

F/S- E_{Def} -Verfahren

Ermittlung der Gesamtdeformationsenergieaufnahme von zwei Unfallfahrzeugen auf Basis von vereinfachten Kraft-Weg-Kennungen aus Crashtestdaten

von Manfred Becke, Severin Schlottbom *

Verschiedene Tests mit Sachverständigen haben gezeigt, dass Schätzungen von EES-Werten ohne Zuhilfenahme von Vergleichscrashtests sehr große Bandbreiten der Ergebnisse zur Folge haben. Werden daher Crashtestergebnisse von einzelnen Fahrzeugen herangezogen, bedeutet dies jedoch keineswegs, dass man für beide beteiligten Unfallfahrzeuge die sich bietenden Crashtestergebnisse direkt übertragen kann. Vielmehr ist das newtonsche Grundgesetz „*actio = reactio*“ zu beachten.

In diesem Aufsatz wird ein Verfahren gezeigt, wie man zwei vereinfachte Kraft-Weg-Kennungen anhand von Crashtestdaten erzeugt und damit unter Beachtung gleich hoher Maximalkräfte die Gesamtdeformationsenergie für beide Fahrzeuge bestimmt. Besonders wertvoll wirkt sich dieses Verfahren bei stark unterschiedlichen Fahrzeugsteifigkeiten aus, das heißt bei Beteiligung von Geländewagen und Nutzfahrzeugen.¹

1 Einleitung

In der Unfallanalyse ist eine möglichst genaue Bestimmung der bei einer Kollision aufgenommenen Deformationsenergien von zentraler Bedeutung, lassen sich daraus nicht zuletzt kollisionsmechanische Parameter, wie vor allem die Relativgeschwindigkeit und die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung der Fahrzeuge bestimmen. Letztere ist gerade in der zivilen Rechtsprechung bei Schadenersatzansprüchen aufgrund der physischen Belastung eines verunfallten Insassen von großer Relevanz.

In der Praxis werden die Fahrzeugbeschädigungen häufig durch Angabe eines EES-Wertes quantifiziert, der in der Regel vom Sachverständigen anhand seiner Erfahrung abgeschätzt wird. Dabei werden jedoch häufig Einflüsse der Fahrzeugpaarung, wie

Massenverhältnisse und unterschiedliche Konstruktionen beziehungsweise Struktursteifigkeiten, nicht ausreichend gewürdigt oder gar vollständig außer Acht gelassen. Besser gelingt eine Angabe von EES-Werten durch visuellen Vergleich der Unfallschäden mit Crashtestergebnissen. In den meisten Fällen sind trotz einer Vielzahl existenter Wandaanprallversuche in den weltweit verfügbaren Crashtestdatenbanken aufgrund der großen Variationsmöglichkeiten der Unfallkonstellation keine exakt auf das Unfallgeschehen übertragbaren Fahr-

zeug/Fahrzeug-Versuche vorhanden. Man muss dann auf Einzelversuche gegen fest stehende Hindernisse zurückgreifen. Allerdings ist eine Verknüpfung dieser Einzelversuche ungeprüft nicht möglich.

2 EES-Schätzung ohne visuellen Vergleich

Von EES-Schätzungen ohne einen visuellen Vergleich mit Crashtestergebnissen ist generell abzusehen, da trotz gewissenhafter Vorgehensweise und substanziellem Wissen über das Verformungsverhalten von verschiedenen Fahrzeugen selbst einem erfahrenen Sachverständigen grobe Fehleinschätzungen bei der Zuordnung einer EES unterlaufen können. Dazu wurde 2007 eine Befragung von 54 Sachverständigen durchgeführt, die den jeweiligen Schaden einer Fahrzeug/Fahrzeug-Kollision, vergleiche **BILD 1** bis **BILD 3**, über EES-Werte benennen sollten [1]. Dieser Crashtest konnte der Datenbank von *crashtest-service.com* entnommen werden, sodass die genauen Versuchsparameter bekannt waren.



BILD 1: Vergleichsversuch eines versetzten Heckaufpralls zur EES-Schätzung

FIGURE 1: Comparative test as an offset rear impact for the estimation of EES values

¹ Überarbeitete Fassung eines Vortrags, gehalten auf der EVU-Tagung 2014 in Kopenhagen.



BILD 2: Stoßendes Fahrzeug (VW Golf II)
FIGURE 2: Impacting vehicle (VW Golf II)



BILD 3: Gestoßenes Fahrzeug (VW Golf II)
FIGURE 3: Impacted vehicle (VW Golf II)

Die Ergebnisse der Schätzungen in **BILD 4** und **BILD 5** zeigen, dass die von den Experten genannten Werte eine immens große Streuung aufweisen. Nicht einmal die Hälfte aller Schätzungen hätte selbst unter Einbeziehung von Toleranzen zur tatsächlichen Relativgeschwindigkeit geführt, was sich trivialerweise auch auf alle darauf aufbauenden Berechnungen negativ ausgewirkt hätte. Das Resultat dieser fehlerhaften Einschätzungen wären also falsche Ergebnisse in den Gutachten, was für den Sachverständigen wie auch für die Prozessparteien einen sehr unbefriedigenden Zustand darstellt. Eine ähnliche Studie wurde auch von Kohút et al. durchgeführt, mit vergleichbaren Ergebnissen [2].

3 EES-Bestimmung unter Berücksichtigung von Crashtests

Mit der Durchführung eines Versuchs zu einer Streitgegenständlichen Kollision steht den Sachverständigen ein mächtiges Instrument bei der Rekonstruktion des Unfalls zur Verfügung. Aufgrund der damit verbundenen Kosten wird in der Regel aber darauf verzichtet. Der visuelle Vergleich mit bestehenden Crashtests ist bei guter Übereinstimmung jedoch auch ein probates Hilfsmittel.

