

Diskussion: Computergestützte Unfallanalyse unter Einbeziehung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse

Im Artikel wird ein Versuch aus dem Burg/Rau mit den Methoden *a* und *b* nachgerechnet. Besonders eigenartig erscheint die Verwendung eines Diagramms im Beitrag aus den AGU-Crashversuchen (HS_05) ohne Quellenangabe. Mit Hilfe dieses Diagramms soll offenbar allgemeingültig gezeigt werden, dass die max. Beschleunigung in der Kompressionsphase immer etwa doppelt so groß ist wie die mittlere?! Dass dies der Fall sein *kann* wird nicht bestritten, aber dass dies immer so sein **muss**!

Es wird u.a. auf einen [wissenschaftlichen Bericht](#) von [Huber](#) Bezug genommen. Ob die dortigen Angaben tatsächlich validiert sind, ist nicht bekannt. Wer die diversen Veröffentlichungen von [Huber](#) kennt, sollte [hier](#) einmal kommentieren, worum es tatsächlich geht, wie sich die praktische Anwendung gestaltet und inwiefern die Methode auch tatsächlich validiert ist.

Außerdem ist es schlicht und ergreifend falsch, dass in gängigen Simulationsprogrammen EES-Werte vorgegeben werden müssten. Je nach Art der Berechnung ergeben sich die EES-Werte i.d.R. lediglich als Ergebnisse und damit als Kontrollgrößen. Beim Gegenverkehrsunfall mag dies anders sein ...

Neue wissenschaftliche Erkenntnisse kann man den Ausführungen nicht entnehmen, außer dass die tabellarische Genauigkeit in der Rekonstruktion eines Unfalls wohl kaum zu schlagen sein dürfte...

□

Inhaltsverzeichnis

- [1 Stellungnahme von G. W. Friedl zum Kommentar von Herrn Martin Hege](#)
- [2 Ergänzung von Martin Hege](#)
- [3 Kommentar von Johannes Halm](#)
- [4 Stellungnahme von G.W. Friedl zum Kommentar von Herrn Johannes Halm](#)
- [5 Kommentar von Martin Hege zu EES, Verformungswegen und Steifigkeiten](#)
- [6 Kommentar von Hans Pfeufer zum vorgestellten Diagramm](#)
- [7 Stellungnahme von G. W. Friedl zum Kommentar von Herrn Hans Pfeufer](#)
- [8 offene Fragen](#)
- [9 Mitteilung von Ing. Wolfgang Huber](#)
- [10 Weitere Information von G.W.Friedl](#)
- [11 weitere Information von G.W. Friedl](#)
- [12 Die Diskussionen wären wohl hier zu führen:](#)
- [13 Bemerkungen von G.W. Friedl zum Diskussionsbeitrag von Herrn Pfeufer](#)
- [14 Eine allerletzte Anmerkung von Hans Pfeufer](#)

- [15 Allgemeine Bemerkungen zur Diskussion von Martin Hege](#)
- [16 Stellungnahme zu den Bemerkungen von Herrn Hege](#)
- [17 Bemerkung zur biomechanische Feststellung des Autors von A. Sporrer](#)
- [18 Stellungnahme zu "Bemerkung zur biomechanische Feststellung des Autors " von Herrn A. Sporrer](#)
- [19 Weitere Beiträge zum Thema im VuF](#)
- [20 Weitere Infos zum Thema](#)

Stellungnahme von [G. W. Friedl](#) zum Kommentar von Herrn [Martin Hege](#)

Die These der maximalen Beschleunigung am Ende der Kompression, wird durch angezogene Diagramme bezweifelt. Diese Diagramme widerlegen mich aber nicht. Denn es müsste erst einmal geklärt werden wo die Sensoren zur Messung der Beschleunigung und der Geschwindigkeit angebracht waren und ob die Aufzeichnungen zeitgleich erfolgten. Es kann nämlich durchaus im Stoßbereich das zeitliche Ende der Kompression bereits erreicht sein, während, etwa im Schwerpunkt der Fahrzeuge noch unterschiedliche Geschwindigkeiten gemessen werden. Bei dem Diagramm das aus AGU HS_5 herrührt, beträgt der Unterschied 20 ms. Übrigens sollte in diesem Diagramm nur gezeigt werden, dass die maximale Beschleunigung bei dem größten Wert von dv/dt auftritt, was ja wohl nicht bezweifelt wird. Schaut man sich die Kurven aus den Versuchen HS_19, HS_28 an (andere habe ich diesbezüglich noch nicht untersucht), so findet man eine gute Übereinstimmung, d.h. zum Zeitpunkt Kompressionsende ist die Beschleunigung im Maximum, die Intrusion(= Eindringung) ist am größten und die Fahrzeuge haben die gleiche gemeinsame Geschwindigkeit. Bei allen diesen Vergleichen darf man die Toleranzen aus den Versuchsanordnungen nicht übersehen.

Die Berichte von Herrn [Ing. Huber](#) werden in Zweifel gezogen. Warum, wird nicht angegeben. In den Berichten wird die Deformationsenergie mit aus veröffentlichten Crash-Versuchen ermittelten Steifigkeiten ermittelt. Die ersten Berechnungen dieser Art hat bereits Herr [Professor Slibar](#) in seinen Seminaren 1982/83 vorgetragen. Bezüglich der Verwendung der EES-Werte in den Simulationsprogrammen (ob die Werte nun vorgegeben werden, oder ob sie während der Bearbeitung geändert werden und dann eben auch das Ergebnis beeinflussen) wird im Kommentar keine eindeutigen Aussagen gemacht. Bei Gegenverkehrsunfällen, so Herr Hege, „mag das anders sein??“, nützen hier also EES-Werte nichts?.

