

ING. WOLFGANG HUBER
Ingenieur- und Sachverständigenbüro für
Kfz-Schäden, Unfallanalyse und Unfallforschung
A 3100 St. Pölten, Fuchsenkellerstraße 22

Büro: Tel. / Fax: +43 / (0) 27 42 / 36 43 52 Handy: 06 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
Computerbezeichnung: Seitenkraftschlußbeiwert Ing. W. Huber © Copyright. Alle Rechte vorbehalten.

„Bericht“ über:

Seiten - Kraftschlussbeiwert zwischen Reifen und Fahrbahn,
mittlere Winkelverzögerung

bei PKW-Rotation am Auslaufweg auf Grund einer vorangegangenen Kollision

(Abhängigkeit vom gesamten Rotationswinkel und Verzögerungswert)

Diagramme in Farbe

ING. WOLFGANG HUBER
 Ingenieur- und Sachverständigenbüro für
 Kfz-Schäden, Unfallanalyse und Unfallforschung
A 3100 St. Pölten, Fuchsenkellerstraße 22

Büro: Tel. / Fax: +43 / (0) 27 42 / 36 43 52 Handy: 06 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
 Computerbezeichnung: Seitenkraftschlussbeiwert Ing. W. Huber © Copyright. Alle Rechte vorbehalten.

St. Pölten, Frühjahr 1995
 ergänzt am 21.04.2001, überarbeitet 06.2003, überarbeitet 02.2012.

Seiten - Kraftschlussbeiwert zwischen Reifen und Fahrbahn
bei PKW-Rotation am Auslaufweg auf Grund einer
vorangegangenen Kollision

Bei einer Kollision von Kraftfahrzeugen kommt es meistens zu einer Rotation um die Hochachse des oder der kollidierten Kraftfahrzeuge.

Bisher wusste man aus der Literatur nur, dass in der Energiebetrachtungsformel ((2) des Artikels) der Seitenkraftschlussbeiwert $\mu_{s\text{Quer}}$ nicht zu groß angesetzt werden darf. Es gibt aber in der Literatur keinen Hinweis darauf, in welchem Bereich dieser Kraftschlussbeiwert $\mu_{s\text{Quer}}$ bei einer entsprechenden Rotation des Fahrzeuges um die Hochachse unter Zugrundelegung eines Rotationswinkels (eines Drehwinkels ϕ) angesetzt werden kann.

Der Artikelverfasser hat nach entsprechenden wissenschaftlichen Forschungen auf Grund der Auswertung einer größeren Anzahl von realen Crash-Tests einen Zusammenhang zwischen Kraftschlussbeiwert, Drehwinkel, Drehzeit und Winkelverzögerung herstellen können.

$$\mu_s = \mu_{s\text{Quer}} = \text{mittlerer - genützter, verbrauchter } \mu_s\text{-Wert}$$

Aus dem Bild 1, einem Übersichtsbild, ergibt sich, dass bei Rekonstruktion eines Verkehrsunfalles bzw. einer Kollision zwischen Kraftfahrzeugen (hier im Beispiel zweier PKWs) immer wieder von der grundsätzlichen Unfallmechanik auszugehen ist.

Es ist zu unterscheiden zwischen Kollisionsbeginposition und zwischen jener Position, wo die maximale Zusammendrückung erfolgt \cong Stoßantriebsübertragungsposition.

Über den Zusammenhang mit dem Reibkegel ergibt sich, dass man abweichend von der Berührnormalen, soweit diese auch tatsächlich gefunden werden kann, exakt zu einer Stoßantriebsrichtung kommt. Der Reibkegel ist seinerseits abhängig vom Reibbeiwert bzw. vom Reibungskoeffizienten μ an den berührenden Stellen, je nach Kollisionsschwere und Art der Übertragung des Stoßantriebes (z. B. Reibung oder allenfalls Verhakung).

Die Reibung wirkt der Bewegung entgegen: Siehe Bild 1.

Aus dem Bild 1 ergibt sich, dass sowohl das Fahrzeug 1, als auch das Fahrzeug 2, in eine Rotation im Uhrzeigersinn versetzt werden, und zwar jeweils um die Fahrzeughochachse.

Es ist bei der Gesamtenergiebetrachtung (Formel (1) des Artikels) eine gesamte Energiebilanz vorzunehmen. In dieser Energiebilanz findet sich auch die Verformungsenergie (Verformungsarbeit), nämlich die Bewertung des Schadensbildes für beide Stoßpartner ($W_{\text{Def ges.}}$ bzw. $W_{\text{Def GesBleibendQuerquer}}$).

Wenn man nun die gesamte Verformungsenergie weiß, ist es aber auch wesentlich, die Rotationsenergie zu kennen, wenn diese eine entsprechende Größe hat.

