle Fronthöhe gestoßen wird.

Diese AZT-Versuche (für Front, Heck und Seite) werden jährlich von EurotaxGlass's zum Kauf angeboten.

Es ist weiters mit Datenblättern zu prüfen, wie die Deformation im gegenständlichen Fall erfolgte, und zwar ist es bei Vollbremsungen von Bedeutung, ob der Stoßfänger unterhalb oder oberhalb des anderen Stoßfängers gerutscht ist oder nicht, ob der Stoßfänger des stoßenden Fahrzeuges das andere Fahrzeug praktisch gar nicht so richtig getroffen hat. Die Steifigkeitszahl ist dementsprechend zu korrigieren.

Dies ist auch bei Betrachtung der Schadensbilder zu berücksichtigen, ob die Stoßstange soweit zurückgestaucht ist, wie lt. AZT-Versuch oder nicht. Die maximale bleibende Deformation – Auswertung AZT-Versuch – wurde dort gemessen, wo sie am größten war und, z.B. beim VW Passat, ist dies die Stoßstange.

Zu achten ist darauf, ob es zu einer entsprechenden Hubbewegung des Fahrzeuges gekommen ist oder nicht und ist dies zu überprüfen mit den Verletzungen, da fallweise in den Ambulanzkarten auch "Stauchung" angegeben wird.

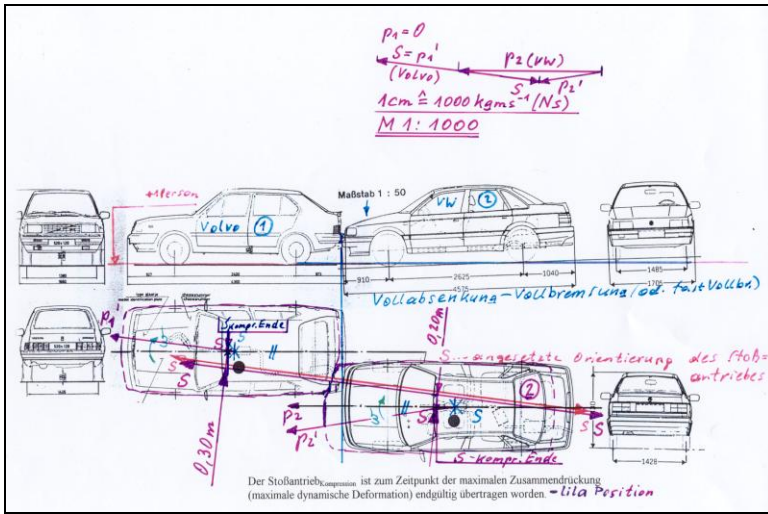
Im Volvo befand sich noch ein Beifahrer (rechts vorne), 1,83 m groß; dieser wurde nicht verletzt.

Angegeben wurde, dass die Kopfstützen des Volvo einstellbar wären und ordnungsgemäß eingestellt waren. Die Kopfstützenart ist aus den Lichtbildern ersichtlich.

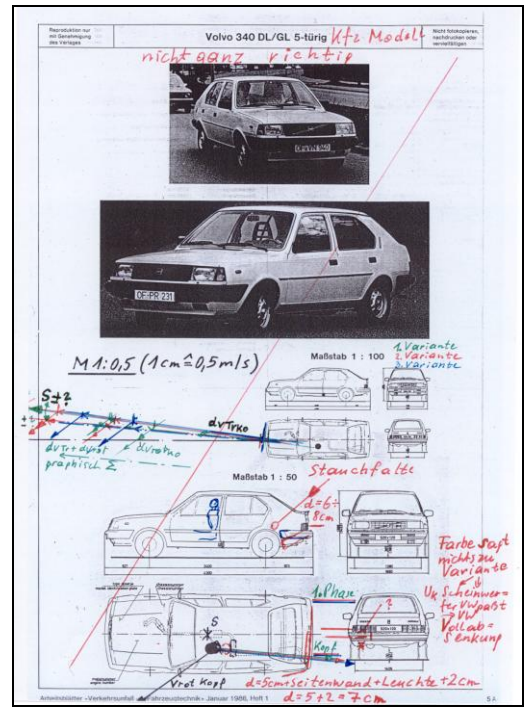
Der k-Faktor mit 0,40 wurde einerseits genommen als ungefähre Mittelwert zwischen den AZT-Versuchen (Volvo –  $k = 0,52$ , VW –  $k = 0,20$ ), andererseits wurde überlegt, dass die Kollisionsgeschwindigkeit bzw.  $\Delta v_{\text{Kompression}}$  etwas kleiner sein wird, als bei den dortigen Versuchen, da dort mit starren Barrieren getestet wurde.

Betreffend der Bewegungsrichtung der Lenkerin des Volvo wird die Bewegung relativ zum Fahrzeuginnenraum in der 1.Phase im Datenblatt des Volvo (im Anhang in Farbe) dargestellt.

Für die Bewegungsrichtung in der 2.Phase ist natürlich die Muskelanspannung bzw. allenfalls bewusste Richtungsänderungen des Insassen von Bedeutung. Für die theoretische Abhandlung ist es erforderlich dies mit dem Fahrzeugmodell darzustellen, um auch die Rotation des Fahrzeuges zuzüglich zur Translation zu jenem Zeitpunkt berücksichtigt zu haben, wenn sich der Körper, im gegenständlichen Fall der des Insassen im gestoßenen Fahrzeug, in der 2.Phase nach vor, bewegt.



**BILD 25**



**BILD 26**



Schadensbild des gegenständlichen Unfall-Kfz Volvo

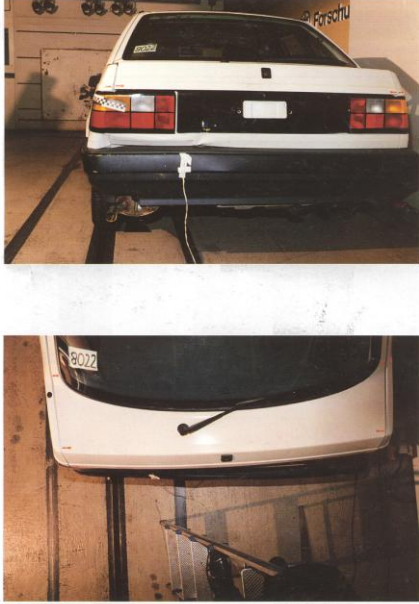
**BILD 27**

<b>eurotax</b>	
<b>TEST-REPORT</b>	
<b>VOLVO 440 1117/30</b>	
Datum/Date/Date/Date/Fecha:	6.10.88
Versuchsnr./Test N°/Número du test/No. della prova/Numero de prueba:	516/88
Fahrzeug-Typ/Vehicle Type/Type de véhicule/ Tipo di veicolo/Tipo de vehículo:	Volvo 440 1117/30
AZT-Nr.:	814
Heckaufprall/Rear impact crash/Choc arrière/ Urto della parte posteriore/Impacto en la parte trasera:	40% Offset
Aufprallgeschwindigkeit/Crash speed/Vitesse du choc/ Velocita' d'urto/Velocidad de impacto:	15,4 km/h
Dyn. Gesamtdelamination/Dynamic total deformation/Déformation totale dynamique/ Deformazione totale dinamica/Deformación total dinámica:	115 mm <i>ca. 55 mm</i>
	
Research: Allianz-Zentrum für Technik GmbH	

Volvo 440\_1117\_30\_AZT814\_1988\_H

**BILD 28a**

Schadensbild eines Volvo aus dem Reparatur-Crashversuch des AZT (Allianz-Zentrum für Technik - München-Ismaning)

<b>eurotax</b>	
<b>TEST-REPORT</b>	
<b>VOLVO 440 1117/30</b>	
Datum/Date/Date/Date/Fecha:	6.10.88
Versuchsnr./Test N°/Número du test/No. della prova/Numero de prueba:	516/88
	
Research: Allianz-Zentrum für Technik GmbH	

Volvo 440\_1117\_30\_AZT814\_1988\_H1

**BILD 28b**



Schadensbild des gegenständlichen Unfall-Kfz VW Passat

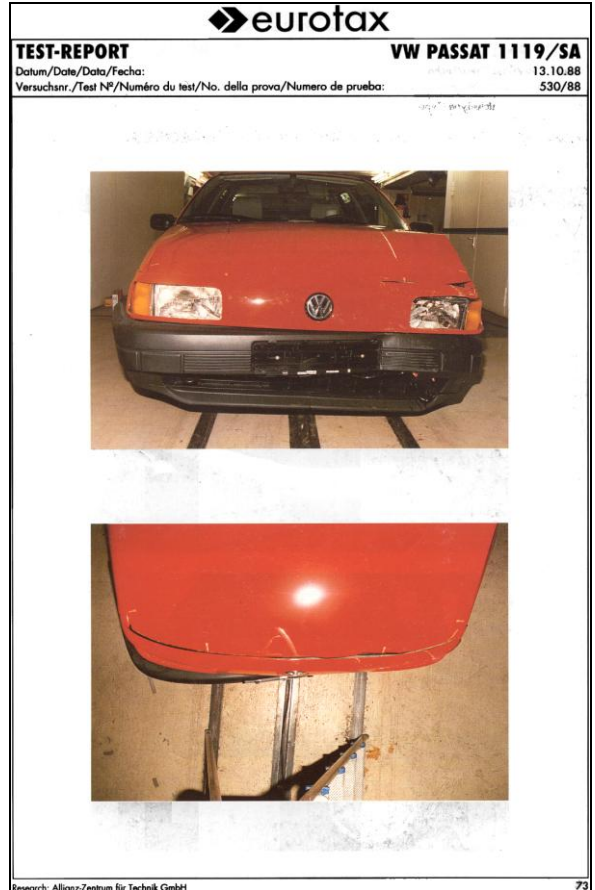
**BILD 29**



VW Passat 1119\_SA\_AZT818\_1988\_F

BILD 30a

Schadensbild eines VW Passat aus dem Reparatur-Crashversuch des AZT (Allianz-Zentrum für Technik - München-Ismaning)



VW Passat 1119\_SA\_AZT818\_1988\_F1

BILD 30b

**Auszug aus meiner Steifigkeitszahl- und Kraftzahlliste:**

**C-Zahl (Steifigkeitszahl) - System**

[kN/m]  $C_1, C_{k_0-F, H}$ , Alternativzahl  $C_{unecht}$  und  $C_{dyn}$ : „unechte“ Steifigkeitszahl;  $C_{dyn}$ : „echte“ Steifigkeitszahl  
 $\Delta v$  aus Def.Arbeit nach Berücksichtigung der Deformationsarbeit der deformierbaren Walzen oder anderen Deformationselementen  
 + C 600 { } / 794 / 573 / 434 (1000 kg) –Kfz Masse[kg]  
 $\Rightarrow F = 102,1$  / 134,9 / 114,7 / 86,85 [kN] bei:  $d = 0,1701034$  m,  $d_{dyn} = 0,2001217$  m  
 x F 15 [ ] (0,0  $R_1$ ) {  $k_0$  } / 17,3(0,15  $R_1$ ) / - / 15 (0,0/0,15  $R_1$  /  $k_0(AvRestit.) \leq \dots$ ?) 12/92 –Testjahr(-Monat)-bzw.  
 : | Kompression Baujahr bzw. Modelljahr Kfz  
 Front | k-Faktor Rotationsenergie k-Faktor für dieses  $C_{dyn}$   
 $\Delta v$  [km/h](Geschw.Änderung aus Translation) (Kompression bzw. gesamt)

+ Dr. Dipl.Ing. Heinz BURG ° Berichtigungen ab dem 27.04.2001  
 x Werte aus Auswertung Reparatur-Crash-Test Allianz Zentrum München(AZT) /Eurotax :Werte aus Seminar Prof. Slibar

- Volvo 440** x C 3000 /-/m.Sch./- / 690 (1180 kg) 5-tür,  $\Delta v$  f. Offs. 40%  
 H 7,1(0) / 10,8(0,52) / - / 7,1(0/0,52)  $C_{dyn}$  / 10/88, Mod 1117/30
- VW Passat** x C 1840 /-/ m.Sch./- / 1180 (1360 kg),  $\Delta v$  f. Offs. 40%
- Stufenheck** F 15,0(0) / 18,0(0,20) / - / 15,0(0/0,20)  $C_{dyn}$  / 10/88 Mod 1119/SA
- III:4/1988-9/1993**

**Zur Demonstration der Unterschiede in den C-Zahlen, bei der Ermittlung der abschnittswisen  $C_{dyn}$ -Zahl aus der Umwandlung der a/t-Versuchskurve des AZT, sowie Angabe der  $C_{k_0-F, H}$ -Zahl:**

**VW Passat**  
**Stufenheck**  
 V: ab 9/1996

x C 27860 { 1784 } /-/ m.Sch./- / 1645 (1443 kg)  $x_{BeschKompr} = 1,42/1,37$ ,  $a_{max} = 7,6$  li / 7,1 re [g], Test 1027  
 F 15,9 (0) { 0,04 } / 27,9(0,76) / - / 15,9 (0/0,76 /  $k_0(AvRestit.) \leq 0,04$ ?)  $C_{dyn}$  / 2/97, Mod. 1.8 T Stufe, 4-tür,  $\Delta v$  f. Offs. 40%  
 x  $C_{dyn}$  / 1720,4 / 4106 / 2778,6 / 2374,6 / 2120 / 1850 / 1600 / 1644,4 /  
 F / 3,9(0?) / 6,8(0?) / 8,4(0?) / 10,3(0?) / 12,2(0?) / 13,7(0?) / 14,8(0?) / 15,9(0?) /  
 bei  $\Delta v$  für Offset 40% -  $d_{dyn}$  [cm] / 3,9 - 2,5 / 6,8 - 5 / 8,4 - 7,5 / 10,3 - 10 / 12,2 - 12,5 / 13,7 - 15 / 14,8 - 17,5 / 15,9 - 18,5 /  $d_{Offset} = 4,5$  cm/  
 $d_{0 Offset} \geq 17,8$  cm. Test 979, Offset 40 % C-Werte x 2 genommen,  $\Delta v$  f. Offset 40%. Umwandlung der Meßkurve a/t in a/SchwerpunktKfz- $d_{dyn}$  Werte.  
**Die Werte  $C_{dyn}$  und  $\Delta v$  gelten nur bei dieser Rammgeschwindigkeit (größter  $\Delta v_{(0)}$  Wert) und nur bei diesem k-Faktor (aus Versuch)**

BILD 31

**C-Zahl (Steifigkeitszahl) - System**

[kN/m]  $C^*$ ,  $C^{k_0-F,H}$ ,  $C^{k_0Def-F,H}$ , Alternativzahl  $C^{unecht}$  und  $C^{dyn}$ : „unechte“ Steifigkeitszahl;  $C^{dyn}$ =„echte“ Steifigkeitszahl  
 $\Delta v$  aus Def.Arbeit nach Berücksichtigung der Deformationsarbeit der deformierbaren Waben oder anderen Deformationselementen **Bild 1a**  
 + C 600 { } { } / 794 / 573 / 434 (1000 kg) — Kfz Masse[kg] **Bild 2a**  
 $\Delta F=$  102.1 / 134.9 / 114.7 / 86.85 [kN] bei:  $d = 0,1701034$  m,  $d_{dyn} = 0,2001217$  m  
 x F 15 [ ] (0,0 R<sub>1</sub>) {k<sub>0</sub>...} {k<sub>0Def</sub>...} / 17,3 (k= $k_{Def:0,15 R_1}$ ) / - / 15 (0,0/ k= $k_{Def:0,15 R_1 / k_0(\Delta v_{Restitution}) \leq \dots ?$ )  $C^{dyn}/12/92$   
 : | Kompression echte Restitution Testjahr(-Monat)-bzw.Baujahr bzw. Modelljahr Kfz  
 Front k-Faktor k<sub>0</sub>-Faktor k<sub>0Def</sub>-Faktor Rotationsenergie k-Faktor für dieses  $C^{dyn}$  {dieser k-Faktor = dem k<sub>Def</sub>-Faktor (Mai 2015)}  
 $\Delta v$  [km/h](Geschw.Änderung aus Translation) (Kompression bzw. gesamt)  
 + Dr. Dipl.Ing. Heinz BURG ° Berichtigungen ab dem.....  
 x Werte aus Auswertung Reparatur-Crash-Test-Allianz Zentrum München(AZT) /Eurotax :Werte aus Seminar Prof. Slibar  
 C, C\*, C<sup>k<sub>0</sub></sup>, C<sup>k<sub>0Def</sub></sup>, C<sup>unecht</sup>, C<sup>dyn</sup>, C\* [kN/m]: unechte Steifigkeitszahlen.  $C^{dyn}$ , C<sub>H-S</sub><sup>dyn</sup> [kN/m]: echte Steifigkeitszahlen - über gesamte Breite  
 - bei keiner anderen Angabe - sind Näherungswerte - Richtwerte - toleranzbehaftet - auch abhängig von der Krafteinleitungsrichtung. C<sub>H-S</sub><sup>dyn</sup>  
 - Werte: nur Richtwerte - aus Auswertung der Kraftkennlinie - linearisierter Verlauf unterstellt.  $C^{dyn}/kg(\dots)$  [kN/mkg] bei k-Faktor (...) -  
 Massesteifigkeitszahl bei k-Faktor (...) - massebereinigte Steifigkeitszahl bei k-Faktor (...).  
 Steifigkeitszahlen errechnet aus Geschwindigkeitsänderung  $\Delta v$  des Kfz's bzw.  $\Delta v$  + teilweise R, R<sub>1</sub> od. R<sub>2</sub>. Steifigkeitszahlen unterschiedlich  
 zwischen k = 0 und k > 0 ( $C^{dyn}$  - dynamisch). Die angegebenen  $C^{dyn}$  Zahlen gelten nur bei dem dazu angegebenen k-Faktor.  
 Falls dieser k-Faktor anders ist, ist mit der Formel  $C_{k_2}^{dyn} = \dots$  umzurechnen. C\*: wurde aus EES\* gerechnet. C<sub>H-S</sub><sup>dyn</sup>: Errechnet aus Um-  
 wandlung der Messkurve a/t in a/s<sub>SchwerpunktKfz</sub> Werte bzw. daraus in a/d<sub>dyn</sub> Schadenstelle Kfz Werte. Die fahrbare starre Barriere wurde als geringst defor-  
 mierbar unterstellt.  
 Überall wurde unterstellt, dass das Schadensbild des Kfz's seinem  $\Delta v$ , bzw.  $\Delta v_{(0)}$ , entspricht.

**BILD 31a**

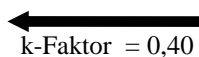
**Die vollständigen Berechnungen der Varianten 1, 2 und 3, meines Berechnungsbeispiels, können in meinem Wissenschaftsbericht nachgelesen werden.**

VOLVO 360 GLE (Gestoßener)

VW PASSAT III 35P, GL (Stoßender)

KFZ 1

KFZ 2



- Hier wird der k-Faktor 0,40 als: k-Faktor =  $k_{Def}$ -Faktor =  $k_0$ -Faktor unterstellt (als seinerzeitige Definition: k-Faktor umfasste alle Begriffe) - ergänzt am 16.09.2016

Alle Berechnungen ohne jegliche Abbremsung, ohne jegliche Reifenschlupfverzögerung (reine Stoßberechnung).  
Musterberechnung ohne Rotation und als Vollstoß gerechnet (Berechnungsvarianten siehe in meinem dazugehörigen Wissenschaftsbericht).

2 Personen	Beladung	1 Person
1070	Unfallmasse [kg]	1300
	Bereifung:	4 M+S Reifen

Aus meiner C – Liste (Steifigkeitszahlliste) ergibt sich die C-Zahl [kN/m]:

Volvo 440 x  $C_H 7,1(0) 3\ 000 / - / - / 690$  (1180 kg)  
 $C' \ C'_{unecht} \ C'' \ C''_{dyn}$

VW Passat III x  $C_F 15,0(0) 1\ 840 / - / - / 1\ 180$  (1360 kg)  
 $C' \ C'_{unecht} \ C'' \ C''_{dyn}$

x – Werte sind für volle Überdeckung

→ deshalb hier 50 % davon

hier bei den x-Werten: ca. 0,6 m Lichtraumprofilüberdeckung

→ tatsächliche Überdeckung auf Kontaktstelle: 0,50 m

Bei ca. 1,70 m Kfz-Breite sind dies 34 % Überdeckung schon etwas zu groß.

→ falls Offset Wert Test 40 % genommen -

$C_H \hat{=} 100 \% = 3\ 000\ \text{kN/m}$

50 % = 1 500 kN/m

minus  $1/4$ , da starre Barriere

$C_H \hat{=} 1\ 125\ \text{kN/m}$

$C_F \hat{=} 100 \% = 1\ 840\ \text{kN/m}$

50 % = 920 kN/m

minus  $1/3$ , da feste Wand

$C_F \hat{=} 613\ \text{kN/m}$

da Stoßfänger nicht voll getroffen –  $C_F \hat{}$  wäre < anzusetzen. Aber da  $\Delta v_{(0)}$  Bereich hier < als 15 km/h ist, wird deshalb  $C_F \hat{}$  > angesetzt.

Steifigkeitszahlwert  $C_F \hat{}$  [kN/m]:

Variante:	1	2	3
$C_F \hat{}$ [kN/m]	1 200	800	900
(praktisch doppelt so groß wie aus AZT Versuch ableitbar)			ergibt größeren g-Wert bei $C \hat{}$ >

maximale bleibende Deformationstiefe:

d [m]

aus Fotos mit Datenblattauswertung:

$d_1 = 0,07\ \text{m}$

$d_2 = 0,10\ \text{m}$

$C \hat{=} \frac{m \cdot \Delta v_{(0) = \text{Kompression}}^2}{d^2}$  [N/m]

$\Rightarrow \Delta v_{1\text{Kompression}} = \sqrt{\frac{C_1 \hat{ } [N/m] \cdot d_1^2 [m^2]}{m_1 [kg]}}$  [m/s]

$\Rightarrow \Delta v_{2\text{Kompression}} = \sqrt{\frac{C_2 \hat{ } [N/m] \cdot d_2^2 [m^2]}{m_2 [kg]}}$  [m/s]

$\Rightarrow \Delta v_{1\text{Kompression}} = \sqrt{\frac{1126 \cdot 1000 \cdot 0,07^2}{1070}} = 2,271\ \text{m/s}$   
 $= \hat{=} 8,2\ \text{km/h}$

$\Rightarrow \Delta v_{2\text{Kompression}} = \sqrt{\frac{900 \cdot 1000 \cdot 0,10^2}{1300}} = 2,631\ \text{m/s}$   
 $= \hat{=} 9,5\ \text{km/h}$

$$= \frac{m \cdot \Delta v_{1(0)}^2}{2} = \frac{1070 \cdot 2,271^2}{2} = W_{\text{Def Kompression}} [\text{Nm}] = \frac{m \cdot \Delta v_{2(0)}^2}{2} = \frac{1300 \cdot 2,631^2}{2}$$

$$= \underline{2\,758,9 \text{ Nm}} \qquad \qquad \qquad = \underline{4\,500 \text{ Nm}}$$

$$W_{\text{DeformationKompressionBeideKfz}} [\text{Nm}] = 2\,758,9 + 4\,500 = \underline{7\,258,9 \text{ Nm}} = \Delta E_{\text{KompressionBeideKfz}}$$

$$v_{1 \text{ Kollision}} = 0,00 \text{ m/s}$$

$$\Delta v_{(0)} = 2,27 \text{ m/s} = \Delta v_{1(0)}$$

$$\Delta v_{(0)} = 2,63 \text{ m/s} = \Delta v_{2(0)}$$

$\Delta v_{(0) = \text{Kompression}}$  [m/s] - aus der C`Zahl - Karosseriesteifigkeitszahl - errechnet.

$$\Delta v_{1 \text{ ges}} = (1+k) \cdot \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot v_{\text{Kollisionrelativ}} [\text{m/s}]$$

$$v_{\text{Kollisionrelativ}} [\text{m/s}] = \frac{\Delta v_{1(0 = \text{Kompression})} \cdot (m_1 + m_2)}{m_2}$$

$$\Delta v_{2(0) = \text{Kompression}} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot v_{\text{Kollisionrelativ}}$$

..... dies, falls jedes der beiden Kfz in seinem Schadensbild sein  $\Delta v_{\text{Kompression}}$  hat.

Hier (bei dieser Variante 3) wird aber über die Gesamtenergieänderung in der Kompressionsphase gerechnet.

### VARIANTE 3

mit Rotation

Nach dem Vorliegen des Fotos des VW bei der 2. Verhandlung wurde von mir  $d_2$  neu geschätzt und daraus  $\Delta v_{2(0)}$  neu abgeschätzt.

Der Schaden schaut praktisch gleich aus wie jenem beim AZT-Test, aber der Stoßfänger ist gegenüber dem AZT-Test praktisch kaum zurückgestaucht!  $\rightarrow W_{\text{Def(0)}}$  entsprechend <

Die Werte der Deformations-Arbeit (des Kfz 1 -  $W_{\text{DeformationKompression}}$ )

bleiben gleich, wie bei der Variante 1, = Variante 2.

$$C_F = 900 \text{ kN/m}$$

$$d_2 \text{ ca. } 0,09 \text{ m, aus Foto abgeschätzt}$$

$$\Delta W_{\text{DeformationKompression}} \text{ aus } C = \underline{2\,758,9 \text{ Nm}}$$

Die restliche Def.Arbeit auf  $\Delta v_{1(0)}$  hat der VW übernommen.

Den k-Faktor trotz Dachfalte (eher  $k >$  anzusetzen) mit 0,40 beibehalten

da eventuell  $\Delta v_{2(0)}$  ca. 10 km/h auch noch vorstellbar ist, wurde  $d_2 >$  genommen  $\rightarrow$

$$d_2 = 0,10 \text{ m} \rightarrow \Delta v_{2(0)} = \underline{2,63 \text{ m/s}} = \underline{9,5 \text{ km/h}}$$

Aus mehreren Impulsberechnungen unter Abstimmen von  $W_{\text{DeformationKompressionGesamt-beide Kfz}}$  ergibt sich

$$v_{\text{KollisionKfz 2}} = \underline{4,974 \text{ m/s}} = \underline{17,9 \text{ km/h}} \approx \underline{18 \text{ km/h}} \text{ "ohne } \Delta v_{2 \text{ Brems}} \text{".}$$

Dies für  $\Delta E_{\text{gesamtKompressionTranslation}} = \Delta W_{\text{gesamtKompression}} \cdot E \dots \text{Energie, } W \dots \text{Deformations-Arbeit.}$

	als z.B.: C <sub>F</sub> [kN/m]	d <sub>2</sub> [m]	Δv <sub>2(0)</sub> [km/h!]
	600	0,09	6,95
	600	0,10	7,70
	600	0,12	9,30
	600	0,14	10,80
v <sub>Kollision1</sub> = 0,00 m/s = <u>0,00 km/h</u>	v <sub>Kollision2</sub> = 4,974 m/s = <u>17,9 km/h</u>		
v <sub>1</sub> ' = 3,819696 m/s	v <sub>2</sub> ' = 1,830096 m/s		
v'g = 2,73 m/s	v'g = 2,73 m/s		
Δv <sub>1ges</sub> = 3,82 m/s	Δv <sub>2ges</sub> = 3,143904 m/s		
Stoßantrieb S <sub>gesamt1</sub> = m <sub>1</sub> · Δv <sub>1ges</sub> = 1070 · 3,819696 = 4087 Ns	Stoßantrieb S <sub>gesamt2</sub> = m <sub>2</sub> · Δv <sub>2ges</sub> = 1300 · 3,143904 = 4087 Ns		
Stoßantrieb S <sub>gesamt1</sub> = Stoßantrieb S <sub>gesamt2</sub> = 4087 Ns ..... bei	ebenenem Stoß.		

Aus der Impuls- (= Stoß-) Rechnung folgt bei v <sub>Kollision2</sub> = 4,974 m/s = <u>17,9 km/h</u> :	
Dies für ΔE <sub>gesamtKompressionTranslation</sub> = ΔW <sub>gesamtKompression</sub>	E .... Energie, W .... Deformations-Arbeit.
$\Delta v_{1(0) = \text{Kompression}} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot v_{\text{Kollisionrelativ}}$ $= \frac{1300}{1070 + 1300} \cdot 4,974 = \frac{1300}{2370} \cdot 4,974 = \underline{2,728 \text{ m/s}}$ $\Delta v_{1 \text{ ges}} = (1+k) \cdot \Delta v_{1(0) = \text{Kompression}} = (1+0,4) \cdot 2,728 = \underline{3,82 \text{ m/s}}$	$\Delta v_{2(0) = \text{Kompression}} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot v_{\text{Kollisionrelativ}}$ $= \frac{1070}{1070 + 1300} \cdot 4,974 = \frac{1070}{2370} \cdot 4,974 = \underline{2,246 \text{ m/s}}$ $\Delta v_{2 \text{ ges}} = (1+k) \cdot \Delta v_{2(0) = \text{Kompression}} = (1+0,4) \cdot 2,246 = \underline{3,14 \text{ m/s}}$
$\Delta E_{\text{Kompression}} [\text{Nm}] = \frac{m \cdot \Delta v_{1(0)}^2}{2} = \frac{1070 \cdot 2,728^2}{2} = \underline{3 \ 981 \ \text{Nm}}$	$= \frac{m \cdot \Delta v_{2(0)}^2}{2} = \frac{1300 \cdot 2,246^2}{2} = \underline{3 \ 279 \ \text{Nm}}$

ΔE<sub>KompressionBeideKfz aus Impulsrechnung</sub> [Nm] = 3 981 + 3 279 = 7 260 Nm  
W<sub>DeformationKompressionBeideKfz</sub> [Nm] = 2 759 + 4 500 = 7 259 Nm  
Somit ergibt sich, dass ΔE<sub>KompressionBeideKfz aus Impulsrechnung</sub> [Nm] gleich ist dem W<sub>DeformationKompressionBeideKfz</sub> [Nm] = 7 260 Nm.

**INSASSENBELASTUNG der Lenkerin des Volvo**  
(Person links vorne – gestoßenes Kfz - Volvo ungebremst)

Variante 3			
Stoßantrieb S <sub>ges</sub> [Ns]			4 087 Ns
daraus Δv <sub>1(0 = Kompression) Translation</sub> [m/s] = $\frac{S_{ges}}{m_1 \cdot (1+k)}$			2,73 m/s
Δv <sub>Restitution</sub> [m/s] (= Δv <sub>1(0)} · k)</sub>			1,09 m/s
ω <sub>1 Kompression</sub> [s <sup>-1</sup> ] = $\frac{\omega_{1 \text{ ges}}}{(1+k)}$			0,571 s <sup>-1</sup>
ω <sub>Restitution</sub> [s <sup>-1</sup> ] (= ω <sub>1 Kompression</sub> · k)			0,229 s <sup>-1</sup>
d <sub>ges (beide Kfz)</sub> [m] =			0,07 + 0,10 = <u>0,17 m</u>
d <sub>dyn ges (beide Kfz)</sub> [m] = $\frac{d_{ges (beide Kfz)}}{(1-k)}$			$\frac{0,17}{(1-0,4)} = \underline{0,28333 \text{ m}}$
<b>ungebremst :</b>			
v <sub>2 Kollision</sub> [m/s]			4,974 m/s
[km/h]			17,91 km/h, ca. 18 km/h
v <sub>1(0 = Kompression)</sub> [m/s] = Δv <sub>1(0 = Kompression)</sub> = v'g			2,73 m/s
v <sub>1 gesamt</sub> [m/s]			3,82 m/s
Δt <sub>Kompression</sub> [s] = $\frac{d_{dyn \text{ ges (beide Kfz)}}}{v_2 \text{ Kollision}} = \frac{d_{dyn \text{ ges (beide Kfz)}} \cdot 2}{v_2 \text{ Kollision}}$			$\frac{0,28333 \cdot 2}{4,974} = \underline{0,11392 \text{ s}}$
(Formel gilt nur, wenn v <sub>1 Kollision</sub> = 0,00 ist - so angesetzt – und ein exakter			linearer Vollstoß vorliegt!)