Ergänzung von [Martin Hege](#)

Um den Bezug zum obigen Abschnitt beizubehalten, habe ich Zitate in Anführungszeichen und *kursiv* gesetzt, eigene Anmerkungen in Normalschrift. Zu den Punkten, die explizit [meinen](#) Kommentar (bzw. meine kurze Inhaltsangabe) betreffen, ergänze ich gerne. Die Passagen, die sich aus meiner Sicht auf die anderen Kommentatoren beziehen, habe ich nicht weiter kommentiert.

"...Die These der maximalen Beschleunigung am Ende der Kompression, wird durch angezogene Diagramme bezweifelt. Diese Diagramme widerlegen mich aber nicht..."

Die Allgemeingültigkeit der Richtigkeit dieser Aussage wird bezweifelt. Zur Interpretation der Diagramme darf auf den Kommentar von [Hans Pfeufer](#) weiter unten verwiesen werden.

"...Denn es müsste erst einmal geklärt werden, wo die Sensoren zur Messung der Beschleunigung und der Geschwindigkeit angebracht waren und ob die Aufzeichnungen zeitgleich erfolgten..."

Das geht aus den Unterlagen zu den einzelnen AGU-Versuchen hervor: dort sind Lageskizzen zum Einbau der Sensoren aufgeführt.

"Die Berichte von Herrn [Ing. Huber](#) werden in Zweifel gezogen. Warum, wird nicht angegeben. In den Berichten wird die Deformationsenergie mit aus veröffentlichten Crash-Versuchen ermittelten Steifigkeiten ermittelt."

Von [mir](#) wurde oben danach **gefragt**, ob Hubers Veröffentlichungen **validiert** sind. Außerdem wurde eine [eigene Seite](#) angelegt, um dort über Hubers Arbeiten zu diskutieren.

"Die ersten Berechnungen dieser Art hat bereits [Prof. Slibar](#) in seinen Seminaren 1982/83 vorgetragen."

Stichwort der Überschrift: **neue** wissenschaftlichen Erkenntnisse?!

"Bezüglich der Verwendung der EES-Werte in den Simulationsprogrammen (ob die Werte nun vorgegeben werden, oder ob sie während der Bearbeitung geändert werden und dann eben auch das Ergebnis beeinflussen) wird im Kommentar keine eindeutigen Aussagen gemacht. Bei Gegenverkehrsunfällen, so Herr Hege, „mag das anders sein ???“, nützen hier also EES-Werte nichts?"

Genau das Gegenteil ist der Fall: Bei der Rekonstruktion von Gegenverkehrsunfällen werden i.A. EES-Werte als Eingabegrößen verwendet, da oft nur vergleichsweise wenig Rotationsbewegung beim realen Unfall entstand und Drallsatzrechnungen bei Parallelität der Einlaufrichtungen instabil werden. Bei der Rekonstruktion von Kollisionen mit großen Auslauf- und Rotationsbewegungen kommt man i.d.R. mit dem Impuls- und Drehimpulssatz aber gut aus, so dass man gar keine EES-Werte als Eingabegrößen in derzeit verfügbaren Rekonstruktionsprogrammen benötigt. Je nachdem, ob in Vorwärts- oder in Rückwärtsrechnung rekonstruiert wird, werden eben andere Eingabegrößen benötigt. Als Kontrollgrößen stehen dann u.a. EES-Werte zur Verfügung. Diese werden aber nicht vom Anwender quasi aktiv geändert, sondern diese ändern sich eben als Ergebnis der anderen Eingabegrößen.

Im Übrigen ist die Ermittlung von Steifigkeitswerten aus Versuchen kein leichtes Unterfangen. Bereits bei den AGU-Versuchen ist es teilweise sehr schwierig, auch nur die Stoßzeiten möglichst exakt festzulegen (siehe hierzu auch [AGU-Crashversuch-Auswertung](#)).

Kommentar von [Johannes Halm](#)

Die Ankündigung "neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse" reizt natürlich den interessierten Leser zu besonders eifrigem Studium des Artikels, um auch in den Besitz dieses neuen Wissens zu gelangen; doch auch nach mehrmaligem Lesen stellte sich keine Erleuchtung ein.

Der Autor vergleicht die Berechnung eines Kreuzungunfalls aus dem Burg/Rau (S. 409 ff) nach etwas erweiterter Slibar-Manier (Methode a) mit seiner Stoßberechnung (Methode b). Als deren wichtigste Eingangsgrößen verwendet er die Einstauchtiefen der Pkw, hier 0,2m für den stossenden Audi bzw. 0,3338477m (!) für den gestossenen Käfer und die Steifigkeiten von 1000kN/m für den Audi bzw. 500kN/m für den Käfer. Mit diesen Daten errechnet sich übrigens ein Energieverlust

durch Deformation von 47225Nm, nicht 44868,8Nm (wie die Tabelle auswirft).

Ob die Abschätzung von Stauchtiefen und Steifigkeiten treffsicherer ist als die von EES, dürfte bezweifelt werden. Aufgrund der physikalischen Abhängigkeiten ist es natürlich so, dass die (geschätzte) EES quadratisch in die weiteren Berechnungen eingeht und die vom Autor verwendeten Größen zunächst linear (in die EES-Berechnung). Insofern besteht natürlich zumindest vordergründig ein *Genauigkeitsvorteil*, wenn man davon ausgeht, die eingesetzten Größen zuverlässig abschätzen zu können. Übrigens ist des Autors kritischer Einwand im Hinblick auf die EES-Werte im Burg/Rau (S. 406) irrelevant, weil sie gar nichts mit dem hier besprochenen Kreuzungsunfall zu tun haben.