Zu den oben genannten Fahrzeugen sind in **BILD 6** und **BILD 7** die Ergebnisse von adäquaten Vergleichsversuchen gezeigt. Auf Grundlage dessen ist für

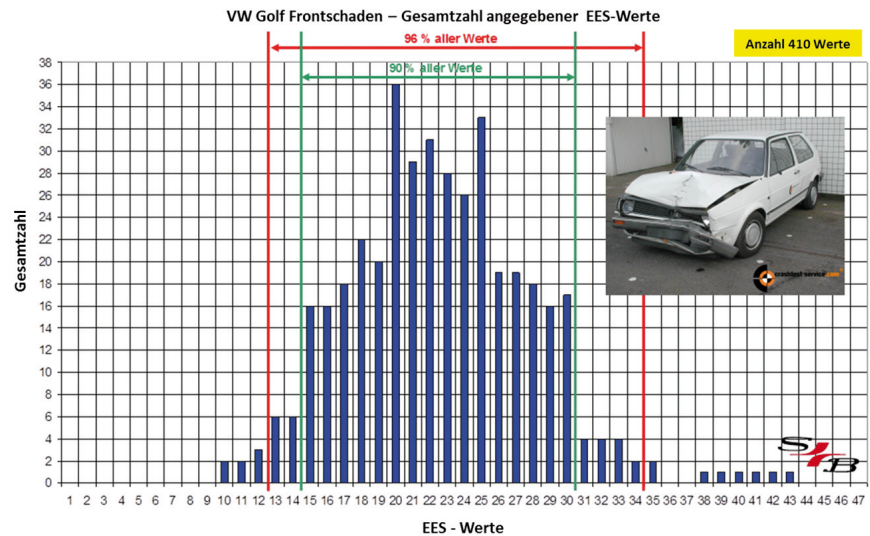


BILD 4: EES-Schätzung zum Frontschaden
FIGURE 4: Estimation of EES values for frontal damage

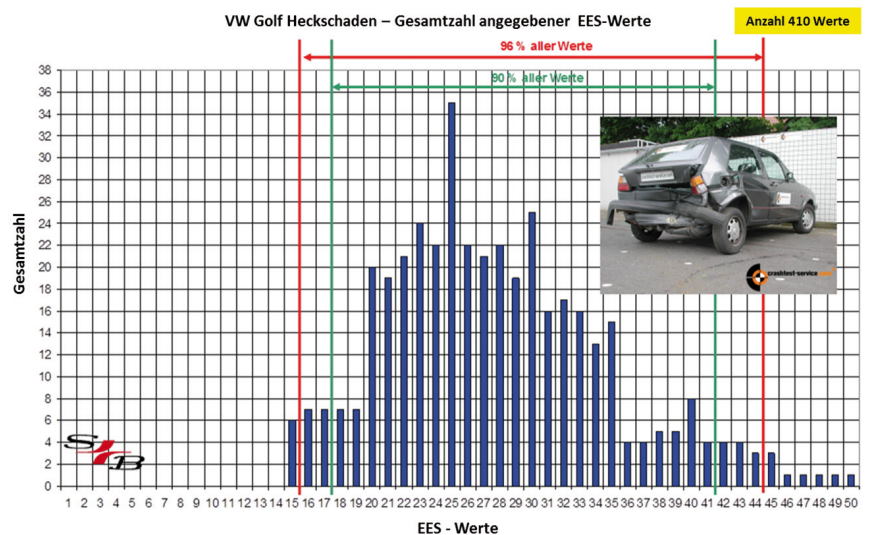


BILD 5: EES-Schätzung zum Heckschaden
FIGURE 5: Estimation of EES values for rear damage



BILD 6: EES-Vergleichsversuch zum Frontschaden (26,6 km/h)
FIGURE 6: EES comparative tests (front 26.6 km/h)



BILD 7: EES-Vergleichsversuche zum Heckschaden (25,2 km/h)
FIGURE 7: EES comparative tests (rear 25.2 km/h)

den stoßenden VW Golf eine EES von 20–28 km/h festzulegen, während demgegenüber der gestoßene VW Golf mit einer EES von 17–20 km/h beschrieben werden kann. Damit berechnet sich eine Relativgeschwindigkeit, die mit der tatsächlich gefahrenen Relativgeschwindigkeit innerhalb des Toleranzbereiches übereinstimmt.

Die grundsätzliche Beziehung von Crashversuchen ist daher dringend angeraten. Diese dienen nicht nur der genaueren Bestimmung von EES-Werten, sondern sind auch nachvollziehbar für den technischen Laien und erhöhen somit den Beweiswert, was nicht zuletzt für den Sachverständigen zur Absicherung der Gutachten-ergebnisse führt.

Es ist jedoch zu beachten, dass eine einfache Übertragung der durch den visuellen Vergleich abgeschätzten Werte auf die zu untersuchende Kollision gegebenenfalls erst nach einer Modifikation möglich ist, wenn beispielsweise ein signifikanter Masseunterschied zwischen den Fahrzeugen im Fall und im Versuch existiert, oder der Überdeckungsgrad voneinander abweicht [3].

4 Missverhältnis von E_{Def} unterschiedlich steifer Fahrzeuge

Ein Fallbeispiel zu einer groben Fehleinschätzung der EES eines Fahrzeugs ist in **BILD 8** bis **BILD 10** zu sehen. Hierbei traf ein Hummer seitlich gegen einen Nissan.

