

Unfallrekonstruktion

Leergewicht und Unfallgewicht von Pkw – Teil 3

von Dipl.-Ing. Lars Hoffmeister, Düsseldorf*

Fortsetzung aus VRR 2009, 364 und 2010, 16

VI. Durchschnittsgewicht der Bundesbürger

Das statistische Bundesamt führt im Rahmen des Mikrozensus jährlich eine statistische Erhebung über die wirtschaftliche und soziale Lage der Bevölkerung in Deutschland durch. Die Fragen nach Körpergröße und -gewicht wurden 1999 neu in das Programm des Mikrozensus aufgenommen und im Jahr 2005 zum dritten Mal gestellt. Das Diagramm 1 zeigt das Durchschnittsgewicht der Bundesbürger in den Jahren 1999, 2003 und 2005. Weitere Statistiken waren im Rahmen dieser Untersuchung nicht zugänglich.

Im Jahr 2005 waren erwachsene Männer im Durchschnitt 178 cm groß und 82,4 kg schwer. Frauen waren 165 cm groß und 67,5 kg schwer. Damit sind Männer seit 1999 bei fast konstanter Durchschnittsgröße um 1,6 kg schwerer geworden, Frauen um 0,8 kg bei unveränderter Durchschnittsgröße. Betrachtet man das Durchschnittsgewicht der deutschen Bürger insgesamt, und nicht nach Geschlechtern getrennt, so lag dieses im Jahr 2005 bei 74,9 kg (Diagramm 1).

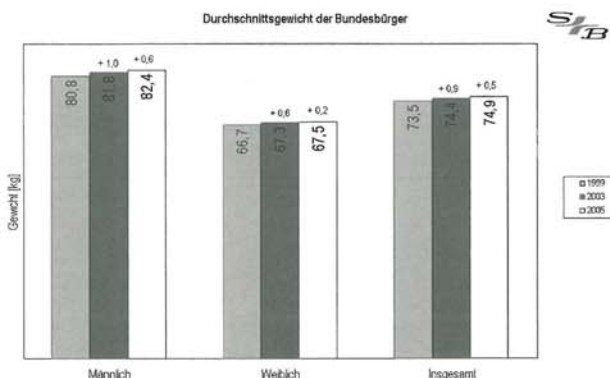


Diagramm 1

* Der Autor ist von der IHK Düsseldorf öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle, Schimmelpfennig + Becke, Düsseldorf.

Dieses Ergebnis **passt nicht** mit der Forderung der **Norm DIN ISO 2416** überein. Hier wird für einen Autofahrer eine Pauschalmasse von 75 kg angesetzt. In der Pauschalmasse sind jedoch zusätzlich zum Körpergewicht 7 kg Gepäck enthalten. Das reine Körpergewicht beträgt demnach 68 kg. Das in der Norm angenommene Gewicht eines Fahrzeuginsassen beruht nicht auf ergonomischen Untersuchungen und stellt deshalb kein durchschnittliches Personengewicht dar. Der Wert wurde aus der DIN ISO 2958 „Stoßfänger für Personenkraftwagen“ übernommen und dient lediglich zur Ermittlung der Mindestzuladung für Pkw.

Betrachtet man nur die männliche Bevölkerung, stellt man fest, dass der Wert von 68 kg für einen durchschnittlichen deutschen männlichen Autofahrer tatsächlich zu klein ist. Ein Wert von 83 kg ist hier als realistischer anzusehen. Addiert man die Gepäckmasse von 7 kg hinzu, ergibt sich ein **Gewicht von 90 kg** für einen **Mann**.

Für die **Frau** wäre ein Gewicht von 68 kg plus 7 kg Gepäck zu berücksichtigen, somit ein Gewicht von **75 kg**. Dieser Wert passt genau zu den Angaben der DIN ISO 2416.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass das nach der Richtlinie 92/21/EWG in das Leergewicht eines Pkw eingerechnete Körpergewicht für einen männlichen Fahrer (68 kg zzgl. 7 kg Gepäckmasse) zu niedrig ist. Für einen weiblichen Fahrer hingegen passt die Angabe sehr gut.

VII. Beispielrechnung

Welche Auswirkung eine leichte Gewichtsänderung hat, soll nun anhand von Berechnungen einer **Heckaufprallkollision** gezeigt werden.