Während nun die Burg/Rau-Methode die Kollisionsgeschwindigkeit beider Fahrzeuge (Audi 56km/h $\pm$ 4km/h, Käfer 11km/h $\pm$ 2km/h) liefert, ergibt des Autors Methode b originär nur die Audi-Einlaufgeschwindigkeit mit 50,8km/h, die des Käfer wirft er mit 5km/h aus ("...ist ein angenommener Wert, man kann hier Werte zwischen 0 und 10km/h annehmen..."): ein sehr unbefriedigendes Ergebnis im Hinblick auf die Beurteilung des vorkollisionären Verhaltens der beteiligten Fahrzeuge und die Überschrift des Artikels.

Natürlich sind die in Methode b ausgeworfenen Beschleunigungen/Verzögerungen für die Beurteilung der Insassenverletzungen von Bedeutung, aber das Zustandekommen dieser Größen ist nicht nachvollziehbar: vermutlich hängen sie mit den angegebenen gleichgroßen Zeiten für Kompression und Restitution (je 0,1063515s!) und der "Regel: maximale Beschleunigung = doppelte mittlere Beschleunigung", also sehr anzweifelbaren Voraussetzungen, zusammen. Jedenfalls ergibt sich aus der Tabelle (im Widerspruch zur Tabellenüberschrift) nicht, was Eingabegrößen und was berechnete Größen sind (unabhängig davon, dass die Kommastellen eine Genauigkeit suggerieren, die es in der Unfallrekonstruktion nicht gibt!).

Einen Gewinn neuer oder gar wissenschaftlicher Erkenntnisse hat dieser Artikel dem Leser leider nicht gebracht!

Stellungnahme von [G.W. Friedl](#) zum Kommentar von Herrn [Johannes Halm](#)

Der im Kommentar von Herrn Halm errechnete Wert 47225 Nm, ist in Wirklichkeit die Arbeit in der Kompressionsphase! Dieser Wert schließt also noch die Restitutionsarbeit ein. Diese beträgt 2356 Nm. Herr Halm verwechselt also die Kompressionsenergie mit der bleibenden Deformationsenergie. Seine Kritik trifft deswegen nicht zu! Die weiteren Ausführungen sind allgemeiner Art und können deshalb nicht beurteilt werden. Was die Kritik an der Geschwindigkeit von 5 km/h für den VW betrifft, so ist sie unzutreffend. Grund: Bei diesem Kreuzungsunfall fährt der VW rechtwinklig zum Audi ein, also ohne Komponente in Fahrtrichtung Audi. Damit gibt es keine Einwirkung des VW auf den Stoßvorgang bezüglich der Deformation, von einer geringen Verschiebung des Stoßkontaktes in der Kompressionsphase abgesehen, die aber keine Auswirkung auf den Stoßimpuls hat. (Masse und Trägheitsmoment werden natürlich berücksichtigt, ebenfalls die Stoßexzentrizität) Bei der Auslaufrichtung dagegen (diese wird in Methode b auch berechnet und mit ca. -8 Grad angegeben) hat die Geschwindigkeit des VW sehr wohl Einfluss und hier ist auch die angegebene Geschwindigkeit von 5 km/h zutreffend, die sich im übrigen aus der Methode a zu 4,14 km/h ergibt. [Meine](#) Annahme für die Berechnung der maximalen Beschleunigung am Ende der Kompression kann Herr Halm nicht widerlegen. Es ist so, dass ich die Kompressionsphase in einem linearisierten Modell berechne. Dabei ergibt sich, dass, wenn am Anfang der Berührung die Beschleunigung = 0

ist, was wohl kaum bezweifelt werden kann, die Beschleunigung am Ende der Kompression gleich dem doppelten Wert der mittleren Beschleunigung sein muss (lineare Geschwindigkeitsänderung in der Kompressionsphase unterstellt). Es ergibt sich auch mathematisch, dass Kompressionszeit und Restitutionszeit gleich sind. Dass in meinem Artikel manche Werte mit maximal sieben Stellen angegeben werden, ist halt in üblichen Computerausdrücken begründet. Herr Halm hat offenbar meine Angaben zu den Genauigkeiten (Seite 199 linker Absatz oben Zeile 12 von oben und folgende) nicht gelesen, denn dann hätte er wohl die Bemerkungen über die Genauigkeit unterlassen.

Kommentar von [Martin Hege](#) zu EES, Verformungswegen und Steifigkeiten

Der Einwand hinsichtlich des quadratischen Einflusses von EES im obigen dritten Absatz ist ergänzungswürdig: da die Deformationsarbeit sowohl über

$$E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot s^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot EES^2$$

berechnet werden kann, wirkt sich ein Abschätzfehler von z.B. 10% bei der Eindringtiefe s genauso aus wie der entsprechende Fehler bei der EES ! Im Unterschied dazu ergibt sich aber die Abhängigkeit von EES und s wie folgt aus der bekannten Formel:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{s_{\text{dyn } 1}}{s_{\text{dyn } 2}} = \frac{m_1 \cdot EES_1^2}{m_2 \cdot EES_2^2}$$

Es waren oben aber nicht nur die dynamischen Eindringtiefen s , sondern auch die Struktursteifigkeiten C genannt. [Gratzer](#) und [Burg](#) hatten bereits im [VuF 09/1994](#) einen Artikel hierzu veröffentlicht. [Gratzer](#) hat diesen Artikel in [VuF 02/2000](#) ergänzt, so dass der Einfachheit halber auf diesen Beitrag verwiesen und wie folgt hierzu zitiert werden darf (S. 52):

"...Als besonders interessant als Kontrollgrößen haben sich die Struktursteifigkeiten im Berührungspunkt erwiesen. Die Struktursteifigkeiten sind in den entsprechenden Formeln von linearer Abhängigkeit, während die EES-Werte in quadratischer Abhängigkeit aufscheinen und somit grundsätzlich schwerer bewertbar sind. Wird die Struktursteifigkeit um 10% verändert, so ändert sich die Deformationsenergie ebenfalls um 10%. Eine Änderung des EES-Werts um 10% wirkt sich auf die Deformationsenergie aber mit einer Änderung um rund 20% aus..."