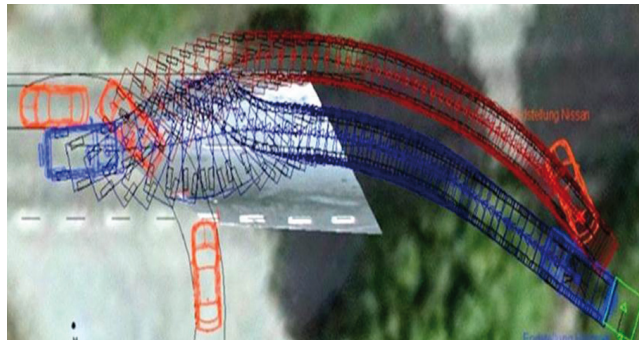


BILD 8: Fallbeispiel: Hummer gegen Nissan

FIGURE 8: Case study: Hummer against Nissan



BILD 9: Der seitlich stark beschädigte Nissan Primera

FIGURE 9: The Nissan Primera with severe damage to the side



BILD 10: Der Hummer wurde im Frontbereich beschädigt

FIGURE 10: The Hummer was damaged in the frontal area

In einem Vorgutachten wurde vom Sachverständigen ohne Vergleichsversuche für den Hummer eine EES von 35-42 km/h angesetzt, der Nissan wurde mit EES 45-52 km/h abgeschätzt. Mit diesen Annahmen berechnet sich für den Hummer aufgrund der deutlich höheren Masse gegenüber dem Nissan auch eine größere Deformationsenergie, im Verhältnis 1:0,8, was bereits durch die Schadenbilder eindeutig widerlegt wird. Die Deformationstiefen stehen vielmehr überschlägig im Verhältnis 1:10. Verknüpft sind diese beiden Parameter über die deformierende Kraft. Der prinzipielle Zusammenhang ist über **GLEICHUNG 1** gegeben.

$$E_{\text{Def}} = \int_0^s F \, ds \quad \text{Gl. (1)}$$

Nach Newtons Grundgesetz „actio=reactio“ muss während der Kollision die gleiche Kraft auf beide Fahrzeuge eingewirkt haben, sodass sich auch das Verhältnis der Deformationsenergien, als die jeweils von Kraft und Verformungsweg aufgespannten Flächen, analog zu den Deformationstiefen verhalten muss und der Hummer entsprechend nur rund ein Zehntel der Deformationsenergie des Nissan aufgenommen haben kann, vergleiche **BILD 11**. Beim Hummer handelt es sich um ein Fahrzeug mit Lkw-Rahmen, der sich im Gegensatz zur seitlichen Struktur eines Pkw kaum verformt.

Ursächlich für stark unterschiedliche Deformationsenergien ist ganz allgemein die konstruktive Auslegung der Fahrzeuge für den Barrierenanpralltest, bei dem aus definierter Geschwindigkeit eine vorgegebene Verformungstiefe beziehungsweise Verzögerung nicht überschritten werden darf. Schwerere Fahrzeuge sind daher in der Regel entsprechend strukturell steifer, sodass sich aus diesen Überlegungen für die Steifigkeit eines Fahrzeugs eine Massenproportionalität ableitet. Bei Kollisionen masseunterschiedlicher Fahrzeuge lassen sich entsprechend mit zunehmendem

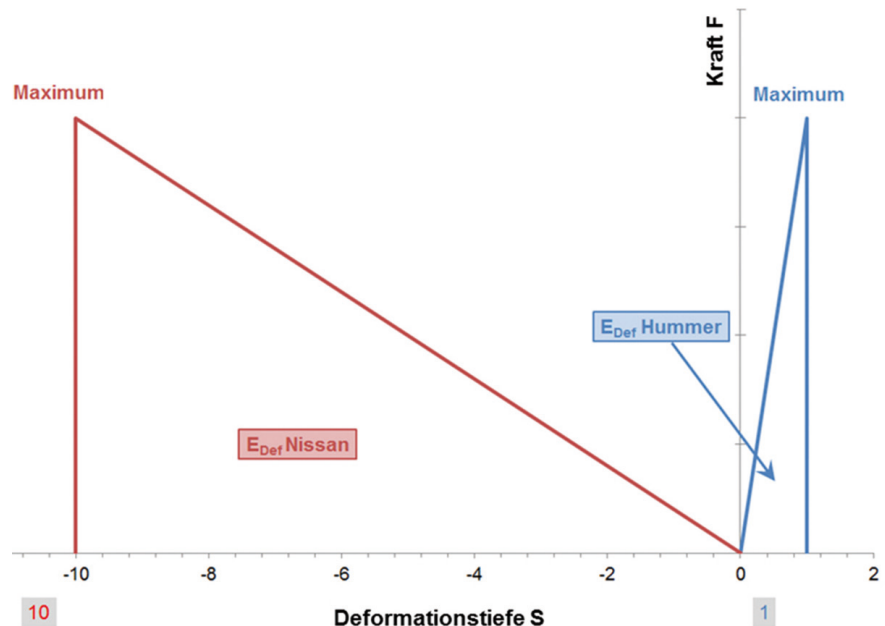


BILD 11: Schematische Kraft-Weg-Kennung

FIGURE 11: Schematic force-displacement characteristic

Masseunterschied tendenziell einseitigere Schäden an den jeweils leichteren Fahrzeugen beobachten.

5 Vereinfachte Kraft-Weg-Kennungen

Das vorherige Fallbeispiel zeigt, dass bei der Betrachtung des Deformationsverhaltens in den Kraft-Weg-Kennungen sofort ersichtlich ist, wie sich die Gesamtdeformationsenergie als Fläche unter den Kurven auf die verunfallten Fahrzeuge aufteilt. Wie lässt sich dies effektiv für die Abschätzung der Gesamtdeformationsenergieaufnahme in einer Kollision nutzen?

