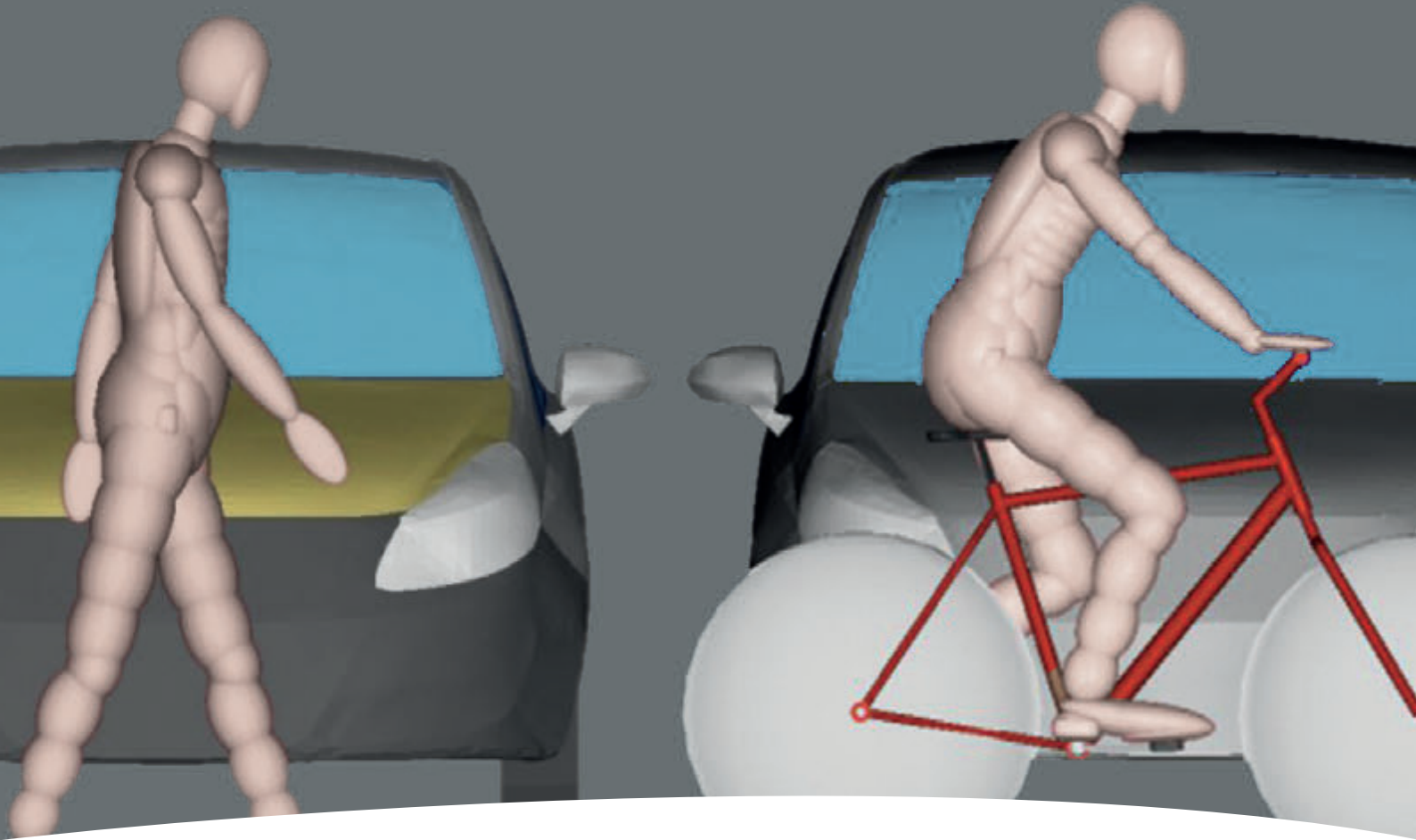




Schutzmaßnahmen für Fußgänger und Radfahrer

Unfallforschung kompakt

Unfallforschung
der Versicherer



Inhalt

Einleitung	4
Ausgangslage	5
Beschreibung des Bewertungsverfahrens	6
Einzelergebnisse für Radfahrer und Fußgänger	9
Vergleich der Radfahrer- und Fußgänger-Ergebnisse	10
Zusammenfassung und Folgerungen	15
Literaturangaben	16
Anhang	17