Die entsprechenden Strukturformeln dazu sind in den beiden o.g. Artikeln oder aber im Handbuch zu [Analyzer Pro](#) ersichtlich. Das obige Zitat aus dem Artikel Gratzer ist selbstverständlich richtig, aber es wurde weiter oben gesagt, daß sich eine Fehlschätzung der Eindringtiefe s (nicht der Struktursteifigkeit C !) um z.B. 10% bei der Errechnung der Verformungsarbeit genauso auswirken würde wie eine 10%ige Fehlschätzung von EES !

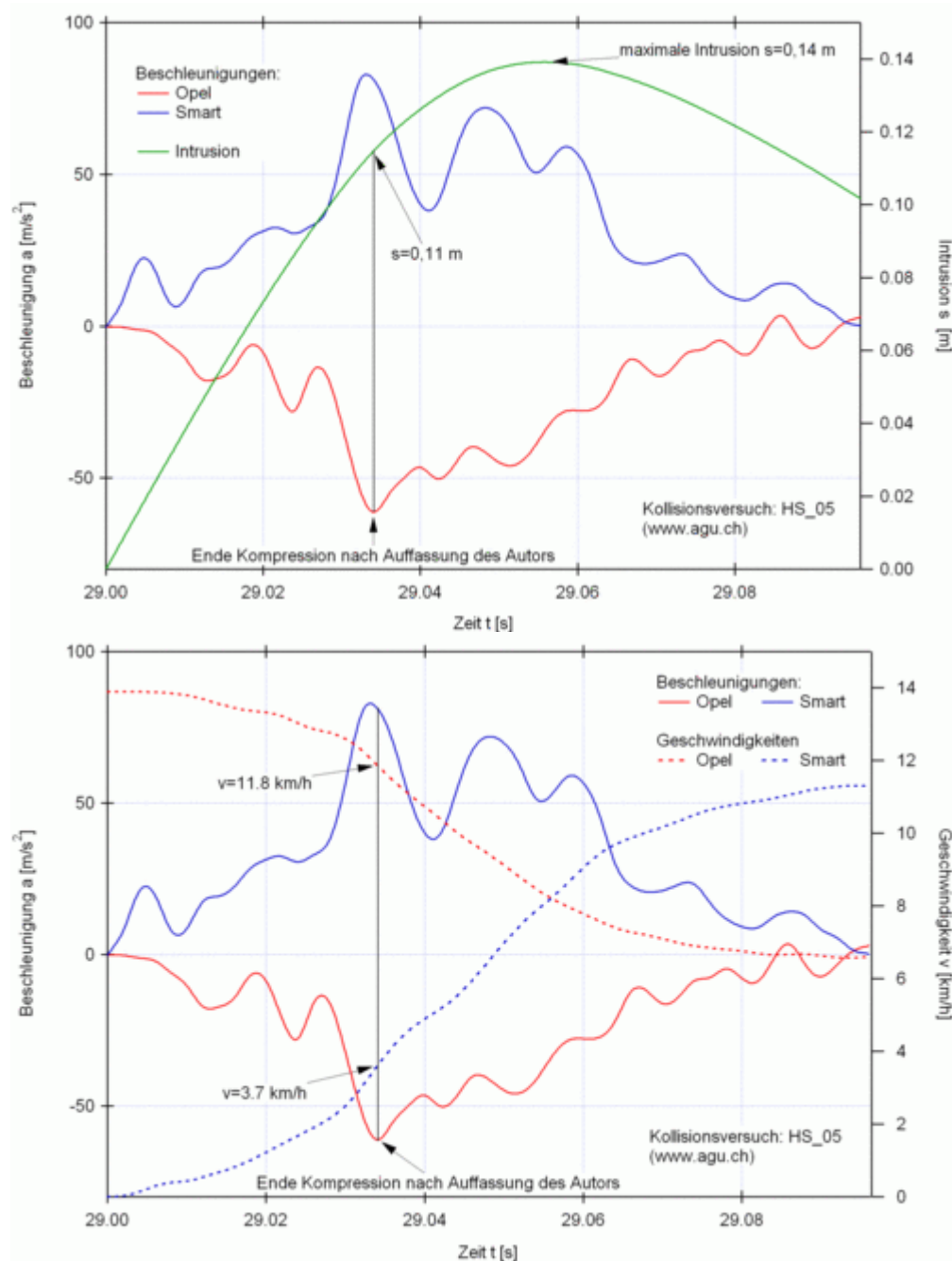
Kommentar von [Hans Pfeufer](#) zum vorgestellten Diagramm

Der Autor dieses recht kuriosen Artikels stellt auf Seite 198 die These auf, dass die maximale Beschleunigung am Ende der Kompressionsphase auftritt. Er bezieht sich auf das Diagramm des AGU Versuches HS_05, das dem Aufsatz als "Bild 3" beigelegt ist, dessen Quelle er jedoch nicht

nennt. Da er im Wesentlichen das Originaldiagramm verwendet, ist zu vermuten, dass er die Kurven nicht selber ausgewertet und sich auch die weiteren Diagramme nicht genauer angeschaut hat. Er hätte sonst gemerkt, dass seine Aussage nicht allgemeingültig ist und insbesondere für den Versuch HS_05 **nicht** zutrifft. Dies ergibt sich sofort, wenn man die Intrusionskurve den Beschleunigungen gegenüber stellt oder auch bereits aus oberflächlicher Betrachtung der Beschleunigungskurven. Die Fläche unter der Kurve in der vom Autor definierten Restitutionsphase ist größer als die in der Kompressionsphase. Das heißt, während der Kollision würde Energie freigesetzt werden.