Benötigt werden Informationen über das Deformationsverhalten der beteiligten Fahrzeuge. Die jeweiligen Kraft-Weg-Kennungen stehen im Allgemeinen nicht zur Verfügung, in den Einzelversuchen gegen ein festes Hindernis sind jedoch in der Regel Daten zur mittleren Fahrzeugverzögerung während des Anpralls sowie zur Deformationsenergie aus der Änderung der kinetischen Energie angegeben. Liegen für beide Fahrzeuge Crash-

tests vor, lassen die Deformationsenergien sich nicht direkt addieren. Für einen Vergleich mit der Kollision müssen die Werte zunächst gemäß Newtons „actio=reactio“ mit der gleichen deformierenden Kraft F verknüpft werden. Diese ist eine Funktion der Struktursteifigkeit und der Verformungstiefe und lässt sich aus dem zeitlichen Verlauf der Fahrzeugverzögerung bestimmen.

Unter der Annahme einer konstanten Steifigkeit über die gesamte Deformationsstrecke kann aus der im Crashtest angegebenen mittleren Verzögerung a_m durch Multiplikation mit der Fahrzeugmasse m die im Mittel eingewirkte Kraft F_m nach **GLEICHUNG 2** errechnet werden.

$$F_m = m \cdot a_m \quad \text{Gl. (2)}$$

Hierbei wird die Fahrzeugmasse während der Verformung als konstant angesehen, das heißt alle Bauteile bewegen sich während des Anpralls mit gleicher Geschwindigkeit. Die Kraft steigt demnach linear mit der Deformationstiefe, sodass das maximale

Kraftniveau $F_{\max}$ dem doppelten Mittelwert entspricht, **GLEICHUNG 3**.

$$F_{\max} = 2 \cdot F_m \quad \text{Gl. (3)}$$

Die am Fahrzeug verrichtete Deformationsarbeit E_{Def} entspricht gemäß Gleichung (1) dem Produkt aus der mittleren Kraft F_m und der Strecke s_{Def} über die diese am Fahrzeug gewirkt hat. Daraus erhält man **GLEICHUNG 4**.

$$s_{\text{Def}} = \frac{E_{\text{Def}}}{F_m} \quad \text{Gl. (4)}$$

Somit sind in einer linearen Näherung die Deformationstiefe und das maximale Kraftniveau bekannt, sodass die Kraft-Weg-Kennung für das Fahrzeug im Crashtest aufgestellt werden kann, siehe **BILD 12**.

Analog wird mit dem Crashtest für das zweite verunfallte Fahrzeug vorgegangen. Da die zugrunde liegenden Versuchsdaten wohl kaum exakt mit dem Realfall übereinstimmen, sind bei den Barrierenanpralltests unterschiedliche Kraftniveaus zu erwarten. Die beiden resultierenden Kurven sind daher gemäß Newton über das maximale Kraftniveau des Vergleichsfahrzeugs, dessen Schadenbild dem Realfall am besten entspricht, zu verknüpfen. Die Kraft-Weg-Kennung des anderen Vergleichsfahrzeugs ist auf dieses Niveau zu bringen, das heißt die Kennung muss extrapoliert werden, wenn die maximale Kraft aus dem anderen Crashtest unterhalb der des besser geeigneten Versuchsfahrzeugs liegt, siehe schematisch in **BILD 13**, oder es muss nur die Kräfteinwirkung bis zu einer geringeren Verformung berücksichtigt werden, wodurch die für das andere Fahrzeug zu verwendende Deformationsenergie bestimmt ist, siehe schematisch in **BILD 14**.

Mit dem vorgestellten Verfahren ist eine Verknüpfung zweier Einzelversuche gegen ein festes Hindernis möglich, um die Deformationsenergieaufnahme zu ermitteln, die bei ei-

Crashtestdaten

$$\begin{aligned} m & \longrightarrow F_m = m \cdot a_m \longrightarrow F_m \\ a_m & \longrightarrow \\ E_{\text{Def}} & \longrightarrow s_{\text{Def}} = \frac{E_{\text{Def}}}{F_m} \longrightarrow s_{\text{Def}} \\ & \longrightarrow F_{\max} = 2 \cdot F_m \longrightarrow F_{\max} \end{aligned}$$

Ausgabe

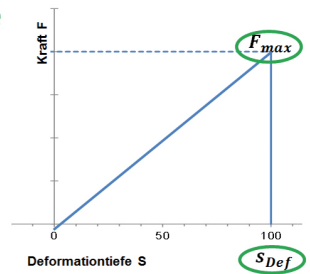


BILD 12: Aufstellen der vereinfachten Kraft-Weg-Kennung auf Basis eines Vergleichsversuchs
FIGURE 12: Creation of the simplified force-displacement characteristic on the basis of a comparative test

höheres Kraftniveau im passenden Versuch → Extrapolation der Kennung auf $F_{\max}$

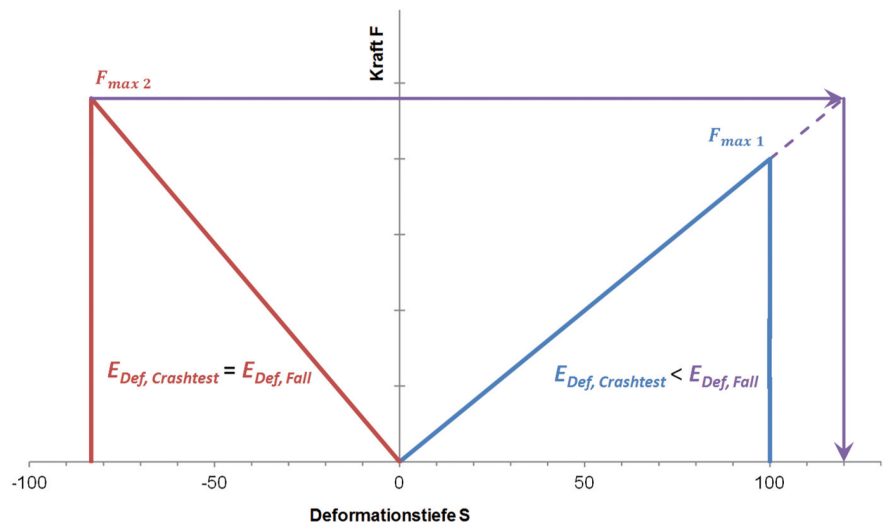


BILD 13: Extrapolation der Kennung (Kraftniveau im passenden Versuch höher)