Einleitung

Maßnahmen zum Schutz von Radfahrern (RF) und vor allem Fußgängern (FG) beschränkten sich in der Vergangenheit primär auf passive Systeme an der Pkw-Front. Aktive Systeme zur Unfallvermeidung bzw. zur Minderung der Unfallfolgen, wie z.B. ein Notbremsassistent, rücken allerdings aktuell mehr und mehr in den Vordergrund.

Die Unfallforschung der Versicherer (UDV) hat gemeinsam mit der Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen (fka) ein Verfahren entwickelt, mit dem der Effekt passiver und aktiver Systeme zum Schutz von FG und RF auf einer gemeinsamen Skala verglichen werden kann. Mit diesem Bewertungsverfahren sind auch Vergleiche unterschiedlicher Fahrzeugfronten bezüglich ihrer Eigenschaften bei FG- und RF-Kollisionen möglich.

In dieser Unfallforschung kompakt [2] wird das Kopfverletzungsrisiko AIS 3+ [1] für 16 aktuelle Serienfahrzeuge in anonymisierter Form angegeben, darüber hinaus wird der Effekt einer generischen aufstellenden Haube und eines generischen Windschutzscheibenairbags sowie der Einfluss einer Geschwindigkeitsreduktion (durch eine Notbremse) bewertet. Dabei wird zwischen Kindern und Erwachsenen unterschieden. Schließlich werden die Unterschiede zwischen FG- und RF-Unfällen hinsichtlich des Verletzungsrisikos und der Unfallkinematik aufgezeigt und eine Bewertung sinnvoller Maßnahmen für einen verbesserten Schutz dieser ungeschützten Verkehrsteilnehmer vorgenommen.

Ausgangslage

Nach den Zahlen des Statistischen Bundesamtes [3] wurden im Jahr 2014 insgesamt 3.377 Menschen im Straßenverkehr in Deutschland getötet (Abb. 1), darunter 396 Radfahrer und 523 Fußgänger. Verglichen mit dem Jahr 2004 mit insgesamt 5.842 Getöteten war zwar für alle Arten der Verkehrsteilnahme ein deutlicher Rückgang festzustellen, auch für Radfahrer und Fußgänger. Der relative Anteil hat sich allerdings für Fußgänger von 14 Prozent auf 15 Prozent erhöht, für Radfahrer von 8 Prozent auf 12 Prozent. Der Stellenwert getöteter Radfahrer hat sich somit in den letzten 10 Jahren deutlich erhöht.