Im Kapitel IV (VRR 2010, 16) wurde die Leergewichtsbreite des BMW 318i von 1240 – 1303 kg erörtert. Es stellt sich nun die Frage, wie ändern sich die

Kollisionsgeschwindigkeit und die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung, wenn das stoßende Fahrzeug erstens gegen den BMW mit einem Leergewicht von 1240 kg und zweitens mit 1303 kg prallt.

Die Abb. 12 zeigt die Anstoßkonfiguration. Ein Pkw fährt mit 100 % Überdeckung auf das Heck des BMW auf.

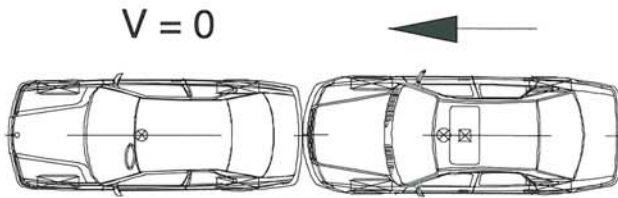


Abb. 12

Über den Energiesatz kann unter Angabe von EES-Werten und den Gewichten der Fahrzeuge zunächst die Relativgeschwindigkeit der Fahrzeuge berechnet werden. Die sog. EES (energie-äquivalente Geschwindigkeit) entspricht somit der Geschwindigkeit, mit der das Fahrzeug gegen ein feststehendes, nicht deformierbares Hindernis (z.B. Betonwand) hätte prallen müssen, um die gleichen Schäden wie im tatsächlichen Fall davonzutragen. In diesem Beispiel wird für beide Fahrzeuge ein EES-Wert von 10 km/h angesetzt. Steht das angestoßene Fahrzeug (in diesem Fall der BMW), so entspricht die Relativgeschwindigkeit der Kollisionsgeschwindigkeit des stoßenden Fahrzeugs. Die Höhe der Relativgeschwindigkeit spiegelt sich in den Fahrzeugbeschädigungen wieder. Je größer die Schäden ausfallen, desto höher war die Relativgeschwindigkeit.

Des Weiteren ist die Teilelastizität der Kollision zu berücksichtigen. Diese wird durch den k-Faktor ausgedrückt. Bei großer Überdeckung beträgt der k-Faktor üblicherweise 0,15 – 0,3.

Über die Formel 1 errechnet sich die Relativ-/Kollisionsgeschwindigkeit.

$$v_{rel} = \frac{1}{\sqrt{1-k^2}} * \sqrt{\frac{m_1 * EES_1^2 + m_2 * EES_2^2}{m_{rel}}}$$

Formel 1

Aus der Relativ-/Kollisionsgeschwindigkeit kann im Weiteren die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung berechnet werden. Die Geschwindigkeitsänderung ist diejenige Geschwindigkeitsdifferenz eines Fahrzeugs unmittelbar vor und unmittelbar nach dem Anstoß. Der Wert ist besonders wichtig, um das Verletzungsrisiko eines Fahrzeuginsassen angeben zu können. Je stärker ein Fahrzeug gestoßen wird, umso größer wird die biomechanische Insassenbelastung.

Die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung des gestoßenen Fahrzeugs (BMW) ergibt sich aus der Formel 2:

$$\Delta v_2 = \frac{(1+k) * m_1}{m_1 + m_2} * v_{rel}$$

Formel 2

Nimmt man für die Berechnung das minimale Leergewicht des BMW von 1240 kg an, so ergibt sich eine Kollisionsgeschwindigkeit des auffahrenden Fahrzeugs von 20,3 – 21,1 km/h (Abb. 13). Beim maximalen Leergewicht des BMW von 1303 kg folgt eine Kollisionsgeschwindigkeit des auffahrenden Fahrzeugs von 20,3 – 21,0 km/h (Abb. 14). Die Kollisionsgeschwindigkeit ändert sich an der Obergrenze nur um 0,1 km/h.

Größer fällt die Auswirkung bei der kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung aus. Gem. Abb. 13 errechnet sich für den BMW bei Annahme des minimalen Leergewichts eine kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung von 12,8 – 15,0 km/h. Im anderen Fall (maximales Leergewicht) liegt die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung zwischen 12,5 und 14,6 km/h (s. Abb. 14). Das Minimum sinkt in diesem Fall um 0,3 km/h, was 2,4 % entspricht. Das Maximum verringert sich um 0,4 km/h bzw. 2,7 %. Die prozentuale Abweichung der kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung des BMW bei der Leergewichtsbreite von 63 kg liegt somit unterhalb von 3 %. Wird letztlich das Ergebnis gerundet angegeben, so geht der Unterschied in den gerundeten Werten unter.