FIGURE 13: Extrapolation of the characteristic (level of force higher in the corresponding test)

niedrigeres Kraftniveau im passenden Versuch → geringere Verformung gemäß $F_{\max 1}$

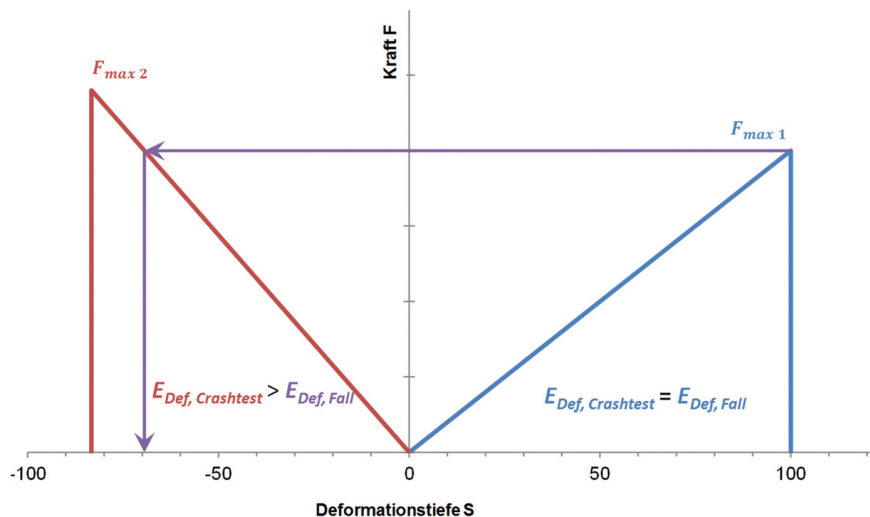


BILD 14: Interpolation der Kennung (Kraftniveau im passenden Versuch niedriger)

FIGURE 14: Interpolation of the characteristic (level of force lower in the corresponding test)



BILD 15: Beschädigungen am Mercedes-Benz ML
FIGURE 15: Damage to the Mercedes-Benz ML



BILD 16: Beschädigungen am auffahrenden Opel Astra
FIGURE 16: Damage to the Opel Astra impacting from the rear

ner Fahrzeug/Fahrzeug-Kollision näherungsweise zu erwarten wäre.

6 Gültigkeit der Näherung – Beispiele

Die Annahme einer konstanten Struktursteifigkeit, das heißt die Mittelung der Steifigkeiten der betroffenen Bauteile, reduziert das deformierte Fahrzeug auf ein lineares Federmodell. Das Deformationsverhalten wird entsprechend durch Approximation der Kraft-Weg-Kennung als Dreiecksfunktion vereinfacht. Dies ist trivialerweise mit Unsicherheiten verknüpft, für die tägliche gutachterliche Praxis aber überaus handlich. Inwieweit das vorgestellte Verfahren gültig ist, soll im Folgenden anhand von Beispielen gezeigt werden.

In **BILD 15** und **BILD 16** sind die Fahrzeugschäden aus einer Real-Auffahrkollision eines Opel Astra gezeigt, der auf einen Mercedes-Benz ML auf fuhr. Für das stoßende Fahrzeug ist der EES-Versuch nach **BILD 17** passend. Das Fahrzeug mit der Masse 1890 kg erfuhr durch den Anprall eine mittlere Verzögerung von $21,4 \text{ m/s}^2$ und nahm eine Deformationsenergie von 2369 Nm auf. Aus dem extra für diese Ausarbeitung zur Verfügung gestellten Beschleunigungsverlauf des Unfalldatenspeichers ließ sich durch zweifache Integration die tatsächli-

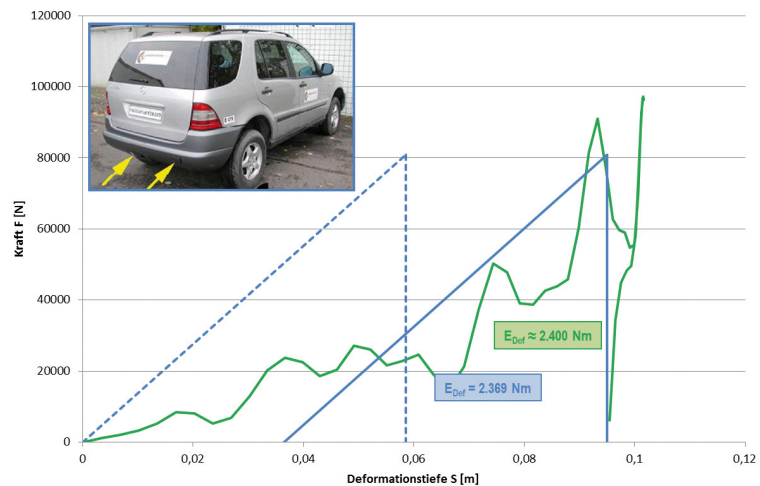


BILD 17: Kraft-Weg-Kennung des Vergleichs-Mercedes-Benz
FIGURE 17: Force-displacement characteristics for the Mercedes-Benz