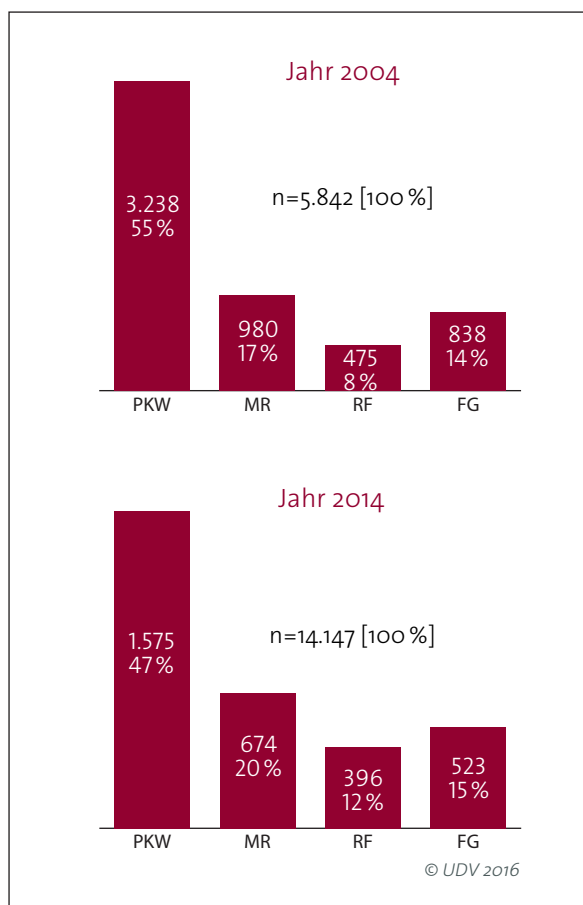


Abb. 1: Getötete im Straßenverkehr nach Art der Verkehrsteilnahme [3]

In der Gruppe der getöteten Radfahrer ist mit mehr als 35 Prozent ein Pkw der Unfallgegner (Abb. 2), an zweiter Stelle folgt der Alleinunfall von Radfahrern und an dritter Stelle der Lkw mit 20 Prozent.

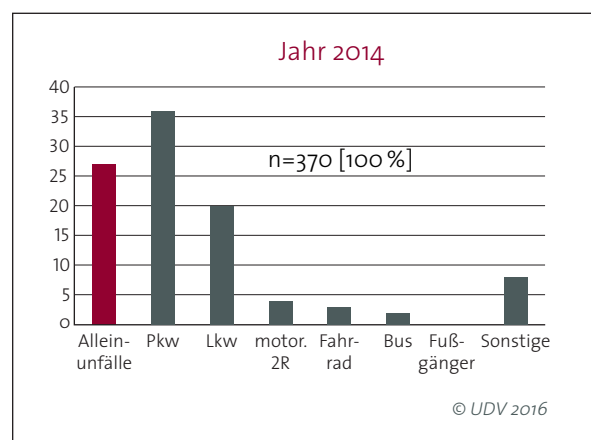


Abb. 2: Getötete Radfahrer in Abhängigkeit vom Unfallgegner im Jahr 2014 (Alleinunfälle und Unfälle mit zwei Beteiligten) [3]

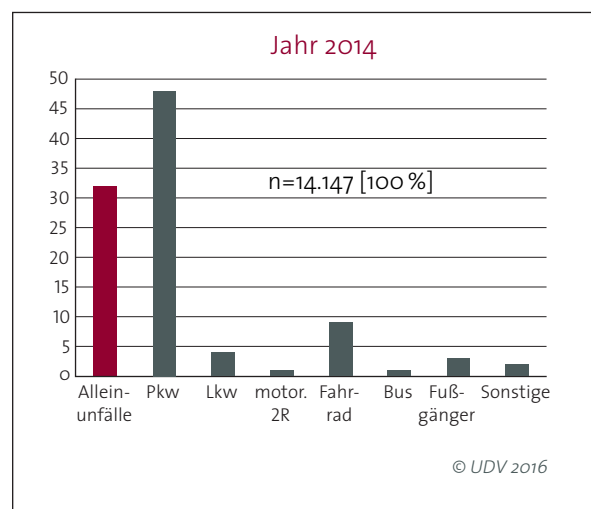


Abb. 3: Schwerverletzte Radfahrer in Abhängigkeit vom Unfallgegner im Jahr 2014 (Alleinunfälle und Unfälle mit zwei Beteiligten) [3]

Beschreibung des Bewertungsverfahrens

Bei den schwerverletzten Radfahrern (Abb. 3) ist der Pkw mit knapp 50 Prozent mit Abstand häufigster Unfallgegner, hier erscheint der Lkw nur noch in 4 Prozent der Unfälle als Kollisionsgegner. Auch bei den schwerverletzten Radfahrern ist der Anteil des Alleinunfalls mit über 30 Prozent hoch.

Um diese Situation hinsichtlich des Schutzes von Radfahrern zu verbessern, sind theoretisch mehrere Möglichkeiten denkbar: Eine optimierte Infrastruktur, geändertes Verkehrsverhalten (u.a. Tragen von Helmen) oder technische Maßnahmen am Fahrzeug, die sowohl aktiver als auch passiver Natur sein können. Im Folgenden wird auf diese technischen Maßnahmen und auf die Möglichkeit der Bewertung dieser Maßnahmen näher eingegangen.