Fahrzeugdaten	Fzg. 1 (stoß.)	Fzg. 2 (gestoß.)	SFB
Fahrzeughalter			
Typ	Audi	BMW	
Kennzeichen			
Masse	1500	1240	kg
Massenberechnung			
Relative Masse	$m_{rel} = \frac{m_1 * m_2}{m_1 + m_2}$		679 kg
Beschädigungen			
EES _{min}	10	10	km/h
EES _{max}	10	10	km/h
Stoßziffer (k-Faktor)			
k	min 0,15	max 0,30	-
Relativgeschwindigkeit der Fahrzeuge (aus Energiesatz)			
$v_{rel} = \frac{1}{\sqrt{1-k^2}} * \sqrt{\frac{m_1 * EES_1^2 + m_2 * EES_2^2}{m_{rel}}}$			
$v_{rel\ min} = v_{1\ min}$, wenn $v_2 = 0$	20,3		km/h
$v_{rel\ max} = v_{1\ max}$, wenn $v_2 = 0$	21,1		km/h
Geschwindigkeitsänderung Fzg 2 (gestoßen)			
$\Delta v_2 = \frac{1+k}{2} * \frac{2 * m_1}{m_1 + m_2} * v_{rel}$			
$\Delta v_{2\ min} = v_{2\ min}$, wenn $v_2 = 0$	12,8		km/h
$\Delta v_{2\ max} = v_{2\ max}$, wenn $v_2 = 0$	15,0		km/h

Abb. 13

Fahrzeugdaten		Fzg. 1 (stoß.)	Fzg. 2 (gestoß.)
Fahrerführer		Audi	BMW
Typ			
Kennzeichen			
Masse		1500	1303 kg

Massenberechnung	
Relative Masse	$m_{rel} = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$
	697 kg

Beschädigungen	
EES _{min}	10 km/h
EES _{max}	10 km/h

Stoßziffer (k-Faktor)	
min	max
k	0,15 0,30 [-]

Relativgeschwindigkeit der Fahrzeuge (aus Energiesatz)	
$v_{rel} = \frac{1}{\sqrt{1-k^2}} \sqrt{\frac{m_1 \cdot EES_1^2 + m_2 \cdot EES_2^2}{m_{rel}}}$	
$v_{rel\ min} = v_{1\ min}$, wenn $v_2 = 0$	20,3 km/h
$v_{rel\ max} = v_{1\ max}$, wenn $v_2 = 0$	21,0 km/h

Geschwindigkeitsänderung Fzg 2 (gestoßen)	
$\Delta v_2 = \frac{1+k}{2} \cdot \frac{2 \cdot m_1}{m_1 + m_2} \cdot v_{rel}$	
$\Delta v_{2\ min} = v_{2\ min}'$, wenn $v_2 = 0$	12,5 km/h
$\Delta v_{2\ max} = v_{2\ max}'$, wenn $v_2 = 0$	14,6 km/h

Abb. 14

Als **Fazit** bleibt festzuhalten, dass geringe Abweichungen des Unfallgewichts, z.B. durch die Leergewichtsbandbreite, den Füllzustand des Kraftstofftanks und im Fahrzeug mitgeführte leichte Gegenstände, einen zu vernachlässigenden Einfluss auf die Berechnung der Kollisionsgeschwindigkeit und der kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung haben. Das Ergebnis der Berechnungen wird lediglich in der ersten Nachkommastelle beeinflusst, sodass die Abweichung im gerundeten Ergebnis bereits enthalten ist. Berücksichtigt werden müssen allerdings die Gewichte der Insassen und schwere Zusatzbeladung. Bei biomechanischen Belastungsgutachten sollten die Gewichte der Insassen möglichst von den Parteien im Vorfeld mitgeteilt werden. Bei verkehrsanalytischen Gutachten zum Unfallhergang reicht die Annahme von Durchschnittswerten, wie oben angegeben, aus.

Praxistipp:

Geringe Abweichungen des Unfallgewichts, z.B. durch mitgeführtes Gepäck, haben keinen signifikanten Einfluss auf die Berechnung der Kollisionsgeschwindigkeit und der kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung. Bei biomechanischen Belastungsgutachten, insbesondere zum Thema HWS-Schleudertrauma, sollte beim Unfallgewicht das tatsächliche Gewicht der/des Insassen berücksichtigt werden.