**TABELLE 2**

alles ungebremst - Volvo - Variante: 3	Werte für den Lenkersitz des Volvos (inklusive der Rotation)
$a_m 1$ (Kompression), nur aus Translation $= \frac{\Delta v_{1(0) \text{ Kompression}}}{\Delta t_{\text{Kompression}} * 9,81}$ [g]	$\frac{2,73}{0,11392 * 9,81} = \hat{=} \underline{2,44 \text{ g}}$ <u>3,54 g</u>
$a_m 2$ (Restitution), nur aus Translation $= \frac{\Delta v_{1 \text{ Restitution}}}{\Delta t_{\text{Restitution}} * 9,81}$ (bei ungebremst: $\Delta t_{\text{Restitution}} = \Delta t_{\text{Kompression}}$ ) [g]	$\frac{1,09}{0,11392 * 9,81} = \hat{=} \underline{0,98 \text{ g}}$ <u>1,41 g</u>
$a_m 3$ (gesamt), nur aus Translation [g] $= \frac{\Delta v_{1 \text{ gesamt}} (= \Delta v_{1(0) \text{ Kompression}} + \Delta v_{1 \text{ Restitution}})}{\Delta t_{\text{gesamt}} (= \text{Kompression} + \text{Restitution}) * 9,81}$	$\frac{2,73 + 1,09}{(2 * 0,11392) * 9,81} = \hat{=} \underline{1,71 \text{ g}}$ <u>2,47 g</u>
$v_{\text{rotation Kopf}} = \omega_1 * e$ [m/s] $v_{\text{rotation Kompression Kopf}} = \omega_{1 \text{ Kompression}} * e$ [m/s] $v_{\text{rotation Restitution Kopf}} = \omega_{1 \text{ Restitution}} * e$ [m/s]	$0,571 * 0,3 = \underline{0,17 \text{ m/s}}$ $0,229 * 0,3 = \underline{0,07 \text{ m/s}}$
aus grafischer Zusammensetzung im Datenblatt (bezogen auf die Sitz- = Kopfposition) $\Delta v_{1 \text{ Translation}} + \Delta v_{1 \text{ Rotation}}$ ergibt sich:	
Kompression: [m/s]	2,84 (in blauer Farbe in Bild 26)
Restitution: [m/s]	1,11 (in blauer Farbe in Bild 26)
bei Beibehaltung der Zeiten aus $\Delta v_{\text{Translation}}$ :	
$a_m 1 \Delta v_{\text{Translation+Rotation (Kompression)}}$ [g]	$\frac{2,84}{0,11392 * 9,81} = \hat{=} \underline{2,54 \text{ g}}$ <u>3,68 g</u>
$a_m 2 \Delta v_{\text{Translation+Rotation (Restitution)}}$ [g]	$\frac{1,11}{0,11392 * 9,81} = \hat{=} \underline{0,99 \text{ g}}$ <u>1,44 g</u>
$a_m 3 \Delta v_{\text{Translation+Rotation (Kompression + Restitution)}}$ [g] Wert $\Delta v_{\text{Translation+Rotation (Kompression + Restitution)}}$ aus grafischer Zusammensetzung	$\frac{2,84 + 1,11}{(2 * 0,11392) * 9,81} = \hat{=} \underline{1,77 \text{ g}}$ <u>2,56 g</u>
Kontrolle über $a_m 1$ , ob $\Delta v_{\text{res Kopf Kompr.}}$ bis Kopfanstoß gg. Kopfstütze aus $s_{\text{rel}}$ zwischen Kopf und Kopfstütze auch erreicht werden kann.  Auf allfällige Zerlegung in Komponenten senkrecht zur Aufprallstelle und parallel dazu wird verwiesen. $v_{\perp}$ ist < ! Ohne Rotation Körper und Kopf.  Unter Ansatz, dass $a_m 1, 2, 3$ des Karosenschwerpunktes gleich ist dem $a_m 1, 2, 3$ Körper und Kopf. <b>z.B. <math>s (= \Delta s) = 0,20 \text{ m}</math></b>	$v = \sqrt{2 * a_{m 1} \Delta t_{\text{Trans + Rot}} * \Delta s} =$ $= \sqrt{2 * 2,54 * 9,81 * 0,20} = \sqrt{2 * 3,68 * 9,81 * 0,20}$ $= \underline{3,16 \text{ m/s}} \quad = \underline{3,8 \text{ m/s}}$ <p>dieser Wert ist &gt; 2,84 m/s     &gt; 2,84 m/s</p> <p>z.B. <math>\Delta s = 0,10 \text{ m}</math></p> $\rightarrow \sqrt{2 * 2,54 * 9,81 * 0,10} = \sqrt{2 * 3,68 * 9,81 * 0,10}$ $= \underline{2,23 \text{ m/s}} \quad = \underline{2,69 \text{ m/s}}$ <p>dieser Wert ist &lt; 2,84 m/s, &lt; 2,84 m/s,</p> <p>d.h. <math>\Delta v_{(0) \text{ Tr + Rot}}</math> wird bis Kopfanstoß gegen die Kopfstütze nicht erreicht!</p>
Bei Anstoß eines Körperteiles des Insassen gegen den Fahrzeuginnenraum: Eventuell ist der Zeitversatz zwischen Kollisionsbeginn des Kfz und Bewegungsbeginn des Insassen zu berücksichtigen.	

TABELLE 3

Erforderlich nach starken Erweiterungen meiner Berechnungssysteme im 'Microsoft Excel' und im 'Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition' im Jahr 2015 ÷ 2016:

**Auswertung des Versuches 'AZT 04.12', veröffentlicht bei DTC AGU Schweiz; Werte siehe Tabelle 1 AZT 04.12:**

Bei Kollisionen Fahrzeug gegen Fahrzeug - Front gegen Heck - bei Schürzenfahrzeugen - im niedrigen Geschwindigkeitsbereich, kann es sein aufgrund der Betrachtung des Tests AZT\_ 04.12, dass die Kompressionszeit aus der Kurvenauswertung heraus (der Versuchsmesskurven a/t) tatsächlich bis etwa 30 % kleiner ist als wie wenn man dies über die mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit rechnen würde (siehe in der Tabelle Zeile 13 und 16).

z.B.: Verkleinerung von  $\Delta t_{\text{Kompression}} = 0,11392 \text{ s}$  um 31 % ergibt  $\Delta t_{\text{Kompression}} = 0,0786 \text{ s}$ : geänderte Werte in obiger Tabelle 3 rechts sowie in Tabelle 4 in rot.

Aber:  $a_m 3$  tatsächlich = 2,47 g zu  $a_m 1$  vorher = 2,44 g: gleicher Wert → mit der Berechnung von  $\Delta t_{\text{Kompression}} = 0,11392 \text{ s}$  liegt man im sicheren Bereich. Die Bewertung laut üblicher Literatur erfolgt über  $a_m 3$  - allerdings ist die richtige Restitutionszeit zu berücksichtigen.

**ZUSAMMENFASSUNG:**

über:

**$a_m 1$  [g]... mittlere Karossenbeschleunigung in der Kompressionsphase** (die Kompressionsphase ist mit dem Index 1 versehen) **für das gestoßene Fahrzeug (Volvo), bezogen auf die Sitzposition der Lenkerin (Kopf), links vorne im Volvo sitzend.**

Von Bedeutung ist nur  $a_m 1$  (die Kompressionsphase).

Deshalb sind in der Aufstellung die g-Werte nur für die Kompressionsphase, und zwar für die graphische Zusammensetzung aus  $\Delta v_{(0)\text{Translation}} + \Delta v_{(0)\text{Rotation}}$ , bei einem k-Faktor = 0,40, eingesetzt.

	Variante 3	
	mit Rotation	ohne Rotation
beide ungebremst - $a_m 1$	2,54 g    3,68 g	2,44 g    3,54 g
Aufgefahrener (Volvo) ungebremst, Auffahrender (VW) - $a_m 1$ Vollbremsung mit 7,0 m/s <sup>2</sup>	2,90 g    4,2 g x	2,78 g    4,0 g
Aufgefahrener durch seinen Reifenschlupf gebremst – (mindest 2,5m/s <sup>2</sup> ) – Auffahrender Vollbremsung mit 7,0 m/s <sup>2</sup> ; $\Delta v_{\text{Translation+Rotation}}$ wird durch Bremsung < (kleiner) - $a_m 1$	(2,84m/s → 2,58m/s) ■ 2,53 g    3,66 g	(2,728 m/s → 2,468 m/s) → $\Delta v_{\text{Brems}} = - 0,26 \text{ m/s}$ 2,42 g    3,5 g
$v_{2 \text{ Kollision(VW)}}$ bei ungebremst [m/s] / [km/h]	4,974 / 18,0	4,974 / 18,0
$v_{2 \text{ Kollision(VW)}}$ bei gebremst [m/s] / [km/h] - ergibt sich aus meinem Computerausdruck (dort ohne Rotation gerechnet) -	5,673 / 20,4 ← (Volvo ungebremst) →	5,673 / 20,4
Insassenbelastungsberechnung mit $v_{2\text{quer(VW)}}$ [m/s]/[km/h] ergibt sich aus meinem Computerausdruck (dort ohne Rotation gerechnet) -	5,443 / 19,6 ← (Volvo gebremst) →	5,443 / 19,6 mit - 2,5m/s <sup>2</sup>

$a_m 1$ : x war mit 2,8 g mein Gutachtenswert, als Mittelwert zwischen 2,6 g und 3,1 g (Variante 1 und Variante 2).

$2,6 + 3,1 = 5,7 \text{ g}; 2 = \underline{2,85 \text{ g}}$

Aber:  $a_m 3$  tatsächlich = 2,47 g zu  $a_m 1$  vorher = 2,44 g: gleicher Wert

■ Dieser Wert mit 2,50 g wäre, als dem Realgeschehen am nächsten kommender, zu nehmen.

Aus Korrektur von  $\Delta v$  – da kein exakter linearer Vollstoß vorliegt - würde folgen, dass die g-Werte um ca. 10 % zu verkleinern wären. Dies ist jedoch nur eingeschränkt zu sehen, da laut Berechnung der Wert  $a_m 1$  gleich bleibt. Allerdings ist am Ende der rechnerischen Kompressionsphase keine gleiche Schwerpunktschwindigkeit gegeben -  $v_{S2} > v_{S1}$  - (näheres wie dort in meinem Bericht).

Die Insassenbelastung ist in 3 Dimensionen (auch in Hochachsenrichtung) zu sehen.

Da die Rotation beider Kfz tatsächlich wesentlich < war, die  $C_F'$ -Zahl etwas > angesetzt wurde und mit der Überlegung eines Mittelwertes für  $a_m 1$  aus der Vollstoßrechnung gegenüber aus der Korrektur wegen der Energiebilanz ergibt sich ein gewisser Sicherheitsfaktor ( $a_m 1$  tatsächlich etwas <).

Bei Anstoß eines Körperteiles des Insassen gegen den Fahrzeuginnenraum:

Eventuell ist der Zeitversatz zwischen Kollisionsbeginn des Kfz und Bewegungsbeginn des Insassen zu berücksichtigen.

**TABELLE 4**



Berechnung mit meiner eigenen Computer-Software für PC-Standgerät und Pocket PC (im Excel-Programm) Seminarbeispiel 1 - Variante 3:

Table with multiple columns: Rechen-Ergebnis, Wert-Eingabe, P10a-Kfz-Unfall, Wert-Eingabe, Rechen-Ergebnis, Rechen-Ergebnis, Rechen-Ergebnis, System Ing. W. Haber. Includes calculations for Volvo 640 GLE, k0-Faktor, delta v, and various energy and force values.

Kfz 1		Energiebilanz über die Kollision mit den ABSOLUTWERTEN		Kfz 2		Alles ohne einer allfälligen Bremsung!	
PKW1	Bei Kollisionsbeginn = Eingangsenergie			VW Passat III Variant	Summe beide Kfz	Summe beide Kfz	
Ergebnis	Eingabe		Eingabe	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis	
	0,0000	VKollision (Geschwindigkeit) [m/s]	5,2222	18,8 km/h	Summe A + E	Summe F = F	Vergrößerung bei VKollision wegen Rotation omega' ?
	0,000	omega0 (Rotation) [1/s]	0,000		oder Summe B + D		
0,00		Etranslation [Nm]		17726,39	17726,39		
0,00		Erotation [Nm]		0,00	0,00		
0,00		E(translation+rotation) [Nm]		17726,39	17726,39		
	0,00	Ediverses [Nm]	0,00		0,00		
0,00		Eingangsenergie Egesamt [Nm]		17726,39	17726,39	17726,39	
<b>Bei Kollisionsende = Ausgangsenergie + Deformationsarbeit des Kfz (Schadensbild) - alles ohne einer allfälligen Bremsung!</b>							
13,75 km/h	3,8200	V'(Auslauf) (o. Verzög.) [m/s]	2,1111	7,6 km/h			
	0,617	omega' Kompression [1/s]	0,283				
0,864	0,864	omega' (Auslauf) [1/s]	0,396	0,396			
7806,93		E' translation [Nm]		2896,88	10703,82		
529,77		E' rotation [Nm]		161,99	691,76		
8336,70		E'(translation+rotation) [Nm]		3058,87	11395,57		
	0,00	E' diverses ? [Nm]	0,00		0,00		
	3083,30	WDeformationKompression [Nm]	4500,00		7583,30		
		<b>WDeformationBleibendQuerquer [Nm] =</b> WDeformationKompression abzüglich WDeRestitution aus k0-Faktor und WDeformationKompression		3780,00	6369,97		
2589,97							
10926,67		Ausgangsenergie E'gesamt + Def.ArbeitBleibendQuerquer Kfz (Schadensbild) [Nm]		6838,87	17765,54	17765,54	
<p>Für eine Übereinstimmung in der Energiebilanz - Eingangsenergie = Ausgangsenergie + Deformationsarbeit Kfz (Schadensbild) - ist zu beachten:                  Bei einem exakt linearen Vollstoß entsteht keine Rotation. Das heißt, falls sich ein omega' ergibt, ist VKollisionRelativ entsprechend um so viel zu vergrößern, dass die Energiebilanz stimmt. Oben, in der Impulsrechnung, wird das deltavKompression für einen exakt linearen Vollstoß gerechnet.                  Wenn kein solcher vorliegt, sondern ein Teilstoß, ist VKollisionRelativ um so viel zu vergrößern, dass sich das deltavKompression des Vollstoßes ergibt. Oder der Weg ist umzudrehen. Nämlich, deltavKompression zu verkleinern, was aber auch ein kleineres omega' ergibt (siehe mein Seminarbeispiel 1). Falls omega0 ungleich 0 ist, ist bei der Berechnung von deltaomega auf das entsprechende Vorzeichen zu achten.</p>							

BILD 32a/1

Mein Berechnungsprogramm mit dem System 'Microsoft Excel':

'P10a-Kfz-Unfall(1)+Ins.Bel. bei Brems.-erweitert m. k0+kDef+k0Def\_AGU': erweitert 2015 - manche Zahlen sind geringfügigst geändert: bedingt teilweise geringfügigst andere Ergebnisse: bitte vergleichen:

$$\Delta E_{(translation+rotation)KompressionBeideFzg} [Nm] = W_{DeformationKompressionC'BeideFzg} [Nm]$$

sowie mein weiteres Berechnungsprogramm mit dem System: 'Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition'

Form32. Stand: 2015 - System Ing. Wolfgang Huber - © Copyright. Alle Rechte vorbehalten.  
 Freitag, 16. September 2016 16.09.2016 11:38:04  
 Please choose the conditions. Bitte wählen Sie die Prämissen. Sprachausgabe 1 m/s = ^ 3,6 km/h

**Werteingabe in gelbes Feld einfügen**      **Rechenergebnis befindet sich im hellblauen Feld**      **Aus dem gelben Feld umgerechneter Wert**      **Eingabe oder errechnet**

Fahrzeug 1 (Kfz 1)      **gegen**      Fahrzeug 2 (Kfz 2)

Volvo 360 GLE      VW Passat III Variant - Seminarbeispiel 1 Variante 3

**Impuls (= Stoß) -Rechnung:**

m: Masse [kg]	Kfz 1	Kfz 2		
	1070	1300		
VK: Kollisionsgeschwindigkeit [km/h] / [m/s]	0	17,906	4,97	
Stoßziffer k (k-Faktor: Diagramm siehe unter Besonre- bung): für Impulsrechnung: neu ab 2000: k0-Faktor	0,400	k0-Faktor	0,400	kDef-Faktor: Stoßziffer k (k-Faktor): für Deformationsberechnung
delta ΔVKompression: [km/h] / [m/s]	9,8	2,73	-8,1	-2,24
delta ΔVgesamt: [km/h] / [m/s]	13,8	3,82	-11,3	-3,14
V': Auslaufgeschwindigkeit [km/h] / [m/s]	13,8	3,82	6,6	1,83
V'g(emeinsam): Geschw. am Ende Kompr. [km/h] / [m/s]	9,8	2,73		

**Drallberechnungen:**

Bei PKW: d: Radstand [m]	2,4	2,625		
Bei LKW: Länge L / Breite B [m]	0	0	0	0
IH / IM: Massenträgheitsmoment [kgm²]	1420	0	2064	0
μsQuer: Seitenkraftschlußbeiwert: mittlerer, ge nützlich/α'm: mittlere Winkelverzögerg. [1/s²]	0	0	0	0
φ': Drehwinkel [°] / t': Zeitraum [s]	0	0	0	0
φ'quer: Drehwinkel [°] / t'quer: Zeitraum [s]	0	0	0	0
rM: Abstand S-M [m] / φ2M: Drehwinkel [°]	0	0	0	0
a'M: mittlere Verzögerung [m/s²]	0			
ω', ω'M: Drehgeschwindigkeit gesamt [1/s]	0	0,86	0	0,40
VSMKollision: Schwerpunktgeschwindig- keit (mit Vorbehalt) [km/h] / [m/s]	0	0	0	0
e, eM(1), eM(2): senkrechter Abstand [m]	0,300	0	0,200	0
Stoßantrieb S: SKompression / Sgesamt [Ns]	2917	4084	2917	4084

**Energieänderung Kompression gesamt (aus den obigen Werten):**

delta ΔVKompression: [km/h] / [m/s]	9,8	2,73	-8,1	-2,24
delta ΔVgesamt: [km/h] / [m/s]	13,8	3,82	-11,3	-3,14
ω': Drehgeschw. Kompression / gesamt [1/s]	0,61	0,86	0,29	0,40
delta ΔEKompression ges. (Trans+Rot): [Nm]		4244		3357
delta ΔEKompr. abzgl delta ΔEwKompr.: [Nm]		3976		3273
delta ΔEKompression ges. (Trans+Rot) beide Kfz: [Nm]			7601	

**Deformationsarbeit in der Kompression:**

C-Zahl (Steifigkeit) / F-Kraftzahl	Kfz 1 - im gleichen Formelsystem				Kfz 2 - im gleichen Formelsystem				C-Zahl	C-Zahl
<input checked="" type="radio"/> C'd <input type="radio"/> C'k0 <input type="radio"/> C'dynImpuls	<input checked="" type="radio"/> C'd <input type="radio"/> C'k0 <input type="radio"/> C'dynImpulsRechnung	<input type="radio"/> F-Zahl	<input type="radio"/> F-Zahl	<input type="radio"/> F-Zahl	<input type="radio"/> F-Zahl	<input type="radio"/> F-Zahl	<input type="radio"/> F-Zahl	<input type="radio"/> F-Zahl	<input type="radio"/> F-Zahl	<input type="radio"/> F-Zahl
C'/C'k0/C'dyn [kN/m] - oder F/F'k0/F'dyn [kN]	1126,1	1126	405		900	900	324		0	0
d / d0 / ddyn / d0Def [m]	0,074	0,074	0,1233	0,0000	0,100	0,100	0,1667	0,0000	dx [m]	0,0000
delta ΔVKompression: [m/s]	2,40	2,40	2,40	2,73	2,63	2,63	2,63	-2,24	Kfz 1	0
delta ΔVKompression: [km/h]	8,6	8,6	8,6	9,8	9,5	9,5	9,5	-8,1	0,074	0
W (E) -Restitution: [Nm]	493	493	493	636	720	720	720	524	Kfz 2	0
EES: [m/s]	2,20	2,20	2,20	2,50	2,41	2,41	2,41	2,06	0,1	0
EES: [km/h]	7,9	7,9	7,9	9	8,7	8,7	8,7	7,4		0
W (ΔE)-Kompression: [Nm]	3083	3083	3083	3976	4500	4500	4500	3273		0
W (ΔE)-Gesamtphase (abzüglich Restitution): [Nm]	2590	2590	2590	3340	3780	3780	3780	2749	Zeile 9	0

Berechnung m. Faktor in Rubrik: 1+3: kDef; 2+4: k0

W (ΔE)-Kompression - beide Kfz: [Nm]	7583	7583	7583	7249		0
W (ΔE)-Gesamtphase (abzüglich Restitution gesamt) - beide Kfz: [Nm]	6370	6370	6370	6089		0

**Energiebilanz gesamt (über Absolutwerte):** W = ΔE-Gesamtphase (abzgl Resti): aus Zeile 9; aus  
nur Impulsrechnung (Rubrik 4) nur, wenn kein ω' [Nm]

V: Eingangsgeschwindigkeit [km/h] / [m/s]	0,0	0	18,8	5,22	W (E)-diverse: [Nm]	2590	3780
V': Auslaufgeschwindigkeit [km/h] / [m/s]	13,75	3,82	7,6	2,11	Eingangsenergie ges.: [Nm]	0	0
ω, ω': Rotationsgeschw. Eingang/Auslauf[1/s]	0,00	0,86	0,00	0,40	Ausgangsenergie ges.: [Nm]	17711	17761
	Kfz 1	-	Kfz 2	E-Energie ges. abzgl. A-Energie ges.: [Nm]		-50	

Für eine Übereinstimmung in der Energiebilanz - Eingangsenergie = Ausgangsenergie + Deformationsarbeit Kfz (Schadensbild) - ist zu beachten: Bei einem exakt  
linearen Vollstoß entsteht keine Rotation. Das heißt, falls sich ein omega' (ω') ergibt, ist VKollisionRelativ entsprechend um so viel zu vergrößern, dass die Energie-  
bilanz stimmt. Oben, in der Impulsrechnung, wird das delta ΔVKompression für einen exakt linearen Vollstoß gerechnet. Wenn kein solcher vorliegt, sondern ein  
Teilstoß, ist VKollisionRelativ um so viel zu vergrößern, dass sich das delta ΔVKompression des Vollstoßes ergibt. Oder der Weg ist umzudrehen. Nämlich, delta  
ΔVKompression zu verkleinern, was aber auch ein kleineres omega' (ω') ergibt (siehe mein Seminarbeispiel 1).  
Falls omega0 (ω0) ungleich 0 ist, ist bei der Berechnung von delta Δomega (ω) auf das entsprechende Vorzeichen zu achten.

BILD 32/2

Form37. Stand: 2015 - System Ing. Wolfgang Huber - © Copyright. Alle Rechte vorbehalten.

P10-Kfz-Urfall-Insassenbelastung-Vera

Freitag, 16. September 2016 16.09.2016 15:46:44 erweitert mit: delta ΔtRestiKorrigiert1: [s]

Please choose the conditions. Bitte wählen Sie die Prämissen. 1 g =  $\hat{=}$  9,80665 m/s<sup>2</sup>  
1 m/s =  $\hat{=}$  3,6 km/h

Werteingabe in gelbes Feld einfügen

Rechenergebnis befindet sich im hellblauen Feld

Aus dem gelben Feld umgerechneter Wert

Fahrzeug 1 (Kfz 1) ← **gegen** → Fahrzeug 2 (Kfz 2)

Volvo 360 GLE VW Passat III Variant - Seminarbeispiel 1 Variante 3

**Impuls (= Stoß) -Rechnung (ohne Fahrzeug-Verzögerung):**

m: Masse [kg]	<b>Kfz 1</b>	1070	1300	<b>Kfz 2</b>	1	x = kDef-Faktor/ k0-Faktor	
VK: Kollisionsgeschwindigkeit [km/h] / [m/s]		0	17,906	4,97	<b>VKollRelativ - eventuell rein fiktiv</b>		
Stoßziffer k (k-Faktor: Diagramm siehe unter Besondere-impulsrechnung: neu ab 2000: k0-Faktor)		0,400	0,400	kDef-Faktor: Stoßziffer k (k-Faktor): für Deformationsberechnung			
delta ΔVKompression: [km/h] / [m/s]		9,8	2,73	-8,1	-2,24	VmRelativKollisionKompression (bis V'g): [km/h] / [m/s]	
delta ΔVgesamt: [km/h] / [m/s]		13,8	3,82	-11,3	-3,14	8,9	2,48
V'g: Auslaufgeschwindigkeit [km/h] / [m/s]		13,8	3,82	6,6	1,83	Berechnungsauswahl Loop: o. ΔtRestiKorr: <input type="radio"/> Vera ohne Loop <input checked="" type="radio"/> Vera mit Loop <input type="radio"/> Vera-nein, darf nicht die 1. Auswahl sein!	
V'g(einsam): Geschw. am Ende Kompr. [km/h] / [m/s]		9,8	2,726	beide Kfz in Summe [m]			
dmax bleibend: [m]		0,0740	0	0,1000	0	0	0,174
ddynamisch: [m]		0	0,1233	0	0,1667	0	0,29
drestitution: [m]			0,0493		0,0667		0,116

**Werte bei eventueller Fahrzeug-Verzögerung:**

delta ΔVKompressionEffektiv: [km/h] / [m/s]	8,9	2,46	-10,8	-2,99	Bei ohne Vera: bei a1 >= a2 u. bei a1 < a2 - mit delta resti relativ u. ΔtRestiKorr gerechnet (mit Etappenzusammensetzung v. ΔtRestiKorr u. Δsresti) Kfz-Verzögerungszustand: Kfz 1 Vera in gleicher Zeile wählen! Kfz 2 <input checked="" type="radio"/> ungebremst: Vera wählen <input type="radio"/> a1 - gebremst: Vera wählen - a2 <input type="radio"/> Verzögerung a (als Positivwert) [m/s <sup>2</sup> ]	
delta ΔVRestitutionEffektiv: [km/h] / [m/s]	3,1	0,85	-5,6	-1,57	2,5	7
delta ΔVgesamtEffektiv: [km/h] / [m/s]	11,9	3,31	-16,4	-4,56		
V'g, quer: Auslaufgeschwindgkt. [km/h] / [m/s]	11,9	3,311	3,2	0,891		
V'g, quer: Geschw. am Ende Kompr. [km/h] / [m/s]	8,9	2,46				
VKquer: KollGeschwindigkeit [km/h] / [m/s]	0,00	19,6	5,45	<b>VKollQuerRelativ - ev. rein fiktiv</b>		
s restitution relativ: 0,116	ΔV2Br. zu VK2 dazu: [m/s] 0,479	a Fahrzeug gemeinsam: [m/s <sup>2</sup> ] 0				
solli= drestitution sein	VmKrel (bis V'g, quer): [km/h] / [m/s] 9,8	2,72	VmrelRestitution: [km/h] / [m/s] 4,4	1,21		
wenn k0-Faktor =	Kfz 1: Kompression + Restitution = gesamt	Kfz 2: Kompression + Restitution = gesamt				
kDef-Faktor [m]	delta Δt, quer: [s] 0,1064	0,0959	0,2023	0,1064	0,0959	0,2023
mittlere Beschleunigung/Verzögerung Fahrzeugschwerpunkt: [g]	2,36	0,9	1,67	-2,86	-1,67	-2,3
	am 1	am 2	am 3 [g]	am 1	am 2	am 3 [g]

Belastung nur bei keiner wesentlichen Rotation, sowie bei keinem Anstoß im Fahrgastinnenraum (ausgenommen Sitzlehne und Kopfstütze) - also Berechnung nur über Kompressions- und Restitutionszeit. Bei Anstoß im Innenraum: VkolInnenraum = Quadratwurzel aus: 2 \* amKarosse (über delta ΔtKomp) \* delta Δs (Körperteil+Innenraumteil). a\_mKörperteil = VkolInnenraum senkrecht<sup>2</sup> / 2\* delta Δs (Körperteil + Innenraumteil). Verzögerung des gestoßenen Kfz's durch Reifenschlupf nicht berücksichtigt. dt2resta: [s] 0  
Eventuell ist der Zeitversatz zwischen Kollisionsbeginn u. Bewegungsbeginn des Insassen zu berücksichtigen. dt2restb: [s] 0  
delta ΔtKompression (bis V'g) = s rel (d ges dyn) / VmKrel (bis V'g). Delta ΔtRestitution = d ges restitution / x \* Vmrel restitution.  
sRestitution relativ +/-: soll = drestitutiongesamt sein, wenn k0-Faktor = kDef-Faktor. a1x: [m/s<sup>2</sup>] 8,87 a2x: [m/s<sup>2</sup>] -16,36  
Für Fall: a1 > a2: aKarosse gemeinsam = a1\*m1 + a2\*m2 / m1+m2 a2xx: [m/s<sup>2</sup>] -2,36  
Bei Variante: a2 > a1: V2quer = V2 + delta ΔV2Bremsung. Delta ΔV2Bremsung = (a2 - a1) \* delta ΔtKompressionquer.  
Die delta ΔVs aus Stoßrechnung bleiben voll erhalten. Bei Bremsung werden die delta ΔVs effektiv durch delta ΔV Bremsungseffektiv vergrößert oder verkleinert (a\*delta Δt). a.....Bremsverzögerung, positiver Wert **delta ΔtRestiKorrigiert: [s]** 0

*Bei gebremst u. a1 >= a2, sind ev. die 'am 2'-u. 'am 3-Werte' nicht ganz richtig, da ev. am 2 (Resti) nicht über 'amKorrigiert' gerechnet wird.*

**Berechnungssystem bei Berücksichtigung der Rotation:** Erweitert mit delta ΔtRestiKorrigiert1: [s]  
(bezogen auf entsprechende Karosseriestelle). Aus Antriebsbalancediagramm - Prof. Silbar - eventuell in entsprechende Vektoren zerlegt (Betrachtung in gleicher Richtung), ohne Anstoß des Insassen im Fahrgastinnenraum, ohne Berücksichtigung einer Bremsung.

delta ΔVTranslation+Rotation: [m/s]	2,84	1,11	3,95	0,00	0	0
delta Δt: Wert von oben - aber nicht aus Berechnung mit Vera: [s]	0,1064	0,0959	0,2023	0,1064	0,0959	0,2023
mittlere Beschleunigg./Verzögerung der unterstellten Fahrzeugstelle: [g]	2,72	1,18	1,99	0	0	0
	am 1	am 2	am 3 [g]	am 1	am 2	am 3 [g]

**Vereinfachte Berechnungsform (ohne Berücksichtigung einer Bremsung):**  
(exakt betrachtet nicht richtig, da alles auf V'g abzustimmen wäre)  
keine Eingabe für V1: ist ein Fixwert mit 0,00 [m/s] 0,00

VK: Kollisionsgeschwindigkeit (Wert von oben) [km/h] / [m/s]	17,9	4,97	<b>VKollRelativ - eventuell rein fiktiv</b>		
delta ΔVgesamt (Translation): [km/h] / [m/s]	13,8	3,82	-11,3	-3,14	
VmKrelges = (V2+V2) / 2 - (V1+V1) / 2 [km/h] / [m/s]	5,4	1,49			
delta Δtges = d ges dynamisch / VmKrelges [s]	0,1945				
am = delta ΔVgesamt / delta Δtges / 9,81 [g]	2	am Kfz 2 [g]	-1,65		

Berechnen P10 - mehrmals drücken, bis das Berechnen beendet ist. Wenn Prämissen unzutreffend, dann mit anderen Prämissen rechnen, anschließend dann zurückgehen auf die gewünschten Prämissen. Könnte funktionieren!

Auftraggeber:

Bei Berechnung bei Berücksichtigung der Rotation: nur Kfz 1 gerechnet; grafische Zusammensetzung mit Impulsdiag.