Von Bedeutung wird dies z.B. bei Kollisionen mit geringer Intensität, bei denen der vektorielle Geschwindigkeitsänderungswert aus der Translation heraus nicht sehr groß ist, wohl aber die Rotationsenergie (z.B. großer Hebelarm bei einem Fahrzeug), so dass dann die Gesamtenergie betrachtet werden muss.

Bei der Überprüfung über die Energiebetrachtung kann sich ergeben, dass der Stoßantrieb zu groß gewählt wurde.

Aus der Überlegung des Stoßantriebes sowie des Antriebsbalancediagramms (System Prof. Slibar), ergibt sich, dass man zu überprüfen hat, ob die Winkelgeschwindigkeit um die Hochachse, also die Rotationsgeschwindigkeit, des entsprechenden Fahrzeuges, auch zur Auslaufstrecke und zur Auslaufzeit im Einklang steht.

Dazu ist es aber erforderlich, den Seitenkraftschlussbeiwert zwischen Reifen und Fahrbahn eingrenzen zu können, um dann mit Hilfe der Formeln dieses Artikels die entsprechenden Anhaltspunkte zu gewinnen. Dies wird später noch näher erläutert.

Der Verfasser hat Crashversuche ausgewertet:

Unfallversuche Burg/Lindenmann (Tabelle 1), weiter Veröffentlichungen aus Fachzeitschriften.

All diese Crashversuche fanden auf trockener, griffiger Fahrbahn statt.

Zur theoretischen Betrachtung der Rotationsgeschwindigkeit eines Fahrzeuges, das in eine Kollision hineingelangt und um die Hochachse rotiert (z. B. Überbremsung), kann man in gewissen Grenzen auch die Überlegungen über den Auslaufweg verwenden. Hier kann man dann auch über die Arbeit der Reifen auf der Fahrbahn zu einer Winkelgeschwindigkeit bei der Kollision kommen. Es ergibt sich, wie dies der Verfasser rein theoretisch im Diagramm 1 dargestellt hat, eine Winkelgeschwindigkeit bei gleichmäßiger Winkelbeschleunigung auf einen bestimmten Wert und Abbau bei gleichmäßiger Winkelverzögerung (jeweils Mittelwerte unterstellt) auf eine Winkelgeschwindigkeit gleich 0. Daraus ergibt sich über die Formel (9) entweder die Winkelgeschwindigkeit oder die Winkelbeschleunigung und Winkelverzögerung, wenn man den Zeitbedarf kennt.

Aus dem Diagramm ergibt sich:

- 1.) Je größer die Verzögerung am Auslaufweg des Fahrzeuges ist, um so größer ist der Seitenkraftschlussbeiwert $\mu_{s, \text{Quer}}$;
- 2.) je größer der Drehwinkel (der Rotationswinkel) des Fahrzeuges ist, um so größer ist der Wert $\mu_{s, \text{Quer}}$.

Im Diagramm 4 wurde nun über alle $\mu_{s, \text{Quer}}$ -Werte eine Einhüllgerade und eine Mittelwertgerade für die Versuche und eigenen Ergebnisse gesucht. Eindeutig ist hier eine ansteigende Gerade ersichtlich, d.h.: je größer der Drehwinkel φ , um so größer ist $\mu_{s, \text{Quer}}$.

Theoretische Überlegungen bzw. Berechnungen bzw. Rückschlüsse aus μ (μ)_{sQuer} (drehwinkelabhängig):

Zusammenfassung:

Die Kenntnis des Kraftschlussbeiwertes μ (μ)_{sQuer} sowie der mittleren Winkelgeschwindigkeitsverzögerung, jeweils über den Drehwinkel, stellt für die Unfallrekonstruktion ein wertvolles Hilfsmittel dar. Sie ermöglicht es, die Unfallrekonstruktion genauer durchzuführen und gewisse Kontrollberechnungen anzustellen, ob das errechnete Ergebnis auch unfallmechanisch möglich ist oder nicht.

Sehr wichtig erscheint dabei die Betrachtung der gesamten Energieänderung mit der gesamten Verformungsarbeit, die Überprüfung dieser Werte und die Überprüfung der Berechnung laut Stoßantriebsbalancediagramm System Prof. Slibar mit der Formel (20).

Nach Auffassung des Verfassers ist es bei entsprechenden Rotationsgeschwindigkeiten unbedingt erforderlich, auch die Winkelgeschwindigkeit einerseits in der Energiebilanz, aber auch andererseits in der gesamten Betrachtung mit zu berücksichtigen. Dasselbe gilt für den Reibkegel.

Auf die Formelumwandlungen darf verwiesen werden. Die Umwandlungen wurden so gewählt, dass die jeweilige Formel relativ einfach und entsprechend kurz ausgefallen ist.

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

Das Werk beruht größtenteils auf Informationen Dritter. Fehler (auch Übersetzungsfehler von der einen Sprache in die andere Sprache) und Irrtümer sind nicht ausgeschlossen. Es wird darauf hingewiesen, dass im Gesamten für die Richtigkeit des Werkes keine Gewähr übernommen werden kann, es ist unverbindlich; aus einer allfälligen Unrichtigkeit kann keine wie immer geartete Haftung begründet werden.

