

Analyse von Serienkollisionen und Berechnungen der Insassenbeschleunigung im gestoßenen Fahrzeug

1994, p. 253 (#9), Teil 1

1995, p. 269 (#10), Teil 2

□

Inhaltsverzeichnis

- [1 Zitat](#)
- [2 Inhaltsangabe](#)
 - [2.1 Teil 1](#)
 - [2.1.1 Beispielrechnungen](#)
 - [2.2 Teil 2](#)
- [3 Erratum](#)
- [4 Weitere Beiträge zum Thema im VuF](#)
- [5 Weitere Infos zum Thema](#)

Zitat

[Gratzer, W.](#); [Burg, H.](#): Analyse von Serienkollisionen und Berechnungen der Insassenbeschleunigung im gestoßenen Fahrzeug.

Teil 1: Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 32 (1994), pp. 253 - 256 (#9)

Teil 2: Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 33 (1995), pp. 269 - 272 (#10)

Inhaltsangabe

Im ersten Teil der Veröffentlichung geht es darum, wie man beim Vorliegen von Reifenkräften die Differenzgeschwindigkeit (effektive Kollisionsgeschwindigkeit Δv) aus Deformationsarbeit und Reifenkräften berechnen kann. Im zweiten Teil geht es dann um die Frage, welcher Zusammenhang zwischen der Fahrzeugbeschleunigung und der Insassenbeschleunigung besteht. Dazu wird aus der Oberkörpermasse des Insassen und der Steifigkeit der Sitzlehne ein Zwei-Massen-System gebildet.

Das Formelwerk findet sich auch im Technischen Handbuch zu [AnalyzerPro](#), das unter <https://analyzer.at/de/downloads>, spezifischer https://analyzer.at/content/Handbuecher_und_Sonstiges/DE_Technisches_Handbuch.pdf heruntergeladen werden kann.

Teil 1

Die Autoren den externen Kraftstoß K sozusagen als Störterm in Impuls- und Energiesatz ein:

$$(1)..... m_1 v_1 + m_2 v_2 - m_1 v_1' - m_2 v_2' = K_r$$

$$(2)..... m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 - m_1 v_1'^2 - m_2 v_2'^2 = 2 (E_{def} + W_r)$$

Die weiteren Berechnung sind sehr undurchsichtig; im Prinzip wird schnell das (sehr komplex wirkende) Ergebnis verkündet. Dieses erweitert die gewohnte Beziehung

$$\Delta v^2 = \Delta v'^2 + \frac{2 \Delta E_{def}}{m^*}$$

mit

$$m^* = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

auf eine ähnliche Beziehung zwischen Δv und $\Delta v'$, die etliche zusätzliche Terme enthält. Dies Terme stammen zum Teil aus der Modellierung des Fahrzeug-Fahrzeug-Systems als Zweimassenschwinger.

Beispielrechnungen

The screenshot shows the 'Serienkollision' software interface. At the top, there are controls for mass properties and vehicle selection. Below that, a table displays various parameters for two vehicles (1 and 2) before and after the collision. The parameters include velocity, acceleration, deformation, and energy. The 'Geschw. Diff. nach Koll.' (Velocity difference after collision) is highlighted in red, showing a value of 8.0 km/h for vehicle 1 and 0.0 km/h for vehicle 2. The 'EES-Wert' (Energy Equivalent System) is also highlighted in red, showing 8.0 km/h for vehicle 1 and 0.0 km/h for vehicle 2. The 'max. Koll. Besch.' (max. collision acceleration) is 26.9 m/s² for vehicle 1 and 0.0 m/s² for vehicle 2. The 'max. Deform.' (max. deformation) is 9.0 cm for vehicle 1 and 0.0 cm for vehicle 2. The 'Geschw. Diff. vor Koll.' (Velocity difference before collision) is 12.9 km/h for vehicle 1 and 0.0 km/h for vehicle 2. The 'K-Wert' (K-factor) is 0.89 for vehicle 1 and 0.00 for vehicle 2. The 'Kollisionsdauer' (collision duration) is 131 ms for vehicle 1 and 0 ms for vehicle 2. The 'Fehlbremstrecke' (braking distance) is 0.0 m for vehicle 1 and 0.9 m for vehicle 2.