BILD 32a/2

Form37. Stand: 2015 - System Ing. Wolfgang Huber - © Copyright. Alle Rechte vorbehalten.

P10-Kfz-Unfall-Insassenbelastung-Vera

Freitag, 16. September 2016 16.09.2016 15:46:44

erweitert mit: delta ΔtRestiKorrigiert1: [s]

Please choose the conditions. Bitte wählen Sie die Prämissen. Sprachausgabe

Werteingabe in gelbes Feld einfügen

Rechenergebnis befindet sich im hellblauen Feld

Aus dem gelben Feld umgerechneter Wert

Fahrzeug 1 (Kfz 1)

gegen

Fahrzeug 2 (Kfz 2)

Volvo 360 GLE

VW Passat III Variant - Seminarbeispiel 1 Variante 3

Impuls (= Stoß) -Rechnung (ohne Fahrzeug-Verzögerung):

m: Masse [kg]	Kfz 1	1070	1300	Kfz 2	1	x = kDef-Faktor/ k0-Faktor
VK: Kollisionsgeschwindigkeit [km/h] / [m/s]		0	17,906	4,97		VKollRelativ - eventuell rein fiktiv
Stoßziffer k (k-Faktor: Diagramm siehe unter Beschreibung): für Impulsrechnung: neu ab 2000: k0-Faktor:		0,400	k0-Faktor	0,400		kDef-Faktor: Stoßziffer k (k-Faktor): für Deformationsberechnung
delta ΔVKompression: [km/h] / [m/s]		9,8	2,73	-8,1	-2,24	VmRelativKollisionKom- 8,9 2,48
delta ΔVgesamt: [km/h] / [m/s]		13,8	3,82	-11,3	-3,14	pression (bis V'g):
V' : Auslaufgeschwindigkeit [km/h] / [m/s]		13,8	3,82	6,6	1,83	[km/h] / [m/s]
V'g (gemeinsam): Geschw. am Ende Kompr. [km/h] / [m/s]		9,8	2,726			Berechnungsauswahl
dmax bleibend: [m]		0,070	0	0,1000	0	beide Kfz in Summe [m]
ddynamisch: [m]		0	0,1167	0	0,1667	<input type="radio"/> Vera ohne Loop
drestitution: [m]		0,0467		0,0667	0,1133	<input checked="" type="radio"/> Vera mit Loop
						<input type="radio"/> Vera-nein: darf nicht die 1. Auswahl sein!

Werte bei eventueller Fahrzeug-Verzögerung:

delta ΔVKompressionEffektiv: [km/h] / [m/s]	8,9	2,47	-10,7	-2,97		
delta ΔVRestitutionEffektiv: [km/h] / [m/s]	3,1	0,86	-5,6	-1,56		
delta ΔVgesamtEffektiv: [km/h] / [m/s]	12	3,32	-16,3	-4,53		
V' , quer: Auslaufgeschwindgkt. [km/h] / [m/s]	12	3,321	3,3	0,91		
V'g, quer: Geschw. am Ende Kompr. [km/h] / [m/s]	8,9	2,466		2,5		
VKquer: KollGeschwindigkeit [km/h] / [m/s]	0,00	19,6	5,44			
s restitution relativ: soll= drestitution sein	0,1133	ΔV2Br. zu VK2 dazu: [m/s]	0,469	a Fahrzeug gemeinsam: [m/s²]	0	
wenn k0-Faktor =	Vmkrel (bis V'g, quer): [km/h] / [m/s]	9,8	2,72	VmrelRestitution: [km/h] / [m/s]	4,3	1,21
kDef-Faktor [m]	Kfz 1: Kompression + Restitution = gesamt			Kfz 2: Kompression + Restitution = gesamt		
delta Δt, quer: [s]	0,1042	0,094	0,1982	0,1042	0,094	0,1982
mittlere Beschleunigung/Verzögerung Fahrzeugschwerpunkt: [g]	2,41	0,93	1,71	-2,91	-1,69	-2,33
	am 1	am 2	am 3 [g]	am 1	am 2	am 3 [g]

Belastung nur bei keiner wesentlichen Rotation, sowie bei keinem Anstoß im Fahrgastinnenraum (ausgenommen Sitzlehne und Kopfstütze - also Berechnung nur über Kompressions- und Restitutionszeit. Bei Anstoß im Innenraum: V<sub>kollInnenraum</sub> = Quadratwurzel aus: 2 \* amKarosse (über delta ΔtKomp) \* delta Δs (Körperteil+Innenraumteil). a<sub>mKörperteil</sub> = V<sub>kollInnenraum</sub> senkrecht² / 2\*delta Δs (Körperteil + Innenraumteil). Verzögerung des gestoßenen Kfz's durch Reifenschlupf nicht berücksichtigt. dt2resta: [s] 0

Eventuell ist der Zeitversatz zwischen Kollisionsbeginn u. Bewegungsbeginn des Insassen zu berücksichtigen. dt2restb: [s] 0

delta ΔtKompression (bis V'g) = s rel (d ges dyn) / Vmkrel (bis V'g). Delta ΔtRestitution = d ges restitution / x \* Vmrel restitution. sRestitution relativ +/-: soll = drestitutiongesamt sein, wenn k0-Faktor = kDef-Faktor. a1x: [m/s²] 9,1 a2x: [m/s²] -16,55

Für Fall : a1 > a2 : aKarosse gemeinsam = a1\*m1 + a2\*m2 / m1+m2 a2xx: [m/s²] -2,36

Bei Variante: a2 > a1: V2quer = V2 + delta ΔV2Bremsung. Delta ΔV2Bremsung = (a2 - a1) \* delta ΔtKompressionquer.

Die delta ΔVs aus Stoßrechnung bleiben voll erhalten. Bei Bremsung werden die delta ΔVs effektiv durch delta ΔV Bremsungseffektiv vergrößert oder verkleinert (a\*delta Δt). a.....Bremsverzögerung, positiver Wert

delta ΔtRestiKorrigiert: [s] 0

Bei gebremst u. a1 >= a2, sind ev. die 'am 2-' u. 'am 3-Werte' nicht ganz richtig, da ev. am 2 (Resti) nicht über 'amkorrigiert' berechnet wird.

Erweitert mit delta ΔtRestiKorrigiert1: [s]

Erweitert mit delta ΔtRestiKorrigiert1: [s] (bezogen auf entsprechende Karosseriestelle). Aus Antriebsbalancediagramm - Prof. Silbar - eventuell in entsprechende Vektoren zerlegt (Betrachtung in gleicher Richtung), ohne Anstoß des Insassen im Fahrgastinnenraum, ohne Berücksichtigung einer Bremsung.

delta ΔVTranslation+Rotation: [m/s]	2,84	1,11	3,95	0,00	0	0
delta Δt: Wert von oben - aber nicht aus Berechnung mit Vera: [s]	0,1042	0,094	0,1982	0,1042	0,094	0,1982
mittlere Beschleunigg./Verzögerg. der unterstellten Fahrzeugstelle: [g]	2,78	1,2	2,03	0	0	0
	am 1	am 2	am 3 [g]	am 1	am 2	am 3 [g]

Vereinfachte Berechnungsform (ohne Berücksichtigung einer Bremsung):

(exakt betrachtet nicht richtig, da alles auf V'g abzustimmen wäre)

keine Eingabe für V1: ist ein Fixwert mit 0,00 [m/s] 0,00

VK: Kollisionsgeschwindigkeit (Wert von oben) [km/h] / [m/s]	17,9	4,97				
delta ΔVgesamt (Translation): [km/h] / [m/s]	13,8	3,82	-11,3	-3,14		
Vmkrelges = (V2+V2')/2 - (V1+V1')/2 [km/h] / [m/s]			5,4	1,49		
delta Δtges = d gesdynamisch/Vmkrelges [s]			0,19			
am = delta ΔVgesamt/delta Δtges/ 9,81 [g] am Kfz 1 [g]	2,05	am Kfz 2 [g]	-1,69			

Berechnen P10 - mehrmals drücken; bis das Berechnen beendet ist. Wenn Prämissen unzutreffend, dann mit anderen Prämissen rechnen, anschließend dann zurückgehen auf die gewünschten Prämissen.

Könnte funktionieren!

Auftraggeber

Bei Berechnung bei Berücksichtigung der Rotation: nur Kfz 1 gerechnet; grafische Zusammensetzung mit Impulsdiagr.

BILD 32b/2

Erforderliches nach starken Erweiterungen meiner Berechnungssysteme im 'Microsoft Excel' und im 'Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition' im Jahr 2015 - 2016:

**Auswertung des Versuches 'AZT\_04.12', veröffentlicht bei DTC\_AGU Schweiz; Werte siehe Tabelle 1 AZT\_04.12:**

Computerbezeichnung: ZuZeitBerichtHWS

Erweiterung zum Thema:

(Diese Erweiterung ist erforderlich geworden nach den starken Erweiterungen meiner Berechnungssysteme im 'Microsoft Excel' und im 'Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition', im Jahr 2015 - 2016.)

AZT: Allianz-Zentrum für Technik: München-Ismaning

Kompressionszeit  $\Delta t_{\text{Kompression}}$  [s] oder [ms]

$a_m$  (mittlere Karossenverzögerung/-beschleunigung des Fahrzeugschwerpunktes):

$a_m$  1: Kompression [g]

$a_m$  2: Restitution [g]

$a_m$  3: Kollisionsphase gesamt (Gesamtphase) =  $a_m$  1 - Kompression +  $a_m$  2 - Restitution [g]

1 g: Erdbeschleunigung =  $9,80665 \text{ m/s}^2$

Vergleich der Auswertungen über:

1.)  $\text{mm}^2$  der Crashversuchsmesskurve  $a/t$

2.)  $v_{m\text{Krel}}$  - 'Errechnung der Kompressionszeit über die mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase'

All diese Überlegungen beziehen sich auf die Kompressionsphase:

In der Literatur wird aber dargetan, dass die Betrachtung von  $a_m$  (mittlere Karossenverzögerung/-beschleunigung des Fahrzeugschwerpunktes =  $a_m$  3) über die Gesamtphase erfolgt, und zwar über die Stoßzeit ( $a_m$  1: Kompression +  $a_m$  2: Restitution =  $a_m$  3: Kollisionsphase gesamt).

Was ist die Stoßzeit?

Näheres siehe in meinem Wissenschaftsbericht zur Stoßzeit ('Was ist und wie groß ist bei einer Kollision die Stoßzeit. Auswertung von siebzig {inklusive AZT von achtundachtzig} realen Crash-Versuchen in verschiedenen Geschwindigkeitsbereichen. Auswertung der Versuchs-Messkurven auch hinsichtlich des Verhältnisses der **Kompressionszeit** zur **Restitutionszeit**. Die Stoßzeit ist die Summe von Kompressionszeit und vollständiger Restitutionszeit).

Wenn der k-Faktor (k-Faktor laut der üblichen Literatur - laut mir ab dem Jahr 2000 der  $k_0$ -Faktor, als Definition:  $\Delta v_{\text{Restitution}}$  dividiert durch  $\Delta v_{\text{Kompression}}$ ) größer 0,000 ist gibt es zur Kompression auch die Restitution.

Die Gesamtkollisionsphase besteht aus Kompressionsphase plus Restitutionsphase.

Die Restitutionsphase ist beendet wenn keine Kraft mehr auf den Kollisionspartner einwirkt und somit daraus keine Änderung der Geschwindigkeit  $v$  erfolgt. Bei keiner Bremswirkung ist  $\Delta t_{\text{Restitution}}$  ca. gleich groß wie  $\Delta t_{\text{Kompression}}$ .

DTC\_AGU\_Schweiz und des AZT (Allianzzentrum für Technik - München-Ismaning) gehen allerdings bei ihren Berechnungen davon aus, dass die Restitution dann endet, wenn der a-Wert (Beschleunigung - Pluswert oder Verzögerung - Minuswert) mit 0,3 g, das sind  $3,0 \text{ m/s}^2$  ca., endet (dieser untere Wert erreicht wird).

Dies ist aber unrichtig.

Diese Problematik, dass  $a_m$  1 (Kompressionsphase) tatsächlich (bei Front- Heckkollision von Fahrzeugen mit deformierbaren Schürzen) um ca. bis zu 1/3 größer ist als über  $v_{m\text{Krel}}$  (mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase) gerechnet, ergibt sich aus meiner exakten Auswertung des Crashversuches von DTC\_AGU\_AZT\_04.12 (Front VW Bora gegen

Heck Audi 100 - nähere Vergleiche siehe in der Aufstellung "Tabelle 1\_AZT\_04.12).

Diese Auswertungen, ganz kurze Zeit-Etappen (sind mm des mm-Papiers der horizontalen Achse - Zeit t-Achse der a/t-Versuchsmesskurve) kumuliert wurden erst möglich nach starken Erweiterungen meiner Berechnungssysteme im 'Microsoft Excel' und im 'Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition' im Jahr 2015 - 2016.

Die Auswertungen Fahrzeug gegen starren (undeformierbaren) Partner (Reparaturcrashversuche des AZT - a/t-Versuchsmesskurve) weichen von dem System 'Errechnung der Kompressionszeit über die mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase' nicht wesentlich ab (Abweichung nur ca. ein paar ms {Zeit ms}- wenn  $d_{\text{dynMax}}$  von AZT richtig angegeben wird.

Gleichfalls auch keine wesentliche Abweichung durch dieses Berechnungssystem, 'gerechnet über die mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase', tritt ein bei Hochgeschwindigkeitskollisionen Fahrzeug/Fahrzeug.

Eine Toleranz von  $\pm 10\%$  muss sowieso zugelassen werden.

Zur Überprüfung, ob eine HWS-Verletzung möglich ist oder nicht, muss der oberste  $v_{\text{Kollisionsbereich}}$  herangezogen werden. Daraus ist  $a_m$  1 der größere Wert. Für den Wert  $d_{\text{dynMax}}$  wird man aus Sicherheitsgründen den Mindestwert heranziehen und nicht den maximalen Wert. Daraus ergibt sich, dass die Kompressionszeit kleiner wird und daraus ergibt sich wiederum ein größeres  $a_m$  1 (Beschleunigung/Verzögerung in der Kompressionsphase).

Da eine Reifenschlupfverzögerung beim Gestoßenen (das zur HWS beurteilendes Fahrzeug ist dies) schon eintreten wird, diese aber nicht berücksichtigt wird, wird  $a_m$  1 größer ausgewiesen als tatsächlich. Durch Berücksichtigung von  $a_{\text{Reifenschlupfverzögerung}}$  würde man ja einen kleineren  $a_m$  1-Wert ausweisen ( $a_m$  ist die mittlere Karossenbeschleunigung/-verzögerung im Fahrzeugschwerpunkt).

Mittlerweile wurde von mir das Berechnungssystem wesentlich erweitert (siehe AGU\_HS\_35 sowie AGU\_AZT\_04.12). Bei AGU\_AZT\_04.12 wurde dieses genauer heraus ausgewertet (Auswertung der a/t-Versuchsmesskurve).

Die Kompressionszeit (mit den Wegstrecken  $d_{\text{dyn}}$  der beiden Fahrzeuge) darf im Niedriggeschwindigkeitsbereich bei Kollisionen Fahrzeug/Fahrzeug (mit weichen deformierbaren Schürzen) nicht über  $v_{\text{mKrel}}$  gerechnet werden. Zum Vergleich ist das so zu sehen wie bei einer Kurvenbremsung. Es ist die jeweilige kleine Etappe zur Voretappe dazuzurechnen, was eine kleinere Zeit ergibt, als wie wenn man dies über die 'mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase' errechnen würde.

Bei den Reparaturcrash-Versuchen des AZT mit undeformierbarer Barriere bzw. gegen undeformierbare Barriere ist die Kompressionszeit  $\Delta t_{\text{Kompression}}$  bei dieser neuen Etappenauswertung (jeweilige Etappe  $d_{\text{dyn}} = 5$  mm und dann kumuliert) ungefähr gleich groß als wie man dies über die 'mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase' errechnen würde (Differenz ein paar ms {ms = Millisekunden}) (allerdings nur bei einem von AZT angegebenen richtigen  $d_{\text{dynMax}}$ -Wert - welcher bei meinen bisherigen Auswertungen nicht gestimmt hat - allerdings wertet AZT diesen Wert aus dem Crashfilm heraus aus und nicht aus einer Auswertung der a/t-Versuchsmesskurve {a/t-Versuchsmesskurve linke Seite und rechte Seite} - so wie dies von mir vorgenommen wird:  $\text{mm}^2$ -Auszählung beide Seiten in Summe dividiert durch 2 und dann multipliziert mit  $\sqrt{2}$  {da der Offset 40%-Wert umgerechnet wird auf volle Breite}).

Im höheren Geschwindigkeitsbereich ist es praktisch gleichgültig ob die Kompressionszeit  $\Delta t_{\text{Kompression}}$  mit der 'mittleren relativen Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase' errechnet wird und zwar gemeint Fahrzeug gegen Fahrzeug bzw. Fahrzeug gegen undeformierbare Barriere, d.h. also ca. gleiche Zeit als wie wenn man dies rechnen würde über eine Etappenauswertung (in meinem neuen Berechnungssystem jeweils mit  $\frac{1}{2}$  cm Deformationstiefe und diese Werte immer entsprechend summiert - kumuliert) oder eben über die 'mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase' gerechnet.

**Auswertung des Versuches 'AZT 04.12', veröffentlicht bei DTC AGU Schweiz;**

**Werte siehe in der Tabelle 1 AZT 04.12:**

Die Grundlagen dieses Versuches siehe von Seite 14 bis Seite 18 des Wissenschaftsberichtes:

**'Das Schleudertrauma der Halswirbelsäule (HWS)'**

Bei Kollisionen Fahrzeug gegen Fahrzeug - Front gegen Heck - bei Schürzenfahrzeugen - im niedrigen Geschwindigkeitsbereich, kann es aufgrund der Betrachtung des Tests AZT\_ 04.12 sein, dass die Kompressionszeit aus der Kurvenauswertung heraus (der Versuchsmesskurven a/t) tatsächlich bis etwa 30 % kleiner ist als wie wenn man dies über die 'mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase' rechnen würde (siehe in der Tabelle Zeile 13 und 16). Da aber in meinen Berechnungen zur Untermauerung der Überprüfung, ob HWS-Verletzung möglich ist oder nicht möglich ist, die Werte für die mittlere Karossenbeschleunigung in der Kompressionsphase ( $a_m$  über  $v_{mKrel}$ ) herangezogen werden, also immer die Kompressionsphase angesehen wird zur Beurteilung dieser Frage, ergibt sich, dass wenn man nun die Untersuchungen über die gesamte Kollisionsdauer, über die richtige gesamte Stoßzeit, betrachtet, dass dies praktisch fast der gleiche Wert ist, sodass mein Berechnungssystem auf alle Fälle diesen Bereich abdeckt.

Es ist ja aus der Literatur sichtlich, dass zur Beurteilung der Belastungen in einem gestoßenem Fahrzeug, oder stoßenden Fahrzeug, immer die Gesamtphase - mit der Stoßzeit - herangezogen wird.

Bei AZT, aber leider auch bei AGU, ist es so, dass hier in der Restitution schon bei Erreichen von 0,3 g (d.s. ungefähr  $3,0 \text{ m/s}^2$ ) Beschleunigung bzw. Verzögerung die Stoßzeit als beendet angesetzt wird. Es wird hier eine falsche Stoßzeit genommen, nämlich eine zu kleine Stoßzeit, was einen größeren mittleren Beschleunigungs-/Verzögerungswert für diese hier unterstellte Stoßzeit bedingt, wobei diese dort eingesetzte Stoßzeit eine rein fiktive Annahme darstellt.

Wenn man dies richtig rechnen würde, nämlich wenn man nach der Definition der Stoßzeit diese Stoßzeit richtig betrachten würde, wird ja dann die Beschleunigung bzw. die Verzögerung in der Gesamtphase entsprechend kleiner.

Hier ist auf mein Schreiben in meinem Wissenschaftsbericht 'Was ist die Stoßzeit und wie groß ist diese', welches ich an DTC\_AGU Schweiz gesandt habe, hinzuweisen; dieses Schreiben blieb leider unbeantwortet.

Es wird hier von einer Stoßzeit gesprochen was nicht die richtige Stoßzeit ist, sondern kleiner als die tatsächliche Stoßzeit ist.

Es ist nicht erkennbar warum dies so getan wird; dies wird nirgendwo entsprechend begründet und ist somit unrichtig hinsichtlich der Literaturdefinition zur Größe der Stoßzeit effektiv, zur Gesamtstoßdauer.

Auswertungen des AZT (Allianzzentrum für Technik, München-Ismaning) - Reparaturcrashversuche - haben ergeben, dass hier höchstens um ein paar ms die Kompressionszeit kleiner ist als würde man diese über die 'mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase' ( $v_{mKrel}$ ) rechnen.

Auf meinen Wissenschaftsbericht 'Untersuchung der Hecksteifigkeit eines VW Polo IV', getestet und verglichen als Frontkollisionstest durch DTC\_AGU Schweiz mit dem AZT Test 1106 (Allianzzentrum für Technik München Ismaning - Heckkollision mit Stoßwagen), wird verwiesen; aus welcher Untersuchung sich eben ergibt, dass bei der Kompressionszeit  $\Delta t_{Kompression}$  nur 2 ms Zeitdifferenz ist zwischen den beiden Berechnungssystemen, nämlich einerseits das Berechnungssystem über die 'mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase' ( $v_{mKrel}$ ), andererseits über das System der Auszählung der Versuchsmesskurve a/t über die  $\text{mm}^2$  mittels eines mm-Papiers, mit 5 mm pro Etappe auf der horizontalen Achse (ist die Zeit (t)-Achse) und diese Etappen dann jeweils kumuliert.

**Resümee zur Auswertung des Versuches 'AZT 04.12', veröffentlicht bei DTC AGU Schweiz;**  
**Werte siehe Tabelle 1 AZT 04.12 und Tabelle 1a AZT 04.12 (befinden sich im Anschluss zu diesem Text):**

Die Grundlagen dieses Versuches siehe von Seite 14 bis Seite 18 des Wissenschaftsberichtes:  
'Das Schleudertrauma der Halswirbelsäule (HWS)'

Bei Kollisionen Fahrzeug gegen Fahrzeug - Front gegen Heck - bei Schürzenfahrzeugen - im niedrigen Geschwindigkeitsbereich, kann es aufgrund der Betrachtung des Tests AZT\_04.12 sein, dass die Kompressionszeit aus der Kurvenauswertung heraus (der Versuchsmesskurven a/t) tatsächlich bis etwa 30 % kleiner ist als wie wenn man dies über die 'mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase' rechnen würde (siehe in der Tabelle Zeile 13 und Zeile 16). Da aber in meinen Berechnungen zur Untermauerung der Überprüfung, ob eine HWS-Verletzung möglich ist oder nicht möglich ist, die Werte für die mittlere Karossenbeschleunigung in der Kompressionsphase ( $a_m$  1 über  $v_{mKrel}$ ) herangezogen werden, also immer die Kompressionsphase angesehen wird zur Beurteilung dieser Frage, ergibt sich, dass wenn man nun die Untersuchungen über die gesamte Kollisionszeit, über die gesamte Stoßzeit, betrachtet (wie dies in der üblichen Literatur getan wird), dass dies praktisch fast der gleiche Wert ist, sodass mein Berechnungssystem auf alle Fälle diesen Bereich abdeckt.

In der Tabelle **Tabelle 1a AZT 04.12** werden aus der nachfolgenden **Tabelle 1 AZT 04.12** die Werte für die beiden Fahrzeuge auf diese Weise zitiert: Audi 100/VW Bora:

laufende Nr. : Zeile Z.	Bezeichnung	① laut AZT: Stoßzeit $\Delta t_{Stoß} = 115$ ms	② meine Berechnungen: über Kurvenwerte und mit $v_m$ ( $v_m$ : mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase)	③ AZT: richtig gestellt	④ AZT: $d_{dynmaxbeide}$ laut der Angabe von AZT = 17 cm	⑥ Mittelwerte: Korrektur lt. eigen	Anmerkungen
13	$\Delta t_{Kompression}$ aus Kurve [ms]	---/---	73,28/77,09			75,19/75,19	
16	$\Delta t_{Kompression}$ aus $v_{mKrel}$ [ms]		105,58/105,58		94,884/94,884	75,0/75,0	
19	$a_m$ 1 über Kurve (Kompression) [g]	---/---	2,35/-2,51		---	2,39/-2,46	
22	$a_m$ 1 über $v_{mKrel}$ (Kompression) [g]		1,63/-1,83		1,81/-2,04		
15	$\Delta t_{gesamt} =$ Stoßzeit aus Kurve [ms]	115/115	143,23/161,28	143,23/161,28		152,26/152,26	
21	$a_m$ 3 über Kurve (Gesamtphase) [g]	2/-2,3	1,71/-1,75	1,71/-1,75	---	1,60/-1,85	
24	$a_m$ 3 über $v_{mKrel}$ (Gesamtphase) [g]		1,16/-1,34		1,29/-1,49		

**Tabelle 1a AZT 04.12**

$a_m$  1 über  $v_{mKrel}$  (Kompression) [g] ② = 1,63/-1,83 verglichen mit  $a_m$  1 über Kurve (Kompression) [g] ② = 2,35/-2,51  
 1.) -  $a_m$  1 über Kurve ② ist um 44 %/37 % > als  $a_m$  1 über  $v_{mKrel}$  ②

$a_m$  1 über  $v_{mKrel}$  (Kompression) [g] ② = 1,63/-1,83 verglichen mit  $a_m$  1 über  $v_{mKrel}$  (Kompression) [g] ④ = 1,81/-2,04  
 2.) -  $a_m$  1 über  $v_{mKrel}$  ④ (ist die Angabe von AZT für  $d_{dynmaxbeide}$ ) ist >/> als  $a_m$  1 über  $v_{mKrel}$  ②  
 3.) -  $a_m$  1 über  $v_{mKrel}$  ④ (ist die Angabe von AZT für  $d_{dynmaxbeide}$ ) ist >/> als  $a_m$  3 über Kurve ⑥

$a_m$  1 über  $v_{mKrel}$  (Kompression) [g] ② = 1,63/-1,83 verglichen mit  $a_m$  3 über Kurve (Gesamtphase) [g] ① = 2,00/-2,30  
 4.) - Die Werte für  $a_m$  3 über Kurve (gesamt) [g] ① sind die Angabe von AZT: wie vorhin beschrieben sind diese unrichtig, da die unterstellte Stoßzeit (wie von mir begründet - Thema: Ende bei 0,3 g) zu klein ist!

$a_m$  1 über  $v_{mKrel}$  (Kompression) [g] ② = 1,63/-1,83 verglichen mit  $a_m$  3 über Kurve (Gesamtphase) [g] ⑥ = 1,71/-1,75  
 5.) -  $a_m$  3 über Kurve ② ist > +5 %/ < -4 % als  $a_m$  1 über  $v_{mKrel}$  ②

$a_m$  1 über  $v_{mKrel}$  (Kompression) [g] ② = 1,63/-1,83 verglichen mit  $a_m$  3 über Kurve (Gesamtphase) [g] ⑥ = 1,60/-1,85  
 6.) -  $a_m$  3 über Kurve ② ist > +7 %/ < -5 % als  $a_m$  3 über Kurve ⑥  
**7.) -  $a_m$  3 über Kurve ⑥ ist =/=  $a_m$  1 über  $v_{mKrel}$  ②**

**Resümee:**

Gerechnet mit  $a_m 1$  über  $v_{mKrel}$  (Kompression) [g] ② über  $d_{dynmaxbeide}$  (18,92 cm) laut eigenen Kurvenauswertungen (a/t-Versuchsmesskurve) für beide Fahrzeuge mit der gleich großen Zeitachse t ergeben sich laut Zeile 22 ②:

$$\underline{a_m 1 = 1,63/-1,83 \text{ g}}$$

Gerechnet mit  $a_m 1$  über  $v_{mKrel}$  (Kompression) [g] ② über  $d_{dynmaxbeide}$  laut Angabe von AZT (17 cm) ergeben sich laut Zeile 22 ④:

$$\underline{a_m 1 = 1,81/-2,04 \text{ g}}$$

Gerechnet  $a_m 1$  über  $v_{mKrel}$  (Kompression) [g] ② = 1,63/-1,83 g verglichen mit  $a_m 3$  über Kurve (Gesamtphase) [g] ② =

$$\underline{a_m 3 = 1,71/-1,75 \text{ g}}$$

Gerechnet  $a_m 1$  über  $v_{mKrel}$  (Kompression) [g] ② = 1,63/-1,83 g verglichen mit  $a_m 3$  über Kurve (Gesamtphase) [g] ⑥ (eigene Mittelwertskorrektur der beiden Kurven) =

$$\underline{a_m 3 = 1,60/-1,85 \text{ g}}$$

**Aus 7.) -  $a_m 3$  (Gesamtphase) über Kurve ⑥ ist  $\neq$   $a_m 1$  über  $v_{mKrel}$  ②**

**Endresümee:**

1.) Wenn man die Belastung (mittlere Karossenbeschleunigung/-verzögerung des Kfz-Schwerpunktes - alles bei ungebremst) über die 'mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase' und über  $d_{dynmaxbeideFzg}$  laut eigenen Kurvenauswertungen als  $a_m 1$  über  $v_{mKrel}$  ② rechnet liegt man beim gleichen Ergebnis wie  $a_m 3$  über Kurve ⑥ (bei Vornahme einer Korrektur als Mittelwertskorrektur).

