

| Rechen - Ergebnis | Wert - Eingabe | P10 - | | Rechen - Ergebnis | Rechen - Ergebnis | Rechen - Ergebnis |
|--|----------------|---|--|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Kfz - Unfall (mit Reibungsarbeit) | | | | |
| <i>keine Eingabe!</i> | Kfz 1 | Kfz 1 <---- Kfz 2 - so positive Richtung | | Kfz 2 | Summe beide Kfz | Summe beide Kfz |
| Blatt 1 Var. 1 | Baum | Kfz-Kollision - als stark schleifender Stoß | | VW Jetta II | <i>keine Eingabe!</i> | <i>keine Eingabe!</i> |
| | 1000000000000 | m-Masse [kg] | | 1030 | Summe A + E | Summe A + E |
| | | VKollisionRelativ [m/s] | | 5,730 | od. Summe B + D | |
| | | k-Faktor - Fixwert: 0,000 | | 0,000 | | |
| 0,000 | | deltavKompression [m/s] | | 5,730 | | |
| 0,000 | | deltavgesamt [m/s] | | 5,730 | | |
| | 0,000 | d-Radstand [m] | | 2,350 | | |
| 0,0 | | IHochachsePKW [kgm ²] | | 1422,0 | | |
| 5901,9 | | SKompression - Stoßantrieb [Ns] | | 5901,9 | | |
| 0,000 | 0,000 | eKompression [m] | | -0,157 | 0,1566 | |
| #DIV/0! | 0,000 | omega `Kompression [1/s] | | 0,650 | -0,650 | |
| 0,00 | | deltaEtranslationKomp [Nm] | | 16908,94 | 16908,94 | |
| #DIV/0! | | deltaErotKomp [Nm] | | 300,35 | #DIV/0! | |
| #DIV/0! | | deltaE(trans+rot)Komp [Nm] | | 17209,29 | #DIV/0! | |
| Nur für Momentanpolkonstruktion (mit Vorbehalt) | | | | | | |
| | | VKollisionTatsächlich = relativ [m/s] | | 0,000 | #DIV/0! | |
| | | Abstand SKfzSchwerp-MMomentanpol=rMomentanpol [m] | | 0,000 | | |
| | | IMomentanpolPKW [kgm ²] | | | 1422,04 | |
| | | omega `MomentanpolKompess. (mit Vorbehalt) [1/s] | | 0,000 | 0,000 | |
| | | eMKompression = n [m] | | 0,000 | #DIV/0! | |
| #DIV/0! | 0,0000 | dmaxBleibend [m] | | 0,6000 | 0,0000 | 0,6000 |
| | 0,00 | C´ [kN/m] | | 125,00 | | |
| 0,0 | | WDeformationKomprC´ [Nm] | | | 22500,0 | 22500,0 |
| 0,000 | 0,000 | deltavKompressionC´ [m/s] | | 0,000 | 6,610 | |
| #DIV/0! | 0,0000 | dk0 [m] | | 0,0000 | #DIV/0! | 0,0000 |
| | 0,00 | C´k0 [kN/m] | | 0,00 | | |
| 0,0 | | WDeformationKompk0 [Nm] | | | 0,0 | 0,0 |
| 0,000 | 0,000 | deltavKompressionk0 [m/s] | | 0,000 | 0,000 | |
| #DIV/0! | 0,0000 | ddynamisch [m] | | 0,0000 | #DIV/0! | 0,0000 |
| | 0,00 | C" dynamisch [kN/m] | | 0,00 | | |
| 0,0 | | WDeformatKompC" dyn [Nm] | | | 0,0 | 0,0 |
| 0,000 | 0,000 | deltavKompressionC" dyn [m/s] | | 0,000 | 0,000 | |

