

# Hochgeschwindigkeitsfußgängerkollision und Verifizierung der Pkw-Kollisionsgeschwindigkeit bei Fußgängerunfällen anhand von Biofidel-Dummy-Verletzungen

Von Annika Kortmann und Tim Hoger\*

Neue Untersuchungen haben gezeigt [1], dass die Bauweise des Biofidel-Dummys zu realistischeren Fahrzeugbeschädigungen bei Pkw-Fußgängerkollisionen führt als bei Kollisionen mit konventionellen Dummys. Beim Vergleich der Längswurfweiten von Biofidel- und konventionellen Dummys traten im Gegensatz zum Schadenbild am Pkw keine signifikanten Unterschiede auf. Oft bleibt bei der Untersuchung von Fußgängerunfällen das Verletzungsbild des Fußgängers in Bezug auf die Kollisionsgeschwindigkeit unberücksichtigt. Der Zusammenhang zwischen Kollisionsgeschwindigkeit und Verletzungsbild des Fußgängers wurde von Appel et. al. [2] bereits anhand von Realunfällen untersucht. Ob die Biofidel-Dummys bei einer Kollision entsprechende „Verletzungen“ in Abhängigkeit von der Pkw-Kollisionsgeschwindigkeit aufweisen, kann durch eine „Obduktion“ des Dummys nach den Crashversuchen überprüft werden. Hierzu diente eine Versuchsreihe, die mit dem Biofidel-Dummy von crashtest-service.com GmbH mit demselben Fahrzeugmodell im Geschwindigkeitsbereich von 28 bis 109 km/h durchgeführt wurde. Eine Kollisionsgeschwindigkeit von 109 km/h stellt die Höchstgeschwindigkeit der derzeit zur Verfügung gestellten Crashversuche zwischen Pkw und Fußgänger in einschlägigen Datenbanken dar.

## 1 Einleitung

Im Allgemeinen gilt, je mehr Anhaltspunkte man zur Lösung eines Hergangs bei einem Pkw-Fußgänger-Unfall zur Verfügung hat, desto sicherer kann das Ergebnis eingegrenzt werden. In der Unfallrekonstruktion werden zur Bestimmung der Kollisionsgeschwindigkeit des Pkw der Beschädigungsumfang am Pkw und, wenn vorhanden, die Wurfweite des Fußgängers zugrunde gelegt. Die Verletzungen des Fußgängers werden oftmals nur in Bezug auf die Anstoßrichtung, gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit Rechtsmedizinern, berücksichtigt. Durch den Zusammenhang zwischen Kollisionsgeschwindigkeit und Verletzungsbild nach Appel et. al. [2] bietet die Kenntnis über die Verletzungen des Fußgängers ebenfalls eine Möglichkeit zur Abschätzung der Kollisionsgeschwin-

digkeit. Insbesondere ist dies bei geringen Pkw-Geschwindigkeiten von Interesse, da keine oder nur geringe Beschädigungen am Pkw erzeugt werden, der Fußgänger jedoch deutliche Verletzungen davontragen kann.

Durch die Crashserie mit mehreren VW Polo 6R und dem Biofidel-Dummy [1] konnte gezeigt werden, dass der konventionelle Dummy Schwächen aufgrund seiner harten Bauweise und der eingeschränkten Beweglichkeit aufweist und sowohl der Schadeneintrag am Pkw als auch der Bewegungsablauf des Fußgängers während der Kollision nicht realistisch dargestellt werden konnten. Durch das dynamische Trennen des Biofidel-Dummys während der Kollision erfolgte eine flächigere Beschädigung, wie sie auch bei Realunfällen beobachtet wird.

Ursprünglich wurde der Biofidel-Dummy entwickelt, um als Fußgänger-

Surrogat bei einer Kollision die Schäden am Fahrzeug möglichst realistisch nachstellen zu können. Zusätzlich bietet die Bauweise des Biofidel-Dummys [3] die Möglichkeit, erstmals auch die Verletzungen des Fußgängers durch eine Kollision (im Rahmen der Fertigungsgenauigkeit) reproduzieren zu können. Die Berücksichtigung der Schäden von beiden Fahrzeugen, beispielsweise bei einer durch einen Crashversuch nachgestellten Pkw-Pkw-Kollision, erscheint zur Lösung eines Verkehrsunfalls selbstverständlich. Dies ist nun auch bei Pkw-Fußgänger-Kollisionen durch eine anschließende Untersuchung des Biofidel-Dummys möglich.