	Fahrzeug 1		Fahrzeug 2		
Bremsverz.(Koll.):	0.0	7.0	0.0	0.0	m/s²
Auslaufverz.:	0.0	7.0	0.0	0.0	m/s²
Geschw. Diff. nach Koll.:	8.0		0.0		km/h
Endabstand:			0.0		m
EES-Wert:	8.0	8.0	0.0	0.0	km/h
Deform. nach Kollidauer:	7.2	7.2	0.0	0.0	cm
Strukturhärte:	300	300	0	0	kN/m
Koll. Geschw.:	0.0	12.9	0.0	0.0	km/h
Auslaufgeschw.:	7.5	2.9	0.0	0.0	km/h
Geschw. Änd.:	7.8	-10.6	0.0	0.0	km/h
max. Koll. Besch.:	26.9	33.9	0.0	0.0	m/s²
max. Deform.:	9.0	9.0	0.0	0.0	cm
Geschw. Diff. vor Koll.:	12.9		0.0		km/h
K-Wert:	0.89		0.00		
Kollisionsdauer:	131		0		ms
(Kompressionsphase):	91		0		ms
Fehlbremstrecke:	0.0	0.9	0.0	0.0	m

Nachrechnung des fünften Beispiels in AnalyzerPro 23 mit teilweise leicht abweichenden Ergebnissen

Um die Beispielrechnungen am Ende des beitrags nachzuvollziehen, muss man sozusagen »das Pferd von hinten aufziehen« und sich von den zuletzt genannten Formeln zu den ersten hangeln. Ein online Berechnungsblatt für [SMath Studio](#) findet sich [hier](#), vermag allerdings die Ergebnisse nicht exakt zu reproduzieren.

Im Beitrag ist - anders als sonst zumeist üblich - Fahrzeug 2 (und nicht Fahrzeug 1) das stoßende Fahrzeug.

Die Beispielberechnungen am Ende des Beitrag gelten für $m_1 = m_2 = 1000$ kg und $EES_1 = EES_2 = 5$ km/h. Für die Beispielberechnungen wird die Trennungsgeschwindigkeit $\Delta v'$ mit 5 km/h vorgegeben und nicht wie angegeben $\Delta v_1'$, das ja bei den Ergebnissen gelistet ist. In der Ergebnistabelle muss es dann umgekehrt Δv heißen:

Nr.	a_1 [m/s ²]	a_2 [m/s ²]	$f_1 (=f_2)$ [kN/m]	Δv [km/h]	Δv_1 [km/h]	Δv_2 [km/h]	$a_{\max,1}$ [m/s ²]	$a_{\max,2}$ [m/s ²]
1	0	0	800	11,2	8,1	-8,1	42,5	-42,5
2	0	7	800	12,0	7,5	-9,6	42,5	-49,5
3	7	7	800	11,2	6,0	-10,2	35,2	-49,5
4	0	0	300	11,2	8,1	-8,1	26,0	-26,0
5	0	7	300	12,6	7,1	-10,5	26,0	-33,0
6	7	7	300	11,3	5	-11,3	19,0	-33,0

Teil 2

In Gl. (1) muss es auf der linken Seite f_1 heißen, sonst ergibt die Gleichung keinen Sinn:

$$f_1 = \frac{C_2}{C_1 (SH + SD)} f_2$$

oder:

$$f_i \cdot C_i = \text{konst.}$$

Achtung: Die Größe C_1 bezeichnet in der Veröffentlichung einen relativen (prozentualen) Wert, während C_2 offenbar einen absoluten Abstand bezeichnet.

In Gl. (2) muss es:

$$m_1 \ddot{x}_1 = f_1 \Delta x_1 + m_2 \ddot{x}_2$$

$$m_2 \ddot{x}_2 = f_1 \Delta x_2 + \tau \Delta \dot{x}_2$$

heißen, denn auch bei der Dämpfung kommt es - analog zur Federkraft - auf die Relativkoordinate (Relativgeschwindigkeit) an, nicht auf den Absolutwert.

Dass die Schwingungsgleichung *keine geschlossene Lösung hat*, wie im Text postuliert, ist so nicht richtig: Selbstverständlich gibt es für die Bewegungen des Zweimassenschwingers für bestimmte Randbedingungen geschlossene Lösungen.

Der Hauptgrund für die numerische Lösung besteht eher darin, dass die Federsteifigkeit gemäß Bild 4 nicht konstant ist, sondern durch eine Polylinie beschrieben wird. Vermutlich wird auch die durch den Stoß eingepreßte Deformation $\Delta x_1(t)$ nicht analytisch beschrieben, sondern stammt aus der Lösung für das Fahrzeug-Fahrzeug-System.

Erratum

In VKU 11/1994, p. 312 wird darauf hingewiesen, dass in der Tabelle auf S. 255 links unten die Beschriftung falsch ist. Statt $\Delta v'_1$ und $\Delta v'_2$ soll es Δv_1 und Δv_2 heißen.

Weitere Beiträge zum Thema im VuF

- 1994 #9, 1995 #10 Analyse von Serienkollisionen und Berechnungen der Insassenbeschleunigung im gestoßenen Fahrzeug
- 1999 #6 [Berücksichtigung der Reifenkräfte bei einer Serienkollision](#)

Weitere Infos zum Thema

- Das im Aufsatz dargelegte Formelwerk findet sich auch im Technischen Handbuch zu AnalyzerPro, das unter <https://analyzer.at/de/downloads>, spezifischer https://analyzer.at/content/Handbuecher_und_Sonstiges/DE_Technisches_Handbuch.pdf heruntergeladen werden kann.