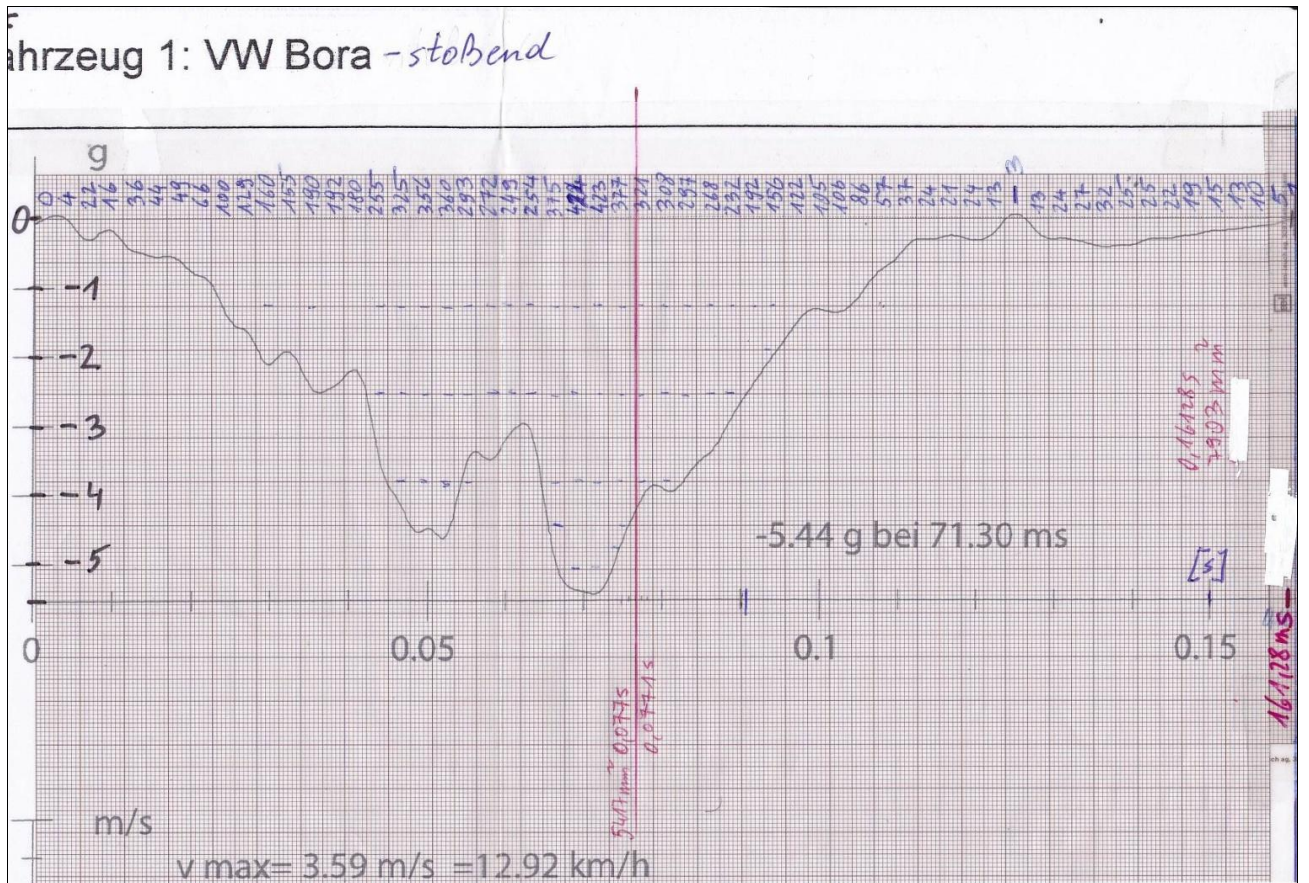
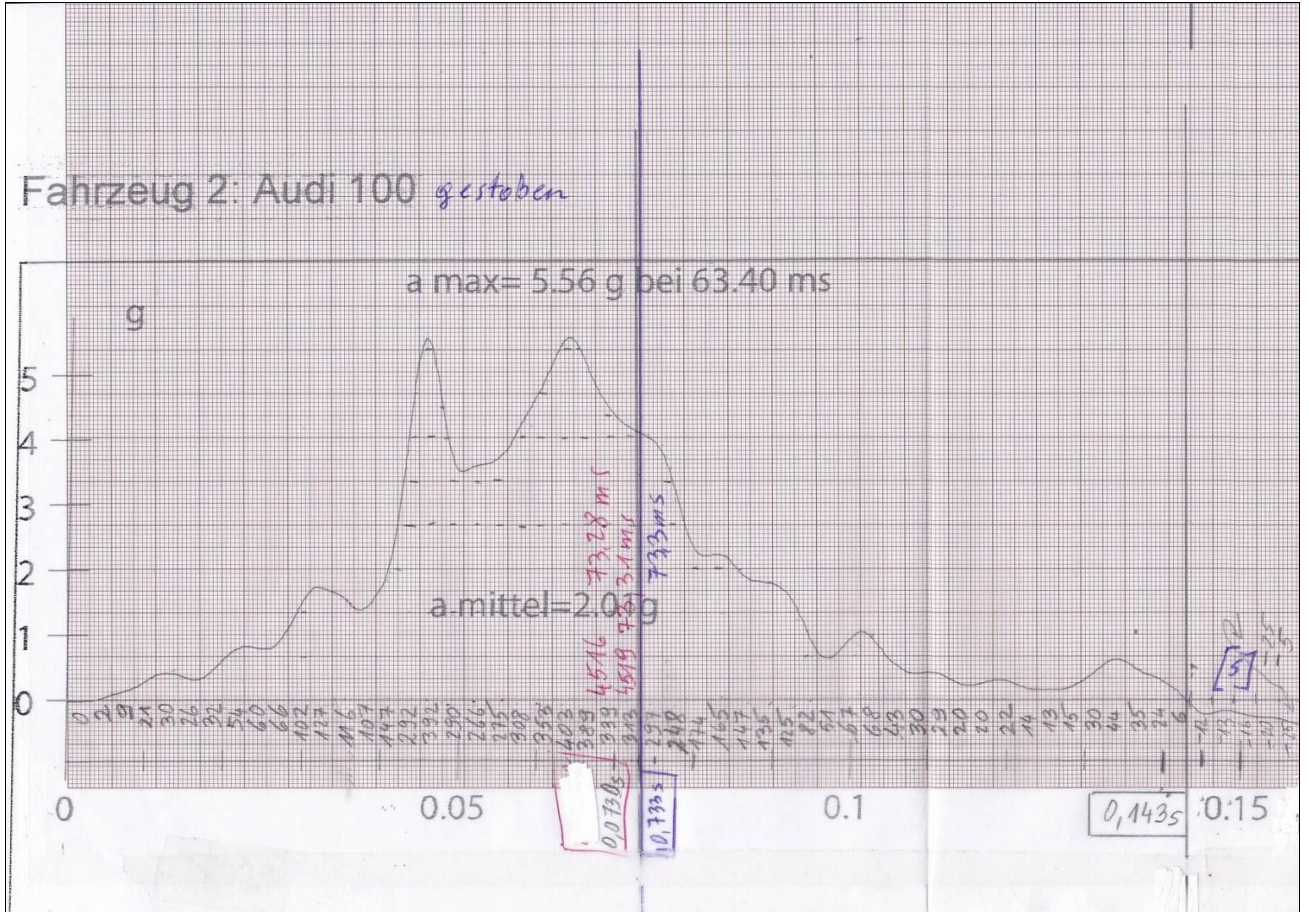
2.) Wenn man die Belastung (mittlere Karossenbeschleunigung/-verzögerung des Kfz-Schwerpunktes - alles bei ungebremst) über die 'mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase' über  $d_{dynmaxbeideFzg}$  laut Angabe von  $d_{dynmaxbeideFzg}$  laut AZT als  $a_m 1$  rechnet liegt man um 11 % >/10 % > als wie laut eigenen Kurvenauswertungen  $a_m 1$  über  $v_{mKrel}$  ②.

Daraus folgt, dass man bei beiden Betrachtungsweisen im sicheren Bereich liegt.

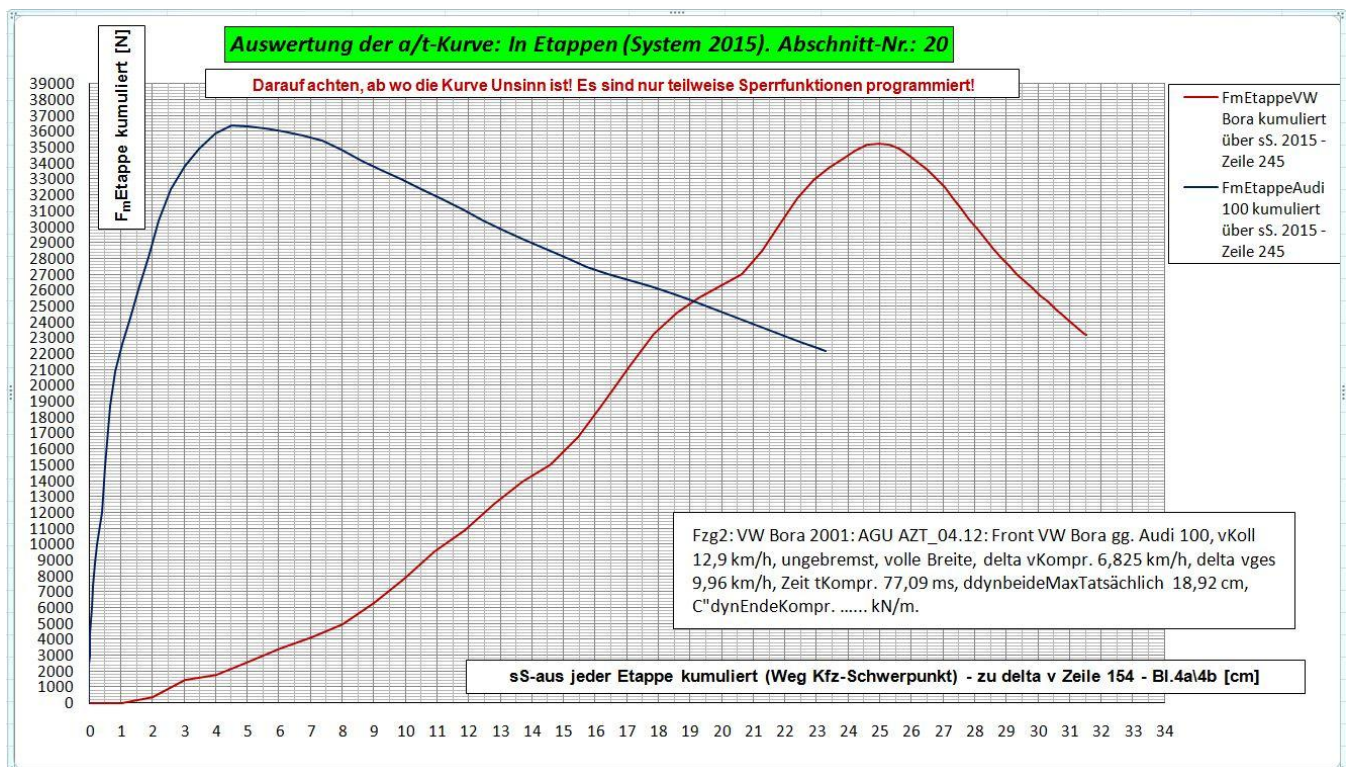
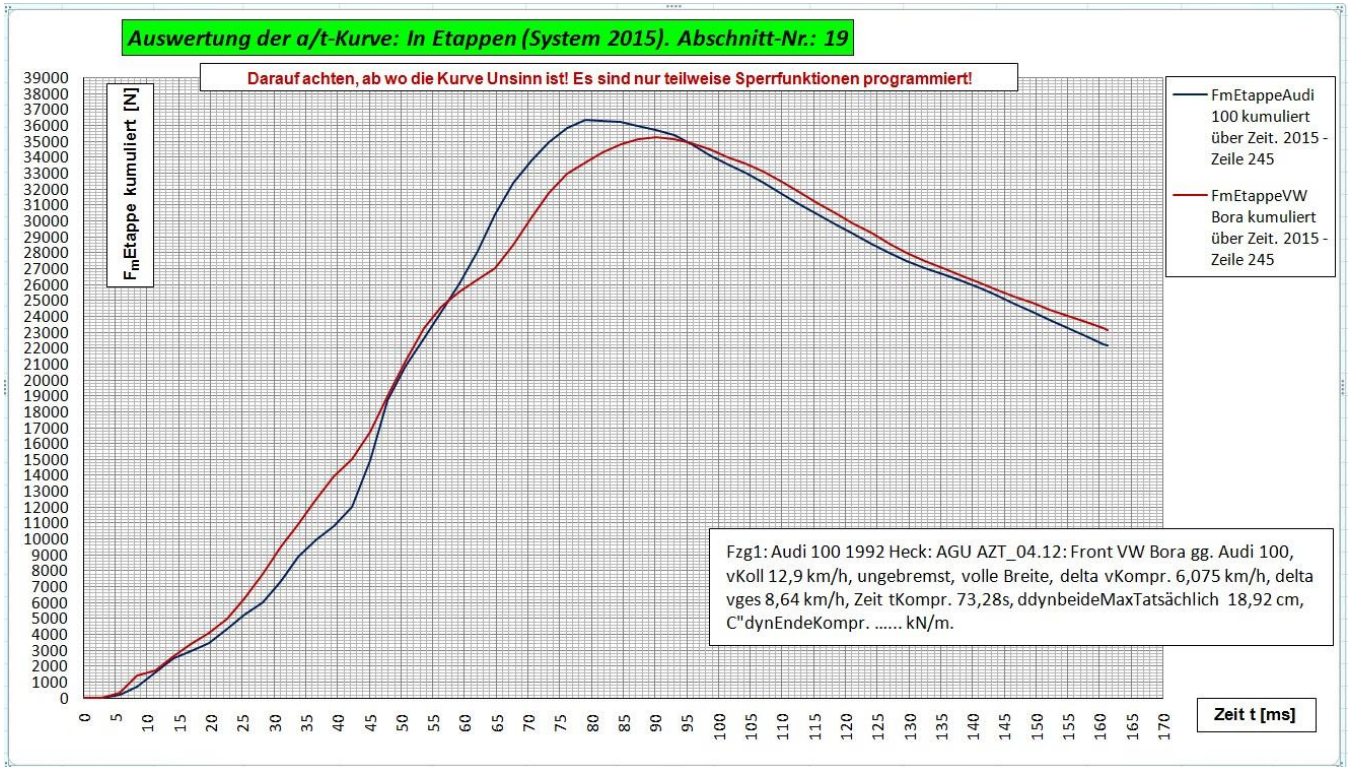
Bei 2.) liegt man sogar um ca. 10 % darüber.

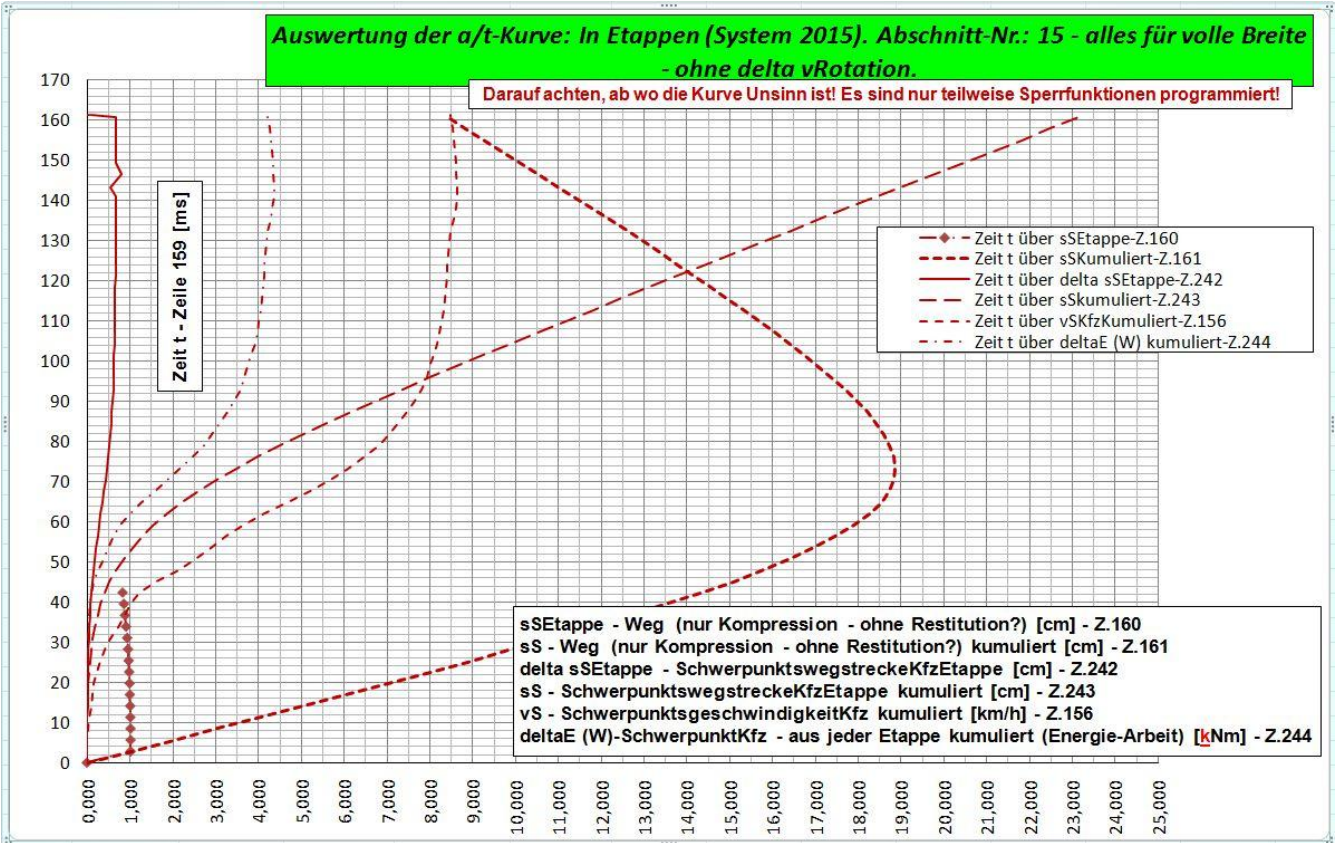
Eine Toleranz von  $\pm 10$  % ist sowieso zuzulassen.

Versuchsmesskurven a/t beider Fahrzeuge:

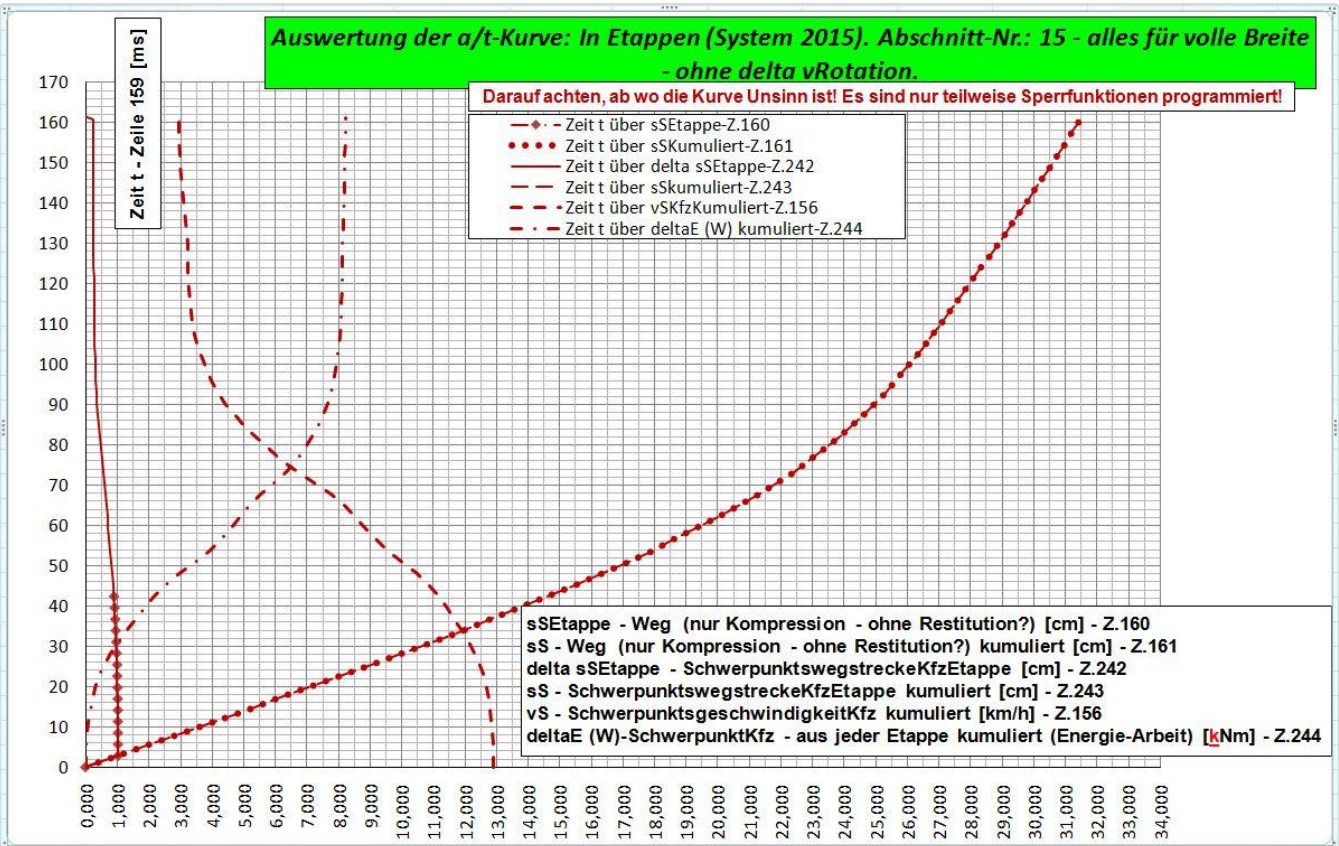


**Aus meinem Microsoft Excel Berechnungsprogramm:  
'XLS-P17a a-t,a-s,ds+dt-InEtappeKurve-Berechnn-versch,sin etc(2)F+H+S AZT+AGU-alles'**





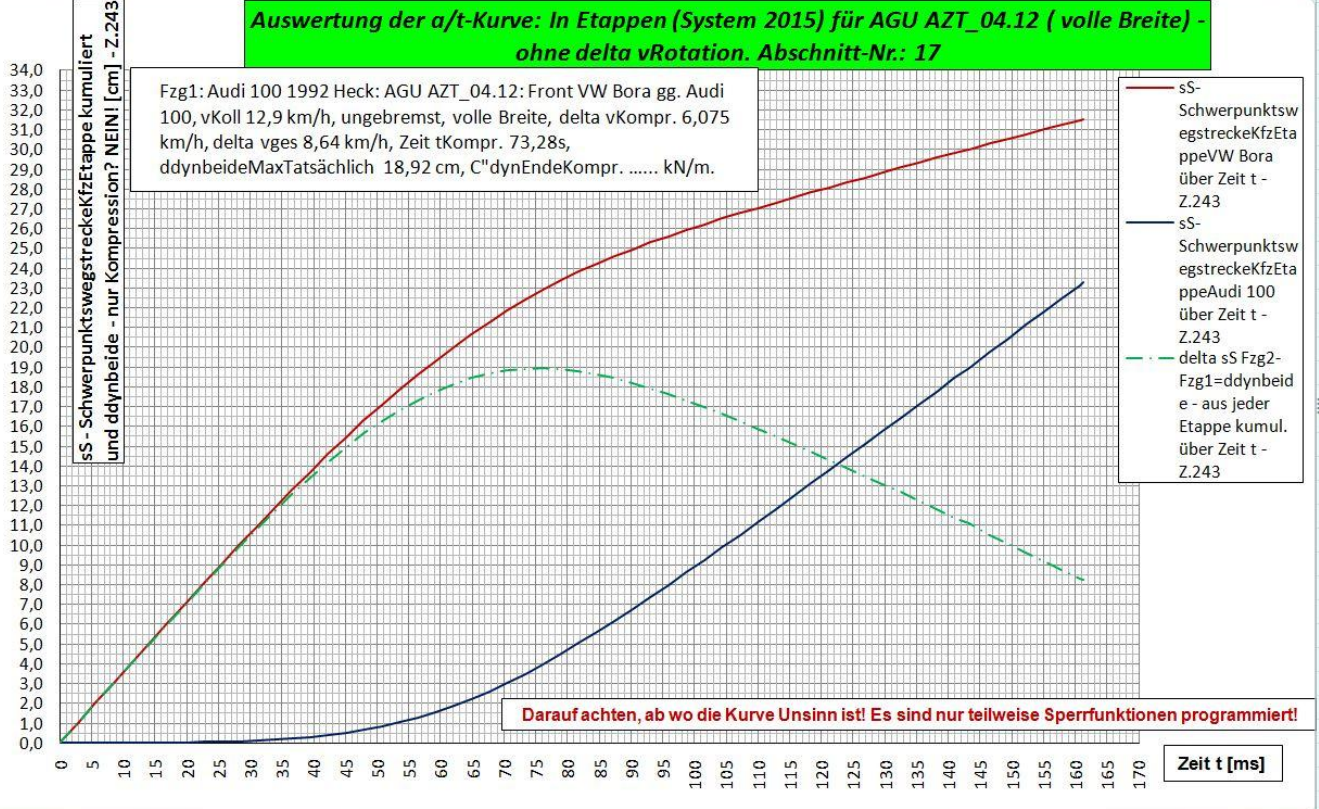
Audi 100



VW Bora

**Auswertung der a/t-Kurve: In Etappen (System 2015) für AGU AZT\_04.12 ( volle Breite) - ohne delta vRotation. Abschnitt-Nr.: 17**

Fzg1: Audi 100 1992 Heck: AGU AZT\_04.12: Front VW Bora gg. Audi 100, vKoll 12,9 km/h, ungebremst, volle Breite, delta vKompr. 6,075 km/h, delta vges 8,64 km/h, Zeit tKompr. 73,28s, ddyndebeideMaxTatsächlich 18,92 cm, C"dynEndeKompr. .... kN/m.



**Darauf achten, ab wo die Kurve Unsinn ist! Es sind nur teilweise Sperrfunktionen programmiert!**

Zeit t [ms]

Bezeichnung: Tabelle 1\_AZT\_04.12

Ein VW Bora (1/2001) fährt mit seiner Front (Front um 30 mm abgesenkt, Heck um 55 mm angehoben) ungebremst, mit 100 %-iger Überdeckung mit 12,9 km/h dem Heck eines Audi 100 (9/1992 -ungebremst, kein Gang eingelegt, keine Niveauänderung {Ruhenniveau}) auf.

Ergebnisse siehe unter: DTC AGU AZT\_04.12. Meine eigenen Auswertungen siehe in meinem Berechnungsprogramm Microsoft Excel:

" P17a\_a-t,a-s,ds+dt-InEtappeKurve-Berechnn-versch,sin etc(2)F+H+S\_AZT+AGU-alles" unter:

"Bl.4a2AZT4.12Audi100GestoBl.4b1" - für den Audi 100

"Bl.4b1AZT4.12VWBoraStoßenBl.4a2" - für den VW Bora

Unter der Voraussetzung eines ebenen Stoßes ist der  $k_0$ -Faktor für beide Fahrzeuge gleich groß! Der  $k_0$ -Faktor entspricht dem k-Faktor in der üblichen Literatur.

$1 \text{ km/h} = 0,2778 \text{ m/s}$   
 $1 \text{ g} = 9,80665 \text{ m/s}^2$

laufende Nr: Zeile: Z:	Bezeichnung	① lt. AZT: Stoßzeit $dt_{\text{Stoß}} = 115$ ms		② meine Berechnungen: über Kurvenwerte und mit $v_m$ : mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase		③ AZT: richtig gestellt		④ AZT: $d_{\text{dynmaxbeide}}$ lt. deren Angabe: 17 cm		⑤ Abweichungen: meine Berechnungen zu AZT ③+④		⑥ Mittelwerte: Korrektur lt. eigen		⑦ Differenzen		⑧ Differenzen		⑨ Anmerkungen
		Audi 100	VW Bora	Audi 100	VW Bora	Audi 100	VW Bora	Audi 100	VW Bora	Audi 100	VW Bora	Audi 100	VW Bora	Audi 100	VW Bora	Audi 100	VW Bora	
1	Fahrzeug	Audi 100	VW Bora	Audi 100	VW Bora	Audi 100	VW Bora	Audi 100	VW Bora	Audi 100	VW Bora	Audi 100	VW Bora	Audi 100	VW Bora	Audi 100	VW Bora	Fahrzeug 1: Audi 100 - gestoßen Fahrzeug 2: VW Bora - stoßend
2	Unfallmasse [kg]	1517	1350	1517	1350	1517	1350	1517	1350	1517	1350	1517	1350	1517	1350	1517	1350	
3	$v_{\text{Kollision}}$ [km/h]	0,00	12,90	0,00	12,90	0,00	12,90	0,00	12,90	0,00	12,90	0,00	12,90	0,00	12,90	0,00	12,90	
4	$\text{mm}^2_{\text{Kompression}}$ aus Kurve:	---	---	4516	5417							4717	5180					
5	$\text{mm}^2_{\text{gesamt}}$ aus Kurve:	6200	7617	6423	7903							6381	7874					
6	$\Delta v/1 \text{ mm}^2$ aus a/t-Versuchskurve [m/s]	0,0003 7365	0,0003 5000	0,0003 7365	0,0003 5000							0,0003 7365	0,0003 5000					
7	$\Delta v_{\text{Kompression}}$ aus Kurve - $\text{mm}^2$ [km/h]	---	---	6,075	6,825			6,075	6,825			6,35	6,53					②: $\Delta v_{\text{Kompression}}$ aus Kurve - $\text{mm}^2$ - entspricht exakt der Impulsrechnung
8	$\Delta v_{\text{Restitution}}$ aus Kurve - $\text{mm}^2$ [km/h]	---	---	2,565	3,135			2,565	3,135			2,23	3,39					
9	$\Delta v_{\text{gesamt}}$ aus Kurve - $\text{mm}^2$ [km/h]	8,34	9,60	8,64	9,96			8,64	9,96			8,58	9,92					
10	$\Delta v_{\text{gesamt}}$ aus Angabe [km/h]	8,2	9,7	---	---	8,64	9,96											
11	$v_g = v_{\text{gemeinsam}}$ = Ende Kompression [km/h]	---	---	6,075	6,075			6,075	6,075			6,075	6,075					
12	$k_0$ -Faktor	0,38	0,38	0,422	0,459	0,422	0,459					0,44	0,44					$k_0 = \frac{\text{mm}^2_{\text{Restitution}}}{\text{mm}^2_{\text{Kompression}}} = \frac{\Delta v_{\text{Restitution}}}{\Delta v_{\text{Kompression}}}$
13	$\Delta t_{\text{Kompression}}$ aus Kurve [ms]	---	---	73,28	77,09							75,19	75,19					
14	$\Delta t_{\text{Restitution}}$ aus Kurve [ms]	---	---	69,95	84,19							77,07	77,07					
15	$\Delta t_{\text{gesamt}}$ = Stoßzeit aus Kurve [ms]	115	115	143,2 3	161,2 8	143,2 3	161,2 8					152,2 6	152,2 6					

16	$\Delta t_{\text{Kompression}}$ aus $v_{\text{mKrel}}$ [ms]				105,5 8	105,5 8			94,88 4	94,88 4			75,0	75,0				$v_{\text{mKrel}}$ : mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase $\Delta t_{\text{KompressionAus } v_{\text{mKrel}}} = \frac{v_{\text{Koll.VW}}}{d_{\text{dynmaxBeide}}} \cdot 2 \cdot 3,6$ $v_{\text{Koll.VW}}$ [km/h] (bei $v_{\text{Koll.Audi100}}=0$ km/h) $= 0,1892 \cdot 2 \cdot 3,6 = 0,10558 \text{ s}$ $= 105,58 \text{ ms}$
	Zeitdifferenz zu Zeile 13 in %: tatsächlich um ... % <				31 %	27 %							Mittelwert aus Kurve					
17	$\Delta t_{\text{Restitution}}$ über $v_{\text{mKrel}}$ [ms]				105,5 8	105,5 8			94,88 4	94,88 4			75,0	75,0				$\Delta t_{\text{Restitution}}$ aus der Annahme, dass bei ungebremst $\Delta t_{\text{Kompression}} = \Delta t_{\text{Restitution}}$ ist
18	$\Delta t_{\text{gesamt}}$ über $v_{\text{mKrel}}$ [ms]				206,1 6	206,1 6			189,7 7	189,7 7			150,0	150,0				$\Delta t_{\text{gesamt}}$ aus $v_m = 2 \cdot \Delta t_{\text{Kompression}}$ aus $v_{\text{mKrel}}$ bzw.: $\Delta t_{\text{gesamt}} = \Delta t_{\text{Kompression}} + \Delta t_{\text{Restitution}}$
19	$a_m$ 1 über Kurve (Kompression) [g]		---	---	2,35 um 44% > als Z.22	-2,51 um 37% > als Z.22			---	---			2,39	-2,46				mittlere Beschleunigung/Verzögerung
20	$a_m$ 2 über Kurve (Restitution) [g]		---	---	1,04	-1,05			---	---			0,82	-1,25				mittlere Beschleunigung/Verzögerung
21	$a_m$ 3 über Kurve (Gesamtphase) [g]		2	-2,3	1,71	-1,75	1,71	-1,75	---	---			1,60	-1,85	② ← ⑥		② Zeile 22 zu 21	mittlere Beschleunigung/Verzögerung Gesamtphase (gesamt) = Kompression + Restitution
																+7 %	-5 %	
22	$a_m$ 1 über $v_{\text{mKrel}}$ (Kompression) [g]				1,63 um 31% < als Z.19	-1,83 um 27% < als Z.19			1,81	-2,04					② Zeile 22 zu 19		② ← ⑥ Z. 21:22	
																tatsUm m 44 % >	tatsUm 37% >	
23	$a_m$ 2 über $v_{\text{mKrel}}$ (Restitution) [g]				0,69	-0,84			0,77	-0,94								
24	$a_m$ 3 über $v_{\text{mKrel}}$ (Gesamtphase) [g]				1,16	-1,34			1,29	-1,49								
25	$s_{\text{gesKompression}}$ [cm]																	Schwerpunktswegstrecke Kfz
26	$d_{\text{dynmaxBeide}}$ [cm]		17,0	17,0	18,92	18,92			17,0	17,0			13,44	13,44				siehe in meinem Excel-Berechnungsprogramm Diagramm Abschnitt-Nr.: 17
27	$\Delta s_{\text{gesKompression}} = d_{\text{dynmaxBeide}}$ [cm]				18,92	18,92												Differenz-Schwerpunktswegstrecke Kfz = $d_{\text{dynmaxBeide}}$
28	EES o. $\Delta v_{\text{Brems}}$ [km/h]	lt. Angabe	7	5														
		lt. Rechnung	5,6	6,3	5,5	6,0							5,4	6,1				

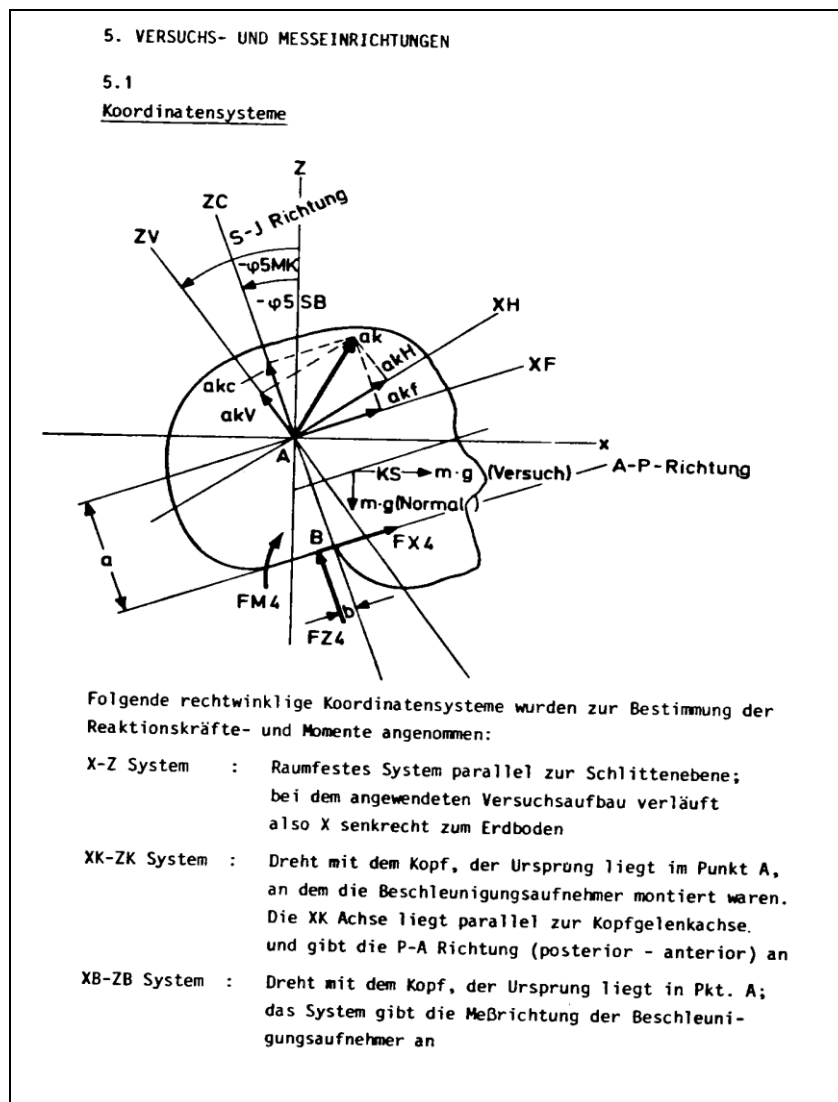
**Tabelle 1 AZT 04.12**

Auszug aus der Broschüre:

## „Zur Verletzungsmechanik der Halswirbelsäule“

Dissertation von Diplom- Ingenieur Klaus Burow. TU Berlin 1974.