Noch deutlicher wird der Irrtum, wenn man die Beschleunigungen den Geschwindigkeiten der Fahrzeuge gegenüber stellt. Zu dem Zeitpunkt, wo nach Auffassung des Autors die Kompression beendet ist, hat das gestoßene Fahrzeug erst eine Geschwindigkeit von rd. 4 km/h und das stoßende noch eine von 12 km/h.

[Pfeufer, H.](#)



Stellungnahme von [G. W. Friedl](#) zum Kommentar von Herrn [Hans Pfeufer](#)

[Er](#) bewertet meinem Artikel als „kurios“ (=beeindruckend, witzig, unglaublich, erstaunlich). [Er](#) stützt seine Kritik auf das Diagramm aus den AGU-Crash-Versuchen. Es gilt das gleiche wie schon zum Kommentar von [Herrn Hege](#) ausgeführt (siehe oben).

Allgemein kann zu [meinem](#) Artikel noch gesagt werden, dass die von [mir](#) vorgestellte Methode b neben der Werten wie Kollisionsgeschwindigkeiten, Geschwindigkeitsänderungen, mittlere und maximale Beschleunigungen (Verzögerungen), Anfangsrichtung der Auslaufbewegungen u.a. eine linearisierte Berechnung der Stoßphase liefert. Es könnten also mit [meinen](#) Berechnungen auch die Bewegungen der Fahrzeuge in der Kontaktzeit (= Kompressionszeit und Restitutionszeit) in Verbindung mit den nachgewiesenen Schäden an den Stoßstellen im zeitlichen Ablauf untersucht werden, weil die dazu notwendigen Geschwindigkeiten in Zeitschritten bestimmt werden können. Bei manchen Gutachten ist dies wichtig. Da [mein](#) Verfahren in einem Computerprogramm angewandt wird, können schnell eingrenzenden Berechnungen durchgeführt werden. Zum Kommentar von Herrn Pfeufer verweise ich noch auf meinen Beitrag vom 21.10.07 in der Diskussion.

G.W. Friedl

offene Fragen

Hat der Autor nun seine neue wissenschaftliche Methode erläutert? Höchstens leicht den Schleier gelüftet. Das was durchscheint, weckt allerdings Assoziationen an die von [Sporrer](#) vorgestellte [Kontaktkraftmethode](#), womit dann auch der Neuigkeitswert anzuzweifeln wäre.

„Wir stehen selbst enttäuscht und sehn betroffen den Vorhang zu und alle Fragen offen.“ [Brecht]
[MI](#) 18:07, 22. Aug 2007 (CEST)

Mitteilung von [Ing. Wolfgang Huber](#)

Verweise auf [meine](#) Stellungnahmen zur Kritik von [Hans Pfeufer](#) zu meinem " [wissenschaftlichen Bericht - Deformationsarbeit an Fahrzeugen](#) " und von 'Unbekannt' zu [meinem Leserbrief](#) befinden sich in Unterbildern (Unterseiten).

Weitere Information von G.W.Friedl

Meine Rechenverfahren werden auch in meinem Artikel "Energiebilanz in Unfallanalysen" erschienen in der Fachzeitschrift "Der Sachverständige" (Fachzeitschrift für Sachverständige, Kammern, Gerichte und Behörden) angewendet. Heft1-2/2009 und Heft3/2009. Hinweis: durch ein Versehen beim Druck wurden in Heft 1-2 in Bild 1 und in Bild 2 für die Werte dv1 und dv2 die gleichen Werte eingesetzt. Im Heft März 2009 S.73 folgt die Verbesserung. In Bild 2 müssen die Werte dv1=35,0 km/h , dv2=45,9 km/h lauten . Diese Werte

schließen den Einfluß der Reibung (Fahrzeuge gegeneinander während des Kontaktes beim Stoß) ein. Diese Werte ,35,0 und 45,9 km/h wären also vergleichbar mit den Schäden aus den Schadensbildern des Unfalles, d.h. mit einem EES-Wert der unter den gleichen Kontaktbedingungen wie beim Unfall ermittelt wurde. Am besten würde man die Werte in Bild 2 mit $dv_1(\text{gesamt})$ bzw. $dv_2(\text{gesamt})$ bezeichnen.