## 2 Ergänzung der Crashserie VW Polo gegen Biofidel-Dummy im Hochgeschwindigkeitsbereich

Die Pkw-Kollisionsgeschwindigkeit kann mit zunehmender Anzahl der zur Verfügung stehenden Crashversuche immer genauer eingegrenzt werden. Bis zu einer Kollisionsgeschwindigkeit von etwa 80 km/h liegen in einschlägigen Datenbanken entsprechende Crashversuche und Auswertungen zur Wurfweite von Fußgängern vor.

Um auch im Hochgeschwindigkeitsbereich ( $v > 100$  km/h) entsprechende Angaben zur Verfügung stellen zu können, wurde durch die crashtest-service.com GmbH im Rahmen eines Sachverständigen-Seminars die Crashserie mit dem VW Polo 6R und dem Biofidel-Dummys, um die Kollisionsgeschwindigkeit 109 km/h ergänzt. So kann der Zusammenhang zwischen Pkw-Beschädigung und Fußgänger-Verletzungen erweitert werden. Zudem ist

es möglich zu überprüfen, ob bei hohen Kollisionsgeschwindigkeiten die nach Appel et. al. [2] postulierten Zerreißungen zwischen den Beinen und dem Torso auch beim Biofidel-Dummy auftreten. Entsprechend der vorherigen Crashserie wurde der Dummy beim Hochgeschwindigkeitsversuch seitlich angefahren. Der Auftreffpunkt am Pkw befand sich mittig der Haube, **BILD 1**.

### 2.1 Änderung des Abrollverhaltens des Fußgängers bei Hochgeschwindigkeitsversuchen

Bekannt ist die Abrollbewegung eines Fußgängers bei einer Kollision mit einem Pkw, wie diese in der Seitenansicht in **BILD 2** in Einzelbildern dargestellt ist. Der Crashversuch zeigt einen Biofidel-Dummy, der seitlich mit einer Geschwindigkeit von 80 km/h angefah-

ren wurde. Die Abrollbewegung des Dummies beginnt, wenn der Dummy sich mit der Hüfte etwa mittig zwischen Pkw-Front und Frontscheibenunterkante befindet. Es kommt zur typischen seitlichen Scherbewegung des Kopfes Richtung Frontscheibe.

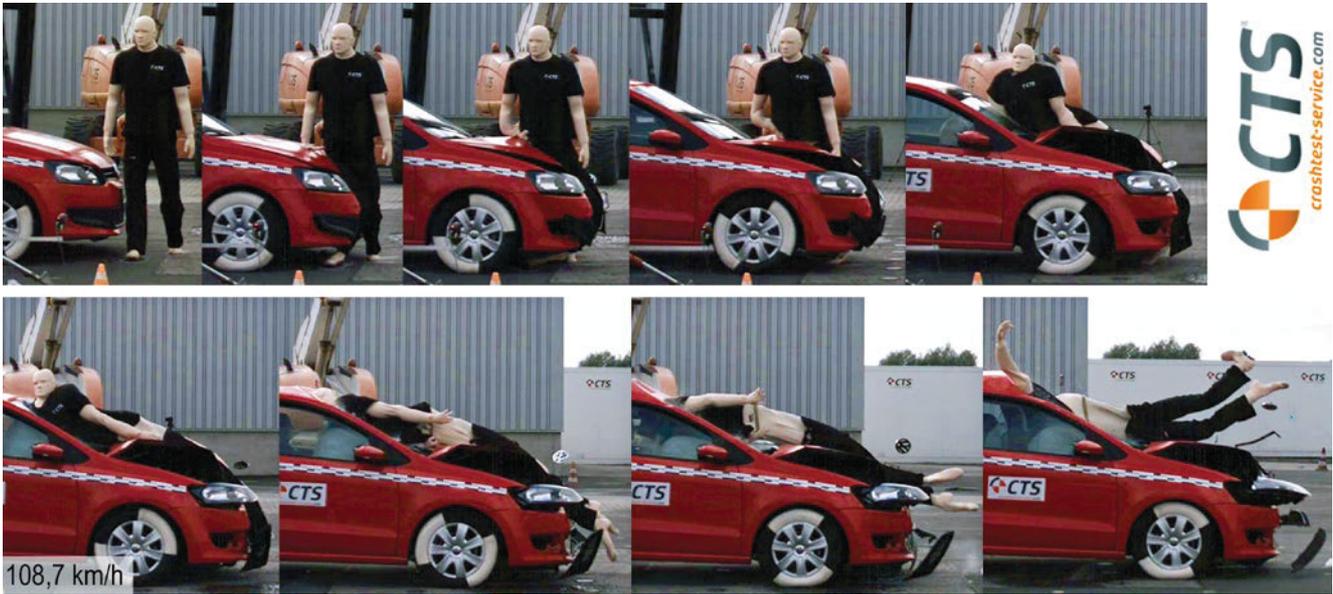
Im Vergleich hierzu ist in **BILD 3** der Kollisionsverlauf unter gleichen Versuchsbedingungen bei einer Pkw-Kol-