| | | | | | | |
|--|--------------------|---|--|---------|---|-----------------|
| #DIV/0! | 0,0000 | dmaxBleibend [m] | 0,0000 | #DIV/0! | 0,0000 | #DIV/0! |
| | 0,00 | F´ [kN/m] | 0,00 | | | |
| 0,0 | | WDeformationKompF´ [Nm] | | 0,0 | 0,0 | |
| 0,000 | 0,000 | deltavKompressionF´ [m/s] | 0,000 | 0,000 | | |
| #DIV/0! | 0,0000 | ddyn [m] | 0,0000 | #DIV/0! | 0,0000 | #DIV/0! |
| | 0,00 | F"dyn [kN/m] | 0,00 | | | |
| 0,0 | | WDeformationKompF"dyn [Nm] | | 0,0 | 0,0 | |
| 0,000 | 0,000 | deltavKompressionF"dyn [m/s] | 0,000 | 0,000 | | |
| | 0,000 | EES aus Schadensbild [m/s] | 0,000 | | | |
| 0,000 | | WDeformation EES [Nm] | | 0,000 | 0,0 | |
| Insassenbelastung - ungebremst - Kompressionsphase (ohne Rotation) - achten auf VKollision-dieses darf nicht ein fiktiver Wert sein | | | | | | |
| | | VKollisionRelativ [m/s] | | 5,730 | | |
| 0,000 | | delta vKompression [m/s] | | 5,730 | | |
| 0,000 | | v'g(emeinsam) [m/s] | | 0,000 | | |
| 2,865 | | vmkrelKompression (bis v'g) [m/s] | | 2,865 | | |
| 0,00000 | | ddynamisch [m] | | 0,00000 | 0,00000 | ^=ddynbeide [m] |
| 0,0000 | aus F33*2/D6 | delta tKompression (bis v'g) [s] | aus F33*2/D6 | 0,0000 | | |
| #DIV/0! | | amKarossekomp [g] (1g=^ 9,80665 m/s²) | | #DIV/0! | | |
| Insassenbelastung - gebremst - Kompressionsphase (ohne Rotation) - achten auf VKollision-dieses darf nicht ein fiktiver Wert sein | | | | | | |
| Darf nur angewandt werden, wenn a1 < bis= dem a2. Ist a1 größer als a2 muß über das Massenverhältnis umgerechnet werden auf as(Karosse)gemeinsam. | | | | | | |
| Dieses asgemeinsam ist bei B+D einzugeben. Der mittlere Verzögerungswert a ist ein negativer Wert - die Eingabe erfolgt als positiver Wert (ohne -minus-Vorzeichen). | | | | | | |
| Es sind keine Sperrfunktionen eingebaut. Ergebnisse mit der ungebremsten Variante prüfen. Falls starke Abweichungen vorliegen prüfen, ob ein Fehler vorliegt und wo? | | | | | | |
| Die Musterberechnungen samt der dazugehörenden Formeln finden sich in meinem Bericht "Insassenbelastung". | | | | | | |
| 0,000 | 0,000 | amVerzög-positiv eingeben bei B+D [m/s²] | 0,000 | 0,000 | Falls a1 > a2: Eingabe aus Übersicht-lichkeitsgründen auch bei A+E. | |
| 0,000 | Falls a1<a2:falsch | as(Karosse)gemeinsam [m/s²] | Falls a1<a2:falsch | 0,000 | | |
| Falls a1 > a2: Eingabe von as(Karosse)gemeinsam bei B+D! | | VKollisionRelativ o. delta v2Bremsg [m/s] | | 5,730 | | |
| | | delta v2Bremsg. (Erhöhg. v. v2Koll) [m/s] | | 0,000 | | |
| | | v2quer = v2Kollision (bei v1Koll=0) [m/s] | | 5,730 | | |
| 0,000 | | delta vKompressioneffektiv [m/s] | | 5,730 | | |
| 0,000 | | v'g(emeinsam)quer [m/s] | | 0,000 | | |
| 2,865 | | vmkrelKompression (bis v'gquer) [m/s] | | 2,865 | | |
| 0,00000 | | ddynamisch [m] | | 0,00000 | 0,00000 | ^=ddynbeide [m] |
| 0,0000 | | delta tKompressionquer (bis v'gquer) [s] | | 0,0000 | | |
| #DIV/0! | | amKarossekompEffektiv=am 1 [g] | | #DIV/0! | | |
| Umrechnung von dmaxbl, dk0, ddyn [m] | | | Reihe A B C senkrecht gehört jeweils zusammen | | | |