Wie allgemein üblich wird auf folgendes hingewiesen:

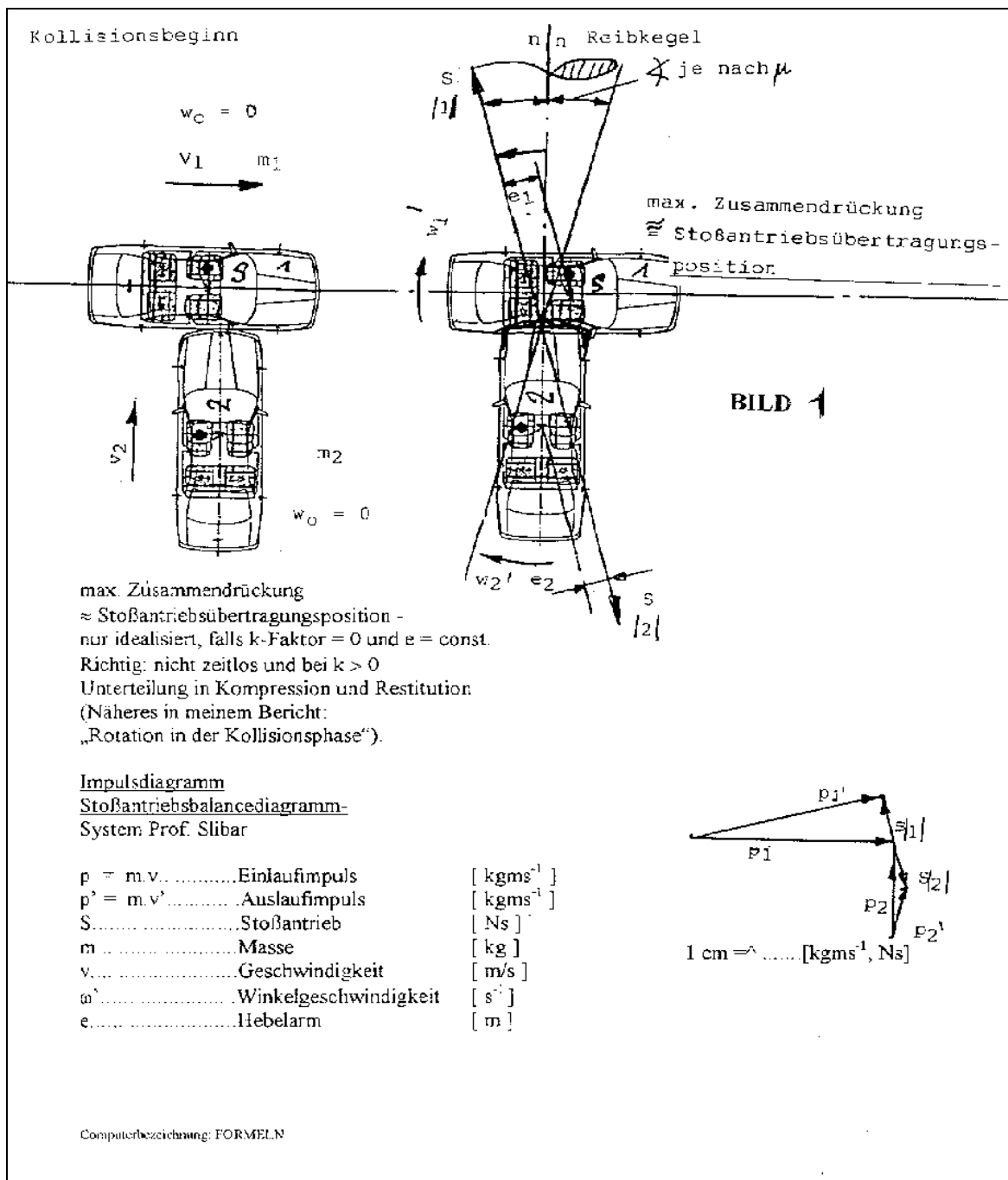
Nachdruck bzw. Vervielfältigung von allem, auch auszugsweise, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Datenverarbeitungssystemen bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung des Herausgebers. Die Gesamtheit des Berichtes bzw. des Werkes,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

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

Erfüllungsort und Gerichtsstand ist: A - 3100 St. Pölten

Ing. W. Huber © Copyright. Alle Rechte vorbehalten.

Literaturnachweis: Unfallversuche, Burg/Lindenmann
Verlag Information GmbH



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 Kfz-Schäden, Unfallanalyse und Unfallforschung

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

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

Betriebssystem: Microsoft - Windows 98, Word - Version 6.0; erforderlicher Mindestarbeitspeicher: 256 MB.

Eingestellt auf Drucker „HP Laser Jet 1100“.

Ing. Wolfgang Huber © Copyright. Alle Rechte vorbehalten.