**BILD 1:** Crashfahrzeug VW Polo 6R (links) und Anstoßsituation mit Biofidel-Dummy (rechts) für den Hochgeschwindigkeitsversuch mit  $v = 109$  km/h  
**FIGURE 1:** Crash vehicle VW Polo 6R (left) and impact situation with Biofidel dummy (right) for the high-speed test with  $v = 109$  km/h



**BILD 2:** Bewegungsablauf und Abrollverhalten des Biofidel-Dummies bei  $v = 80$  km/h  
**FIGURE 2:** Motion sequence and rolling behaviour of the Biofidel dummy at  $v = 80$  km/h



**BILD 3:** Bewegungsablauf des Biofidel-Dummys bei  $v = 109 \text{ km/h}$   
**FIGURE 3:** Motion sequence of the Biofidel dummy at  $v = 109 \text{ km/h}$

lisionsgeschwindigkeit von  $109 \text{ km/h}$  dargestellt. In der oberen Reihe der Bilderserie ist deutlich zu erkennen, dass das typische Abrollverhalten des Fußgängers aufgrund der Massenträgheit des Dummys und der hohen Kollisionsgeschwindigkeit des Pkw zunächst ausbleibt.

Nach dem Unterziehen der FüÙe bleibt der Oberkörper während der ersten Kollisionsphase annähernd aufrecht, bis die Hüfte des Dummys fast die Frontscheibe berührt. Erst danach kippt der Oberkörper auf die Frontscheibe zu, wodurch der Kopfanprall

hauptsächlich auf dem Dach des Pkw erfolgt. Das Dach wird massiv verformt und der Dummy dringt mit Kopf und Oberkörper in den Fahrgastinnenraum ein. Während der Kollisionsphase kommt es zu einer starken Rumpfdehnung beim Dummy, die besonders in der unteren Bildreihe des Bewegungsablaufs deutlich wird.

## 2.2 Geschwindigkeitsabhängige Beschädigungen des VW Polo 6R

Der Schadeneintrag am Pkw bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von  $109 \text{ km/h}$  ist exemplarisch anhand

zweier Bilder in **BILD 4** wiedergegeben. Im linken Bild ist der Hüftanprall des Dummys zu erkennen, der knapp vor der Unterkante der Frontscheibe endet. Bis zu diesem Zeitpunkt war der Oberkörper des Dummys noch weniger als  $5^\circ$  gekippt, also noch annähernd aufrecht.

Die Stoßfängerverkleidung im Frontbereich scheint zunächst bis auf die fehlenden Ziergitter und Beleuchtungseinheiten weitestgehend unbeschädigt. Der Kopfanprall auf dem Dach kann durch die tiefe Verformung im rechten Bild nachvollzogen werden.



**BILD 4:** Motorhauben- und Dachbeschädigung am VW Polo bei  $v = 109 \text{ km/h}$   
**FIGURE 4:** Hood and roof damage on the VW Polo at  $v = 109 \text{ km/h}$

Nach Demontage der Stoßfängerverkleidung wird die tiefe Eindringung in den Querträgerbereich des Fahrzeugs deutlich, siehe **BILD 5**. Der untere Querträger, der das Unterziehen der Füße des Dummys unterbinden soll, wurde (in Fahrtrichtung) auf der rechten Fahrzeugseite bis zum Kühler nach innen umgebogen. Die linke Seite des unteren Querträgers ist noch vollständig intakt, **BILD 6**.

Die genaue Standposition des Dummys beim Erstkontakt kann auch durch die Verformung des oberen Querträgers im Frontbereich abgelesen werden. Die Demontage der Frontstoßfängerverkleidung ist somit unerlässlich, um die genaue Anstoßkonfiguration zu identifizieren. Das **BILD 7** zeigt die entstandenen Schäden am VW Polo

der vorherigen Crashserie bei zunehmender Kollisionsgeschwindigkeit im Bereich zwischen 28 und 80 km/h, der nun um den Hochgeschwindigkeitsversuch mit 108,7 km/h ergänzt wurde.

Durch die größtenteils elastische Verformung der Stoßfängerverkleidung lösten sich beim Hochgeschwindigkeitsversuch die Ziergitter und Beleuchtungseinheiten an der Fahrzeugfront. Durch die höhere Geschwindigkeit kommt es zu einer deutlich intensiveren Verformung der Motorhaube, zu einer Durchstoßung der Frontscheibe und einer Stauchung des Daches.