Zum Zeigen, wie komplex das Thema „Kopfbewegung aus technischer und biomechanischer Sicht“ zu betrachten ist, wird auszugsweise aus dieser Dissertation eine Übersichtsgrafik dargetan.



Computerbezeichnung: Burow4

Bild 33

Auszug aus dem VDI-Bericht: VDI-Z 112 (1970) Nr. 20 - Oktober (II):

## „Auffahrunfälle mit und ohne Kopfstütze“

Von Dipl.-Ing. Wolfgang Lange und Dr. med. Peter Hinz.

Aus der folgenden Zusammenfassung ist zu ersehen, dass genau nach den textlichen Angaben vorzugehen ist.

Im Bild 34 - dort Vergleich des Bildes 12 (Versuch Nr. 16 - 'Oberkante Stütze über Augenhöhe +90 mm') mit dem Bild 18 (Versuch Nr. 7 - 'Oberkante Stütze über Augenhöhe -235 mm') - ist zu sehen, dass bei Bild 18 die maximale Helmbeschleunigung als negativer Wert etwas mehr als doppelt so groß ist, als bei Bild 12.

Daraus wird man eine gewisse Abhängigkeit zur Kopfstützeinstellung ableiten können.

Dass dies auch so ist, ist aus dem Bild 4 ersichtlich. Die maximale Stoßbeschleunigung (Schlittenbeschleunigung) war überall ein vorgegebener Wert, genauso wie die mittlere Stoßform. Auf Höhe der Auges befindet sich ca. der Schwerpunkt des Kopfes.

Tafel 1. Tafel zur Versuchsreihe „Schleudertrauma“.

Id. Nr.	Versuchs-Nr.	Sitz/Kopfstütze	Körperlänge	Oberkante Sitzes über Augenhöhe	max. Stöß- beschleunigung	Stoßdauer	End- V. Geschwindigkeit	Alter	Vorschädigung	Befund der Halswirbelsäule nach Versuch
			cm	mm	g	ms	km/h	a		
1	I	A/o	174	-235	24,8	58	28,3	49	o	—
2	II	A/o	171	-185	23,8	55	26,3	58	+	C6/C7
3	III	A/o	170	-215	18,6	60	24,4	56	+	C6/C7
4	IV	A/o	169	-185	19,6	55	18,3	72	++	—
5	V	A/o	172	-170	28,1	67	37,8	54	o	—
6	VI	A/o	160	-250	22,8	66	22,3	53	o	C6/C7
7	VII	A/o	170	-235	25,0	113	52,5	34	o	—
8	VIII	A/o	164	-185	25,7	109	52,5	68	+++	C6/C7
9	IX	A/o	166	-160	25,7	107	53,1	43	o	—
10	X	A/KII	178	-85	28,4	116	54,8	46	+	—
11	XI	A/KI	169	-30	26,2	111	53,8	69	+++	C4/C6 C7/Th1
12	XII	A/KIII	175	+10	28,2	115	53,8	82	+++	C5/C6 C7/Th1
13	XIII	B	163	-30	nicht auswertbar			62	+	C6/C7
14	XIV	C	168	+35	23,3	115	50,8	72	+	—
15	XV	C	172	-70	23,8	113	49,2	40	++	C6/C7
16	XVI	D	174	+90	24,8	115	49,9	76	+++	—
17	XVII	D	169	+60	24,8	118	50,6	66	+++	C6/C7
18	XVIII	E/KV	168	+130	24,8	114	50,5	66	+	C6/C7
19	XIX	F	168	-65	25,2	110	51,0	73	+	total
20	XX	D	170	+90	24,3	112	46,3	70	++	C6/C7
21	XXI	D	162	keine Aufzeichnungen				79	+++	C7/Th1

- Sitze:**  
 A = handelsüblich (1,2/1,3-1-Wagen)  
 B = Versuchsitz mit 70-cm-Lehne  
 C = Versuchsitz mit festeingebauter großer Kopfstütze, fest gepolstert  
 D = Versuchsitz mit eingebauter höhenverstellbarer und kippbarer Kopfstütze, fest gepolstert  
 E = handelsüblich (2,6-1-Wagen)  
 F = Versuchsitz mit fest eingebauter kleiner Kopfstütze, fest gepolstert
- Kopfstützen:**  
 o = ohne Kopfstütze  
 KI = aufsteckbar, ohne Querverstrebung, weich gepolstert  
 KII = aufschallbar, ohne Querverstrebung, weich gepolstert  
 KIII = aufsteckbar, mit Querverstrebung, fest gepolstert  
 KV = aufsteckbar, mit Querverstrebung, sehr fest gepolstert
- Vorschädigung:**  
 o = ohne  
 + = mäßig  
 ++ = deutlich  
 +++ = erheblich
- Befund nach Versuch:**  
 □ = ohne Befund  
 ◻ = mittlere Schäden  
 ■ = schwere Schäden

Bild 12. Schlittenbeschleunigung, Helmbeschleunigung und Winkel zwischen Kopf und Rumpf bei Versuch lfd. Nr. 16.

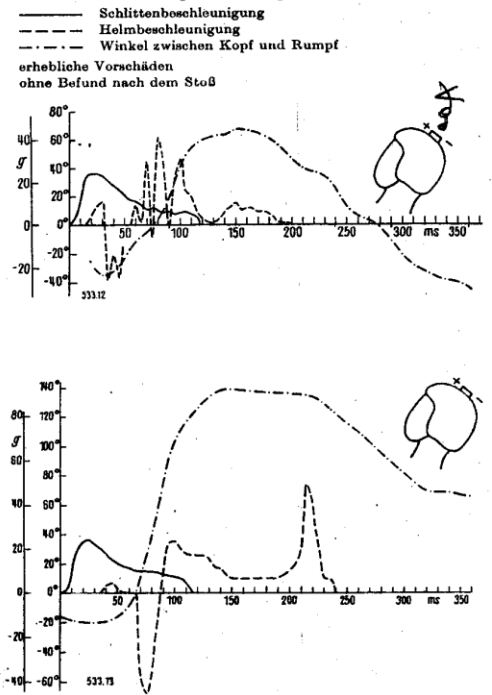
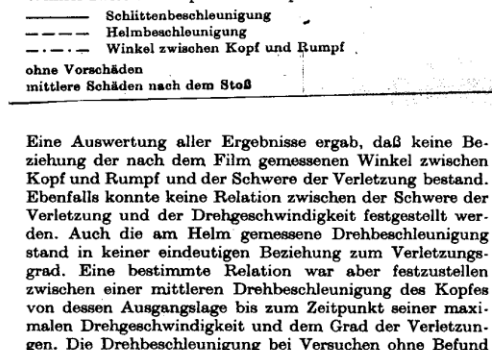


Bild 13. Schlittenbeschleunigung, Helmbeschleunigung und Winkel zwischen Kopf und Rumpf bei Versuch lfd. Nr. 7.



Eine Auswertung aller Ergebnisse ergab, daß keine Beziehung der nach dem Film gemessenen Winkel zwischen Kopf und Rumpf und der Schwere der Verletzung bestand. Ebenfalls konnte keine Relation zwischen der Schwere der Verletzung und der Drehgeschwindigkeit festgestellt werden. Auch die am Helm gemessene Drehbeschleunigung stand in keiner eindeutigen Beziehung zum Verletzungsgrad. Eine bestimmte Relation war aber festzustellen zwischen einer mittleren Drehbeschleunigung des Kopfes von dessen Ausgangslage bis zum Zeitpunkt seiner maximalen Drehgeschwindigkeit und dem Grad der Verletzungen. Die Drehbeschleunigung bei Versuchen ohne Befund betrug rd. 500 rad/s<sup>2</sup>, 1000 rad/s<sup>2</sup> verursachten mittlere Schäden und 1000 bis 2000 rad/s<sup>2</sup> lösten schwere Schäden der Halswirbelsäule aus. Es ist zu vermuten, daß die größere Drehbeschleunigung eine Folge der Verletzungen und einer damit verbundenen Abnahme des Widerstandsmoments der Wirbelsäule ist.

**Versuchsfolgerungen**

Eine Frage, die sich aufdrängt, ist, ob man das Verhalten toter Körper mit dem lebender vergleichen kann, zumal jegliche Muskelanspannungen bei diesen Versuchen fehlen. Hierzu ist zu sagen, daß reaktive Muskelspannungen bei großen Beschleunigungskräften kaum noch entlastend wirken. Der unvorbereitete Fahrzeuginsasse wird sich nur wenig anders verhalten als die Versuchskörper, weil er entspannt sitzt, wenn ihn der Stoß überrascht.

Als Maß für die Abstützhöhe des Kopfes wurde der Abstand zur Augenhöhe gewählt, da sich hier etwa der Schwerpunkt des Kopfes befindet und man diese Höhe bei den Auswertarbeiten eindeutig bestimmen konnte. Soll die fest mit der Lehne verbundene Abstützung des Kopfes in Augenhöhe angebracht sein, ist es für die Angabe einer absoluten Mindestbauhöhe nötig, mit anthropometrischen Größen aus Bevölkerungsstatistiken zu rechnen. Das Maß der Augenhöhe über der Sitzhöhe beträgt bei Frauen 74 ± 3,5 cm und bei Männern 79 ± 3,5 cm. Mit 82,5 cm Abstand der Augenhöhe von der Sitzhöhe erfaßt man rd. 84% aller Männer und über 93% aller Frauen. Bei 5,5 cm Zusammendrückung des Polsters bedeutet dies: die Abstützung des Kopfes muß mindestens 77 cm über der unbelasteten Sitzfläche angebracht sein. A 22 533

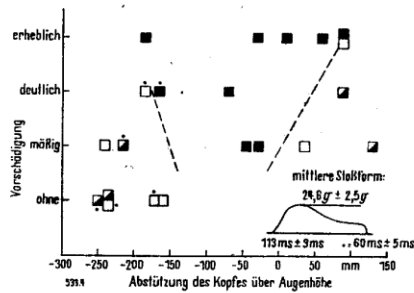


Bild 4. Vorschädigung, Abstützhöhe des Kopfes und Grad der Halswirbelsäulenverletzung bei simulierten Auffahrunfällen (Stoß von hinten).

- ohne Befund
- mittlere Schäden
- △ schwere Schäden

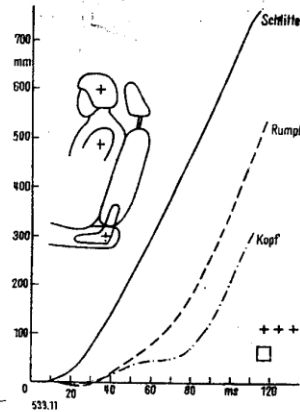


Bild 11. Verlauf der waagerechten Bewegungen von Schlitten, Rumpf und Kopf bei Versuch lfd. Nr. 16.

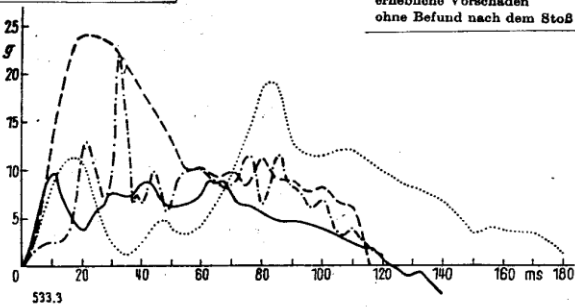


Bild 8. Beschleunigungskurven von drei Personenkraftwagen und einem Versuchsschlitten.

- mittelgroßes Fahrzeug (v<sub>0</sub> = 57 km/h) auf gleich großen Wagen aufgefahren (nach Fiala und Fabricius)
- Hudson 1955 (v<sub>0</sub> = 37 km/h) auf Oldsmobile 1956 nach (Emori)
- Schlittenbeschleunigung bei Versuch lfd. Nr. 14 (v<sub>0</sub> = 50,6 km/h)
- ..... Ford 1967 (v<sub>0</sub> = 89 km/h) auf Ford 1967 (nach Severy)

DK 656.13.084:629.113.042.6.004.13

**Auffahrunfälle mit und ohne Kopfstütze**

Von Wolfgang Lange, Dortmund, und Peter Hinz, Frankfurt a. M.

Dipl.-Ing. Wolfgang Lange ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Max-Planck-Institutes für Arbeitsphysiologie in Dortmund und Dr. med. Peter Hinz ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Institutes für Wirbelsäulenforschung in Frankfurt a. M.

VDI-Z 112 (1970) Nr. 20 — Oktober (II)

In weitere Folge werden Korrespondenzen zu diesem Thema bekanntgegeben:

## Wertmaßstab für die Beurteilung der Insassenbelastung: a oder $\Delta v$ ?

Mein Brief an den Veranstalter, St. Pölten, am 12.11.1999

Betrifft: ..... Symposium „Peitschenschlag“ - ..... ?

---

Sehr geehrte Frau .....

vorerst möchte ich mich sehr herzlich bedanken, dass Sie mir eine Einladung zu diesem Symposium gesandt haben.

Mir gingen die Vortragsmanuskripte der gegenständlichen Tagung zu.

Zum Vortrag von Herrn

Univ.Prof. Dr. ....

erscheint es mir erforderlich, einige Korrekturen und Erweiterungen, die auf Grund des heutigen Standes der Wissenschaft erforderlich sind, auf diesem Wege vorzunehmen.

Im grundsätzlichen wird, der Einfachheit halber, bei allen folgenden Gedankengängen davon ausgegangen, dass es zum Auffahrunfall zwischen zwei gleich schweren Fahrzeugen kommt (Masse  $m_1 =$  Masse  $m_2$ ), dass ein exakter linearer idealisierter und ebener Vollstoß vorliegt, natürlich bei voller Überdeckung, das vordere (gestoßene) Fahrzeug (1) steht und, dass das dahinter befindliche (auffahrende) Fahrzeug (2) mit der Front gegen das Heck des davor befindlichen Fahrzeuges (2) fährt.

1 g entspricht der Erdbeschleunigung  $= 9,81 \text{ m/s}^2$ .

Auf Seite 2 seines Vortrages stellt er die Frage „a oder  $\Delta v$  ?“

Er meint, „durch die Beziehung

$$\underline{a_m = \Delta v / \Delta t}$$

ist die mittlere Beschleunigung  $a_m$  mit der Geschwindigkeitsänderung  $\Delta v$  (delta v) und der Kompressionszeit  $\Delta t$  verknüpft. Detailliertere experimentelle Analysen zeigen eine derartige Abhängigkeit der Kompressionszeit von der Kollisionsgeschwindigkeit, dass letztlich die sehr viel anschaulichere Zahl der **Geschwindigkeitsänderung** eine ausgezeichnete Maßzahl für die gegebene Problematik darstellt und weiter beibehalten werden sollte. Im interdisziplinären Gedankenaustausch schaffen „Spitzfindigkeiten“ nur Verwirrung“.

Hierzu ist aus mathematischer und physikalischer Sicht folgendes auszuführen:

Wenn man die Formel

$a_m$  (mittlere Beschleunigung [ $\text{m/s}^2$ ]) =  $\Delta v$  (Geschwindigkeitsdifferenz [ $\text{m/s}$ ]) /  $\Delta t$  (Kompressionszeit [ $\text{s}$ ]) betrachtet, ergibt sich, dass man für die Errechnung von  $a_m$  die Geschwindigkeitsänderung  $\Delta v$  und die Kompressionszeit  $\Delta t$  wissen muss.

Nachdem nach der Formel von Newton die

$$\underline{\text{Kraft } F [\text{N - Newton}] = \text{Masse } [\text{kg}] \times \text{Beschleunigung } [\text{m/s}^2] \text{ (} F = m \cdot a \text{)}$$

ist, ergibt sich, dass, wenn man hier bei gleicher Masse einen anderen Beschleunigungswert einsetzt, man natürlich zu einer gänzlich anderen Kraft kommt.

Für die Beurteilung einer HWS-Verletzung ist aber letztendlich diese Kraft und somit nur die Beschleunigung von wesentlicher Bedeutung.

Aber für die Beurteilung der Stoßintensität, der auf den Fahrzeuginsassen eingewirkten Kraft, ist nicht die Geschwindigkeitsänderung eine „ausgezeichnete Maßzahl“, sondern nur die mittlere Karossenbeschleunigung bzw. die mittlere Beschleunigung (die maximale kann man nicht errechnen, hier müsste man die Kraftkennlinie bei der gegenständlichen Kollision genau kennen, die man aber nicht kennt, sodass man nur eine mittlere Beschleunigung errechnen kann) - es handelt sich hier also nicht um eine „**Spitzfindigkeit**“, wenn man dies über eine mittlere Beschleunigung sieht, sondern dies ist ein mathematischer und physikalischer Zusammenhang und deshalb kann und sollte nur die mittlere Beschleunigung als Maßzahl genommen werden, entweder in [m/s<sup>2</sup>] oder in [g] (Erdbeschleunigung).

Zur mittleren Beschleunigung bemerkt, ist es aber so, dass man hier zwischen einer Kompressionsphase und einer Restitutionsphase unterscheiden muss. Wenn bei einer Kollision der k-Faktor, Stoßziffer, Stoßzahl, größer 0,00 ist (bei PKW-Kollisionen ist dies im hier zu betrachtenden Geschwindigkeitsbereich immer der Fall) ist eine Restitution vorhanden.

### **Zum Beispiel:**

Kollisionsgeschwindigkeit = 20 km/h =  $\approx 5,6$  m/s, bedeutet eine Geschwindigkeitsänderung in der Kompressionsphase für jedes der beiden Fahrzeuge von 10 km/h =  $\approx 2,8$  m/s, k-Faktor = 0,20 (0,50) heißt, Geschwindigkeitsänderung in der Restitutionsphase 20 % (50 %) von 10 km/h, das sind 2,0 (5,0) km/h. Somit beträgt die gesamte Geschwindigkeitsänderung (Kompression plus Restitution) = 12,0 (15,0) km/h (10 + 2 = 12 km/h, bzw. 10 + 5 = 15 km/h).

Für die Insassenbelastung ist aber nur die Geschwindigkeitsänderung in der Kompressionsphase zu betrachten, das heißt, beim gegenständlichen Beispiel 10 km/h.

Der EES-Wert ist aber kleiner als 10 km/h.

Aus diesem Vergleich zwischen einem k-Faktor = **0,20** bzw. **0,50** ergibt sich die gesamte Geschwindigkeitsänderung mit **12 km/h** bzw. mit **15 km/h**.

Würde man als Maßzahl die Geschwindigkeitsänderung nehmen, dann würde man 12 km/h mit 15 km/h vergleichen und meinen, dass 15 km/h eine größere Belastung bedeutet.

**IRRTUM!** Genau das Umgekehrte ist der Fall!

15 km/h stellt nämlich eine geringere Belastung dar, da bei größer werdendem k-Faktor die dynamische (dynamisch heißt bei Bewegung) Deformationstiefe größer wird, daraus die Kompressionszeit größer wird und daraus die mittlere Karossenbeschleunigung in der allein entscheidenden Kompressionsphase **kleiner!!** wird.

Daraus ist eindeutig zu ersehen, dass „letztlich die sehr viel anschaulichere Zahl der Geschwindigkeitsänderung als ausgezeichnete Maßzahl“ zu völlig unrichtigen Ergebnissen und Vergleichen führt und daher eine ungeeignete Maßzahl ist.

$$\text{Geschwindigkeit } v_m \text{ [m/s]} = \text{Wegstrecke } s \text{ [m]} / \text{Zeit } t \text{ [s]}$$

$$v_m \text{ [m/s]} = \frac{\text{Wegstrecke } s \text{ [m]}}{\text{Zeit } t \text{ [s]}} \quad \rightarrow \quad \text{Zeit } t \text{ [s]} = \frac{\text{Wegstrecke } s \text{ [m]}}{v_m \text{ [m/s]}}$$

Aus dieser Beziehung kann man die **Kompressionszeit** errechnen, und zwar:

$$\Delta t_{\text{Kompression}} \text{ [s]} = \frac{s_{\text{relativ}}}{v_{\text{mKollisionKompressionrelativ}(x)}}$$

(x - dies ist die mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase)

### **Zum Beispiel:**

Relative Wegstrecke (gemeint die maximale dynamische Deformationstiefe beider Fahrzeuge zusammen - relative Wegstrecke in der Kompressionsphase - ) angesetzt mit 0,30 m ergibt:

$$\Delta t_{\text{Kompression}} \text{ [s]} = \frac{s_{\text{relativ}}}{v_{2 \text{ Kollision}}} = \frac{s_{\text{relativ}} \cdot 2}{v_{2 \text{ Kollision}}} = \frac{0,30 \text{ m} \cdot 2}{5,6 \text{ m/s}} = \mathbf{0,1071 \text{ s}}$$

**Zum Vergleich:**

$= \frac{0,30 \text{ m}}{5,6 \text{ m/s}} \cdot 2 = \boxed{0,1071 \text{ s}}$	$= \frac{\Delta t_{\text{Kompression}} [\text{s}]}{V_2 \text{ Kollision}} = \frac{S_{\text{relativ}} \cdot 2}{V_2 \text{ Kollision}} =$	$= \frac{0,15 \text{ m}}{5,6 \text{ m/s}} \cdot 2 = \boxed{0,05357 \text{ s}}$
Die mittlere Karossenbeschleunigung	in der Kompressionsphase errechnet	sich mit:
$= \frac{2,8 \text{ m/s}}{0,1071 \text{ s}} = 26,14 \text{ m/s}^2$ $= \wedge \boxed{2,67 \text{ g}}$	$= a_{m,1} [\text{m/s}^2] = \frac{\Delta v_{\text{Kompression}}}{\Delta t_{\text{Kompression}}}$	$= \frac{2,8 \text{ m/s}}{0,05357 \text{ s}} = 52,27 \text{ m/s}^2$ $= \wedge \boxed{5,33 \text{ g}}$

Das heißt, wie zu erwarten war, dass bei der halben relativen Wegstrecke (gemeinsame maximale dynamische Deformationstiefe) die Kompressionszeit die Hälfte beträgt und die mittlere Karossenbeschleunigung in der Kompressionsphase **doppelt so groß!!** ist.

Da Kraft = Masse x Beschleunigung ist, ist somit eindeutig belegt, dass als Maß nur die **mittlere Karossenbeschleunigung in der Kompressionsphase** ein sinnvoller Vergleichswert für Verletzungen sein kann und somit keine „Spitzfindigkeit“ ist.

Aus seinen 3 Beispielen ist zu ersehen, dass der Herr Referent als

 **$\Delta v$  die gesamte Geschwindigkeitsänderung**

bezeichnet, also die Geschwindigkeitsänderung in der Kompressionsphase, zuzüglich ca. 15 % ( $k = 0,15$ ) für die Geschwindigkeitsänderung in der Restitutionsphase (Gesamtphase = Kompressions- + Restitutionsphase).

Wie ich bereits ausgeführt habe, ist das so nicht richtig, denn, man muss zwischen Kompressionsphase und Restitutionsphase unterscheiden.

Auch ist die Kompressionszeit vom Massenverhältnis der beiden Kfz abhängig, was leicht erklärbar ist, denn:

wenn die Masse des auffahrenden Fahrzeuges immer kleiner wird, muss die Kollisionsgeschwindigkeit immer größer werden, um für das gestoßene Fahrzeug zum gleichen  $\Delta v_{\text{Kompression}}$ , zur gleichen Geschwindigkeitsänderung in der Kompressionsphase, zu kommen.

Aus der Schadensschwere des Kfz kann  $\Delta v$  abgeschätzt werden (bei bekannt sein der Kfz-Masse).

Aus dem Schadensbild kann man, unter Berücksichtigung der Bodenabstände, Rückschlüsse auf Betriebsbremsungen ziehen. Wie anhand der Beispiele demonstriert wurde, sind diese Auswertungen unbedingt erforderlich.

Wenn auf Seite 3 (seines Vortrages) vom Herrn Referenten geschrieben wird „die Größenordnung der dynamischen Deformation im Heckbereich eines PKW beträgt 10 bis 15 cm“ und er weiter aus der Literatur anführt „Eurotax International - Crash-Versuche mit Auswertungen“ ist hier folgendes auszuführen:

Richtig ist es, dass die Auswertungen des Allianz-Zentrums München, betreffend der Reparaturcrash-Versuche, von der Firma Eurotax veröffentlicht werden und dass dort die maximale dynamische Deformation ausgewertet wird; die Lichtbilder stellen aber die bleibende Deformation (das bleibende Schadensbild) dar.

Man sieht, wenn man das Schadensbild eines Fahrzeuges betrachtet, nicht die dynamische Deformation, sondern die maximale bleibende Deformation und über diese maximale bleibende Deformation muss man zurückrechnen, sodass man im Grundsätzlichen für die Berechnung die maximale bleibende Deformationstiefe benötigt.

Betreffend der dort angegebenen maximalen dynamischen Deformationstiefe ist es so, dass diese ja nur für den dortigen Versuch, nämlich Kollision gegen ein starres (feststehendes), undeformierbares Hindernis (Offset 40 %), gilt.

Bei Kollisionen Fahrzeug mit Fahrzeug sieht dies anders aus. Hier ist die Kompatibilität der Fahrzeuge, allenfalls Verhakung, etc., zu berücksichtigen.

Unter Beibehaltung meiner Werte des vorigen Rechenbeispiels mit einem k-Faktor = 0,20 ergibt sich folgendes:

$s_{\text{relativ}} = \mathbf{0,30\ m}$	( $s_{\text{relativ}} = \text{maximale dynamische Deformationstiefe beider Kfz}$ )	$s_{\text{relativ}} = \mathbf{0,15\ m}$
$\Delta v_{\text{gesamt}} = 10 + 2 = \mathbf{12\ km/h} = \mathbf{3,33\ m/s}$		$\Delta v_{\text{gesamt}} = 10 + 2 = \mathbf{12\ km/h} = \mathbf{3,33\ m/s}$
$\Delta t_{\text{gesamt}} = \Delta t_{\text{Kompression}} + \Delta t_{\text{Restitution}} = 2 \cdot \Delta t_{\text{Kompression}}$		
$a_{\text{gesamt}}$ (mittlere Karossenbeschleunigung in der Gesamtphase = Kompression + Restitution) =		
$= \frac{3,33\ m/s}{2 \cdot 0,1071\ s} = 15,56\ m/s^2 = \mathbf{1,60\ g}$	$= \frac{\Delta v_{\text{gesamt}}}{\Delta t_{\text{gesamt}}}$	$= \frac{3,33\ m/s}{2 \cdot 0,05357\ s} = 31,1\ m/s^2 = \mathbf{3,20\ g}$

Wenn man nun diese g-Werte mit den vorigen g-Werten vergleicht, sieht man - wie es auch aus mathematischer Sicht zu erwarten war -, dass, bei getrennter Betrachtung der Kompressions- und der Restitutionsphase, die mittlere Karossenbeschleunigung in der Kompressionsphase wesentlich größer ist, als wenn man dies über die Gesamtphase betrachtet.

Auch aus diesen Gründen ist es unbedingt erforderlich die Kompressionsphase zu betrachten und für die Kompressionsphase die mittlere Karossenbeschleunigung über die Kompressionszeit zu errechnen.

Wie hieraus weiters eindeutig ersehen werden kann, handelt es sich keinesfalls um eine „Spitzfindigkeit“, sondern um die reine Wahrheit aus der Mathematik und Physik.

Im gegenständlichen Beispiel wird die Beschleunigung doppelt so groß, das heißt, die Kraft ist **doppelt !** so groß und dies alles bei gleichem  $\Delta v$  (Geschwindigkeitsänderung) des gestoßenen Fahrzeuges.

### Fahrzeugaabremmung und Reifenschlupfverzögerung:

Bei Fahrzeugaabremmung und (oder) Reifenschlupfverzögerung ändert sich die mittlere Karossenbeschleunigung und die mittlere Karossenverzögerung.

Bezugnehmend auf mein Beispiel - Vergleich der mittleren Karossenbeschleunigung in der Kompressionsphase - ergibt sich:

#### Zum Beispiel:

#### Vorderes Fahrzeug gebremmt - hinteres Fahrzeug mit gleicher Bremsstärke gebremmt:

Ergibt für das

vordere Fahrzeug eine **kleinere** mittlere Karossenbeschleunigung, für das

hintere Fahrzeug eine **größere** mittlere Karossenverzögerung.