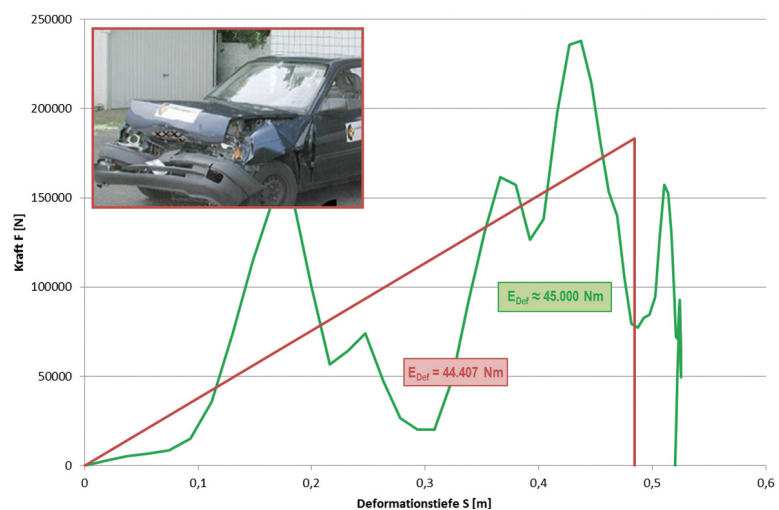


BILD 18: Kraft-Weg-Kennung des Vergleichs-Opel-Astra
FIGURE 18: Force-displacement characteristics for the Opel Astra

che Kraft-Weg-Kennung aufstellen, siehe grüne Kurve. Dieser ist die vereinfachte Kraft-Weg-Kennung, aus den üblicherweise zur Verfügung stehenden Crashdaten überlagert.

Es ist zu erkennen, dass bezüglich der für das vorgestellte Verfahren relevanten Maximalkraft und der Deformationsenergie eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Verläufen der Kennlinien vorliegt. Die Steigung der tatsächlichen Kennung, also die Steifigkeit der beaufschlagten Bauteile, ist etwas geringer ausgefallen, als die vereinfachte Kennung propagiert. Bei ähnlicher Krafteinwirkung ist die Eindringtiefe entsprechend höher gewesen.

Dem gestoßenen Fahrzeug kann der EES-Versuch, **BILD 18**, mit einer mittleren Verzögerung von $88,3 \text{ m/s}^2$ bei einer Deformationsenergie von 44.407 Nm zugeordnet werden. Die Fahrzeugmasse lag bei 1038 kg . Analog zum Mercedes-Benz ist auch hier die tatsächliche Kraft-Weg-Kennung aus dem UDS mit der vereinfachten Kennung überlagert dargestellt. Hier stimmen die Eindringtiefen überein, auch die Deformationsenergien sind ähnlich.

Aus dem direkten Vergleich der Schäden zwischen den jeweiligen Fall- und Versuchsfahrzeugen geht hervor, dass der Mercedes-Benz im Crashtest nicht ausreichend deformiert wurde, der Schaden am Opel hingegen durchaus passend ist. Dementsprechend ist die mittlere Verzögerung des Opel für die Berechnung des maximalen Kraftniveaus anzusetzen und die Deformationsarbeit am Mercedes-Benz durch Extrapolation zu ermitteln, **BILD 19**. Es folgt eine Gesamtdeformationsenergie von etwa 56.600 Nm . Ohne Berücksichtigung der Fahrzeugpaarung nach dem vorgestellten Verfahren würde sich die Gesamtdeformationsenergie nur zu 47.800 Nm ergeben.

Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens soll anhand des nächsten Beispiels demonstriert werden. Bei einer zu analysierenden Heckaufprallkollision stand nur Bildmaterial vom gestoßenen Fahrzeug, einem VW Golf, zur Verfügung, **BILD 20**.

Vom stoßenden Fahrzeug war lediglich bekannt, dass es sich um einen Ford Fiesta gehandelt hat. Die Einschätzung der gesamten Deformationsenergieaufnahme bei der Kollision war daher nur mit großen Toleranzen anhand eines zum bekannten Schaden passenden EES-Versuchs möglich.

Liegt zu dem unbekannten Schaden jedoch ein EES-Versuch mit einem baugleichen Fahrzeug vor, lässt sich mithilfe der vereinfachten Kraft-Weg-Kennungen zumindest näherungsweise dessen Struktursteifigkeit bei der Abschätzung der Deformationsenergie miteinbeziehen. Dazu wird das maximale Kraftniveau, das auf den Ver-

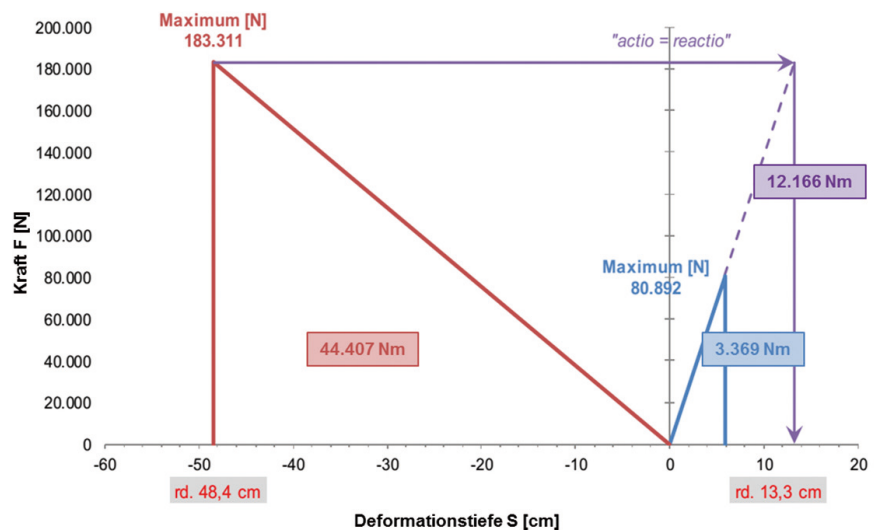


BILD 19: Ermittlung der Deformationsarbeit durch Extrapolation der Mercedes-Benz-Kennung

FIGURE 19: Determination of the work of deformation by extrapolation on the Mercedes-Benz-characteristic