Wie zuvor thematisiert wurde, ist bei niedrigeren Geschwindigkeiten von etwa 30 bis 50 km/h kein Schadeneintrag an der Stoßfängerverkleidung zu erkennen.

### 3 Ergänzung des Längswurfweitendiagramms

Beim Hochgeschwindigkeitsversuch wurde eine Wurfweite des Biofidel-Dummys von 62 m in Längsrichtung und 3,1 m in Querrichtung erreicht. Entsprechend **BILD 8** wurde das Wurfweitendiagramm aus [1] um den Hochgeschwindigkeitsversuch ergänzt.

Der durch Focken bestimmte Wurfweitenbereich [4] in Abhängigkeit von der Kollisionsgeschwindigkeit hat auch für hohe Kollisionsgeschwindigkeiten weiterhin seine Gültigkeit. Der durchgeführte Versuch mit einer Kollisionsgeschwindigkeit von rund 109 km/h liegt im unteren durch Focken angegebenen Wurfweitenbereich. Ob die untere Grenze hierbei nur durch die



**BILD 5:** Schaden am VW Polo nach Demontage der Stoßfängerverkleidung

**FIGURE 5:** Damage to the VW Polo after dismantling the bumper cover



**BILD 6:** Seitenabhängige Verformung des Bügels gegen das Unterziehen der Füße

**FIGURE 6:** Side-dependent deformation of the bow to prevent the feet from being subjected to it

(übliche) Toleranz zu klären ist, oder ob durch die höhere Geschwindigkeit andere Effekte zum Tragen kommen, die zu einer tatsächlichen geringeren Zunahme der Wurfweite mit steigender Geschwindigkeit oberhalb von 100 km/h führen, muss noch weiter untersucht werden.

Anhand des in Bild 3 dargestellten Bewegungsablaufs wird deutlich, dass bei höheren Geschwindigkeiten andere Fahrzeugstrukturen betroffen sind, die eine abweichende Steifigkeit aufweisen können. Auch ändert sich der Winkel beim Aufprall des Dummys, da dieser nicht mehr ausschließlich mit dem Oberkörper gegen die schiefe Ebene der Windschutzscheibe prallt, sondern es auch zur nahezu waagerechten Kollision auf dem Fahrzeugdach kommt. Ob der Luftwiderstand während der Flugphase des Dummys bei Geschwindigkeiten über 100 km/h eine relevante Größe darstellt, gilt es ebenfalls noch zu untersuchen.

#### 4 Verletzungsbild des Biofidel-Dummys im Vergleich zu Realunfällen

Durch die Verwendung von Biofidel-Dummys bei Crashversuchen ist es möglich, die „Verletzungen“ der Dummys zum Abgleich der Kollisionsgeschwindigkeit zu berücksichtigen, obwohl der Dummy zunächst nur als Fußgänger-Surrogat zur realistischen Schadenerzeugung am Pkw entwickelt wurde. Hierzu wird der Dummy nach der Kollision einer Untersuchung im Dummylabor der Firma crashtest-service.com GmbH unterzogen. Der Dummy wird hierzu zerlegt, so dass Weichteil-, Sehnen- und Bänderverletzungen sowie Brüche von Knochen für jedes Bauteil dokumentiert werden können. Lichtbildmaterial aus einer typischen Dummyuntersuchung zeigt die Zusammenstellung nach **BILD 9**.

Die am Dummy festgestellten Beschädigungen wurden entsprechend **BILD 10** in die Zeichnung eines menschlichen Skeletts übertragen. Vermerkt wurden Schnitte, Brüche und Bänderrisse. Der Zeichnung des Skeletts wurde der aktuelle Aufbau des Biofidel-Dummys gegenübergestellt (Bild 10



**BILD 7:** Veränderung des Schadenbilds (Anprall gegen Biofidel) am VW Polo 6R bei steigender Kollisionsgeschwindigkeit von 27,5 bis 108,7 km/h in der Front- und Seitenansicht