weitere Information von G.W. Friedl

Herr Hans Pfeufer belegt unter der Version vom 29.12.2008 in Colliseum die Artikel von Herrn Ing.W.Huber (Steifigkeitszahlen, von Fahrzeugen, Deformationsarbeit an Fahrzeugen), und von mir (Computergestützte Unfallanalyse unter Einbeziehung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse vom Juni 2007 in VKU, und "Energiebilanz in Unfallanalysen". Januar 2009 in "Der Sachverständige" (Fachzeitschrift BVS ,Verlag C.H.Beck München, Frankfurt a.M.) in polemischer Weise mit der Bewertung "Cargo Cult Science". Die Leser können sich selbst über diesen Begriff aus dem Internet über die Aussage dieses Begriffes informieren, der von dem amerikanischen Physiker Feynmann aus ganz anderen Bezügen gebildet wurde und mit dem hier zutreffenden Gebiet der Stoßmechanik überhaupt nichts zu tun hat. Nachdem es Herrn Pfeufer in fachlicher Hinsicht in Stellungnahmen zu meinem ersten Artikel nicht möglich war Mängel in meinem Artikel nachzuweisen, geht er nun den Weg der Herabwürdigung der genannten Artikel mit sachfremden Bezügen. Auch die Kritik am Artikel von Herrn Ing. Huber (Deformationsarbeit an Fahrzeugen) wurde mit Ausführungen (Zitat von Herrn Pfeufer: "wenn ich im Wohnzimmer die Heizung aufmache, wird es im Badezimmer warm") begründet. Die ganzen Stellungnahmen von Herrn Pfeufer zu den oben genannten Artikeln lassen erkennen, dass Herr Pfeufer sich mit neuen Berechnungen zur Stoßmechanik nicht befasst (siehe die Diskussion ,Ing.W. Huber- H.Pfeufer "Wissenschaftlicher Bericht-Deformationsarbeit an Fahrzeugen, Kritik von Herrn Pfeufer, Stellungnahme des Autors Ing.W.Huber). Es ist immerhin bemerkenswert, dass mein erster Artikel in Colliseum mittlerweile 4980 mal aufgerufen wurde. Da es offenbar nicht möglich ist, mit Herrn Pfeufer fachlich über Kollisionsmechanik zu diskutieren, ich aber nicht auf sein Diskussionsniveau herabsteigen will, bleibt mir nur, die Fachkollegen auf die unqualifizierten Ausführungen von Herrn Pfeufer zu den oben genannten Artikeln hinzuweisen. Ich bin selbstverständlich immer bereit Anfragen zu meinen Artikeln zu beantworten. Was berechtigt Herrn Pfeufer eigentlich die Arbeiten von Herrn Ing.Huber und von mir mit dem Begriff Cargo Cult Science zu belegen? (Internet unter Calgary Cargo Cult: " .. wertlose wissenschaftliche Arbeit, die im Gegensatz zu pseudowissenschaftlicher Arbeit nicht direkt widerlegbar ist, aber sinnlos" Herr Pfeufer fühlt sich offenbar als oberste Instanz zu entscheiden was wissenschaftlich und richtig und was sinnlos ist, Begründungen und Beweise für seine Bewertungen liefert Herr Pfeufer nicht. Zu einer Diskussion über neue Berechnungsverfahren in der Stoßmechanik auf fachlicher Basis bin ich jederzeit bereit. Zu meinem Artikel "Energiebilanz in Unfallanalysen" Jan,2009 darf ich noch nachtragen, dass mir eine so vollständige Energiebilanz (siehe Inhalt des Artikels) die Berechnungen enthält im Zusammenhang mit Impulsatz, Energiesatz, Ermittlung von Beschleunigungen beim Stoß ,das Problem des Baumaufpralls u.a.) als Veröffentlichung von anderer Seite nicht bekannt ist.

G.W.Friedl

Die Diskussionen wären wohl hier zu führen:

Nach dem Kommentaren des Autors wird einiges klarer. Wenn man eine lineare Deformationskennlinie ansetzt, dann ist die maximale Beschleunigung in der Kompressionsphase doppelt so groß wie die mittlere. Nur leider ist die lineare Deformationskennlinie nur eine

Näherung, mit der man mehrere Größen berechnen kann, aber leider auch nur größenordnungsmäßig.

"Diese Diagramme widerlegen mich aber nicht

tun sie doch! Es ist richtig, dass für diesen speziellen Fall von einem Fahrzeug nur UDS Daten und keine der geeichten Beschleunigungsaufnehmer vorliegen. Dennoch lassen sich die Daten per Hand synchronisieren, da auch für Fahrzeugkollisionen die Newton'schen Axiome gelten, insbesondere das Axiom "actio=reactio". Es stellt sich dann aber die Frage, warum nicht gleich ein Diagramm verwendet wurde, bei der eine zeitsynchrone Messwertaufzeichnung erfolgt ist. Gemäß dem Projektbericht ist das bei allen "fünf Sterne" Versuchen der Fall.

Es kann nämlich durchaus im Stoßbereich das zeitliche Ende der Kompression bereits erreicht sein, während, etwa im Schwerpunkt der Fahrzeuge noch unterschiedliche Geschwindigkeiten gemessen werden

Diese Aussage ist mir nicht verständlich. Solange das stoßende Fahrzeug noch schneller als das gestoßene ist, dringt es weiter in den Kollisionsgegner ein. Also müssen sich auch die Fahrzeuge weiter verformen.

"Bei dem Diagramm das aus AGU HS_5 herrührt, beträgt der Unterschied 20 ms"

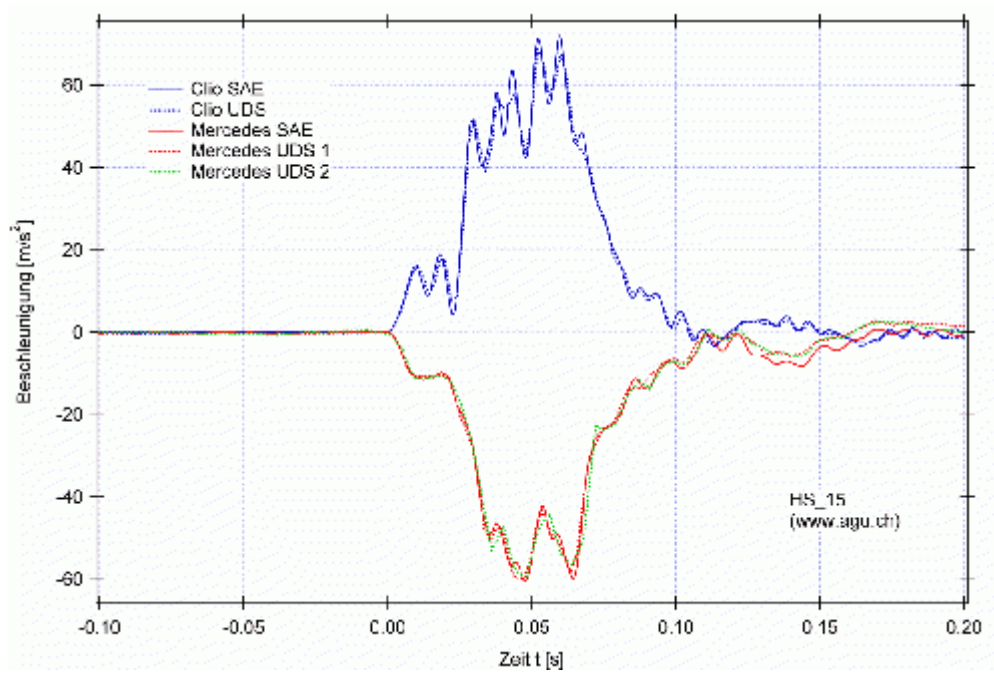
Das sind aber knapp 20% der gesamten Stoßdauer

"dass die maximale Beschleunigung bei dem größten Wert von dv/dt auftritt"

Diese Aussage ist trivial, denn genau so ist die Beschleunigung definiert.