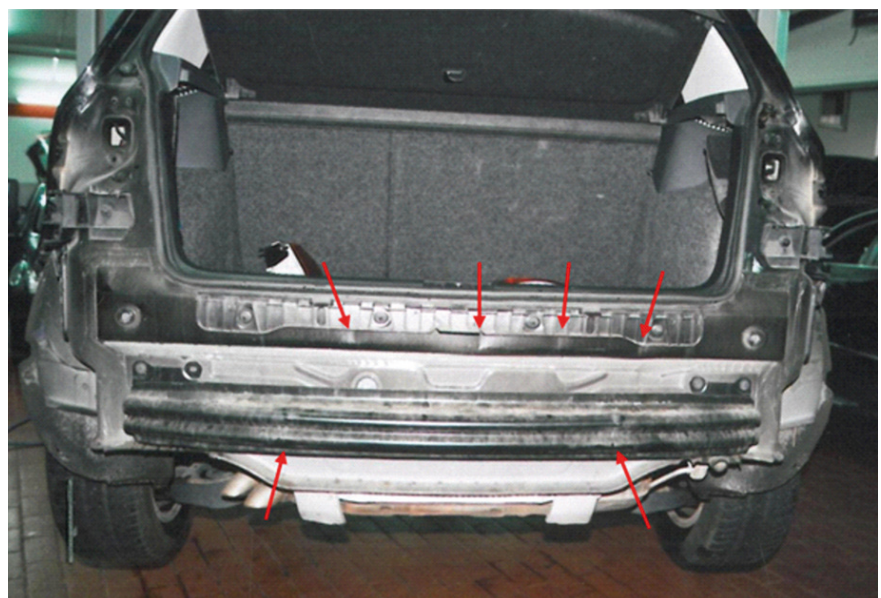


BILD 20: Der Schaden in diesem Beispiel war nur von einem Fahrzeug bekannt (VW Golf)

FIGURE 20: In this example, the damage to only one vehicle was known (VW Golf)

gleichs-VW-Golf gewirkt hat gemäß „actio=reactio“ auf die Kennlinie des Vergleichs-Ford-Fiesta übertragen.

In **BILD 21** ist der dem Fahrzeug mit bekanntem Schaden zugeordnete Crashtest gezeigt. Das Versuchsfahrzeug wog 1437 kg, die mittlere Verzögerung wurde mit $52,4 \text{ m/s}^2$ detektiert und die Deformationsenergie lag bei rund 3700 Nm.

In **BILD 22** ist der EES-Versuch eines, zum Fallfahrzeug mit dem unbekannten Schaden baugleichen Pkw der Masse 1070 kg herangezogen worden. Die mittlere Verzögerung betrug $30,7 \text{ m/s}^2$, der Schaden entspricht einer Deformationsenergie von 3270 Nm. Die jeweilige Überlagerung der tatsächlichen und vereinfachten Kraft-Weg-Kennungen zeigt auch in diesem Beispiel eine sehr hohe Deckungsgleichheit.

Durch die Verknüpfung der Kennlinien über das maximale Kraftniveau auf den gestoßenen Pkw nach dem vorgestellten Verfahren, siehe **BILD 23**, ist zu erkennen, dass sich im Fall die Fahrzeugfront des Ford Fiesta deutlich stärker deformiert haben muss als das Heck des VW Golf, sodass beispielsweise eine einfache Verdopplung der Deformationsenergieaufnahme des VW Golf unter Annahme gleicher Steifigkeiten der Fahrzeuge zu einem zu geringen Wert von etwa 7000 Nm geführt hätte. Nach dem vorgestellten Verfahren ist eine Gesamtdeformationsenergie in der Größenordnung von 11.500 Nm zu erwarten.

7 Zusammenfassung

Es wurde dargestellt, auf welche Weise in der täglichen Gutachterpraxis die EES-Werte respektive Deformationsenergien über die Schäden verunfallter Fahrzeuge ermittelt werden. Es zeigt sich, dass unbedingt vergleichende Crashtests hinzugezogen werden sollten, um die Angabe besonders großer Toleranzen zu vermeiden. Die Verwendung von EES-Werten beinhaltet das Problem, dass diese quadratisch in die Berechnungen eingehen und sich Fehleinschätzungen



BILD 21: Kraft-Weg-Kennung des Vergleichs-VW-Golf

FIGURE 21: Force-displacement characteristics of a comparison vehicle (VW Golf)

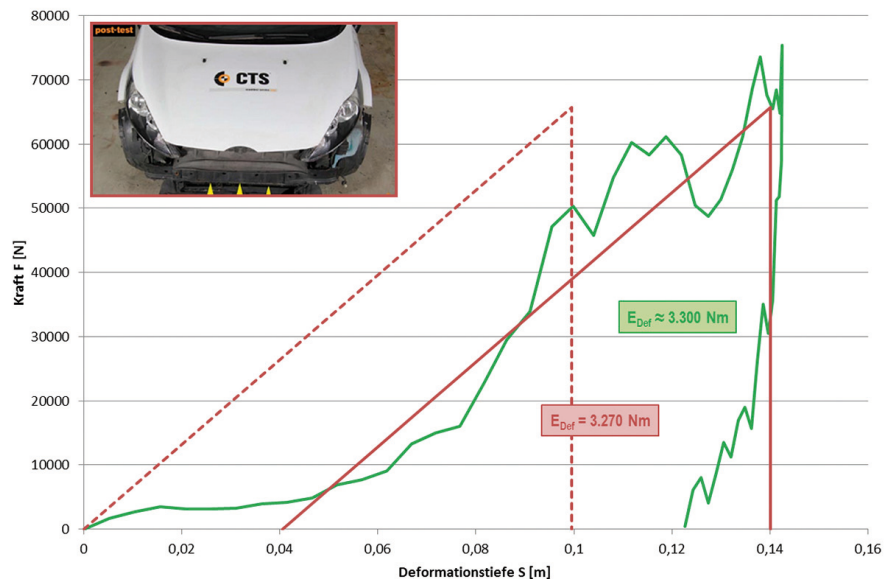


BILD 22: Kraft-Weg-Kennung des Vergleichs-Ford-Fiesta

FIGURE 22: Force-displacement characteristics of a comparison vehicle (Ford Fiesta)

damit besonders stark auf das Endergebnis auswirken. Durch die direkte Arbeit mit Deformationsenergien lässt sich dies vermeiden. Die Werte zweier Crashtests sind allerdings nicht wahllos zu addieren, hierbei ist es erforderlich, das jeweilige Deformationsverhalten, bedingt durch die

Struktursteifigkeiten der betroffenen Bauteile, zu berücksichtigen.