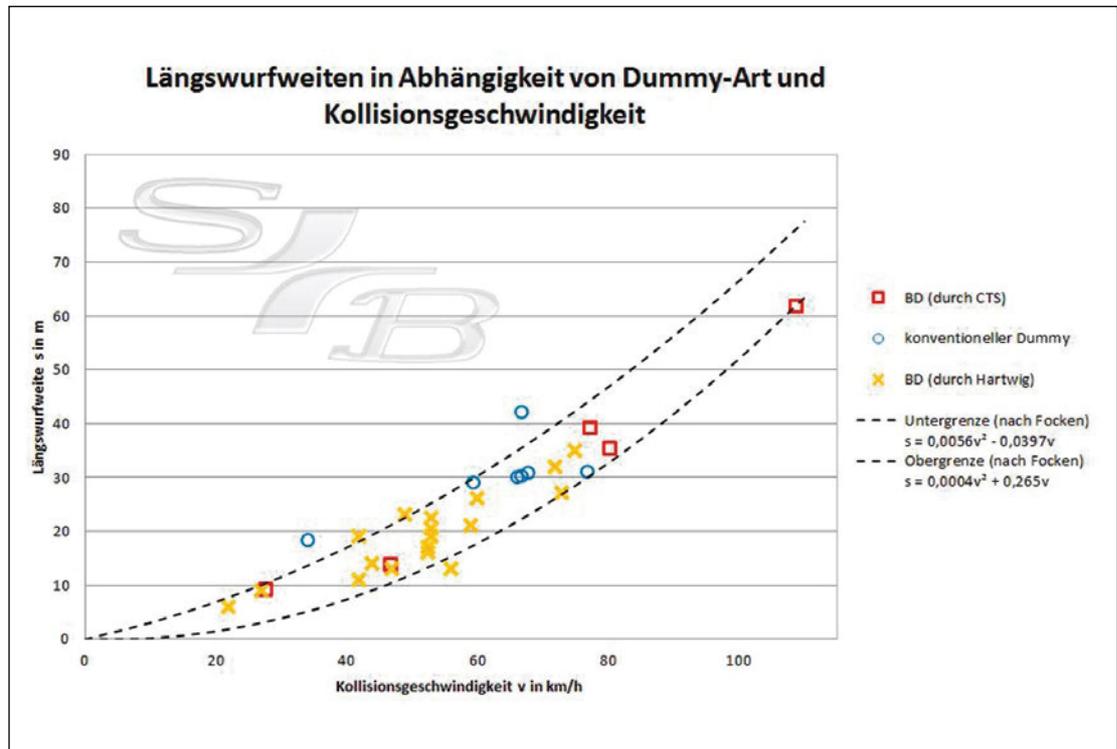
**FIGURE 7:** Change in the damage pattern (impact against Biofidel) on the VW Polo 6R with increasing collision speed from 27.5 to 108.7 km/h in the front and side view

Mitte). Bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von rund 70 km/h (Bild 10 links) wurden im Wesentlichen mehr-

fache Rippenbrüche, ein Beckenbruch, Oberschenkel- und Armbrüche auf der Anstoßseite und zahlreiche Bänderrisse

**BILD 8:** Diagramm mit Längswurfweiten der verschiedenen Dummy-Arten in Abhängigkeit von der Kollisionsgeschwindigkeit – Trendlinie nach Focken [4]

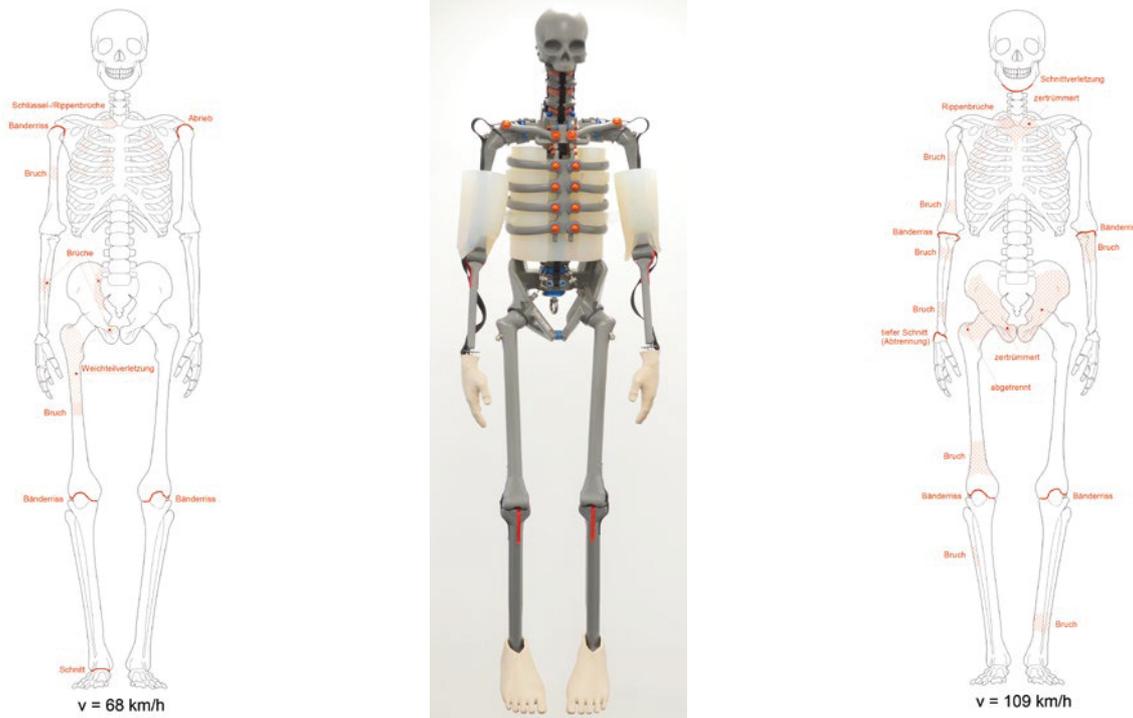
**FIGURE 8:** Diagram with longitudinal throw distances of the different dummy types as a function of collision speed – trend line after Focken [4]