VIII. Zusammenfassung

Um das Leergewicht eines Pkw bestimmen zu können, muss im **ersten Schritt** geprüft werden, ob das

Fahrzeug national oder nach EG-Vorschrift zugelassen wurde.

Unterschieden wird nach einer nationalen Zulassung (§ 20 StVZO) und einer **EG-Typgenehmigung** nach Richtlinie 70/156/EWG. Teilweise kann diese Unterscheidung anhand des Baujahres erfolgen. Alle Fahrzeuge, die vor dem 1.1.1993 gebaut wurden, weisen eine nationale Zulassung auf und besitzen eine **Allgemeine Betriebserlaubnis**.

Fahrzeuge mit einem Baujahr nach dem 31.12.1997 weisen in jedem Fall eine EG-Typgenehmigung auf. Es gab jedoch eine Umstellungsphase, in der es den Herstellern freigestellt war, mit welcher Zulassung die Neufahrzeuge versehen wurden. Dieser 3-jährige Zeitraum erstreckte sich vom 1.1.1993 bis zum 31.12.1995. Bereits bestehende Fahrzeugtypen konnten noch bis zum 31.12.1997 mit einer Allgemeinen Betriebserlaubnis ausgestattet werden (Tabelle 8).

SFB	Termin für die Anwendung				
	bis 31.12.1992	01.01.1993 - 31.12.1995	ab 01.01.1996	bis 31.12.1997	ab 01.01.1998
nationale Zulassung	alle Fahrzeuge	neue / bestehende Fahrzeugtypen fakultativ	bestehende Fahrzeugtypen fakultativ	bestehende Fahrzeugtypen fakultativ	—
EG Typ-Genehmigung	—	neue / bestehende Fahrzeugtypen fakultativ	neue Fahrzeugtypen verbindlich	—	alle Fahrzeuge

Tabelle 8

Grds. unterscheidet sich die nationale Zulassung mit der Allgemeinen Betriebserlaubnis von der EG-Zulassung mit der EG-Typgenehmigung bzgl. des angegebenen Leergewichts durch den Fahrer und den Füllstand des Kraftstofftanks. Bei Pkw mit EG-Typgenehmigung sind im Leergewicht 75 kg für den standardisierten Fahrer enthalten. Diese 75 kg setzen sich aus 68 kg Körpergewicht + 7 kg für Gepäck zusammen. Bei national zugelassenen Fahrzeugen enthält das Leergewicht keinen Fahrer. Ferner beträgt nach DIN 70020 der Füllstand des Kraftstoffbehälters 90 % und nach § 42 StVZO 100 % wie bei der EG-Zulassung.

Bei Pkw mit EG-Typgenehmigung „sitzt“ somit bereits ein Fahrer mit Gepäck (75 kg) im Fahrzeug.

Wie der zu betrachtende Pkw zugelassen wurde, kann durch drei Vorgehensweisen erarbeitet werden.

1. Fabrikschild im Fahrzeug
2. Fahrzeugpapiere
3. KBA-Liste

Das Fabrikschild des Pkw befindet sich im Motorraum. Auf dem Schild steht entweder die ABE-Nummer oder die EG-Typgenehmigungsnummer.

Die Fahrzeugpapiere bestanden bis zum 30.9.2005 aus einem Fahrzeugbrief und einem Fahrzeugschein. Dabei geht lediglich aus dem Fahrzeugbrief hervor, ob das Fahrzeug national oder nach EG-Vorschrift zugelassen wurde. Seit dem 1.10.2005 ersetzt die sog. Zulassungsbescheinigung Teil I den Fahrzeugschein und die Zulassungsbescheinigung Teil II den Fahrzeugbrief. Die Betriebserlaubnisnummer geht i.d.R. aus beiden neuen Fahrzeugpapieren hervor. Allerdings

sind Zulassungsbescheinigungen Teil I im Umlauf, bei denen von der Zulassungsstelle das Feld „K“ (Betriebs-erlaubnisnummer) nicht ausgefüllt wurde.

Liegt nur ein Fahrzeugschein oder eine Zulassungsbescheinigung Teil I vor und ist bei der Letzteren die Betriebs-erlaubnisnummer nicht eingetragen, kann diese, aufgrund der aus den Papieren hervorgehenden Schlüsselnummern zu 2 und zu 3, der KBA-Liste (Verzeichnis von Herstellern und Typen von Pkw des Kraftfahrt-Bundesamts) entnommen werden.