"Bei allen diesen Vergleichen darf man die Toleranzen aus den Versuchsanordnungen nicht übersehen."

Dies ist ein berechtigter Einwand. Bei den vielen Peaks innerhalb der Beschleunigungskurven stellt sich in der Tat die Frage danach, was denn nun wirklich von der Kollision kommt und um wie weit es sich um "Dreckeffekte" handelt. Aus diesem Grund wurden die Versuche nicht nur mit einer Messtechnik, sondern auch redundant mit einem UDS gemessen. Anbei das Diagramm vom Versuch HS_15. Das erstaunliche: Würden alle Beschleunigungsaufnehmer toleranzbehaftet messen, dann müssten auch alle Beschleunigungsaufnehmer so ziemlich das gleiche falsch messen.



"Schaut man sich die Kurven aus den Versuchen HS_19, HS_28 an ... so findet man eine gute Übereinstimmung

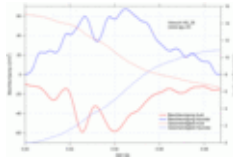
Ich habe auf diesen Einwand die Kurven der genannten Versuche noch einmal genauer angeschaut, konnte diesen Effekt jedoch nicht feststellen.



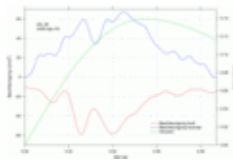
HS_19:
Beschleunigung
en und
Geschwindigkeit
en



HS_19:
Beschleunigung
en und Intrusion



HS_28:
Beschleunigung
en und
Geschwindigkeit
en



HS_28:
Beschleunigung
en und Intrusion

[Benutzer: Hans Pfeufer](#)

Bemerkungen von [G.W. Friedl](#) zum Diskussionsbeitrag von Herrn [Pfeufer](#)

Die Versuchskurven von Versuch HS_15 (auch von anderen Versuchen) bestätigen meine Rechenansätze. Die Beschleunigungskurven (geglättete Messwerte) des Versuchs HS_15 (Seite 7) zeigen Maximalwerte bei ca 63 ms. Auf Seite 11 des Versuchs HS_15 ist die maximale Intrusion ebenfalls bei 63 ms dargestellt. Bei ca 65 ms sind die Geschwindigkeiten von stoßendem und gestoßenem Fahrzeug gleich. Im Rahmen der Messtoleranz ist dies eine sehr gute Bestätigung meiner Berechnungen. Die oben genannten Zeiten sind natürlich das Ende der Kompressionszeit. Auf der Seite 7 der Auswertung HS_15 ist außerdem zu sehen, dass die Kompressionszeit gleich der Reaktionszeit ist. Das Ende des Stoßes müsste in den Diagrammen allerdings bei etwa 130 ms eingetragen werden, bei diesem Wert sind nämlich erst die Beschleunigungen wieder gleich 0!!

[G.W. Friedl](#)

Eine allerletzte Anmerkung von [Hans Pfeufer](#)

Die Stoßzeit bei dem Versuch HS_15 beträgt nicht 130 ms. Auf dem Highspeed Video ist deutlich zu erkennen, dass sich die Fahrzeuge zu diesem Zeitpunkt bereits wieder deutlich getrennt haben. Die

Kollision war also deutlich vor 130 ms beendet. Die AGU selbst gibt die Stoßzeit mit 108 ms, was mit meiner Auswertung fast auf die ms übereinstimmt (wie eigentlich bei allen von mir nachgerechneten Versuchen). Von daher kann ich den AGU Auswertern nur eine sehr saubere Arbeit attestieren und kann auch nachvollziehen, welche immense Arbeit dahinter steht. Es stellt sich nun noch die Frage, wo die "Beschleunigungshubbel" zwischen ca. 120 ms und 160 ms (und nicht 130 ms) herkommen. Dies verrate ich hier nicht, sondern überlasse das mal als Denksportaufgabe. Ich nehme mir nun auch mal die Freiheit, meiner Aussage keine Belege beizufügen und verweise auf die AGU Datenbank.

[Pfeufer, H.](#)

Allgemeine Bemerkungen zur Diskussion von [Martin Hege](#)

Als einer derjenigen, die im Colliseum wohl die meiste Arbeit (kostenlos) verrichten, möchte ich zur Art der Diskussion meinen Senf geben: Eine derartig kontroverse Diskussion ohne weitere Belege ins Colliseum zu stellen und ohne selbst zu illustrieren, was denn nun tatsächlich gemeint wird, macht [meines Erachtens](#) keinen Sinn. Man sollte also die Belege selbst für die eigene Aussage auch in Diagrammen u.ä. innerhalb des Colliseums darstellen (wie dies z.B. [Herr Pfeufer](#) in seinen Beispielen auch getan hat).

Andererseits kann es auch nicht sein, dass [Herr Pfeufer](#) sämtliche AGU-Versuche nach und nach auswertet – anstatt des eigentlich "Beweispflichtigen": Die "Beweislast" ist doch in diesem Fall wohl vollkommen eindeutig, nachdem [Herr Pfeufer](#) bereits etliche Gegenbeweise in sehr anschaulicher Darstellung (zur ursprünglichen Behauptung des Artikelverfassers im VKU) geliefert hat.