| | | | | | | |
|---|--|--|--------------------|--|---------------------------------|---------------------------------------|
| Ergebnis | Eingabe | 0,000 | k0(dvRestitution) | k0 = 1 - (dk0/ddyn) | | |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | dmaxbl [m] | | | |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | dk0 = d0 [m] | | | |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | ddyn [m] | | | |
| diverse Umrechnungen - C', C' k0 und C''dyn für volle Breite! | | | | | | |
| Ergebnis | Eingabe | Eingabe | | | | |
| Eingabe | Ergebnis | 0,000 | k-Faktor = k1 | | | |
| | | 0,000 | k2-Faktor = k2 | | | |
| | 0,000 | | k0(dvRestitution) | k0 = 1 - (dk0/ddyn) | | |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | C' [kN/m] | | | |
| 0,00 | 0,00 | Ergebnis | C' k0f.v.Br [kN/m] | C' k0 für volle Breite [kN/m] = C''dyn [kN/m]/(1-k0)^2 | | |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | Ck1''dyn [kN/m] | | | |
| | 0,00 | 0,00 | Ck2''dyn [kN/m] | | | |
| | | 0 | m [kg] | | | |
| #DIV/0! | 0,000 | | deltavKomp [m/s] | | | |
| 0,0000 | #DIV/0! | | dk0Offs 40% [m] | | | |
| Berechnung der Energieänderung in der Kompressionsphase | | | | | | |
| 1 - Reibungsarbeit Kfz/Kfz in der Kompressionsphase (mit Einschränkungen für Kollision mit Baum ohne Rotation um diesen auch verwendbar - eventuell hier dann richtigerweise als 'Roll'-Widerstand zu bezeichnen anstelle Reibungsarbeit; bzw. als Wutzelarbeit in der Berührfläche in der Längsrichtung) - eine Momentanpolkonstruktion ist nicht erlaubt. Die Festlegung der Berühnormalen ist sehr heikel; ist beim Baum nicht senkrecht auf die Berührfläche - hier | | | | | | |
| Kfz 1 | deformierte Fläche - anzusetzen. Beim Baum ist die Berührfläche nicht die | | | Kfz 2 | Längsrichtung der Deformation - | |
| Baum | es ist aber alles auf diese Fläche zu beziehen und heißt auch hier Berührfläche. | | | VW Jetta II | Summe beide Kfz | Summe beide Kfz |
| Ergebnis | Eingabe | | Eingabe | Ergebnis | Ergebnis | Ergebnis |
| 5901,90 | | SKompression = StoßantriebKompression [Ns] | | 5901,90 | Summe A + E | Summe F = F |
| | | Reibungskegel rho zur Berühnormalen [°] | 8,0 | | | |
| | | mittlere Gleitreibungszahl mü | | 0,1405 | | |
| 5844,46 | | SKompression senkrecht auf Berührfläche [Ns] | | 5844,46 | | |
| mittlere Geschwindigkeit VmKfz-Schwerpunkt in der Kompressionsphase - in der mittleren Impulsrichtung - aus der mittleren Richtung von Impuls pEinlauf und Impuls pEndeKompression - bei graphischer Ermittlung durch Halbieren des SKompression - (aus: Impuls p = m*v - daraus v errechnen), dann Zerlegung dieser mittleren Geschwindigkeit in die Komponente in die Wirkungslinie der Berührfläche [m/s] | | | | | | |
| | 0,000 | | 3,730 | <---- Wert 1,0 bei keiner Berechnung fiktiv eingeben, da sonst | | |
| daraus Errechnung von VmKompressionRelativ in der gleichen Wirkungslinie der Berührfläche [m/s] | | | | | 3,7300 | Wert 1,0 bei keiner Berechnung fiktiv |
| gesamte relative Wegstrecke in der Kompressionsphase in der Wirkungsrichtung der Berührfläche (beide Kfz in Summe) - bezogen auf den Kfz-Schwerpunkt (bei keiner Rotation) [m] | | | | | 0,645 | <---- eingeben, da |
| deltatKompression = deltatStoß (da k = 0,00) [s] | | | | | 0,17292 | sonst Division durch 0! |