**BILD 9:** Untersuchung eines Biofidel-Dummys  
**FIGURE 9:** Investigation of a Biofidel dummy

beim Dummy festgestellt. Durch eine Erhöhung der Kollisionsgeschwindigkeit des Pkw auf 109 km/h traten am Dummy Mehrfachbrüche desselben Knochens auf (Bild 10 rechts). Zusätzlich konnte eine Zertrümmerung des Hüftknochens und ein Herausreißen der Oberschenkelknochen aus der Hüftschale verzeichnet werden. Im Handbereich lag ein derart tiefer Einschnitt vor, dass es im Realunfall zu einer Abtrennung der rechten Hand hätte kommen können.

Analysiert man den Bewegungsablauf des Biofidel-Dummys bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von rund 109 km/h in Bezug auf die massiven Schäden an der Hüfte und den Oberschenkeln, so wird anhand von **BILD 11** deutlich, dass es im Hüftbereich des Dummys zu einer extremen Längung zwischen dem Torso und den Beinen kommt. Durch die hohe Elastizität der Dummyhaut wird der Oberkörper jedoch nicht von den Beinen getrennt, obwohl der Hüftknochen zertrümmert wurde und die Oberschenkelknochen sich nicht mehr im Hüftgelenk befinden. Übertragen auf Realunfälle ist davon auszugehen, dass es bei gleichgelagerten Verlet-



**BILD 10:** Verletzungsbild des Biofidel-Dummys bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 68 km/h (links) und 109 km/h (rechts) – Bauweise des aktuellen Biofidel-Dummys (Mitte)

**FIGURE 10:** Injury image of the Biofidel dummy at a collision speed of 68 km/h (left) and 109 km/h (right) – design of the current Biofidel dummy (centre)



**BILD 11:** Massive Hüftschädigung (links) und starke Dummy-Längung im Kollisionsverlauf (rechts)

**FIGURE 11:** Massive hip damage (left) and severe dummy elongation during collision (right)

zungen zu einer Abtrennung der Beine während der Kollision gekommen wäre. In diesem Bereich besteht somit noch Entwicklungsbedarf, sodass es auch beim Dummy zu einer Zerreißen kommen kann.

Eine wahrscheinliche Abtrennung von Gliedmaßen durch die Kollision kann aktuell nur durch eine Dummyuntersuchung und die dabei festgestellten knöchernen Verletzungen

geschlussfolgert werden. Auffällig ist auch, dass der Biofidel-Dummy bei keiner der Kollisionen einen Bruch des Schädelknochens erlitt, obwohl dieser teils mit hoher Geschwindigkeit auf das Dach des Pkw oder gegen die Frontscheibe prallte. Ursächlich hierfür ist der (noch) relativ steife und massive Dummykopf.