In dieser Art und Weise wird wahrscheinlich kein User mehr über dieses Thema diskutieren wollen – jedenfalls [ich](#) nicht mehr! Also wenn es an dieser Stelle sinnvoll weiter gehen soll: "Butter bei die Fische" Herr Friedl – und Diagramme o.ä. sowie schlagende Beweise für die eigene These ins Colliseum! Nicht immer nur von Versuchsnummer zu Versuchsnummer springen (dabei die anderen auswerten lassen)... und eine angeblich allgemeingültige These aufstellen, die in etlichen Beispielen bereits widerlegt ist.

Aber selbst durch ein (unterstellt) einziges Beispiel für die eigene Behauptung wird die Allgemeingültigkeit der Artikelaussage wohl nicht belegt werden können...Ich denke, man muß sich einfach bei besseren Argumenten auch würdig geschlagen geben können...

[Martin Hege](#)

Stellungnahme zu den Bemerkungen von Herrn Hege

Es ist m.e. nicht notwendig, dass ich alle AGU-Versuche für eine Bestätigung meines Rechenverfahrens auswerte und aufbereitet ins Internet stelle. Die AGU-Versuche sind für jeden an der Sache interessierten Sachverständigen verfügbar. Ich habe für den Versuch HS 15 genau dargelegt, wie und in welchen Messkurven die Diagramme meine Rechnungen bestätigen. Es kann sich also jeder Benutzer anhand meiner Angaben über Zeiten (für Kompressionsende und Stoßende) selbst davon überzeugen, dass zur Zeit für Kompressionsende a) die maximale Beschleunigungen (für die geglätteten Kurven) vorliegen (für beide Fahrzeuge!), b) zu diesem Zeitpunkt die Fahrzeuge die gleiche Geschwindigkeit haben, c) zu diesem Zeitpunkt die stärkste Eintauchung vorliegt und

dass d) Kompressionszeit und Restitutionszeit gleich sind. Es wäre wünschenswert, wenn alle Teilnehmer an dieser Diskussion ihre Beiträge so präzise formulieren würden.

[G.W. Friedl](#)

Bemerkung zur biomechanische Feststellung des Autors von A. Sporrer

*"Mit diesen Werten (maximale und mittlere Beschleunigung) hat man aber wichtige Größen für die Beurteilung der Verletzungen der Insassen gewonnen. Bekanntlich ist ja Kraft = Masse * Beschleunigung. Man kann daher die auf die Insassen wirkenden Kräfte berechnen und daraus Schlüsse über die Verletzungen der Insassen ziehen."*

Diese Behauptung des Autors überrascht aus verletzungsmechanischer Sicht extrem. Wenn man sich mit verletzungsmechanischen Bewertungen auseinandersetzt, sollten grundsätzliche Zusammenhänge nicht außer Acht gelassen werden. Die maximale oder auch mittlere Beschleunigung des Fahrzeuges ist nur die Belastung der Umgebung, in dem sich der Insasse befindet. Eine kraft- bzw. formschlüssige Verbindung zwischen Insasse und Fahrzeug existiert nicht. Somit ist der Schluß des Autors falsch, wonach bei Kenntnis der mittleren und maximalen Fahrzeugbeschleunigung eine Bewertung der Insassenbelastung möglich ist. Die Belastung des Fahrzeuges ist nicht gleich der des Insassen.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Relativbewegung des Insassen bezüglich der ihn umgebenden Strukturen einen erheblichen Einfluß auf seine biomechanische Belastung haben wird. Somit sind die extrem vereinfachten Betrachtungen des Autors bezüglich der Verwendbarkeit für verletzungsmechanische Zwecke nicht nachvollziehbar und im Kontext möglicher Verletzungsszenarien von Insassen zumindest so nicht hinnehmbar.

Stellungnahme zu "Bemerkung zur biomechanische Feststellung des Autors " von Herrn A. Sporrer

In meinem Artikel wird eindeutig dargelegt, dass meine Berechnungen die mittlere Karossenbeschleunigung in der Kompressionsphase ergeben und mit der Zusatzüberlegung, dass die Beschleunigung am Anfang des Stoßes =0 war, die Maximalbeschleunigung am Ende der Kompression doppelt so groß ist. Diesen Sachverhalt habe ich mit den AGU-Versuchen verglichen und aus den Versuchen unter Berücksichtigung der Toleranzen bestätigt gefunden. Dass diese Beschleunigungen in gleicher Weise auf Becken Brust oder Kopf der Insassen wirken habe ich nicht behauptet. Es gibt Versuche die die auftretenden Beschleunigungen an den einzelnen Körperstellen im Vergleich zu den Karossenbeschleunigungen aufzeigen. Ich habe auf Seite 200 darauf hingewiesen, dass die Verletzungen durch einen Fachmediziner beurteilt werden müssen und dass dabei die von mir errechneten Beschleunigungen herangezogen werden können und damit Schlüsse auf die Beschleunigungen an Kopf, Becken, Brust u.a. gezogen werden können. Der bisher oft nur benutzte Wert Δv ist nicht der geeignete Wert. Die Bemerkungen von Herrn Sporrer beruhen auf einem falschen Verständnis meines Artikels.

Weitere Beiträge zum Thema im VuF

- 1994 #9 [Analyse von Serienkollisionen und Berechnungen der Insassenbeschleunigung im gestoßenen Fahrzeug](#)
- 2000 #2 [Bedeutung der Struktursteifigkeiten und EES-Werte, Kontrollparameter bei der Kollisionsanalyse](#)

Weitere Infos zum Thema

- [Steifigkeitszahlen von Fahrzeugen](#), [Huber, W.](#)