#### Vorderes Fahrzeug ungebremmt - hinteres Fahrzeug gebremmt:

Ergibt für das

vordere Fahrzeug eine **größere** mittlere Karossenbeschleunigung, für das

hintere Fahrzeug eine **noch größere** mittlere Karossenverzögerung.

Auch hieraus ist zu ersehen, dass  $\Delta v$  eine gänzlich ungeeignete Maßzahl ist.

Zu der Anmerkung des Autors betreffend „Wahl des Wertes 10 km/h anstelle 11 km/h“, ist auszuführen, dass in der Broschüre „Gesellschaft der Gutachterärzte Österreichs“, Heft 30 aus 1987 ein Bericht von M. DANNER (Allianz-Zentrum für Technik, München) abgedruckt ist, welcher sehr schön aufgebaut ist und aus welchem sich somit ergibt, dass eine Geschwindigkeitsdifferenz von 15 km/h im Mittel sämtlicher PKW-Versuche für das gestoßene Fahrzeug eine Geschwindigkeitsänderung von 11 km/h und eine mittlere Fahrzeugbeschleunigung von 3 g bedeutet.

Auch aus diesem Bericht ist ersichtlich, dass als Beurteilungskriterium die Beschleunigung, zusätzlich zur Geschwindigkeitsänderung, gewählt wurde.

Aber die gegenständliche Problematik, die gegenständliche Fragestellung ist so wichtig und, wie ich aus dem deutschen Raum erfahren habe, dort sogar sehr wichtig, sodass es mir erforderlich erschien die mathematischen und physikalischen Zusammenhänge bei einer Kollision von zwei Fahrzeugen und die Ermittlung der

**mittleren Karossenbeschleunigung in der Kompressionsphase,**

als **wichtigstes Beurteilungskriterium**, mathematisch vollkommen sauber herauszuarbeiten.

Ich glaube, dass mein Schreiben für alle mit diesem Thema befassten Personen von großer Bedeutung ist.

Wenn hier von Seiten des Referenten gemeint wird „dass letztlich die sehr viel anschaulichere Zahl der **Geschwindigkeitsänderung** eine **ausgezeichnete Maßzahl** für die gegebene Problematik darstellt und weiter beibehalten werden sollte und im interdisziplinären Gedankenaustausch ‘**Spitzfindigkeiten**’ nur Verwirrung schaffen“ ergibt sich, dass diese Meinung so nicht nachvollziehbar ist, da ja eindeutig der g-Wert die korrekte Zahl ist und dieser Wert ist anschaulicher als eine Geschwindigkeitsänderung  $\Delta v$  (Beschleunigung ist eine Grundgröße der Physik).

Die gegenständlich gestellte Frage erfordert, alles sehr gewissenhaft, sauber und seriös zu erarbeiten, erfordert eine gute Zusammenarbeit zwischen Mediziner und Techniker (Zusammenarbeit auf neuestem wissenschaftlichen Stand), da bei einer rechtskräftigen strafrechtlichen Verurteilung, je nach gerade herrschender Rechtsprechung, eine Bindungswirkung für den Lenker (Verurteilten) des Fahrzeuges gegeben sein kann und daraus zivile Ansprüche **gegen ihn** möglicherweise geltend gemacht werden können, wobei dies betreffend seiner Haftpflichtversicherung anders sein kann, nämlich, dass diese aus einer Bindungswirkung heraus nicht haftet.

**Dieser Brief blieb unbeantwortet.**

Dieser Brief wurde über Veranlassung des Verfassers in der Fachzeitschrift „Verkehrsunfall und Fahrzeugschaden“ (ambs-Verlag) als Leserbrief im Heft 11/2001 veröffentlicht.

---

Mein Brief an:  
 Arbeitsgruppe für Unfallmechanik  
 c/o Institut für biomedizinische Technik  
 z.Hd. Herrn Prof. Dr. med. F. WALZ  
 FMH für Rechtsmedizin  
 Spez. Forensische Biomechanik  
 Dr. sc. techn. Dipl.-Ing ETH M. MUSER  
 Gloriastraße 35  
**CH - 8092 ZÜRICH**

St. Pölten, am 01.10.2004

Betrifft: Bericht der Arbeitsgruppe für Unfallmechanik (Forschung, Rekonstruktion, Biomechanik, Prävention)  
 vom 18. Mai 1999 - Ausdruck aus dem Internet  
 „Bemessung der Verletzungsschwelle der HWS bei Heckkollisionen“  
 Prof. Dr. med. F. WALZ  
 Dr. sc. techn. M. MUSER

Sehr geehrte Herren Doktores,

vor kurzem habe ich aus dem Internet den oben angeführten Bericht ausgedruckt und mit Interesse gelesen.

Aus anderen Berichten sind mir Ihre Namen natürlich bekannt.

Schon seit etlichen Jahren verfolge ich mit großem Interesse dieses Thema, benötige die Aufarbeitung dieses Themas auch im Rahmen meiner Gerichtsgutachtertätigkeit, habe in den letzten Jahren einige Seminare zu diesem Thema bzw. zum Thema „Berechnung der Deformationsarbeiten an Fahrzeugen“ und „Berechnung der Insassenbelastung“ in Deutschland abgehalten und meinte (meine dies immer noch), dass die Aufarbeitung dieses Themas exakte wissenschaftliche, technische und mathematische Grundlagen erfordert.

Immer wieder wird von einer **kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung** gesprochen.

In allen Publikationen wird immer diese kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung einer Grenzbelastung von Fahrzeuginsassen zugeordnet - ob eine HWS-Verletzung möglich ist oder nicht.

In letzter Zeit wird übergegangen auf die Kopfbeschleunigung (nach diesem Bericht ungefähr doppelt so groß wie die Karossenbeschleunigung). Ich verweise darauf, dass es hier ein Buch von Christian Deutscher (Allianz-Zentrum München) gibt, wobei aus einem Diagramm ersichtlich ist, dass bei gleichem  $\Delta v$  die Kopfbeschleunigungen gravierend anders sein können.

Ich äußere große Bedenken den Bewertungsmaßstab auf die Kopfbeschleunigung abzustellen, da hier viele Prämissen zu berücksichtigen sind, die wir in der Unfallrekonstruktion gar nicht haben und gar nicht so genau errechnen können.

Bekanntermaßen ist es so, dass bei einem k-Faktor größer als 0,00 zusätzlich zur Kompressionsphase eine Restitutionsphase vorliegt, und die Geschwindigkeitsänderung  $\Delta v_{\text{gesamt}}$  ( $\Delta v_{\text{gesamt}}$ ), die in Ihren Berichten immer wieder als Bewertungskriterium herangezogen wird, um so größer wird, je größer der k-Faktor ist; das heißt, bei gleichem  $\Delta v_{\text{Kompression}}$  ( $\Delta v_{\text{Kompression}}$ ) wird das  $\Delta v_{\text{gesamt}}$  ( $\Delta v_{\text{gesamt}}$ ) immer größer.

Verglichen wird aber mit dem delta  $v_{\text{gesamt}}$  ( $\Delta v_{\text{gesamt}}$ ).

Das ist physikalisch, mathematisch und unfallmechanisch unrichtig.

Wenn man dieses Thema „sauber“ behandelt, ist eben zwischen Kompression und Restitution zu unterscheiden und die gesamte Kollisionsphase beinhaltet die Kompressionsphase zuzüglich der Restitutionsphase.

Für die Insassenbelastung, auch für die Vornahme aller Impulsberechnungen, ist nur das delta  $v_{\text{Kompression}}$  ( $\Delta v_{\text{Kompression}}$ ), von Bedeutung; und nur auf dieses wäre alles Vergleichbare abzustellen.

Es sollte also in der Literatur einmal der Versuch unternommen werden, dies auf eine saubere Basis zu stellen und nur von einem delta  $v_{\text{Kompression}}$  ( $\Delta v_{\text{Kompression}}$ ) zu sprechen.

Dieses delta  $v_{\text{Kompression}}$  ( $\Delta v_{\text{Kompression}}$ ) benötigt man, es ist zu errechnen aus dem Schadensbild im Zusammenhang beider Fahrzeuge und, über die maximale dynamische Deformationstiefe kommt man in weiterer Folge zu einer Kompressionszeit.

Dafür habe ich ein Berechnungssystem entwickelt. Dieses kann nachgelesen werden in meinen Wissenschaftsberichten, einerseits im Bericht „Berechnung der Deformationsarbeit an Fahrzeugen“, wo die Deformationsarbeit aus der Deformationstiefe (bleibend oder dynamisch, oder bleibend und dynamisch, ist in Ansatz zu bringen) und einer Steifigkeitszahl (oder Kraftzahl) errechnet wird, sowie im anderen Bericht „Berechnung der Insassenbelastung bzw. Insassenbelastung“, weiter in meiner Veröffentlichung in der Zeitschrift „Der Verkehrsunfall“ im Jahre 2001. Zu ersehen ist, dass ich versucht habe, dies alles sehr „sauber“ aufzuarbeiten.

Über dem Begriff der **mittleren relativen Kollisionsgeschwindigkeit in der Kompressionsphase** kommt man über die dynamische Deformationstiefe auch zur Kompressionszeit.

Natürlich ist dies überall toleranzbehaftet.

Über diese Kompressionszeit kommt man folglich bei Ansatz der Geschwindigkeitsänderung in der Kompressionsphase zu einer mittleren Karossenbeschleunigung (-verzögerung) (genau genommen des Fahrzeugschwerpunktes) in der Kompressionsphase.

Daraus ergibt sich der g-Wert ( $1 \text{ g} = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

**Und nur dieser g-Wert** kann eine Vergleichsbasis sein für die Beurteilung von HWS-Verletzungen.

Vice versa ergibt sich aber schon daraus, dass mit dem EES-System, welches überall als Vergleichsbasis unterstellt wird, nichts anzufangen ist.

Auch dies ist in meinem Bericht erläutert.

Man braucht das delta  $v_{\text{Kompression}}$  ( $\Delta v_{\text{Kompression}}$ ) des Fahrzeuges (ist natürlich abhängig von den am Stoß beteiligten Massen und der relativen Rammgeschwindigkeit - bei größerer relativer Rammgeschwindigkeit wird die Kompressionszeit automatisch kleiner {natürlich bei gleicher dynamischer Deformationstiefe} und daraus  $a_{\text{mBeschleunigung}}$  bzw.  $a_{\text{mVerzögerung}}$  **größer!!** - und dies bei gleichem  $\Delta v_{\text{Kompression}}$  - EES?) und die dynamische Deformationstiefe.

Über diese Deformationstiefe kommt man zur Kompressionszeit und mit dieser Kompressionszeit kommt man zur mittleren Karossenbeschleunigung (-verzögerung) in der Kompressionsphase.

Im EES-Wert ist genau genommen die Restitutionsenergie von der Kompressionsenergie abgezogen worden, und, je größer der k-Faktor ist, umso kleiner wird EES.

Das einmal zur grundsätzlichen Überlegung und, genau genommen, dies eigentlich beim gleichen Schadensbild, wenn man dies mathematisch auch richtig sieht.

Das heißt, bei gleichem Schadensbild wären genau genommen unterschiedliche EES-Werte anzusetzen, wenn ein entsprechend großer k-Faktor vorhanden ist (dies ausgehend von der dazugehörigen Betrachtungsweise).

Bei einer Hochgeschwindigkeitskollision mit einem k-Faktor bis zu ungefähr 0,15 ist dies natürlich fast egal.

Das Allianz-Zentrum hat Versuche für HWS-Belastungsvergleiche durchgeführt und ist grundsätzlich den Weg gegangen mit der mittleren Karossenbeschleunigung.

Dort wird ein Wert von 3 g angegeben.

Genau definiert ist eine Vergleichsbasis nur dann richtig, wenn man dies wiederum auf die mittlere Beschleunigung (oder Verzögerung) in der Kompressionsphase abstellt.

Dies habe ich auch in meinem Bericht herausgearbeitet.

Je größer der k-Faktor ist, um so größer wird die dynamische Deformationstiefe bei Zugrundelegung der gleichen maximalen bleibenden Deformationstiefe.

Dafür habe ich ein Formelsystem entwickelt, welches den mathematischen Zusammenhang richtig wiedergibt.

Zu diesem Thema habe ich in meiner eigenen homepage im Internet (Adresse lt. Briefkopf) einiges veröffentlicht, verweise weiters auf meine Wissenschaftsberichtsliste sowie auf meine Veröffentlichung in der Zeitschrift „Verkehrsunfall“.

Wenn in Berichten (und so, mit dieser Basis, werden auch die Gutachten erstellt!) immer wieder von einer Kompressionszeit von 1/10 Sekunde (allenfalls 0,15 Sekunden) gesprochen wird und darauf die Vergleichsbasis abgestellt wird, ist das nach meiner Meinung Unsinn.

Denn es kann genauso gut einmal eine Kompressionszeit 0,06 s sein (z.B. bei einer harten Seitenkollision), sie kann aber auch 0,2 s sein, vielleicht auch größer (z.B. bei Softnose-Fahrzeugen).

Es ist eben diese Kompressionszeit zu errechnen, dann der g-Wert zu ermitteln, weiter mit Toleranzen zu versehen und schließlich zu vergleichen, ob hier eine HWS-Verletzung möglich ist oder nicht.

Natürlich sind zu dieser Beurteilung alle anderen Kriterien heranzuziehen, wobei ich mitteile, dass mir der Brief von Prof. Mattern bekannt ist, denn er hat mir in seinem Brief an mich auch persönlich geschrieben, nämlich, dass praktisch immer und überall eine HWS-Verletzung möglich ist.

Hier hat er sich gegenüber einer früheren Auffassung (ich hatte ihn telefonisch kontaktiert zwecks eines Gerichtsgutachtens) um 180° gedreht und hat er früher eine andere Meinung vertreten.

Zusammenfassend ersuche ich, vielleicht können Sie mit Ihrer Autorität hier darauf achten, dass in der Literatur doch auf eine richtige mathematische Basis abgestellt wird, dass nicht von einer Geschwindigkeitsänderung (hier immer gemeint „gesamte Geschwindigkeitsänderung“ in welcher der k-Faktor dabei ist - dieser liegt in einem sehr großen Toleranzbereich), sondern dass von einer Geschwindigkeitsänderung in der Kompressionsphase gesprochen wird, in weiterer Folge davon gesprochen wird, dass man die Kompressionszeit in gewissen Grenzen rechnerisch ermitteln kann und daraus die mittlere Karossenbeschleunigung (-verzögerung) in der Kompressionsphase ermitteln kann.

Natürlich kann man in weiterer Folge die translatorische Geschwindigkeitsänderung grafisch mit der Rotationsgeschwindigkeit in Korrelation bringen und daraus für die Sitzposition den g-Wert angeben.

Bezüglich meiner genauen Definitionen verweise ich auf meine Berichte. Es ist nämlich nicht möglich, in einem Brief exakt alles anzuführen, was in sehr langen Ausführungen in den Berichten von mir errechnet und ermittelt wurde.

Natürlich gibt es heute (von mir entwickelte) Computer-Berechnungsprogramme (Software für Pocket-PC und PC von mir käuflich zu erhalten) mit welchen dies alles sehr schnell zu errechnen ist.

Zu berücksichtigen sind natürlich auch Bremsungen des auffahrenden Fahrzeuges bzw. des gestoßenen Fahrzeuges; auch dafür habe ich ein eigenes Berechnungsprogramm für den Computer entwickelt.

Ich finde es eben nicht richtig, so wie Sie dies in dem angeführten Bericht, den ich aus dem Internet ausgedruckt habe, unter Punkt 2) - „Möglichkeiten und Grenzen der Fachbereiche“ (Seite 2) angeben: „dazu ist ebenfalls die Abschätzung der Kompressionszeit (Stoßzeit?) erforderlich, die meist (woher?) zwischen 0,1 und 0,15 Sekunden liegt.“

Sie schreiben hier auch von der kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung.

Rein mathematisch gesehen habe ich herausgearbeitet, dass (mit Ausnahme in bestimmten Fällen von Bremsungen) die Restitutionszeit gleich oder annähernd gleich der Kompressionszeit ist (dies ist mathematisch eben so).

Das heißt, die hier angegebene Kompressionszeit (Stoßzeit?) wäre offenbar mit 2 zu multiplizieren oder in einem anderen Bereich anzugeben, wobei hier überhaupt nicht auf die tatsächliche dynamische Deformationstiefe Rücksicht genommen wird (Stoßzeit ist nicht Kollisionsdauer {nur bei einem k-Faktor = 0,00 wäre es so, weil es dann keine Restitution gibt} - rein mathematisch und physikalisch betrachtet beinhaltet die Kollisionsdauer auch die Restitutionszeit).

Die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung ( $\Delta v$  -  $\Delta v$ ), wie es hier von Ihnen beschrieben wird, ist begrifflich immer die gesamte Geschwindigkeitsänderung, beinhaltet also die Restitutionszeit (aus dem k-Faktor).

Nochmals zusammengefasst ersuche ich Sie, dass man versuchen sollte, allorts auf diese physikalischen, mechanischen und mathematischen Zusammenhänge Bedacht zu nehmen, sauberst und exaktest alle Werte anzugeben und auch so zu definieren und bitte meinen Brief nicht misszuverstehen.

Mit freundlichen Grüßen

Ing. W. Huber e.h.

Anlagen:

- Übersicht über meine Wissenschaftsberichte
- mein Bericht in der Zeitschrift „Verkehrsunfall“ (Ambs-Verlag) v. 11/2001

P.S: Meinem im Ambs-Verlag veröffentlichten Bericht (wurde von mir als Leserbrief formuliert, da es ansonsten sehr schwierig gewesen wäre, in dieser Zeitschrift auch einen Bericht veröffentlicht zu erhalten - ich hätte damit rechnen müssen, dass man in diesem Fall meine Meinung nicht veröffentlicht) können Sie entnehmen, dass ein Uni-Professor der Physik in Wien Sie in Ihrer Meinung bestätigt, zur Frage: „delta v ( $\Delta v$ ) oder a“ und meint a (Verzögerung bzw. Beschleunigung) ist nicht erforderlich, delta v ( $\Delta v$ ) reicht aus.

Er kann (wie ich dies aus den Gutachten und seiner Gerichtstätigkeit glaube zu wissen) eben nicht die Kompressionszeit ausrechnen, deshalb kann er a nicht ausrechnen, zitiert zwar Newton = Kraft = Masse x Beschleunigung;

- und nur dieses a ist für die Beurteilung von großer Bedeutung
- kann aber das „a“ nicht ausrechnen, deshalb kann er auch die Kraft und den Newton nicht ausrechnen.

Offenbar leitet er daraus diese eben seine Überlegung ab, dass delta v ( $\Delta v$ ) ausreicht (auch er unterscheidet nicht zwischen Kompression und Restitution und delta v ( $\Delta v$ ) gesamt)

- er kann ja „a“ nicht ausrechnen und muss sich mit der „kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung“ begnügen
- man sollte aber meiner Meinung nach schon dem interessierten Personenkreis die Wahrheit sagen.

**Dieser Brief blieb unbeantwortet.**

Im Frühjahr 2007 wurden von mir 70 Crash-Versuche des AGU/DTC (Dynamic-Test-Center - Schweiz) ausgewertet in Hinblick auf das Thema:

„Was ist und wie groß ist bei einer Kollision die Stoßzeit“

Diese Auswertung wurde in Berichtsform erstellt, ist bei mir erhältlich, und wurde an die

Arbeitsgruppe für Unfallmechanik  
 c/o Institut für biomedizinische Technik  
 z.Hd. Herrn Prof. Dr. med. F. WALZ  
 FMH für Rechtsmedizin  
 Spez. Forensische Biomechanik  
 Dr. sc. techn. Dipl.-Ing ETH M. MUSER  
 Gloriastraße 35  
**CH - 8092 ZÜRICH**

zur Information und zur Relativierung meines Briefes vom 01.10.2004 übersandt.

Dabei wurde, in Relativierung zur Meinung von AGU/DTC, festgestellt, dass die dort angegebenen Stoßzeiten nicht richtig ermittelt wurden und viel zu klein sind. Die Stoßzeit ist die Summe aus der **gesamten** Kompressionszeit und der **gesamten** Restitutionszeit.

**Sie ist keinesfalls eine Durchschnittszahl und beträgt keinesfalls nur 0,100 s.**

### Ergebnisse zur Beurteilung der Verletzungswahrscheinlichkeit (MUSTERTABELLE):

N r.	Beschreibung	Kfz 1	Kfz 2	Anmerkungen
		←	Stoßrichtung	
1	Gesamtmasse des Kfz (incl. Beladung) [kg]	.....	.....	
2	maximale bleibende Deformationstiefe der Schadensstelle am Kfz - d [cm]	.....	.....	
3	k-Faktor (ist für beide Kfz gleich)	.....	.....	.....
4	maximale dynamische Deformationstiefe der Schadensstelle am Kfz - d <sub>dyn</sub> [cm]	.....	.....	
5	maximale dynamische Deformationstiefe der Schadensstelle am Kfz - d <sub>dyn</sub> [cm] - beide Kfzs zusammen	.....	.....	.....
6	Geschwindigkeitsänderung delta Δv in der Kompressionsphase - berechnet aus der Deformationsarbeit, aus dem Schadensbild [m/s \ km/h]	..... \ .....	..... \ .....	
7	Geschwindigkeitsänderung delta Δv in der Kompressionsphase (ohne Rotation) [m/s \ km/h] - aus der Impulsrechnung	..... \ .....	..... \ .....	
8	Geschwindigkeitsänderung delta Δv in der Kompressionsphase (mit Rotation - bezogen auf die Sitzposition) [m/s \ km/h] - aus der Impulsrechnung	..... \ .....	..... \ .....	
9	relative (= absolute, da Kfz 1 im Stillstand angesetzt) Kollisionsgeschwindigkeit [m/s \ km/h] - nur für die Impulsrechnung und Berechnung der Deformationsarbeit	..... \ .....	..... \ .....	.....
10	relative (= absolute, da Kfz 1 im Stillstand angesetzt) Kollisionsgeschwindigkeit [m/s \ km/h] - bei Berücksichtigung des Bremsverzögerungswertes	..... \ .....	..... \ .....	.....
11	Kompressionszeit (ist für beide Kfz gleich) [s]	.....	.....	.....
12	mittlere Karossenbeschleunigung (ist +{plus} Wert), -verzögerung (ist -{minus} Wert), in der Kompressionsphase (ohne Rotation) -bezogen auf die Sitzposition- [g] 1 g = <sup>^</sup> der Erdbeschleunigung = <sup>^</sup> 9,81 m/s <sup>2</sup>	+.....	-.....	
13	mittlere Karossenbeschleunigung (ist +{plus} Wert), -verzögerung (ist -{minus} Wert), in der Kompressionsphase (mit Rotation) -bezogen auf die Sitzposition- [g] 1 g = <sup>^</sup> der Erdbeschleunigung = <sup>^</sup> 9,81 m/s <sup>2</sup>	+..... + 10 % Toleranzzuschlag = ..... g = <sup>^</sup> ..... m/s <sup>2</sup> ist hier vergleichbar mit: ..... Insassinbewegungsrichtung relativ zum Kfz-Innenraum: ca. ....° nach schräg ..... rückwärts - in der 1. Phase	-..... + 10 % Toleranzzuschlag = ..... g = <sup>^</sup> ..... m/s <sup>2</sup> ist hier vergleichbar mit: ..... Insassinbewegungsrichtung relativ zum Kfz-Innenraum: ca. ....° nach schräg ..... vorwärts - in der 1. Phase	
14	unterstellter Bremsverzögerungswert in der Kollisionsphase, bzw. bei Kollisionsbeginn [m/s <sup>2</sup> ]	-..... (-.....) (-2,0 als mindest = Reifenschlupfverzögerung auf trockener Asphaltfahrbahn)	- .....	
15	mittlere Karossenbeschleunigung (-verzögerung) in der Kompressionsphase (mit Rotation) - bezogen auf die Sitzposition - [g] -, bei Berücksichtigung des Bremsverzögerungswertes bzw. der Reifenschlupfverzögerung	+..... + 10 % Toleranzzuschlag = ..... g = <sup>^</sup> ..... m/s <sup>2</sup> ist hier vergleichbar mit: ..... .....	-..... + 10 % Toleranzzuschlag = ..... g = <sup>^</sup> ..... m/s <sup>2</sup> ist hier vergleichbar mit: ..... .....	

Literaturnachweis:

- Mit freundlicher Genehmigung der BMW AG, Auszug aus dem Prospekt betreffend Stoßfänger BMW-Sicherheitskonzept - 1993.  
Verlag TÜV-Rheinland, Auszug aus dem Buch „TÜV - Coloquium der Veranstaltung der TÜV-Akademie Rheinland, Dezember 1992“.  
Auszug aus der Zeitschrift „Konsument 4/1995“ sowie Berichte aus den Zeitschriften „Auto, Motor und Sport“, „Auto Bild“ und anderer Zeitschriften.  
Veröffentlichte Reparaturcrash-Versuche des Allianzentrums München-Ismaning, Auswertungen der Reparaturcrash-Versuche des Allianz-Zentrums[AZT] München-Ismaning, veröffentlicht durch Eurotax in Crash-Test [Crash-Chart] [Crashversuche mit Auswertung - incl. Farbbilder über die Schäden] - Urheber: „Bezugsquelle AZT/Eurotax“, eurotax Verlagsgesellschaft Eurotax GmbH, Dresdner Straße 89, 3.Stock, top 9, A-1200 Wien. EurotaxGlass's (Automotive Business Intelligence), Redaktion-Technik, Wolleraustraße 11a, CH - 8807 FREIENBACH/SZ.  
Briefverkehr mit dem Volkswagen-Werk, weitere Korrespondenz mit dem VW - Werk: Versuche VW Werk - VW Passat Stufe + Variant - Messkurven der Barrierenheckkollision.  
Briefverkehr mit dem MB-Werk, weitere Korrespondenz mit dem MB - Werk: Versuche MB Werk - MBS W140 - Messkurven.  
Aus der Broschüre: „Die Bedeutung der Energy Equivalent Speed (EES) für die Unfallrekonstruktion und die Verletzungsmechanik.“ Entwicklung PKW-Aufbau - Mercedes Benz (Dezember 1992).  
Gesellschaft der Gutachterärzte Österreichs, Broschüre der Gesellschaft der Gutachterärzte Österreichs - Das sogenannte Schleudertrauma der Halswirbelsäule (Versuch einer Objektivierung) (Heft 30/1987).  
Buch: "Bewegungsablauf von Fahrzeuginsassen beim Heckaufprall", "Ermittlung von objektiven Messwerten zur Beurteilung von Verletzungsart und -schwere", von Dr.-Ing. Christian Deutscher, Verlag: Eurotax (International) AG, Wolleraustraße 11a, CH-8807 Freienbach, ISBN 3-9520040-9-X, Erstauflage: Herbst 1994.  
Zeitschrift „DER SACHVERSTÄNDIGE - Heft 2/1989: „Die vorgeschädigte Halswirbelsäule: Gedanken zum Schleudertrauma“, von Primarius Dr. Franz Magstris.  
Dr. Dipl.Ing. Heinz Burg - „Rechnerunterstützte Rekonstruktion von PKW/PKW“ - Unfällen, Verlag Information AMBS GmbH / ISBN - 3-88550-023-x. Seitenkollisionsuntersuchungen aus der Zeitschrift „Der Verkehrsunfall“ - Verlag Information AMBS GmbH., Heft 1984, 1986, 1989, sowie Dipl.Ing. Ernst PULLWITT, Wolfgang SIEVERT, Bundesanstalt für Straßenwesen (Bast).  
SICHERHEIT VON LEICHTFAHRZEUGEN -Bericht zum Forschungsprojekt (1991-1996)-Arbeitsgruppe für Unfallmechanik, Institut für biomedizinische Technik, Universität und ETH Zürich. Felix Walz, Peter Frei, Bernhard Gerster, Robert Kaeser, Markus Muser, Peter Niederer. Zürich, Mai 1997  
TU Berlin 1974 - Zur Verletzungsmechanik der Halswirbelsäule. Dissertation von Diplom- Ingenieur Klaus Burow  
VDI-Berichte, wiedergegeben mit freundlicher Genehmigung des VDI-Verlages, Düsseldorf, aus:  
- Nr. 20 Z 112 (1970) - Oktober (II): Auffahrunfälle mit und ohne Kopfstütze. Dipl.-Ing. Wolfgang Lange und Dr. med. Peter Hinz.  
- Nr. 1025 (1993) - Verkehrsmittel der Zukunft, Dipl.Ing. B. NURTSCH u.a..  
- Nr. 1046 (1993) - Bilder über Crash-Testarten;  
- Nr. 1134 (1994) - Aufpralltests, Prof. Dr. Ing. APPEL u.a., Grenzen der passiven Sicherheit von leichten Fahrzeugen.  
- Nr. 1134 (1994) - Audi Space Frame (Steifigkeitswerte), Dr.Ing. F.-J. PAEFGEN, Dipl.Ing. W. LEITERMANN.  
- Nr. 1134 (1994) - Intelligente Leichtbauweise.  
- Nr. 1134 (1994) - Dipl.Ing. W. SCHWANT (Diagramme bzw. Kurven).  
- Nr. 1134 (1995) - Dipl.Ing. B. LÜDKE, Dipl.Ing. V. RICHTER, über Entwicklung der Crash-Anforderungen.  
- Nr. 1134 (1994) - verstärkter Einsatz höher, fester Stähle zur Reduzierung des Fahrzeuggewichtes, Steifigkeitswerte, etc., Dr. K.J. SCHWETHELM, Dr. X.F. FANG.  
- Nr. 1134 (1994) - Einsatz der Crash-Simulation zur Bewertung von konstruktiven Maßnahmen zum Seitenaufprallschutz - Kurvenbilder-Steifigkeitswert, Dipl.Ing. X. WANG, Dr. Ing. J. HILLMANN.  
- Nr. 1159 (1994) - Entwicklung eines unkonventionellen Rahmenkonzepts für Enduros, T. F. Schweers und H. Ishorst.  
- Nr. 1046 (1993) - „Sicherheit im Straßenverkehr“, Dipl.Ing. W. SCHWENDE und Dipl.Ing. R. JUSTEN.  
- Nr. 1264 (1996) - „Versuchskonfiguration“ - Dipl.Ing. F. BEKEMEIER, Dipl.Phys. Claudia BREMER, Dipl.Ing. R. BERGMANN.  
- Nr. 1264 (1996) - „Zusätzliche Anforderungen an den Karosseriekonstrukteur - am Beispiel der Stoßfängerentwicklung“, Prof.Dipl.Ing. G. TECKLENBURG.  
- Nr. 1264 (1996) - „Karosserieingenieur - Traditioneller Beruf im Focus der zukünftigen Marktanforderungen“ - Dipl.Ing. H. ADICKES.  
- Nr. 1264 (1996) - Der ODB-Test, „Eine Herausforderung an die Fahrzeugkonstruktion“ - W. LANGNER.  
- Nr. 1354 (1997) - Strukturkonzepte für den seitlichen Pfahlaufprall, Dipl.Ing. J. Bröcking.  
- Nr. 1354 (1997) - Der Einfluss der Prüfgeschwindigkeit von Frontalaufpralltests auf die Kompatibilität von realen PKW-PKW-Kollisionen, Dr.-Ing. F. Zeidler, Dipl.Ing. F. Knöchelmann.  
- Nr. 1398 (1998) - Entwicklungen im Karosseriebau (Ultra Light Steel Auto Body), Dipl.Ing. M. Dukat.  
- Nr. 1411 (1998) - Entwicklung kompatibler Fahrzeuge mittels kompatibilitätsbewertender Crashesimulation, Dipl.Ing. J. Relou, Dipl.Ing. J. Spronck.  
- Nr. 1411 (1998) - Crashesimulation zur Erhöhung der passiven Sicherheit von Schienenfahrzeugen, Dipl.Ing. H. Waldeck, Dipl.Ing. G. Schmidt;  
- Nr. 1471 (1999) - „Innovativer Kfz-Insassen- und Partnerschutz“ - „Konstruktive Aspekte der Kompatibilität“. Frontalkollision eines VW Lupo mit einem VW Passat IV Variant bei 50 % Überdeckung des VW Lupo. Dr.-Ing. U. Hackenberg, Dipl.-Ing. M. Rabe, Dr.-Ing. K. Friedewald, Volkswagen AG, Wolfsburg.  
- Nr. 1543 (2000) - „Entwicklungen im Karosseriebau“ - Auslegung einer Crashboxgeometrie unter besonderer Berücksichtigung der Funktionsfähigkeit beim Schrägaufprall mit begrenztem Impulswinkel; Dipl.Ing. (BA) L. Jüngling, M. J. Beck, Dipl.Ing. (FH) R. Schübler, WAGON Automotive GmbH, Waldaschaff.  
- Kraftfahrtechnisches Taschenbuch „Bosch“, 22. Auflage 1995, Bericht Stoßfänger NE: BAUER / HORST (das Bild über Stoßfängersystem und den Kurzbericht dazu);  
ATZ - Automobiltechnische Zeitschrift, FRANCKH-COSMOS Verlags Ges.m.b.H. & Co., bzw. Friedrich Vieweg und Sohn Verlagsgesellschaft mbH, mit freundlicher Genehmigung der nachstehend angeführten Berichte aus den angegebenen Nummern, und zwar:  
79 / (1977) 1 - Entwicklung von Maßnahmen zur Unfallminderung, von Dipl.Ing. Ulrich BEZ und Ing. (Grad) Guido LASCHET.  
82 / (1980) 10 - Bericht über „ein 50 km/h Front/Heckaufprall mit Testpersonen“ von Prof. Dr. Ing. Max DANNER und Dr. Ing. Reinhard WAGNER.  
85 / (1983) 7/8 - Stoßfängersystem Mercedes Benz 190.  
85 / (1983) 9 - Energieumsetzung von Personenkraftwagen beim Frontalaufprall, von Michael RAUSER und Manfred GROSMANN.  
90 / (1988) 7/8 - Stoßfängersystem BMW 5.  
92 / (1990) - BMW 850, Stoßfängersystem und Deformationscharakteristik.  
92 / (1990) - BMW Schadensbilder bei Crash und Steifigkeit der Karosserie.  
93 / (1991) 4 - Der neue 3er BMW, Peter Haslbeck und Hans Heiland.  
95 / (1993) 7/8 - Struktursicherheit - Neue Produkte - Die passive Sicherheit des Mercedes-Benz S-Klasse, Dipl.-Ing. (FH) Klaus Rathje, Dipl.-Phys. Volker Kauffmann, Johann Hurich.  
96 / (1994) 11 - Typ-Schadenauslegung Audi A4 (jeweils Stoßfängersystem und Steifigkeit), Dr.-Ing. Franz-Josef Paefgen, Dr.-Ing. Ulrich Hackenberg, Dipl.-Ing. Ernst Müller.  
96 / (1994) 1 - Audi A8 Steifigkeit und Deformationsbilder.  
MTZ-Sonderheft 94/95 - Bericht über ALCOA, betreffend Tragrahmen und Werte sowie Beschreibung.  
97 / (1995) 3 - Bericht über Leichtbau.