| | | | | | | |
|--|---------|---|---------|--|-----------------|--|
| 33798,21 | | mittlere Normalkraft Fm senkrecht auf Berührfläche [N] | | 33798,21 | | |
| sReibungslänge auf der Berührfläche - von der gesamten relativen Wegstrecke in der Kompressionsphase in der Wirkungsrichtung der Berührfläche (beide Kfz in Summe) - (bezogen auf den Kfz-Schwerpunkt) - ist eine gewisse Deformationstiefe des Fahrzeuges abzuziehen - während der Kompressionsphase wird das andere Fahrzeug (oder beide) zurückgestaucht - dieses sReibungslänge ist somit um diese Rückstauchung zu reduzieren, nämlich von srelgesKfz-Schwerpunkt in der Wirkungsrichtung der Berührfläche, beim Baum um einen Teil der | | | | | | |
| 0,00 | 0,000 | Baumrundung (Teil vom Baumradius) [m] | 0,640 | 0,640 | 0,640 | |
| | | WReibung auf der Berührfläche [Nm] | | 3040,02 | 3040,0 | 3040,0 |
| Baum | | | | | | |
| 2-Reibungsarbeit Kfz durch Baum bei Rotation um diesen-in der Kompressionsphase | | | | VW Jetta II | Summe beide Kfz | Summe beide Kfz |
| Ergebnis | Eingabe | | Eingabe | Ergebnis | Ergebnis | Ergebnis |
| | | SKompression = StoßantriebKompression [Ns] | | 5901,90 | Summe A + E | Summe F = F |
| | | Reibungskegel rho zur Berührnormalen [°] | 0,0 | | | |
| | | mittlere Gleitreibungszahl mü | | 0,0000 | | |
| mittlere Geschwindigkeit VmKfz-Schwerpunkt in der Kompressionsphase - in der mittleren Impulsrichtung - aus der mittleren Richtung von Impuls pEinlauf und Impuls pEndeKompression - bei graphischer Ermittlung durch Halbieren des SKompression - (aus: Impuls p = m*v - daraus v errechnen), dann Zerlegung dieser mittleren Geschwindigkeit in die Komponente in die Wirkungslinie der Berührfläche [m/s] | | | | | | |
| | | | 1,000 | <---- Wert 1,0 bei keiner Berechnung fiktiv eingeben, da sonst | | Division durch 0! |
| gesamte relative Wegstrecke in der Kompressionsphase in der Wirkungsrichtung der Berührfläche - bezogen auf den Kfz-Schwerpunkt - bei keiner Rotation des Kfz [m] | | | | | | |
| | | | | | 1,000 | Wert 1,0 bei keiner |
| | | deltatKompression = deltatStoß (da k = 0,00) [s] | | | 1,00000 | <---- Berechnung fiktiv eingeben, da sonst |
| | | mittlere Normalkraft Fm [N] | | 5901,90 | | Division durch 0! |
| | | Drehwinkel des Kfz um den Baum [°] | 0,0 | | | |
| | 0,00 | Baumdurchmesser [m] | | | | |
| | | WReibung auf der Berührfläche mit Baum bei Kfz-Drehung um Baum [Nm] | | 0,00 | 0,0 | 0,0 |
| Baum | | | | | | |
| Hubarbeit Kfz in der Kompressionsphase | | | | VW Jetta II | Summe beide Kfz | Summe beide Kfz |
| Ergebnis | Eingabe | | Eingabe | Ergebnis | Ergebnis | Ergebnis |
| | 0,000 | Hubhöhe [m] | 0,100 | | Summe A + E | Summe F = F |
| 0,00 | | Hubarbeit [Nm] | | 1010,08 | 1010,08 | 1010,08 |
| Baum | | | | | | |
| diverse Arbeit Kfz in der Kompressionsphase | | | | VW Jetta II | Summe beide Kfz | Summe beide Kfz |
| Ergebnis | Eingabe | | Eingabe | Ergebnis | Ergebnis | Ergebnis |
| | 0,000 | | 0,000 | | Summe A + E | Summe F = F |
| | 0,000 | | 0,000 | | | |
| | 0,000 | | 0,000 | | | |
| | 0,000 | | 0,000 | | | |