Das Leergewicht eines Fahrzeugs geht ebenfalls aus den Fahrzeugpapieren hervor. Bei den alten Fahrzeugpapieren ist das Leergewicht im Fahrzeugschein und im Fahrzeugbrief angegeben. Die entsprechende Eintragung erfolgt unter der Ziffer 14.

In den neuen Zulassungspapieren steht das Leergewicht nur noch in der Zulassungsbescheinigung Teil I im Feld „G“.

Die Angabe unter der Ziffer 14 oder dem Buchstaben G bezieht sich immer auf das minimale Leergewicht des Fahrzeugtyps.

In einigen Fällen ist in den Fahrzeugpapieren (alt: im Feld Bemerkungen, neu: im Feld 22) eine Bandbreite für das Fahrzeugleergewicht angegeben. Es handelt sich dann um die Angabe eines minimalen und eines maximalen Leergewichts (Basismodell bzw. Vollausstattung). Ist keine Bandbreite angegeben, kann das maximale Leergewicht über die Schlüsselnummern aus der KBA-Liste abgelesen werden.

Beim Eingang der Akten zur Ausarbeitung eines Gutachtens stehen i.d.R. nur die Schadengutachten der Fahrzeuge zur Verfügung. In den meisten Fällen enthalten diese Gutachten nicht alle notwendigen Fahrzeugdaten.

Praxistipp:

Für die Erstellung eines verkehrsanalytischen Gutachtens oder eines biomechanischen Belastungsgutachtens ist somit die Vorlage des Fahrzeugscheins oder der Zulassungsbescheinigung Teil I unerlässlich. In Ausnahmefällen können einige Fahrzeugdaten auch bei den Zulassungsstellen erfragt werden.

Das Unfallgewicht eines Fahrzeugs unterscheidet sich vom Leergewicht insbesondere durch den Beladungs-

zustand. Exakt ließe sich das Unfallgewicht nur durch das Wiegen des unfallbeteiligten Fahrzeugs unmittelbar nach dem Unfallgeschehen bestimmen. Dieses lässt sich in der Praxis jedoch nicht umsetzen. Somit muss das Unfallgewicht über das Leergewicht und gewichtserhöhende Einflussgrößen eingegrenzt werden. Von Interesse sind die Insassen und der Beladungszustand. Weitere Einflussgrößen, wie der Füllstand des Kraftstofftanks und leichte, mitgeführte Gegenstände, z.B. Handtaschen etc., können vernachlässigt werden.

Das Unfallgewicht der Fahrzeuginsassen kann von den Parteien mitgeteilt werden. Sollte dies nicht möglich sein, so können durchschnittliche Gewichte für männliche und weibliche Personen zugrunde gelegt werden. Aus Recherchen folgt ein Durchschnittsgewicht von männlichen, erwachsenen Personen i.H.v. 83 kg und von weiblichen i.H.v. 68 kg. Wird eine Gepäckmasse von 7 kg nach DIN ISO 2416 hinzuaddiert, folgt für den Mann ein anzusehendes Gewicht von 90 kg und für die Frau von 75 kg.

Insbesondere im Rahmen eines **biomechanischen Belastungsgutachtens** zur HWS-Problematik (vgl. MEYER VRR 2009, 18) sollte das Unfallgewicht möglichst genau bestimmt werden. Bei einem unfallanalytischen Gutachten zum Unfallhergang und zur Vermeidbarkeit ist das ungefähre Unfallgewicht vollkommen ausreichend. Eine dargestellte Beispielrechnung zeigt, dass bei einem um 63 kg unterschiedlichen Unfallgewicht (Bandbreite zwischen minimalem und maximalem Leergewicht) des gestoßenen Fahrzeugs bei einer Heckkollision sich die Relativgeschwindigkeit nur um 0,1 km/h verändert. Die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung unterscheidet sich in diesem Beispiel um 0,3 – 0,4 km/h und ist bereits im gerundeten Ergebnis enthalten.

IX. Quellen

- [1] KUHNE, T., FH Köln
- [2] REIMPEL, J., Fahrwerktechnik 1, 5. Aufl. 1982
- [3] DIN ISO 2416, 1993
- [4] DIN 70020 Teil 1, 1993
- [5] DUSCHEK/WEINMANN/BÖHM/LAUE/BRÜCKNER, Leben in Deutschland, Ergebnisse des Mikrozensus 2005, Statistisches Bundesamt – Pressestelle, 2006
- [6] <http://de.wikipedia.org>
- [7] <http://www.colliseum.de>
- [8] <http://ec.europa.eu>
- [9] <http://www.kba.de>