- 97 / (1995) 7/8 - Stoßfängersystem des MBE.  
 97 / (1995) 7/8 - Frontalaufprall Mercedes Benz, Bericht von Mercedes Benz - MB S W 140.  
 97 / (1995) 11 - BOGE GmbH - Stoßdämpfer.  
 98 / (1996) 4 - Stoßfängersystem VW Transporter.  
 98 / (1996) 7/8 - Stoßfängersystem Audi A3, Bericht von Dr. Ing. Franz-Josef PAEFGEN und Dipl.Ing. Heinrich TIMM.  
 ATZ-MTZ-Sonderheft (1997) 03 - Stoßfängersystem Audi A6, Bericht von Dr. Ing. Franz-Josef PAEFGEN und Ulrich Hackenberg.  
 ATZ-MTZ-Sonderheft (1997) 09 + 10 - Stoßfängersystem und Karosserenaufbau - der neue VW Golf IV, Bericht von Dr. rer. nat. Martin Winterkorn und Dipl.-Ing. Wolfram Loll.  
 ATZ-MTZ-Sonderheft (1997) 12 - Passive Sicherheit des neuen Porsche 911 Carrera, Bericht von Horst Petri, Heinz Eberhardt und Herbert Klamser.  
 99 / (1997) 12 - Innenraum - Sicherheits-Kopfstütze - rb  
 ATZ-MTZ-Sonderheft (1999) 01 - Entwicklung und Fertigung der Focus-Karosserie, von Georgios Giazitzis.  
 ATZ-MTZ-Sonderheft (2000) 10 - Der neue Ford Mondeo.  
 101 (1999) 2 - Fortschritt im Automobilbau: Sicherheit durch Aluminiumstrukturen, von Dr. Ernst Lutz und Dipl.-Ing. Simon Frank.  
 101 (1999) 2 - Entwicklung einer leichten Sitzstruktur, von Prof. Dr.-Ing. Bernd Klein.  
 101 (1999) 7/8 - Faserverbundkunststoff-Träger mit Crahfunktion, von Johannes Dyckhoff und Prof. Dr. Hans-Günther Haldenwanger.  
 101 (1999) 9 - Fahrzeugsicherheit und Unfallinstandsetzung, Bericht von Dipl. Phys. Carl-Friedrich Müller und Dipl. Ing. Bernd Schmidt.  
 101 (1999) 12 - Grundlagen für die Crashberechnungen von Kunststoff-Kraftstoffbehältern, Bericht von Dr.-Ing. Jürgen Cordes und Dr.-Ing. Martin Meywerk.  
 102 (2000) 6 - Der BMW Z8, Bericht von Christian Dietrich.  
 ATZ-MTZ-Sonderheft (2000) 11 - Der neue Audi A4.  
 104 (2002) 11 - Crash-Box mit Aluminiumschaum, Bericht von Jean-Louis Lanard, Jérôme Lestavel, Sébastien Guinehut.  
 ATZ-MTZ-Sonderheft (2003) - Leichtes Design für leistungsstarke passive Sicherheit - Stoßfänger + Crash-Box, von Dr. Wolfgang Guth und Dipl.-Ing. Christian E. Lodgaard.
- Auto, Motor und Sport (AMS) - Fachzeitschrift - Stuttgart, mit freundlicher Genehmigung der gekennzeichneten Texte.  
 UNITAX Technikverlag Bernd Gerich : Crashverhalten unfallreparierter Fahrzeuge: (Versuche: VW Golf II), Dipl.Ing. Holger Sommer, Dipl.Ing. Martin Kapp, Dipl.Ing. Bernd Gerich, Prof. Dipl.Ing. Hermann W. Kurth.  
 Auto Zeitung - Fachzeitschrift - Heft 26/2004, Bericht „Kopfstützentest“, Uwe Schmidt-Kasperek/Holger Ippen.  
 24. Vertiefungsseminar: Prof. Dipl. Ing. Dr. techn. Alfred SLIBAR - 25.Stapp Car Crash Conference, 1981 California.  
 Bericht v. 04.10.2004: EEVC European Enhanced Vehicle-safety Committee, Arbeitsgruppe WG20,  
 „Verbessertes Stand der Technik - Bericht zur Peitschenschlag-Verletzungsprävention“  
 Verbesserter „Stand der Technik“ - Prüfung zur Peitschenschlag-Verletzungsprävention  
 Bericht (2005): Wichtigste Ergebnisse und Kurzfassung, der wesentlichsten Dokumente zum neuen „state of the art“ in Verkehrstechnik, Biomechanik und Medizin bei traumatischen Verletzungen, besonders nach Heck-Aufprall. Dr. Markus Frank LL.M., Rechtsanwalt, Neustiftgasse 3/5, A-1070 Wien.
- AGU Crash DB: Uebersicht + : AGU: Arbeitsgruppe für Unfallmechanik, Prof. Dr. med. Felix Walz, Dr. sc. techn. Dipl. el. Eng. ETH Markus Muser u.a.  
 DTC\_AGU\_AZT\_04.12 Winkelriedstrasse 27, 8006 Zürich, Schweiz  
 DTC: Dynamic Test Center, Raphael Murri, CH-2537 Vauffelin, Schweiz
- „Handbuch der Verkehrsunfall-Rekonstruktion“ von Burg/Rau  
 „Technische Analyse von Verkehrsunfällen“ von Danner/Halm  
 „Einfluss der Beschleunigungscharakteristik auf das Verletzungsrisiko bei der HWS-Beschleunigungsverletzung“:  
 Dissertation zur Erlangung des Doktorates der Medizin der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm.  
 Von Kai Guido Fruth aus Stuttgart, Ulm 2004
- Eigene Berichte des Artikel-Verfassers:
- "Kfz-Insassenbelastung"
  - "Berechnung der Deformationsarbeit an Fahrzeugen (Teil I + Teil II + Teil III, 6 Bände)"
  - "Steifigkeitszahl- und Kraftzahl-Liste"
  - "Berechnungsbeispiele-Seminar:
    - Beispiel 1 - Berechnung mit dem Steifigkeitszahlensystem und Berechnung der Insassenbelastung.
    - Beispiel 2 - Berechnung mittels einer Kombination von Steifigkeitszahl- und Kraftzahlensystem.
    - Beispiel 3 - Auffahrunfall - Renault R 19 auf das Heck eines BMW, samt k-Faktor-Berechnung aus der Auswertung der a/t-Versuchskurve des AZT-Reparatur-Crashversuches des Allianz-Zentrums München-Ismaning. Dies durch Verwendung der von mir ausgewerteten dynamischen Steifigkeitszahl C<sup>dyn</sup>. Umrechnung von d, d<sub>dyn</sub>, C<sup>dyn</sup> und C<sup>dyn</sup> mit einem sich ändernden k-Faktor."
  - Computer-Software für verschiedene Berechnungsmöglichkeiten im Ms-Excel des Standgerätes, aber auch im Pocket PC.  
 Berechnung der Deformationsarbeit, auch der Kfz-Insassenbelastung ungebremst und gebremst, und vieles andere mehr.
  - „Das Schleudertrauma der Halswirbelsäule (HWS)“  
 Kurzfassung (Zusammenfassung) über meine Berichte: 'Berechnung der Deformationsarbeit an Fahrzeugen', der 'Kfz-Insassenbelastung', einschließlich 'Berechnungsbeispiel' und 'Korrespondenz'. Entsprechendes in Farbe - auch die Schadensbilder.
  - „Was ist und wie groß ist bei einer Kollision die Stoßzeit“
  - "Ist die Karosseriesteifigkeitszahl eines PKW von der Rammgeschwindigkeit abhängig?"
  - "Der Bumpertest für Front und Heck\_RCAR Bumper Test (ab 2010)"
  - "Hecksteifigkeit VW Polo IV + Prüfung EES-System laut AZT"  
 Auswertung von siebzig (inklusive AZT von achtundachtzig) realen Crash-Versuchen in verschiedenen Geschwindigkeitsbereichen (Versuche durchgeführt von DTC/AGU - Schweiz).  
 Auswertung der Versuchs-Messkurven auch hinsichtlich des Verhältnisses der **Kompressionszeit** zur **Restitutionszeit**.
  - "Berechnung der Reibungsarbeit am Kfz bei 'stark schleifendem Stoß' bei einer Kollision Kfz/Kfz, bei hoher Relativbewegung unter Gleitung."  
 "Berechnung der Reibungsarbeit bei einer Kfz-Kollision mit einem Baum – Reibungsarbeit des Kfz am Baum."  
 "Computer-Berechnungssoftware dafür im Microsoft-Excel-Programm für:"  
 Impuls, Drall, Drehung um den Momentanpol, Verformungsarbeit (Deformationsarbeit - Berechnung mit der Steifigkeits- oder der Kraftzahl über die Deformationstiefe), Kfz-Insassenbelastung: mittlere Beschleunigung bzw. Verzögerung in der Kompressionsphase - ungebremst oder gebremst, diverse Umrechnungsmöglichkeiten, Reibungsarbeit, Energiebilanzen.  
 Der Bericht beinhaltet Berechnungsbeispiele. Die Berechnungen erfolgen in Zusammenhang mit dem Antriebsbalancediagramm (Impulsdiagramm). Da die Berechnungen sehr umfangreich sind und dazu die Berechnungssoftware erforderlich ist, wird dieser Wissenschaftsbericht nur als Paket verkauft.

## Preisliste für eigene Wissenschaftsberichte und eigene Software

Alle Berichte liegen in deutscher Sprache vor. Der Versand erfolgt ausnahmslos nur per Nachnahme. Aus rechtlichen Gründen ist eine Bestellungsannahme und eine Lieferung nur aus, beziehungsweise nach, Europa (Europa im geografischen Sinn) möglich.

Die Preise gelten jeweils für ein Stück (1 Bericht (größtenteils auf CD-ROM) oder 1 Computer-Berechnungsprogramm - auf CD-ROM) (ausgenommen sind die angeführten Paketpreise). Alle Preise sind Nettopreise, also zusätzlich einer allfälligen Mehrwertsteuer (oder wie immer anders genannter Steuer), zusätzlich Nachnahmekosten (Nachnahmegebühr) sowie Versandkosten.

Als Rechnungsdatum gilt das Lieferdatum.

Es kommt österreichisches Recht zur Anwendung. Erfüllungsort und Gerichtsstand ist: A - 3100 St. Pölten (Österreich - Austria)

Da für die Erarbeitung des Wissens aus meinen Wissenschaftsberichten zusätzlich der eine oder der andere Bericht erforderlich ist, werden manche Berichte nur als Paket (zum Paketpreis) angeboten und geliefert.

### ING. WOLFGANG HUBER

Ingenieur- und Sachverständigenbüro für Verkehrsunfall Straßenverkehr, Unfallanalyse und Unfallforschung, inklusive zweidimensionale fotogrammetrische Lichtbildauswertung (Fotogrammetrie) und für Kfz-Wesen (Kfz-Schäden, etc.).

A - 3100 St. Pölten, Fuchsenkellerstraße 22

Büro: Tel. / Fax: +43 / (0) 27 42 / 36 43 52 Handy: +43 / (0) 6 64 / 3 73 34 68 Umsatzsteuer-Identifikationsnummer (UID): ATU19834400  
Eigene homepage im Internet (WebSite): <http://www.kfz-unfallforschung.at/> e-mail: [office@kfz-unfallforschung.at](mailto:office@kfz-unfallforschung.at)



Quelle: Bericht aus-ATZ-MTZ-Sonderheft (1997) 12-Passive Sicherheit des neuen Porsche 911 Carrera - Bericht von Horst Petri, Heinz Eberhardt und Herbert Klammer - dort Bild 4 + Bild 5.

### Veröffentlichungen meiner Artikel:

Leserbrief zum Thema: "Wertmaßstab für die Beurteilung der Insassenbelastung:  $a$  oder  $\Delta v$ ?"

Fachzeitschrift "Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik", Verlag INFORMATION Ambs GmbH Deutschland, Heft 11 (November) 2001

"Das Schleudertrauma der Halswirbelsäule (HWS)"

Erstveröffentlichung beim Medieninhaber (Verleger) und Herausgeber: MANZ'sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung GmbH, Sitz in A-1014 Wien, Kohlmarkt 16, 'ZVR [Zeitschrift für Verkehrsrecht]', 53. JG, Heft 07/08 (Juli/August 2008), Seite 331-340. ISSN 0044-3662. Weiterführende Informationen unter [www.manz.at](http://www.manz.at).

"Das Schleudertrauma der Halswirbelsäule (HWS)"

Zweitveröffentlichung beim Medieninhaber (Verleger) und Herausgeber: Verlag 'Bundesanzeiger VerlagsgesmbH', Amsterdamer Straße 192, D-50735 Köln, Zeitschrift 'Der Kfz-Sachverständige - Heft 3/2009'.

Weitere Veröffentlichungen beim Medieninhaber (Verleger) und Herausgeber: Verlag 'Bundesanzeiger VerlagsgesmbH', Amsterdamer Straße 192, D-50735 Köln, in der Zeitschrift 'Der Kfz-Sachverständige':

"Reibung am Fahrzeug"

Heft 5/2009 Teil 1

"Reibung am Fahrzeug"

Berechnung der Reibungsarbeit am Kfz bei "stark schleifendem Stoß" bei einer Kollision Kfz/Kfz, bei hoher Relativbewegung unter Gleitreibung.

Berechnung der Reibungsarbeit bei einer Kfz-Kollision mit einem Baum - Reibungsarbeit des Kfz am Baum.

Berechnung der Deformationsarbeit von Fahrzeugen.

Heft 6/2009 Teil 2

"Reibung am Fahrzeug"

Berechnung der Reibungsarbeit am Kfz bei "stark schleifendem Stoß" bei einer Kollision Kfz/Kfz, bei hoher Relativbewegung unter Gleitreibung.

Berechnung der Reibungsarbeit bei einer Kfz-Kollision mit einem Baum - Reibungsarbeit des Kfz am Baum.

Berechnung der Deformationsarbeit von Fahrzeugen.

Heft 1/2010 Teil 3

"Bewegungs-Geschwindigkeiten"

Versuchsergebnisse nichtmotorisierter Verkehrsteilnehmer.

Literaturveröffentlichung 1977 durch Ing. (grad) W. Eberhardt, Ing. (grad) G. Himbert

Heft 3/2010

"Was ist und wie groß ist bei einer Fahrzeugkollision die Stoßzeit?"

Heft 4/2010 - Teil 1

"Was ist und wie groß ist bei einer Fahrzeugkollision die Stoßzeit?"

Heft 5/2010 - Teil 2

Es gilt die Gesetzgebung und Rechtsprechung in (von) Austria, bzw. Österreichisches Recht.

Erfüllungsort und Gerichtsstand ist: A - 3100 St. Pölten - Ing. Wolfgang Huber © Copyright. Alle Rechte vorbehalten.

Computerbezeichnung: Preisliste für Berichte Sommer 2016

Berichtstitel und -beschreibung	Preis in EUR €
<b>1 - Berechnung der Deformationsarbeit an Fahrzeugen</b>	<b>250,--</b>
<p>Teil I: PKW, City-Fahrzeuge, Lieferwagen, Groß-LKW, Bus, Schienenfahrzeug, Elektrolok, Komponententest, Crash-Box, deformierbare Barriere. Die Aufstellung über die Steifigkeits- und Kraftzahlen befindet sich in der Steifigkeitszahl- und Kraftzahlliste (C- und F-Liste).</p> <p>Teil II: Einspurfahrzeuge - Aufstellung der Steifigkeitszahlen</p> <p>Teil III: Verschiedenes: verschiedene Crasharten, Bedingungen, Systeme, Barriesteifigkeiten (Kraftkennlinien). Literaturhinweise, Berechnungsbeispiele, Formelliste und Musterberechnungen, erweiterte Energiebetrachtung.</p> <p>Teil I + Teil II + Teil III: ca. 600 Seiten (6 Bände) (inklusive Schadensbilder, Kurven, Diagramme, Tabellen, etc. - Bilder teilweise in Farbe)</p>	
<b>2 - Berechnungsbeispiele</b>	<b>68,--</b>
<p>Beispiel 1 - Berechnung mit dem Steifigkeitszahlensystem und Berechnung der Insassenbelastung.</p> <p>Beispiel 2 - Berechnung mittels einer Kombination von Steifigkeitszahl- und Kraftzahlensystem.</p> <p>Beispiel 3 - Berechnung einer Front- Heckkollision zwischen der Front eines Renault R 19 und dem Heck eines stehenden BMW 3 E46 unter Anwendung der k-Faktor-Berechnung aus der Auswertung der a/t-Versuchskurve des AZT-Reparatur-Crashversuches des Allianz-Zentrums München-Ismaning. Dies durch Verwendung der von mir ausgewerteten dynamischen Steifigkeitszahl C<sup>dyn</sup>.</p> <p>Umrechnung von d, d<sub>dyn</sub>, C<sup>1</sup> und C<sup>dyn</sup> mit sich änderndem k-Faktor.</p>	
<b>3 - Steifigkeitszahl- und Kraftzahl-Liste</b>	<b>62,--</b>
<p>Steifigkeits- und Kraftzahlen von Fahrzeugen zur Berechnung der Deformationsarbeit (ca. 2500 Einheiten), Systembeschreibungen, Kriterien verschiedenster Crash-Test-Verfahren, Barrienderaten, Aufstellung über die Kfz der Crashtest-Versuche von EuroNCAP (Europa - von mir ausgewertet), NASVA (alt OSA) (Japan), IIHS (USA), NHTSA (USA), NRMA (Australien), C-NCAP (China).</p>	
<b>4 - Kfz - Insassenbelastung</b>	<b>128,--</b>
<p>Berechnung der mittleren Karossenbeschleunigung (-verzögerung) bei Kfz-Kollisionen über die mittlere relative Kollisionsgeschwindigkeit (Kompression, Restitution) und unter Verwendung von Karosseriesteifigkeitszahl (Karosseriekraftzahl) sowie der Deformationstiefe (bleibend oder dynamisch). (Bilder teilweise in Farbe).</p>	
<b>5 - Rotation in der Kollisionsphase</b>	<b>68,--</b>
<p>Berechnung mittels Computerprogramm über die Phase von Kollisionsbeginn bis Kontaktende (Winkelgeschwindigkeit - Winkelbeschleunigung), Auswertung der Rotation (Verdrehung) eines Kfz von Kollisionsbeginn bis zur max. Zusammendrückung (Ende der Kompressionsphase) und bis Kontaktende (allenfalls Drehsinnänderung in der Kollisionsphase).</p>	
<b>6 - Bremsverzögerung verschiedener PKWs</b>	<b>66,--</b>
<p>(auch etwas über Krafräder, Formel 1, Rennsportwagen und Panzer Leopard 2/A4)</p> <p>Typen, Modelle, Baujahre, Bremsanlagen, von 1985 bis heute, getrennt nach Jahr</p> <p>- mit ABS (mit Bremsantiblockiersystem)</p> <p>- ohne ABS (ohne Bremsantiblockiersystem)</p>	
<b>7 - Schneller Ausweichvorgang eines Krafrades</b>	<b>98,--</b>
<p>(unter Berücksichtigung des Luftwiderstandes) Kurven in Farbe über X<sub>F3</sub>, Y<sub>F3</sub> und Schräglage, im Maßstab M 1 : 200 für: 20, 36, 50, 70, 100, 130 km/h</p> <p><b>Zusammenhang von Anfangsquerbeschleunigung bei Bogenfahrt und Schräglage, bei Bremsung.</b></p> <p>Kurven in Farbe. Preis für beide Berichte.</p>	
<b>8 - Seiten - Kraftschlussbeiwert zwischen Reifen und Fahrbahn, mittlere Winkelverzögerung</b>	<b>68,--</b>
<p>bei PKW-Rotation am Auslaufweg aufgrund einer vorangegangenen Kollision (Abhängigkeit vom gesamten Rotationswinkel und Verzögerungswert), Diagramme in Farbe.</p>	
<b>9 - Verzeichnis über Abkürzungen der neueren Fahrzeugtechnik</b> - ca. 4000 Stichwörter	<b>59,--</b>
<b>11 - Das Schleudertrauma der Halswirbelsäule (HWS)</b>	<b>114,--</b>
<p>Kurzfassung (Zusammenfassung) über meine Berichte:</p> <p>'Berechnung der Deformationsarbeit an Fahrzeugen', 'Kfz-Insassenbelastung', 'Berechnungsbeispiel' und 'Korrespondenz'. Entsprechendes in Farbe - auch die Schadensbilder.</p>	
<b>12 - Was ist und wie groß ist bei einer Kollision die Stoßzeit</b>	<b>84,--</b>
<p>Auswertung von 88 realen Crash-Versuchen in verschiedenen Geschwindigkeitsbereichen (Versuche durchgeführt von DTC/AGU - Schweiz und AZT München-Ismaning). Auswertung der Versuchs-Messkurven auch hinsichtlich des Verhältnisses der Kompressionszeit zur Restitutionszeit.</p>	

Berichtstitel und -beschreibung	Preis in EUR €
<b>13 - Berechnung der Reibungsarbeit am Kfz bei "stark schleifendem Stoß"</b> bei einer Kollision Kfz/Kfz, bei hoher Relativbewegung unter Gleitung. Berechnung der Reibungsarbeit bei einer Kfz-Kollision mit einem Baum – Reibungsarbeit des Kfz am Baum. <b>Berechnung der Deformationsarbeit von Fahrzeugen.</b> <b>Computer-Berechnungssoftware dafür im Microsoft-Excel-Programm für:</b> Impuls, Drall, Drehung um den Momentanpol, Verformungsarbeit (Deformationsarbeit - Berechnung mit der Steifigkeits- oder der Kraftzahl über die Deformationstiefe), Kfz-Insassenbelastung: mittlere Beschleunigung bzw. Verzögerung in der Kompressionsphase - ungebremst oder gebremst, diverse Umrechnungsmöglichkeiten, Reibungsarbeit, Energiebilanzen. Der Bericht beinhaltet Berechnungsbeispiele. Die Berechnungen erfolgen in Zusammenhang mit dem Antriebsbalanciediagramm (Impulsdiagramm). Da die Berechnungen sehr umfangreich sind und dazu die Berechnungssoftware erforderlich ist, wird dieser Wissenschaftsbericht nur als Paket verkauft. 1 - Bericht 90,-- + 2 - Berechnungssoftware 58,-- = Paketpreis 148,-- €	148,--
<b>14 - Minderwert - Schadenersatz - bei einem Fahrzeugschaden</b> Dieser Bericht besteht aus 100 Seiten samt Berechnungsbeispiele, Berechnungsbeispielevergleich, Berechnungsvergleichen, als Word- und pdf-Dokument, sowie des Computer-Berechnungsprogramms P8a, 'Kfz-Wertbeständigkeit - Zeitwertermittlung', sowie 'Minderwertermittlung bei Fahrzeugschaden'. Berechnungssoftware des Berichtverfassers im Microsoft-Excel-System.	98,--
<b>15 - Computer-Berechnungsprogramm XLS-P12+P12a - Wertminderung PKW + Kombi + Nutzfahrzeug (größer 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht) + Aufbau + Anhänger</b> Das Berechnungsprogramm XLS-P12 - Wertminderung PKW + Kombi - erstellt nach dem System des Verbandes der Versicherungsunternehmen Österreichs. Das Berechnungsprogramm XLS- P12a - Wertminderung Nutzfahrzeug (größer 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht) + Aufbau + Anhänger - erstellt nach dem BVSK-Modell (Deutschland) - samt pdf-Dokument für die Systembeschreibung des Programms P12a. Berechnungssoftware des Berichtverfassers im Microsoft-Excel-System. <i>"Die Erstveröffentlichung des Beitrags finden Sie beim Bundesanzeiger Verlag in der Publikation "Der Kfz-Sachverständige", 3. Jahrgang, Heft 5, Seite 9-11. Weiterführende Informationen unter <a href="http://www.bundesanzeiger-verlag.de">www.bundesanzeiger-verlag.de</a>."</i>	58,--
<b>16 - Ist die Karosseriesteifigkeitszahl eines PKW von der Rammgeschwindigkeit abhängig?</b> Vergleich einer Frontkollision eines BMW 318i (Modell E36 mit 4-Zylindermotor) zwischen einem Hochgeschwindigkeit-Test und einem 40 % Offset-Reparaturcrashtest (AZT) - bei voller Überdeckung. Auswertung eines Front-Hochgeschwindigkeit-Tests (ca. 48 km/h) und eines Front-Reparaturcrashtests (Allianz-Zentrum für Technik, München-Ismaning - AZT) (ca. 16 km/h) und Nachweisführung darüber, ob die a/s-Kurve des Hochgeschwindigkeitstests bzw. die a/t-Kurve des Reparaturcrashtests - AZT (jeweils der entsprechende Bereich daraus) wechselseitig verwendet werden darf oder nicht. Dieser Bericht besteht aus 130 Seiten.	134,--
<b>17 - Der Bumpertest für Front und Heck_RCAR Bumper Test (ab 2010)</b> Auswertungen von 40 % Offset-Reparaturcrashtests (AZT), sowie - Umrechnung auf volle Überdeckung, Auswertungen der Bumpertests (AZT). Vergleichsdarstellungen in Tabellenform und auch in grafischer Form (Diagrammdarstellung als Kurven) in Farbe. <u>Front:</u> BMW X1, Ford Focus III Turnier. <u>Heck:</u> BMW X1 (ohne Bumper), Ford Focus III Turnier. Dieser Bericht besteht aus 120 Seiten.	130,--
<b>18 - Bewegungs-Geschwindigkeiten – nichtmotorisierter Verkehrsteilnehmer</b> Literatur-Veröffentlichung: Saarbrücken, im März 1977, durch Ing. (grad.) W. Eberhardt, Ing. (grad.) G. Himbert (Diplomingenieur). Beinhaltet: Korrekturen wie in meinem Artikel dargetan (Veröffentlichungsnachweis siehe 1. Seite dieser Preisliste), meine digitalen Auswertungen aller Messkurven (269 verschiedene Kurven - sehr umfangreich), alle 269 Diagramm- (Kurven-)darstellungen im Dateiformat 'Gif' sowie 'pdf', getrennt nach Alter und für: männlich, weiblich, verschiedenes anderes (z.B.: Krücken, Rollstuhl, Fahrrad, etc.): gehen, schnellgehen, laufen, rennen, langsam, normal, springen, schnell, maximal, etc. Meine Berechnungssoftware für Microsoft Excel-System (auch Einfügen können in 2-Achsen meiner digitalen Kurvendaten der digitalen Kurvenauswertungen in die getrennten Diagramme für: gehen, laufen, etc.).	390,--
<b>Paketpreise</b>	
<b>Paket A:</b> Bei einer Bericht-Erstbestellung von Bericht Nr.: 1 oder 2 oder 3: Lieferung nur von Paket A möglich. Dieses besteht aus den Berichten Nr.: 1 + 2 + 3 + 4	420,--
<b>Paket B:</b> Bei einer Bericht-Erstbestellung von Bericht Nr.: 4: Lieferung nur von Paket B möglich. Dieses besteht aus den Berichten Nr.: 2 + 4	168,--