| Kfz 1 | | Energiebilanz über die Kollision mit den ABSOLUTWERTEN | | Kfz 2 | | |
|---|---|---|----------|-------------|------------------|-----------------|
| Baum | Bei Kollisionsbeginn = Eingangsenergie | | | VW Jetta II | Summe beide Kfz | Summe beide Kfz |
| Ergebnis | Eingabe | | Eingabe | Ergebnis | Ergebnis | Ergebnis |
| | 0,0000 | VKollision (Geschwindigkeit) [m/s] | 6,9400 | | Summe A + E | Summe F = F |
| | 0,000 | omega0 (Rotation) [1/s] | -0,560 | | oder Summe B + D | |
| 0,00 | | Etranslation [Nm] | | 24804,25 | 24804,25 | |
| 0,00 | | Erotation [Nm] | | 222,98 | 222,98 | |
| 0,00 | | E(translation+rotation) [Nm] | | 25027,23 | 25027,23 | |
| | 0,00 | Ediverses [Nm] | 0,00 | | 0,00 | |
| 0,00 | | Eingangsenergie Egesamt [Nm] | | 25027,23 | 25027,23 | 25027,23 |
| gesamte Energieänderung in der Kompressionsphase in Summe beider Kfz = muß gleich sein der Summe WDeformationKompression beide Kfz | | | | | | |
| 0,00 | | deltavTranslation in Kompression [m/s] | | 5,73 | | |
| 0,00 | | deltaETranslation in Kompression [Nm] | | 16908,94 | 16908,94 | |
| | 0,000 | delta omega in Kompression [1/s] | -0,650 | | | |
| 0,00 | | deltaERotation in Kompression [Nm] | | 300,41 | 300,41 | |
| 0,00 | | deltaE(translation+rotation) in Kompression [Nm] | | 17209,35 | 17209,35 | 17209,35 |
| 0,00 | | WReibungsarbeit Kfz/Kfz (Kfz/Baum - mit Einschränkung) - in Kompression [Nm] | | 3040,02 | 3040,02 | 3040,02 |
| | | WReibungsarbeit am Baum bei Drehung um Baum - in Kompression [Nm] | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,00 | | WHubarbeit Kfz in Kompression [Nm] | | 1010,08 | 1010,08 | 1010,08 |
| | 0,00 | WdiverseArbeit Kfz in Kompression [Nm] | 0,00 | | 0,00 | 0,00 |
| | 0,00 | diverses in Kompression [Nm] | 0,00 | | 0,00 | 0,00 |
| 0,00 | | dEges(tr+rot+Reib+Hub+div) in Kompression [Nm] | | 21259,45 | 21259,45 | 21259,45 |
| 0,00 | | deltavKompression aus deltaEgesKompression [m/s] | | 6,42 | | |
| | 0,00 | WDeformationKompression [Nm] | 22500,00 | | 22500,00 | 22500,00 |
| Bei Kollisionsende = Ausgangsenergie, + Deformationsarbeit Kfz (Schadensbild) | | | | | | |
| | 0,0000 | V´(Auslauf) [m/s] | 1,5050 | | | |
| | 0,000 | omega´Kompression [1/s] | -1,210 | | | |
| 0,000 | 0,000 | omega´(Auslauf) [1/s] | -1,210 | -1,210 | | |
| 0,00 | | E´ translation [Nm] | | 1166,49 | 1166,49 | |
| 0,00 | | E´ rotation [Nm] | | 1041,01 | 1041,01 | |
| 0,00 | | E´(translation+rotation) [Nm] | | 2207,50 | 2207,50 | |
| | 0,00 | WDeformationKompression [Nm] | 22500,00 | | 22500,00 | |
| 0,00 | | WDeformationBleibendQuerquer [Nm] = WDeformationKompression abzüglich WDefRestitutionsausk-Faktoru.WDefKomp | | 22500,00 | 22500,00 | |
| | 0,00 | E´diverses ? [Nm] | 0,00 | | 0,00 | |