Dazu wurde ein Verfahren vorgestellt, das auf Grundlage der Daten aus Wandanprallversuchen das Deformationsverhalten der Fahrzeuge durch vereinfachte Kraft-Weg-Kennungen approximiert. Dabei wird im

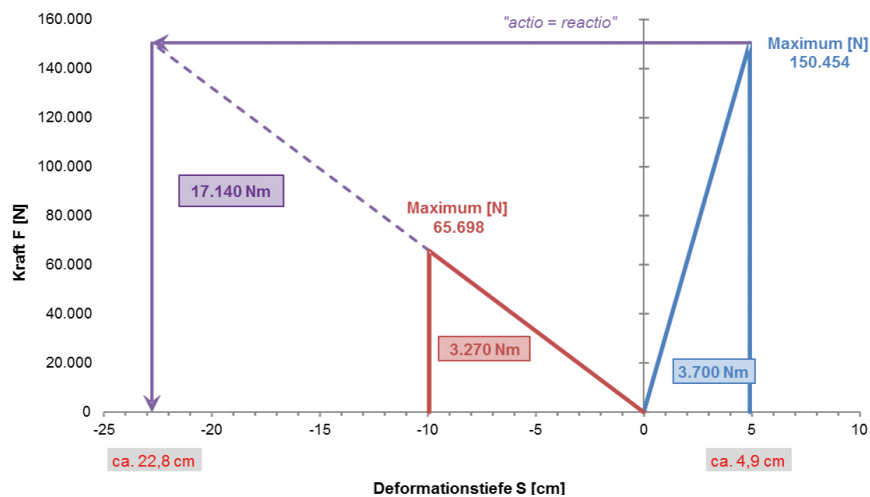


BILD 23: Verknüpfung der Kennlinien über das maximale Kraftniveau im EES-Versuch zum bekannten Fahrzeugschaden

FIGURE 23: Linking of the characteristic curves over the maximum level of force in the EES test for the known vehicle damage

jeweiligen Kontaktbereich eine konstante mittlere Steifigkeit angenommen, sodass eine Linearität zwischen der deformierenden Kraft und der Deformationstiefe folgt. Zur Abschätzung der Gesamtdeformationsenergie werden die vereinfachten Kennlinien gemäß Newtons Grundgesetz „actio=reactio“ über das maximale Kraftniveau eines Versuchs verknüpft. Die Deformationsenergie des anderen Fahrzeugs ist dann durch diese deformierende Kraft bestimmt. Anhand von Fallbeispielen konnte die Gültigkeit der Näherung überprüft

und darüber hinaus gezeigt werden, welchen Nutzen die vereinfachten Kraft-Weg-Kennungen bei der Verknüpfung zweier EES-Versuche haben. Insbesondere bei Fahrzeugpaarungen mit stark unterschiedlichen Steifigkeiten bietet diese Vorgehensweise die Möglichkeit einer genaueren Abschätzung zur jeweiligen Deformationsenergieaufnahme.

Dennoch ist die derart ermittelte Gesamtdeformationsenergieaufnahme in den weiterführenden Berechnungen mit einem geeigneten Toleranzbereich zu versehen, um die

Ungenauigkeiten, die jede Näherung trivialerweise mit sich bringt, sowie die in der Regel vom Realfall abweichenden Schadensbilder in den beigezogenen Vergleichsversuchen zu berücksichtigen.

Literaturhinweise

- [1] Becke, M.: Unzutreffende EES-Schätzungen und ihre Auswirkungen auf das Rekonstruktionsergebnis – Die Bedeutung von EES-Versuchen, 16. EVU-Jahrestagung, Krakau, 2007.
- [2] Kohút, P.; Kolla, E.: Berechnung des Delta-V verursacht durch die Kollision von zwei Fahrzeugen für die Auswertung des Schleudertraumas, 20. EVU-Jahrestagung, Graz, 2011.
- [3] Becke, M.: Probleme, Fehler und Besonderheiten bei der EES-Einstufung, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Heft 09/2006.

Determination of the total deformation energy input of two accident vehicles on the basis of simplified force-displacement characteristics from crash test data

Various tests by accident investigators have shown that EES values without the aid of comparative crash tests lead to very large bandwidths of results. Therefore, if crash test results for different vehicles are used, this does not mean, however, that one can directly apply the crash test results to both accident vehicles involved. Instead, it is important to observe Newton's third law, that "for every action, there is an equal and opposite reaction".

This report presents a method of generating simplified force-displacement characteristics on the basis of crash test data and thus determining the total deformation energy, taking equally high maximum forces into account. This method is particularly effective when applied to vehicles with extremely different levels of vehicle stiffness, for example off-road vehicles and commercial vehicles.

*Autoren

Dipl.-Ing. Dr. Manfred Becke ist ö. b. u. v. Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle und Kfz-Technik im eigenen Sachverständigenbüro in der Sozietät Schimmelpfennig und Becke in Münster.

Dipl.-Phys. Severin Schlottbom ist Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle im Ingenieurbüro Schimmelpfennig und Becke in Münster. ::