Berichtstitel und -beschreibung	Preis in EUR €
<p><b>19 - Hecksteifigkeit VW Polo IV + Prüfung EES-System laut AZT</b></p> <p>Untersuchung der Hecksteifigkeit eines VW Polo IV - getestet und verglichen als Frontkollision durch DTC-Schweiz-AGU (SG_01-SG_04, HS_35) mit dem AZT-Test 1106 (Allianz Zentrum für Technik München Ismaning)-Heckkollision mit Stoßwagen Offset links 40 %.</p> <p>Umwandlung der Hecktestauswertung für die Verwendung als Froncrashsystem.</p> <p>Überprüfung des EES-Berechnungssystems lt. Eurotax (Formeln lt. AZT) und der Nachweisführung, dass deren Formelsystem-EES als unrichtig erscheint.</p> <p>Entwicklung der dazu gehörenden Software im MS-Excel-System als:</p> <p>"XLS-P17a_a-t,a-s,ds+dt-InEtappeKurve-Berechnng-versch,sin etc(2)F+H+S_AZT1106+1197+AGUSG01-04"</p> <p>"P10a-Kfz-Unfall(1)+Ins.Bel. bei Bremsg.-erweitert m. k0+kDef+k0Def_AGU" (Siehe Musterbeispiel: AGU_HS_35).</p> <p>Versuchskurven, Diagramme, Diagramme (Kurven) zu den verschiedensten Prämissen werden im Programm "XLS-P17a" automatisch gezeichnet, Vergleiche auch in Tabellenform, Schadensbilder mit und ohne Heckschürze.</p> <p><u>Prämissen:</u> d, d<sub>dyn</sub>, d<sub>0</sub>, d<sub>0Def</sub>; d<sub>0Def</sub>NurQuerträgerSantBefestigung; k<sub>Def</sub>, k<sub>0</sub>, k<sub>0Def</sub>; k<sub>0Def</sub>NurQuerträgerSantBefestigung; C', C"<sup>dyn</sup>, C'<sub>k0</sub>, C'<sub>k0Def</sub>; C'<sub>k0Def</sub>NurQuerträgerSantBefestigung; d<sub>dyn</sub>Stappe, d<sub>dyn</sub>Kumuliert, delta ΔS<sub>Stappe</sub>, S<sub>Stk</sub>Kumuliert, V<sub>Stk</sub>Kumuliert, delta ΔE (W)<sub>Kompression</sub>SchwerpunktKfz - aus jeder Etappe kumuliert (Energie-Arbeit) = F * s<sub>Stk</sub> - über Zeit t.</p> <p>rot - Auswertung über Zeit Δt<sub>Kompression</sub>; Versuchskurve; blau - Auswertung über Weg d<sub>dyn</sub>beidKfz(Instrumen) Angabe</p>	148,-
<p><b>10 - Software für Standgerät, Pocket PC, Handy, Notebook, Tablet</b></p> <p>und für andere Geräte mit der gleichen Computersprache <u>'Microsoft Excel'</u> oder kompatibel mit dieser.</p> <p><u>Meine Software</u> für die Computersprache: WindowsCE für Pocket PC hp (COMPAQ) und Pocket PCExcel, sowie Excel 5.0/95 XLS, weiter für Windows Mobile 5.0, für Microsoft Excel und für Handy Nokia N95-1. Im PPC, unter Windows Mobile5.0 und im Microsoft Excel des Standgerätes, werden die Diagramme automatisch gezeichnet.</p> <p>Auch im Betriebssystem 'Android' verwendbar - allerdings nur jene Programme, welche im "Microsoft-Excel-Makros-System" als "Makros" erstellt wurden. Die Neuberechnungen und die Diagrammdarstellungen sind, nach meiner derzeitiger Auslese von verschiedenen Android-Betriebsprogrammen, nur im Software-Programm "SoftMaker" bzw. "PlanMakerMobile" von "SoftMaker" möglich. <u>Sprache:</u> Deutsch.</p> <p>Alle Programme sind als pdf-Datei einsehbar. <b>Gesamtpreis Netto für Nr. 1 + 2 (1 CD) - alles in deutscher Sprache.</b></p> <p><b>1 - Computer-Berechnungsprogramme für Microsoft Excel für:</b></p> <p>P0 - Verschiedene Beschleunigungs- und Verzögerungsberechnungen: z.B. maximal erreichte Geschwindigkeit bei vorgegebener Wegstrecke, Verzögerung, Reaktionspunkt, etc. Erstellen von Tabellen.</p> <p>Automatisches Zeichnen von Diagrammen (Kurven) über: Geschwindigkeit, Weg, Zeit.</p> <p>P1 ÷ P6 - Vermeidbarkeitsberechnungen - Bremsausgangsgeschwindigkeit, Verzögerung, Bremsweg, Bremszeit, Reaktionspunkt, Vermeidbarkeitsgeschwindigkeiten unter Betrachtung verschiedener Kriterien. Erstellen von Tabellen.</p> <p>Erstellen der Tabellen für Mehrphasenbewegungen für zwei Fahrzeuge und automatisches Zeichnen von Diagrammen (Kurven) über: Geschwindigkeit, Weg, Zeit - für beide Fahrzeuge in einem Diagramm.</p> <p>P7 - Fußgängerunfall: Impulsrechnung, Abwickellänge (Abwicklung), Wurfweite trocken und nass (in Abhängigkeit von der Bremsverzögerung und der Geschwindigkeit). Erstellen von Tabellen.</p> <p>Automatisches Erstellen von Tabellen und automatisches Zeichnen von Diagrammen (Kurven) über:</p> <p>Fußgänger-Längs-Wurfweite trocken und nass (in Abhängigkeit von der Bremsverzög., von 0 bis 100 km/h).</p> <p>P8 - Kfz-Wertbeständigkeit - Zeitwertermittlung.</p> <p>P8a - Kfz-Wertbeständigkeit - Minderwertermittlung bei Fahrzeugschaden.</p> <p>P8b - Reparaturkosten detailliert - bei Fahrzeugschaden.</p> <p>P8c - Besichtigungsberichte-Reparaturkosten: diverse - bei Fahrzeugschaden.</p> <p>P9+11 - Kurvenbremsung (bei Berücksichtigung der jeweiligen Querbeschleunigung über dem Schwerpunktsradius und der jeweiligen Wegetappe): Geschwindigkeit, Weg, Zeit, Längsverzögerung, Querbeschleunigung, Bremsverzögerung, Kreisaustrittsberechnungen - z.B. max. Geschwindigkeit, Bogenradius, etc., Fahrstreifenwechsel mit unterschiedlichen Kraftschlussverhältnissen, Kurvengrenzgeschwindigkeit (auch bei Kurvenüberhöhung), Bremsverzögerung-Beschleunigung auf schiefer Ebene. Erstellen von Tabellen.</p> <p>P10 - Fahrzeug-Kollisionen: Erstellen von Tabellen über Impuls, Stoß, Verformungsarbeit (Deformationsarbeit - Berechnung mit der Steifigkeits- oder der Kraftzahl über die Deformationstiefe, d, d<sub>dyn</sub>, d<sub>0</sub>), Drall (ω), μ<sub>quer</sub>, α, Drehung um den Momentanpol, Energiebilanz, Dellenberechnung über den E-Modul, Auswertung der a/t-Crash-Mess-Kurve auf C"<sup>dyn</sup>-Werte für Front und C"<sup>dyn</sup>-Werte für Heck und Seite. k-Faktor-Berechnung aus der Auswertung der a/t-Versuchskurve des AZT-Reparatur-Crashversuches des Allianz-Zentrums München-Ismaning. Dies durch Verwendung der von mir ausgewerteten dynamischen Steifigkeitszahl C"<sup>dyn</sup>.</p> <p>Umrechnung von d, d<sub>dyn</sub>, C' und C"<sup>dyn</sup> mit sich änderndem k-Faktor:</p> <p>Erstellen der Tabellen und automatisches Zeichnen von Diagrammen (Kurven) über:</p> <p>C', C"<sup>dyn</sup>, delta Δt<sub>Kompression</sub> (in Etappen) - bei Darstellung von: d, d<sub>dyn</sub>, k-Faktor und delta Δv<sub>Kompression</sub> aus Schadensbild.</p> <p>Interpolieren von C' - und C'<sub>k0</sub>-Werten:</p> <p>Erstellen der Tabelle und automatisches Zeichnen von Diagrammen (Kurven) über:</p> <p>C' - und C'<sub>k0</sub> bei Angabe von delta Δv<sub>Kompression</sub>.</p>	430,-

Berichtstitel und -beschreibung	Preis in EUR €
Kfz-Insassenbelastung: Praktisch automatische Berechnung der mittleren Beschleunigung bzw. Verzögerung in der Kompressionsphase - ungebremst oder gebremst (für die Ermittlung der Insassenbelastung). Berechnung der Reibungsarbeit am Kfz bei "stark schleifendem Stoß".	
P10a - Kfz-Unfall(1) + Insassen Belastung bei Bremsung - erweitert mit: Faktoren: $k_0+k_{Def}+k_0Def\_AGU$ . Große Erweiterung der diversen Umrechnungsmöglichkeiten (gegenüber P10): $d, d_{dyn}, d_0, d_{0Def}, d_{0DefNurQuerträgerSamtBefestigung}, k_{Def}, k_0, k_{0Def}, k_{0DefNurQuerträgerSamtBefestigung}, C', C''_{dyn}, C'_{k_0}, C'_{k_0Def}, C'_{k_0DefNurQuerträgerSamtBefestigung}, \Delta E (W)_{KompressionSchwerpunktKfz}$ <i>rot - Auswertung über Zeit <math>\Delta t</math>, <math>\Delta t_{Kompression}</math> &amp; Versuchsdaten; blau - Auswertung über Weg <math>d_{dyn}</math> bei <math>k_0</math> (Intrusion) Angabe</i>	
P10k - Kfz-Unfall(1) + Insassen Belastung bei Bremsung - erweitert mit: Faktoren: Interpolation: $k_{Def}, k_0, d, d_{dyn}, d_0, d_x, C', C''_{dyn}, C'_{k_0}$ . Große Erweiterung der diversen Umrechnungsmöglichkeiten (gegenüber P10).	
P12 - Wertminderung (PKW + Kombi): in Abhängigkeit von Alter, Schadensschwere, Marktfaktor. Erstellen von Tabellen.	
P12a - Wertminderung (PKW + Kombi + Nutzfahrzeuge + Aufbau): in Abhängigkeit von Alter, Schadensschwere, Marktfaktor. Erstellen von Tabellen.	
P13 - Kfz-Rotation: Rotationsdauer, $\mu_{quer}, \alpha$ . Erstellen von Tabellen.	
P14 - Simulation - Kfz-Bewegung bei Rotation: Rotation (Winkeländerungen), Verzögerung aus Reifenschräglauf, $\mu_s$ , Schwerpunktsradius, gesamte Winkeländerung. Erstellen von Tabellen und automatisches Zeichnen von Diagrammen (Kurven) über alle Werte der Tabelle.	
P15 - Schiefer Wurf - Freier Fall (mit und ohne Luftwiderstand): Wurfweite, Geschwindigkeit, Zeit. Erstellen von Tabellen und automatisches Zeichnen von Diagrammen (Kurven) über alle Werte der Tabellen: Wurfparabel, Wurfweite, Geschwindigkeit, Zeit.	
P16 - Glasbruch. Erstellen von Tabellen.	
P17 - Winkelfunktionsberechnungen; Umwandlung der a/t-Crash-Mess-Kurve, Umwandlung der a(F)/s-Crash-Mess-Kurve - auf $C''_{dyn}$ -Werte, etc. Erstellen von Tabellen.	
P17a - Erweiterung von P17: Winkelfunktionsberechnungen; Umwandlung der a/t-Crash-Mess-Kurve auf $C''_{dyn}$ -Werte, Umwandlung der a(F)/s-Crash-Mess-Kurve - auf $C''_{dyn}$ -Werte, Umwandlung der a/t-, $\Delta s + \Delta t$ -Kurve in Kurvenstapen und kumuliert auf $C''_{dyn}$ -Werte, Erstellen von Tabellen und automatisches Zeichnen von Diagrammen (Kurven) über diese verschiedenen Auswertungen; für: Front-, Heck-, und Seitentest. $d, d_{dyn}, k_{Def}, k_0, C', C''_{dyn}, d_{dynStappe}, d_{dynKumuliert}, d_{dynKumuliertStapelstränge} (relatives s_0), \Delta E (W)_{KompressionSchwerpunktKfz}$ - aus jeder Etappe kumuliert (Energie-Arbeit) = $F * s_{SKZ}$ - über Zeit t.	
P18 - Rotation in der Kollisionsphase: Erstellen von Tabellen und automatisches Zeichnen von Diagrammen (Kurven) über: Zeit, Stoßantrieb, Winkelgeschwindigkeit $\omega$ , Winkelbeschleunigung $\alpha$ , Drallwinkel $\phi$ , alles für beide Fahrzeuge und zwar für die Kompressionsphase sowie kumuliert für die Kompressions- + Restitutionsphase.	
P19 - BAK-, Idealgewicht-, BMI-Rechner.	
P20 - Fahrtkosten: einfach - erweitert.	
<b>2 - Computer-Dokumente für Word über: mehrere (einschließlich umfangreicher Beschreibung)</b>	

**10a - Software für Windows: XPSP3, Vista, Win7-10 (Basis: Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition mit Microsoft .NET Framework 3.5) - samt sehr umfangreicher Literatur (siehe Muster in der pdf-Datei 'Beschreibung samt Angaben über die einzelnen Programme'):**

als **10a1 'Kfz-Wertermittlungen und Verkehrsunfallrekonstruktion'** 1860,--

Beinhaltet alle Programme wie Bericht 10 - ohne grafischen Darstellungen - ausgenommen P7: Wurfweitenparabeln für trocken und nass werden gezeichnet, sowie P15; Flugkurven für mit und ohne Luftwiderstand werden gezeichnet (in Farbe). (Programmgröße: installiert ca. 70 MB).  
Zusätzliches Programm: P10 - Dunkelheitsunfall - Erkennbarkeitsweite.

Bestehend aus:

27 Berechnungsprogrammen (Masken), 2 grafische Darstellungsprogramme, 17 Literaturmasken.

als **10a2 'Kfz-Wertermittlungen und Verkehrsunfallrekonstruktion samt grafischen Darstellungen der Fahrzeugbewegungen und der Impulsdiagramme'** 3460,--  
(GrafV2.5)

Beinhaltet alle Programme wie Bericht 10a1 sowie zusätzlich: Berechnung der Reparaturkosten detailliert, Besichtigungsbericht + Gutachten. Berechnung der Fahrzeugwertbeständigkeit über verschiedene Abwertungskurven. Berechnung von Abfall-Kraftfahrzeug.

Weiters: Grafische Darstellungen in verschiedenen Maßstäben in Farbe der Fahrzeugbewegungen (auch Mehrphasenbewegung 2 Fahrzeuge: Geschwindigkeits-/Weg-/Zeit-Diagramm) samt Rotationen für: in der Kollisionsphase und am Auslaufweg nach einer Kollision (Simulationsdarstellungen für zwei Fahrzeuge gleichzeitig), Darstellung der Impulsdiagramme (in Farbe), sowie Bogenfahrt mit und ohne Anhänger (1-achsrig oder 2-achsrig) (Darstellungen für zwei Fahrzeugespanne gleichzeitig - näheres siehe unter Software 10b - P14a-(z)).

(Programmgröße: installiert ca. 260 MB).

Berichtstitel und -beschreibung	Preis in EUR €
Bestehend aus: 54 Berechnungsprogrammen (Masken), 16 grafische Darstellungsprogramme, 22 Literaturmasken, sowie weitere Masken - nicht für die Berechnung.	
<b>10b - Software Grafik für Standgerät, Pocket PC, Handy, Notebook, Tablet</b>	<b>580,-</b>
und für andere Geräte mit der gleichen Computersprache ' <i>Microsoft Excel</i> ' oder kompatibel mit dieser. Es sind dies nur jene Programme, welche maßstabgetreu die Geschwindigkeits-Weg-Zeitkurven, bzw. die Fahrzeugbewegungen, zeichnen. Diese sind aufgelistet wie folgt. <u>Meine Software für die Computersprache:</u> Im Microsoft Excel des Standgerätes werden die Diagramm-, Kurven- und Bewegungsdarstellungen automatisch gezeichnet. Auch (größtenteils?) im Betriebssystem 'Android' verwendbar - allerdings nur jene Programme, welche im "Microsoft-Excel-Makros-System" als "Makros" erstellt wurden (eventuell auch ohne Makros - ausgenommen "Bogenfahrt"). Die Neuberechnungen und die Diagramm-, Kurven- und Bewegungsdarstellungen sind, nach meiner derzeitiger Auslese von verschiedenen Android-Betriebsprogrammen, nur im Software-Programm "SoftMaker", bzw. "PlanMakerMobile" von "SoftMaker", möglich. <u>Sprache:</u> Deutsch. Alle Programme sind als pdf-Datei einsehbar. Gesamtpreis Netto für Nr. 1 + 2 (1 CD) - alles in deutscher Sprache.	
<b>1 - Computer-Berechnungsprogramme für Microsoft Excel für:</b>	
<u>P1z + P6z - Vermeidbarkeitsberechnungen - Bremsausgangsgeschwindigkeit</u> Verzögerung, Bremsweg, Bremszeit, Reaktionspunkt, Vermeidbarkeitsgeschwindigkeiten unter Betrachtung verschiedener Kriterien. Erstellen von Tabellen. Erstellen der Tabellen für Mehrphasenbewegungen für zwei Fahrzeuge und automatisches Zeichnen von Diagrammen (Kurven) über: Geschwindigkeit, Weg, Zeit - für beide Fahrzeuge in einem Diagramm.	
<u>Neu:</u>	Maßstabgetreues Zeichnen der Geschwindigkeits-Weg-Zeit-Diagramme (Kurven) in Farbe, zeitgleich für beide Fahrzeuge, in 5 verschiedenen Varianten als 'Mehrphasenbewegungen'. Näheres siehe in der pdf-Datei.
<u>P14(z) - Simulation - Kfz-Bewegung bei Rotation:</u> Rotation (Winkeländerungen), Verzögerung aus Reifenschräglauf, $\mu_s$ , Schwerpunktsradius, gesamte Winkeländerung. Erstellen von Tabellen und automatisches Zeichnen von Diagrammen (Kurven) über alle Werte der Tabelle.	
<u>P14(z) erweitert auf</u>	
<u>P14a-(z): zusätzlich mit "Bogenfahrt":</u> Bogenfahrt für Fahrzeug mit und ohne Anhänger (1-achsig {auch Sattelaufleger} oder 2-achsig). Bogenfahrt auch bei Beschleunigung oder Bremsung (unter Berücksichtigung der Querbeschleunigung - der maximalen möglichen Werte bei den verschiedenen gegebenen Fahrbahnverhältnissen). Auch Berücksichtigung des maximalen möglichen Lenkeinschlages dazu, sowie Berücksichtigung dieser mit dem maximalen möglichen Spurendurchmesser dazu. Lenkraddrehung mit einer variablen Zeit programmierbar. Verhältnis von Lenkraddrehung zu Lenkeinschlag der Vorderräder variabel einstellbar (Übersetzungsverhältnis).	
<u>Neu zu P14(z):</u>	Maßstabgetreues Zeichnen der beiden Fahrzeuge in Farbe während des Simulationsablaufes in x- und y-Richtung, zeitgleich für beide Fahrzeuge. Zeichnet den vollständigen Simulationsablauf und die vorgegebene Endstellung. Darstellung der beiden Fahrzeuge, des Fahrzeug-Schwerpunktweges und der Radaufstandspunkte. Näheres siehe in der pdf-Datei.
<u>Neu zu P14a-(z):</u>	Maßstabgetreues Zeichnen in verschiedenen Maßstäben von Fahrzeug oder Fahrzeuggespann in Farbe in x- und y-Richtung. Zeichnet den vollständigen Bewegungsablauf und die vorgegebene Endstellung. Darstellung des Fahrzeuges, des Fahrzeugweges als Schnittpunkt der Fahrzeuglängsachse mit der Drehpolachse des Fahrzeuges, und der Radaufstandspunkte. Darstellung des Anhängers, des Anhängerweges als Schnittpunkt der Anhängerlängsachse mit der Drehpolachse des Anhängers. Näheres siehe in der pdf-Datei.
<u>P15(z) - Schiefer Wurf - Freier Fall (mit und ohne Luftwiderstand):</u> Wurfweite, Geschwindigkeit, Zeit. Erstellen von Tabellen und automatisches Zeichnen von Diagrammen (Kurven) über alle Werte der Tabellen: Wurfparabel, Wurfweite, Geschwindigkeit, Zeit.	
<u>Neu:</u>	Maßstabgetreues Zeichnen der Geschwindigkeits-Weg-Kurven in Farbe in x- und y-Richtung. Näheres siehe in der pdf-Datei.
<u>P18(z) - Rotation in der Kollisionsphase:</u> Erstellen von Tabellen und automatisches Zeichnen von Diagrammen (Kurven) über: Zeit, Stoßantrieb, Winkelgeschwindigkeit $\omega$ (omega), Winkelbeschleunigung $\alpha$ (alpha), Drallwinkel $\phi$ (phi), alles für beide Fahrzeuge und zwar für die Kompressionsphase sowie kumuliert für die Kompressions- + Restitutionsphase.	
<u>Neu:</u>	Maßstabgetreues Zeichnen der beiden Fahrzeuge in Farbe während des Simulationsablaufes in x- und y-Richtung, zeitgleich für beide Fahrzeuge. Zeichnet den vollständigen Simulationsablauf und die vorgegebene Endstellung. Darstellung der beiden Fahrzeuge, des Fzg-Schwerpunktweges und des Impulsdiagramms (Stoßantriebsbalancediagramms). Näheres siehe in der pdf-Datei.
<b>2 - Computer-Dokumente für Word über: mehrere (einschließlich umfangreicher Beschreibung)</b>	

In meiner homepage im Internet ist einzusehen in (pdf-Datei):

*Alle ProgrammDarstellungen für die Computersprache: 'Microsoft Excel'.*

*Alle Programmmasken für die Computersprache: 'Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition mit Microsoft .NET Framework 3.5'.*

Inhaltsübersichten meiner Berichte.

Alle Angaben und Daten wurden mit der gebotenen Sorgfalt zusammengestellt und recherchiert, es wurde alles nach bestem Wissen erarbeitet.

Das Werk beruht großteils auf Informationen Dritter. Fehler (auch Übersetzungsfehler von der einen in die andere Sprache) und Irrtümer sind nicht ausgeschlossen. Es wird darauf hingewiesen, dass im Gesamten für die Richtigkeit des Werkes (Bericht und Softwareprogramm für PC) keine Gewähr übernommen werden kann, es ist unverbindlich; aus einer allfälligen Unrichtigkeit kann keine wie immer geartete Haftung begründet werden - bei Feststellen von Fehlern oder Ungereimtheiten ersuche ich um sofortige Benachrichtigung - eine erforderliche allfällige Berichtigung erfolgt selbstverständlich kostenlos.

Wie allgemein üblich wird auf folgendes hingewiesen:

Nachdruck bzw. Vervielfältigung von allem, auch auszugsweise, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Datenverarbeitungssystemen bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung des Herausgebers. Die Gesamtheit des Berichtes bzw. des Werkes (Berichte und Softwareprogramme für PC), einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt.

Für Veröffentlichungen ist auch die Systemverwendung untersagt - sofern nicht vom Herausgeber genehmigt.

Die Steifigkeitszahl- und Kraftzahl-Liste wird laufend ergänzt. Die Ergänzung (somit immer die neueste Ausführung) wird über Wunsch käuflich angeboten, falls entweder mein Seminar besucht wurde, oder meine Fachbrochure „Bericht - Berechnung der Deformationsarbeit an Fahrzeugen“ bezogen wurde. Dieser Bericht wird nach weiteren Veröffentlichungen ergänzt.

Von Eurotax liegt die Bekanntmachungserlaubnis vor und sind die Steifigkeitszahlen aus den Reparaturcrash-Versuchen des Allianz-Zentrums München-Ismaning, die von mir daraus heraus gerechnet wurden, in meiner Steifigkeitszahl- und Kraftzahl-Liste enthalten und mit einem „x“ versehen. Diese Crash-Versuche werden von EurotaxGlass's-Schweiz mit Farblichtbilddokumentation der Schadensbilder und weiterer Angaben in deren Mappe „Crash-Test“ veröffentlicht.

Abweichungen und Fehler, verursacht durch die Datenübertragung des Internets, können nicht ausgeschlossen werden; das heißt, es gilt immer nur der Originaltext. Eine Haftung für Schäden, die durch die Benutzung dieser WebSite entstehen, ist ausgeschlossen. Die Angaben wurden sorgfältig geprüft und beruhen auf dem jeweils angegebenen Stand. Dessen ungeachtet kann eine Garantie für die Vollständigkeit, Richtigkeit und letzte Aktualität der Angaben nicht übernommen werden.

Abweichungen und Fehler, wie immer geartet, können nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung, wie immer geartet, kann nicht übernommen werden.

Es gilt die Gesetzgebung und Rechtsprechung in (von) Austria, bzw. Österreichisches Recht.

Erfüllungsort und Gerichtsstand ist: A - 3100 St. Pölten - Ing. Wolfgang Huber © Copyright. Alle Rechte vorbehalten.

Bankverbindung: Sparkasse Niederösterreich Mitte West AG. - Konto: 00401-004809, BLZ 20256,

IBAN: AT542025600401004809, BIC: SPSPAT21XXX.

Der Bericht liegt in deutscher Sprache vor.

Alle Angaben und Daten wurden mit der gebotenen Sorgfalt zusammengestellt und recherchiert, es wurde alles nach bestem Wissen erarbeitet.

Das Werk beruht großteils auf Informationen Dritter. Fehler (auch Übersetzungsfehler von der einen in die andere Sprache) und Irrtümer sind nicht ausgeschlossen. Es wird darauf hingewiesen, dass im Gesamten für die Richtigkeit des Werkes (Bericht und Softwareprogramm für PC) keine Gewähr übernommen werden kann, es ist unverbindlich; aus einer allfälligen Unrichtigkeit kann keine wie immer geartete Haftung begründet werden - bei Feststellen von Fehlern oder Ungereimtheiten ersuche ich um sofortige Benachrichtigung - eine erforderliche allfällige Berichtigung erfolgt selbstverständlich kostenlos.

Wie allgemein üblich wird auf folgendes hingewiesen:

Nachdruck bzw. Vervielfältigung von allem, auch auszugsweise, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Datenverarbeitungssystemen bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung des Herausgebers. Die Gesamtheit des Berichtes bzw. des Werkes (Berichte und Softwareprogramme für PC), einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt.

Für Veröffentlichungen ist auch die Systemverwendung untersagt - sofern nicht vom Herausgeber genehmigt.

Die Steifigkeitszahl- und Kraftzahl-Liste wird laufend ergänzt. Die Ergänzung (somit immer die neueste Ausführung) wird über Wunsch käuflich angeboten, falls entweder mein Seminar besucht wurde, oder meine Fachbroschüre „Bericht - Berechnung der Deformationsarbeit an Fahrzeugen“ bezogen wurde.

Dieser Bericht wird nach weiteren Veröffentlichungen ergänzt.

Von Eurotax liegt die Bekanntmachungserlaubnis vor und sind die Steifigkeitszahlen aus den Reparaturcrash-Versuchen des Allianz-Zentrums München-Ismaning, die von mir daraus heraus gerechnet wurden, in meiner Steifigkeitszahl- und Kraftzahl-Liste enthalten und mit einem „x“ versehen.

Diese Crash-Versuche werden von EurotaxGlass's-Schweiz mit Farblichtbilddokumentation der Schadensbilder und weiterer Angaben in deren Mappe „Crash-Test“ veröffentlicht.

Abweichungen und Fehler, verursacht durch die Datenübertragung des Internets, können nicht ausgeschlossen werden; das heißt, es gilt immer nur der Originaltext. Eine Haftung für Schäden, die durch die Benutzung dieser WebSite entstehen, ist ausgeschlossen. Die Angaben wurden sorgfältig geprüft und beruhen auf dem jeweils angegebenen Stand. Dessen ungeachtet kann eine Garantie für die Vollständigkeit, Richtigkeit und letzte Aktualität der Angaben nicht übernommen werden.

Abweichungen und Fehler, wie immer geartet, können nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung, wie immer geartet, kann nicht übernommen werden.

#### Verfasser:

### **ING. WOLFGANG HUBER**

Ingenieur- und Sachverständigenbüro für Verkehrsunfall Straßenverkehr, Unfallanalyse und Unfallforschung, inklusive zweidimensionale fotogrammetrische Lichtbilddauswertung (Fotogrammetrie) und für Kfz-Wesen (Kfz-Schäden, etc.).

#### **A - 3100 St. Pölten, Fuchsenkellerstraße 22**

Tel./Fax: +43/ (0) 2742 - 36 43 52 -- Mobil: +43/ (0) 6 64 - 373 34 68

Eigene homepage im Internet (WebSite): <http://www.kfz-unfallforschung.at/> e-mail: [office@kfz-unfallforschung.at](mailto:office@kfz-unfallforschung.at)

Aus rechtlichen Gründen ist eine Bestellungenannahme und eine Lieferung nur aus, beziehungsweise nach, Europa (Europa im geografischen Sinn) möglich.

Es gilt die Gesetzgebung und Rechtsprechung in (von) Austria, bzw. Österreichisches Recht. Erfüllungsort und Gerichtsstand ist: A - 3100 St. Pölten.

Ing. Wolfgang Huber © Copyright. Alle Rechte vorbehalten.

Computerbezeichnung: Bericht: Das Schleudertrauma der Halswirbelsäule (HWS)

27.09.2016

#### **→ Zum Thema**

#### **Über den Autor:**

Ing. Wolfgang Huber ist in seinem Ingenieur- und Sachverständigenbüro für Verkehrsunfall Straßenverkehr, Unfallanalyse und Unfallforschung, inklusive zweidimensionale fotogrammetrische Lichtbilddauswertung (Fotogrammetrie) und für Kfz-Wesen (Kfz-Schäden, etc.).

Fuchsenkellerstraße 22, A-3100 St. Pölten, seit über 35 Jahren tätig.

Tel./Fax: +43/ (0) 2742 - 364352; Mobil: +43/ (0) 664 - 3733468

E-mail: [office@kfz-unfallforschung.at](mailto:office@kfz-unfallforschung.at)

Homepage: <http://www.kfz-unfallforschung.at/>

#### **Vom selben Autor zu diesem Thema als eigene Berichte erschienen:**

- „Kfz-Insassenbelastung“
- „Berechnung der Deformationsarbeit an Fahrzeugen (Teil I + Teil II + Teil III, 6 Bände)“
- „Steifigkeitszahl- und Kraftzahl-Liste“
- „Berechnungsbeispiele-Seminar“:
  - Beispiel 1 - Berechnung mit dem Steifigkeitszahlensystem und Berechnung der Insassenbelastung.
  - Beispiel 2 - Berechnung mittels einer Kombination von Steifigkeitszahl- und Kraftzahlensystem.
  - Beispiel 3 - Auffahrunfall - Renault R 19 auf das Heck eines BMW, samt k-Faktor-Berechnung aus der Auswertung der a/t-Versuchskurve des AZT-Reparatur-Crashversuches des Allianz-Zentrums München-Ismaning. Dies durch Verwendung der vom Autor ausgewerteten dynamischen Steifigkeitszahl C<sup>dyn</sup>. Umrechnung von d, d<sub>dyn</sub>, C<sup>st</sup> und C<sup>dyn</sup> mit einem sich ändernden k-Faktor.
- „Computer-Software für verschiedene Berechnungsmöglichkeiten im Microsoft-Excel des Standgerätes, aber auch im Pocket PC“, Berechnung der Deformationsarbeit, der Kfz-Insassenbelastung bei Kfz ungebremst und Kfz gebremst, und vieles andere mehr.
- „Das Schleudertrauma der Halswirbelsäule (HWS)“: Kurzfassung (Zusammenfassung) über die Berichte des Autors: 'Berechnung der Deformationsarbeit an Fahrzeugen', der 'Kfz-Insassenbelastung', einschließlich 'Berechnungsbeispiel' und 'Korrespondenz'. Entsprechendes in Farbe - auch die Schadensbilder.
- „Was ist und wie groß ist bei einer Kollision die Stoßzeit“. Auswertung von siebzig realen Crash-Versuchen in verschiedenen Geschwindigkeitsbereichen (Versuche durchgeführt von DTC {Dynamic-Test-Center}/AGU - Schweiz). Auswertung der Versuchs-Messkurven auch hinsichtlich des Verhältnisses der Kompressionszeit zur Restitutionszeit.
- „Berechnung der Reibungsarbeit am Kfz bei „stark schleifendem Stoß“ bei einer Kollision Kfz/Kfz, bei hoher Relativbewegung unter Gleitung.' 'Berechnung der Reibungsarbeit bei einer Kollision mit einem Baum - Reibungsarbeit des Kfz am Baum.' 'Computer-Berechnungssoftware dafür im Microsoft-Excel-Programm für: Impuls, Drall, Drehung um den Momentanpol, Verformungsarbeit (Deformationsarbeit - Berechnung mit der Steifigkeits- oder der Kraftzahl über die Deformationstiefe), Kfz-Insassenbelastung: mittlere Beschleunigung bzw. Verzögerung in der Kompressionsphase - ungebremst oder gebremst, diverse Umrechnungsmöglichkeiten, Reibungsarbeit, Energiebilanzen.“

Der Bericht beinhaltet Berechnungsbeispiele. Die Berechnungen erfolgen in Zusammenhang mit dem Antriebsbalancediagramm (Impulsdiagramm).

#### **Literatur:**

Vom Autor im Artikel angeführt.