| | | | | |
|------|--|----------|----------|----------|
| 0,00 | Ausgangsenergie E'gesamt, + Deformationsarbeit Kfz (Schadensbild) [Nm] | 24707,50 | 24707,50 | 24707,50 |
|------|--|----------|----------|----------|

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 ω ergibt, ist $V_{KollisionRelativ}$ entsprechend um so viel zu vergrößern, dass die Energiebilanz stimmt. Oben, in der Impulsrechnung, wird das $\Delta v_{Kompression}$ für einen exakt linearen Vollstoß gerechnet. Wenn kein solcher vorliegt, sondern ein Teilstoß, ist $V_{KollisionRelativ}$ um so viel zu vergrößern, dass sich das $\Delta v_{Kompression}$ des Vollstoßes ergibt. Oder der Weg ist umzudrehen. Nämlich, $\Delta v_{Kompression}$ zu verkleinern, was aber auch ein kleineres ω ergibt (siehe mein Seminarbeispiel 1). Falls ω_0 ungleich 0 ist, ist bei der Berechnung von $\Delta\omega$ auf das entsprechende Vorzeichen zu achten.

Berechnung der Reibungsarbeit bei "stark schleifendem Stoß" bei hoher Relativbewegung unter Gleitung, oder bei einer Baumkollision:

Der k-Faktor ist für die Berechnung mit 0,00 anzusetzen. Daraus folgt, dass es nur die Kompressionsphase gibt. Es gibt somit keine Restitutionsphase.

Es wird unterstellt, dass in der Kompressionsphase keine Rotation eingetreten ist.

Für eine Übereinstimmung in der Energiebilanz - Eingangsenergie = Ausgangsenergie + Deformationsarbeit Kfz (Schadensbild) - ist zu beachten, dass in der Ausgangsenergie die gesamte Energieänderung in der Kollisionsphase mit beinhaltet ist. Die gesamte Energieänderung in der Kollisionsphase entspricht dem Schadensbild der beiden Fahrzeuge in Summe.

Sie entspricht der Summe der gesamten Deformationsarbeit in der Kollisionsphase beider Fahrzeuge.

Bei dem Berechnungssystem Kollision Kfz/Kfz darf nicht eine Kollision um einen Momentanpol gerechnet werden.

Eventuell wäre richtigerweise bei der Baumkollision die Reibungsarbeit als Widerstandsarbeit zu bezeichnen. Deshalb darf der μ -Wert nicht zu hoch angesetzt werden.

Bei einer Baumkollision ohne Rotation um diesen Baum wäre eventuell die Reibungsarbeit richtigerweise als Widerstandsarbeit zu bezeichnen (bzw. als Wutzelarbeit in der Berührfläche in Längsrichtung). Es wäre eventuell zu vergleichen mit dem Rollwiderstand eines drehenden Rades, als "Rollende Reibung (Rollwiderstand)" (siehe Dubbel I, 11. Auflage, Seite 206)?