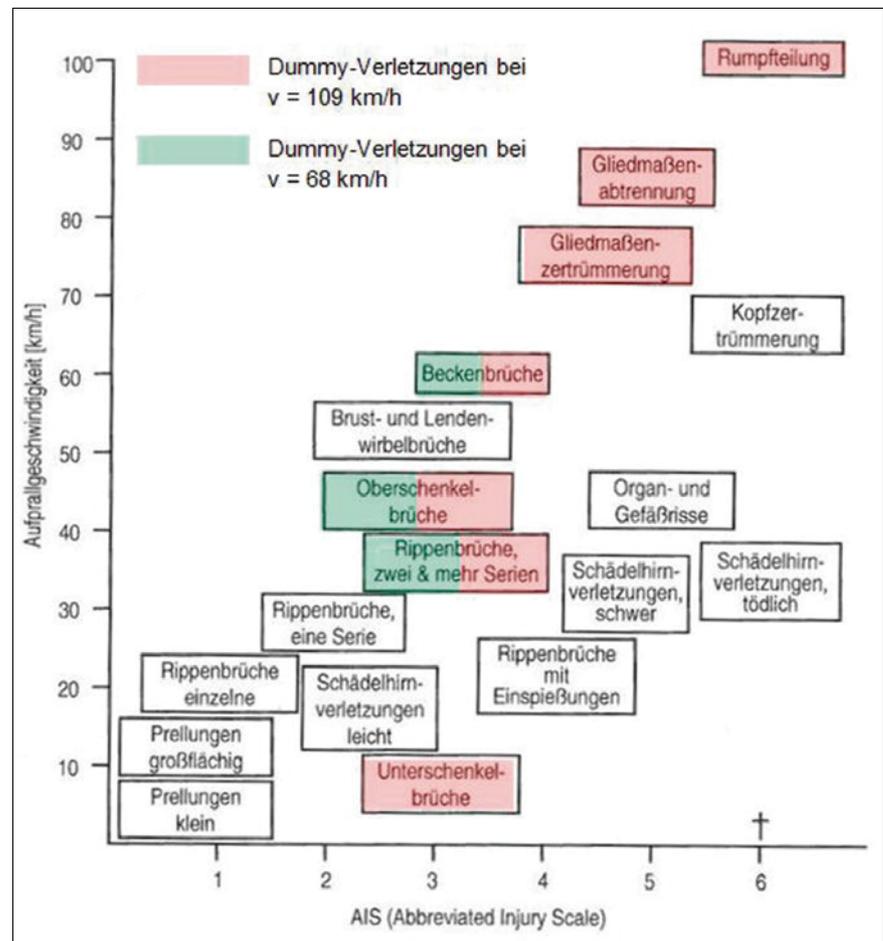
Ob die „Verletzungen“ des Biofidel-Dummys dem Verletzungsbild eines Men-

schen bei ähnlichen Kollisionsgeschwindigkeiten entsprechen, kann durch Vergleich des Diagramms nach Appel et. al. [2] überprüft werden (BILD 12), das den Zusammenhang zwischen Aufprallgeschwindigkeit und Verletzungsgrad eines Fußgängers beschreibt. Zur Übersicht wurden die festgestellten Verletzungen der Dummys für eine Kollisionsgeschwindigkeit von 68 km/h in Grün und für 109 km/h in Rot im Diagramm nach Appel et. al. ergänzt.

Die Auswertung zeigt, dass das Verletzungsbild eines Fußgängers im Realunfall in guter Näherung durch einen Biofidel-Dummy nachgestellt werden kann. Rippen-, Oberschenkel- und Beckenbrüche konnten im Geschwindigkeitsbereich um 70 km/h am Dummy festgestellt werden. Eine wahrscheinliche Rumpfteilung konnte im Aufprallbereich um 110 km/h durch die Analyse der massiv geschädigten Knochen im Beckenbereich des Dummys geschlussfolgert werden. Verletzungen des Schädels lagen am Biofidel-Dummy bisher nicht vor und werden aufgrund der Struktur auch (bisher) nicht erwartet.

**BILD 12:** Zusammenhang zwischen Aufprallgeschwindigkeit und Verletzungsgrad bei Fußgängern nach Appel et. al. [2]

**FIGURE 12:** Relationship between impact velocity and degree of injury in pedestrians according to Appel et. al. [2]



## 5 Zusammenfassung

Zur Erweiterung der Crashdatenbank wurde eine Pkw-Kollision mit einem Biofidel-Dummy mit einer Geschwindigkeit von 109 km/h durchgeführt, was bisher die höchste dokumentierte Geschwindigkeit in einschlägigen Datenbanken darstellt. Der Bewegungsablauf und die Beschädigungen können durch den Einsatz des Biofidel-Dummys gut nachvollzogen werden.

Die Bewegungsanalyse des Biofidel-Dummys bei dieser Geschwindigkeit hat gezeigt, dass es durch die Massenträgheit des Dummys und die hohe Geschwindigkeit des Pkw zu einer stark verzögerten Rotation des Dummys relativ zum Pkw kommt. Im Anschluss erfolgt ein Kopfanprall auf dem Pkw-Dach. Während der Kollision kommt es zu einer deutlichen Längung des Dummys im Rumpfbereich, ohne dass ein Abriss erfolgt.

Die Wurfweite des Dummys bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von rund 109 km/h liegt im unteren durch Focken abzuleitenden Wurfweitenbereich. Ob es sich um eine Toleranz handelt, oder ob durch die höhere Geschwindigkeit andere Effekte wie die Stoßebene, der Luftwiderstand oder die Struktursteifigkeit des Pkw im Dachbereich zum Tragen kommen, die zu einer tatsächlichen geringeren Zunahme der Wurfweite mit steigender Geschwindigkeit oberhalb von 100 km/h führen, muss noch weiter untersucht werden.