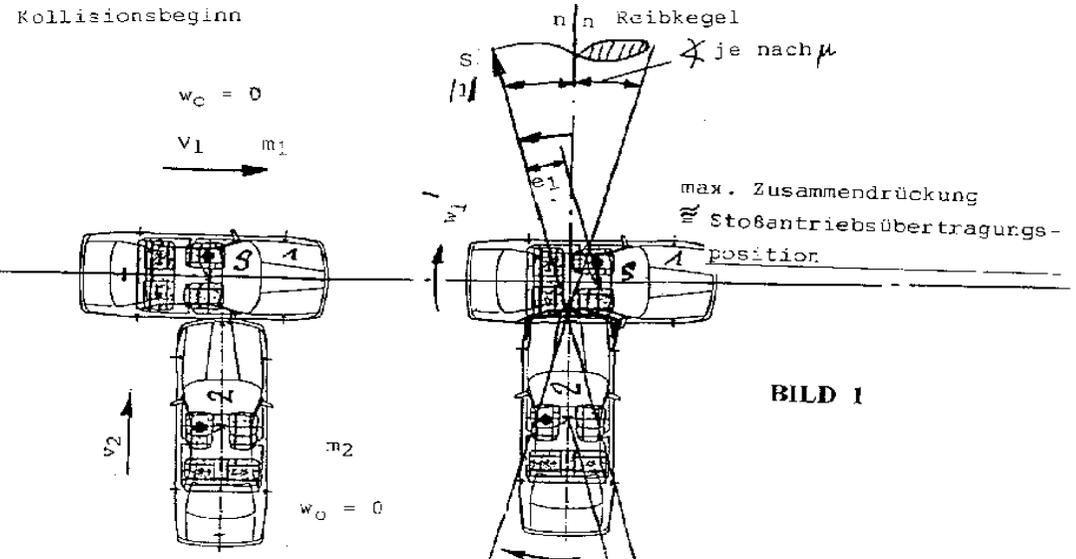
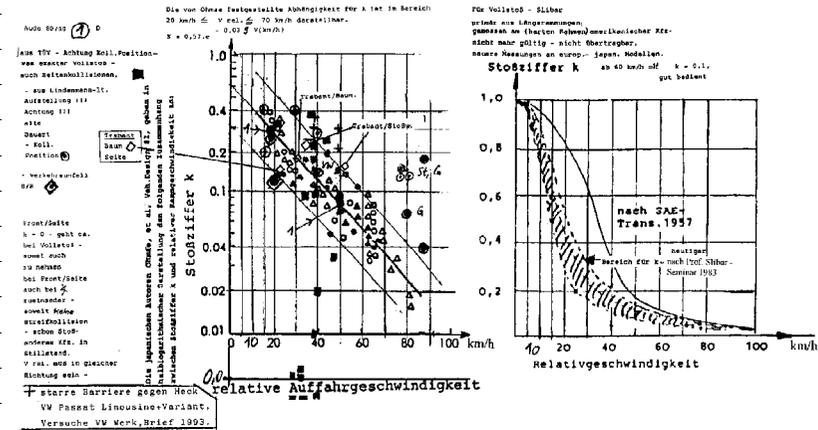
Die Senkrechte Kraft (mittlere Normalkraft F_m senkrecht auf Berührfläche - so von mir bezeichnet - [N]) wirkt in der Mitte (ca. ? - lt. mir) der halben Eindringungsfläche (bei der Baumkollision).

Betreffend der Berechnung der Insassenbelastung ist ein anderes Berechnungssystem anzuwenden.

System Ing. W. Huber Stand:07.08.2008

© Copyright. Alle Rechte vorbehalten.

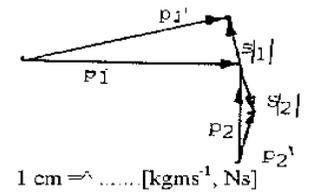
1 m/s = \wedge 3,6 km/h



max. Zusammendrückung \approx Stoßantriebsübertragungsposition - nur idealisiert, falls k-Faktor = 0 und e = const.
 Richtig: nicht zeitlos und bei $k > 0$
 Unterteilung in Kompression und Restitution.
 (Näheres in meinem Bericht: „Rotation in der Kollisionsphase“).

Impulsdiagramm
 Stoßantriebsbalancediagramm
 System Prof. Slibar

- $p = m \cdot v$ Einlaufimpuls [kgms⁻¹]
- $p' = m \cdot v'$ Auslaufimpuls [kgms⁻¹]
- S Stoßantrieb [Ns]
- m Masse [kg]
- v Geschwindigkeit [m/s]
- ω Winkelgeschwindigkeit [s⁻¹]
- e Hebelarm [m]



Computerbezeichnung: FORMELN