Durch eine Dummyuntersuchung (ähnlich einer Obduktion beim Menschen) nach den Crashversuchen konnte der durch Appel et. al. aufgestellte Zusammenhang zwischen der Aufprallgeschwindigkeit und dem Verletzungsgrad bei Fußgängern im Wesentlichen nachvollzogen werden. Die zu erwartende Gliedmaßenabtrennung im Hochgeschwindigkeitsbereich

konnte durch die Biofidel-Dummys aufgrund der zu elastischen Haut bisher nicht nachvollzogen werden, sodass hier noch Entwicklungsbedarf besteht.

Eine Untersuchung der knöchernen Verletzungen des Dummys ermöglicht anhand der Beckenzertrümmerung und des Lösen der Oberschenkelknochen aus der Hüftschale den Schluss auf eine Rumpfteilung.

Eine Kopfzertrümmerung konnte beim Biofidel-Dummy noch in keinem der Versuche beobachtet werden, was aufgrund der massiven Kopfstruktur auch nicht erwartet wird.

## 6 Ausblick

In dem vorliegenden Artikel wurde der Einsatz von Biofidel-Dummys bei Fußgänger-Kollisionen diskutiert. Aufgrund der Bauform kann der Dummy derzeit nur mit gestreckten Beinen zum Einsatz kommen.

Aktuell entwickelt die Firma crash-test-service.com GmbH in Zusammenarbeit mit der HTW Dresden und der TU Berlin unter anderem eine variable Struktur für den Gesäßbereich des Dummies und eine verbesserte Halswirbelsäule sowie einen neuen Brustkorb.

### Literaturhinweise

- [1] A. Kortmann, T. Hoger, Pkw-Beschädigungen und Längswurfweiten bei Verwendung von Biofidel-Dummies und konventionellen Dummies im Vergleich, VKU 10/2018.
- [2] H. Appel, U. Wanderer, S. Meißner, G. Schmidt, J. Barz, D. Kallieris, R. Mattern, F. Schüler, Mechanik und Biomechanik des Unfalls, H. J. Wagner (Hrsg.): Verkehrsmedizin, Springer-Verlag, Berlin 1984.
- [3] A. Kortmann, Crashverhalten im Crashvergleich: der neue Biofidel-Dummy bei unterschiedlichen Szenarien von Pkw-Fußgängerunfällen, VKU 03/2018.
- [4] U. Focken, Experimenteller Vergleich des gebremsten und ungebremsten Anstoßes bei der Kollision zwischen PKW und Fußgängern; Diplomarbeit, Fachhochschule Osnabrück, 1998.

#### *High-speed pedestrian collision and verification of car collision speed in pedestrian accidents by means of Biofidel dummy injuries*

*New investigations have shown [1] that the design of the Biofidel dummy leads to realistic vehicle damage in passenger car pedestrian collisions than in collisions with conventional dummies. When comparing the longitudinal throw distances of biofidel and conventional dummies, no significant differences occurred in contrast to the damage pattern on the passenger car. When investigating pedestrian accidents, the injury pattern of the pedestrian is often disregarded with regard to the collision speed. The relationship between collision speed and pedestrian injury image was investigated by Appel et. al. [2] has already been investigated on the basis of real accidents. Whether the biofidel dummies show corresponding "injuries" in a collision as a function of the car collision speed can be checked by an "autopsy" of the dummy after the crash tests. For this purpose, a series of tests was carried out with the Biofidel dummy from crash-test-service.com GmbH with the same vehicle model in the speed range from 28 to 109 km/h. The tests were carried out on the same vehicle model. A collision speed of 109 km/h represents the maximum speed of the currently available crash tests between cars and pedestrians in relevant databases.*

#### \* Autoren

*Dipl.-Phys. Annika Kortmann ist Sachverständige für Straßenverkehrsunfälle im Ingenieurbüro S+B in Münster.  
Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. Tim Hoger ist ö. b. u. v. Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle und arbeitet im Ingenieurbüro S+B in Münster. ::*

# Schuld und Sühne

Präzise Unfallanalysen von Experten für Experten

Für Abonnenten

**kostenloser  
Download von  
2D DXF-Daten**

### Ihre Vorteile:

- 11 Ausgaben
- Exklusive Prämie Ihrer Wahl
- Digitales Heftarchiv seit 1/2006
- Technische Datenblätter

[www.VKUonline.de/abo](http://www.VKUonline.de/abo)

# VKU

ist eine Marke von:  
 Springer Automotive Media