Sonderauswertungen der Unfalldatenbank der Versicherer hinsichtlich des Verletzungsbildes von Radfahrern haben ergeben, dass schwere Verletzungen AIS 3 [1] vor allem am Kopf und an den Beinen auftreten, bei kritischen bis tödlichen Verletzungen AIS 4+ dominieren dagegen eindeutig die Kopfverletzungen. Selten werden kritische Verletzungen AIS 4 auch am Brustkorb oder an der Halswirbelsäule festgestellt.

Beschreibung des Bewertungsverfahrens

Um das Potential aktiver (z.B. automatisches Notbremsystem) und passiver (z.B. aufstellende Motorhaube plus Airbag) Maßnahmen zum Schutz von Radfahrern und Fußgängern auf einer Skala bewerten und vergleichen zu können, wurde in einem gemeinsamen Forschungsprojekt zwischen der UDV und der fka ein entsprechendes Bewertungsverfahren entwickelt und auf 16 von Euro NCAP in den Jahren 2013 und 2014 getestete Fahrzeuge angewandt. Das bereits bestehende Verfahren zur Bewertung von Fußgängerschutzmaßnahmen [4, 5, 6] wurde an neueste wissenschaftliche Erkenntnisse ange-

passt und um die Möglichkeit, den Schutz von Radfahrern zu bewerten, erweitert. Kern des Verfahrens ist es, jeden Punkt der Fahrzeugfront hinsichtlich seiner Auftreffhäufigkeit eines RF bei einer RF/Pkw-Kollision zu bewerten und mit der Steifigkeit der Front an diesem Punkt zu verschneiden, um daraus ein Verletzungsrisiko für den Kopf des Radfahrers abzuleiten. Das Aufsummieren dieses Verletzungsrisikos über alle Punkte der Fahrzeugfront ergibt einen charakteristischen Wert für die Fahrzeugfront eines bestimmten Fahrzeugmodells. Damit werden Fahrzeugmodelle vergleichbar und Änderungen an der Fahrzeugfront (z.B. durch passive Maßnahmen) bewertbar. Ein wesentliches Merkmal des Bewertungsverfahrens ist sein modularer Aufbau, bei dem Struktureigenschaften der Fahrzeugfront mit der entsprechenden Unfallkinematik sowie Daten der Unfallforschung kombiniert werden (Abb. 4). Die einzelnen Module können dabei unabhängig voneinander weiterentwickelt oder durch aktuellere ausgetauscht werden. Das Bewertungsverfahren verwendet die fahrzeugmodellspezifischen Euro NCAP-Ergebnisse und passt die HIC-Werte an die reale Unfallkinematik an, welche mittels numerischer Simulation ermittelt wurde. Da die Kinematik stark von der Fahrzeugfrontgeometrie abhängig ist, wurde eine entsprechende Kategorisierung entwickelt. Zur Abbildung der verschiedenen Fahrzeugfronten im realen Unfallgeschehen wurden insgesamt sechs Fahrzeugmodelle verwendet, welche jeweils die Klassen Limousine, Kompakt, Van, SUV, OneBox und Sportwagen repräsentieren (Abb. 5).

Diese Kategorisierung beruht allein auf der Frontgeometrie eines Fahrzeuges und nutzt charakteristische Parameter wie die Höhe der Haubenvorderkante, den Haubenwinkel sowie die Abwickellänge bis zur Haubenhinterkante. Sie ermöglicht eine fahrzeugklassenspezifische Betrachtung der Unfallkinematik. Entsprechende Simulationsdaten sind für jede Fahrzeugklasse verfügbar. Kinematische Parameter bilden dabei die Kopfaufprallgeschwindigkeit, der Kopfaufprallwinkel sowie die Kopfaufprallwahrscheinlichkeit, die für die jeweiligen Bereiche der Fahrzeugfrontenteilung bestimmt werden.

Beschreibung des Bewertungsverfahrens

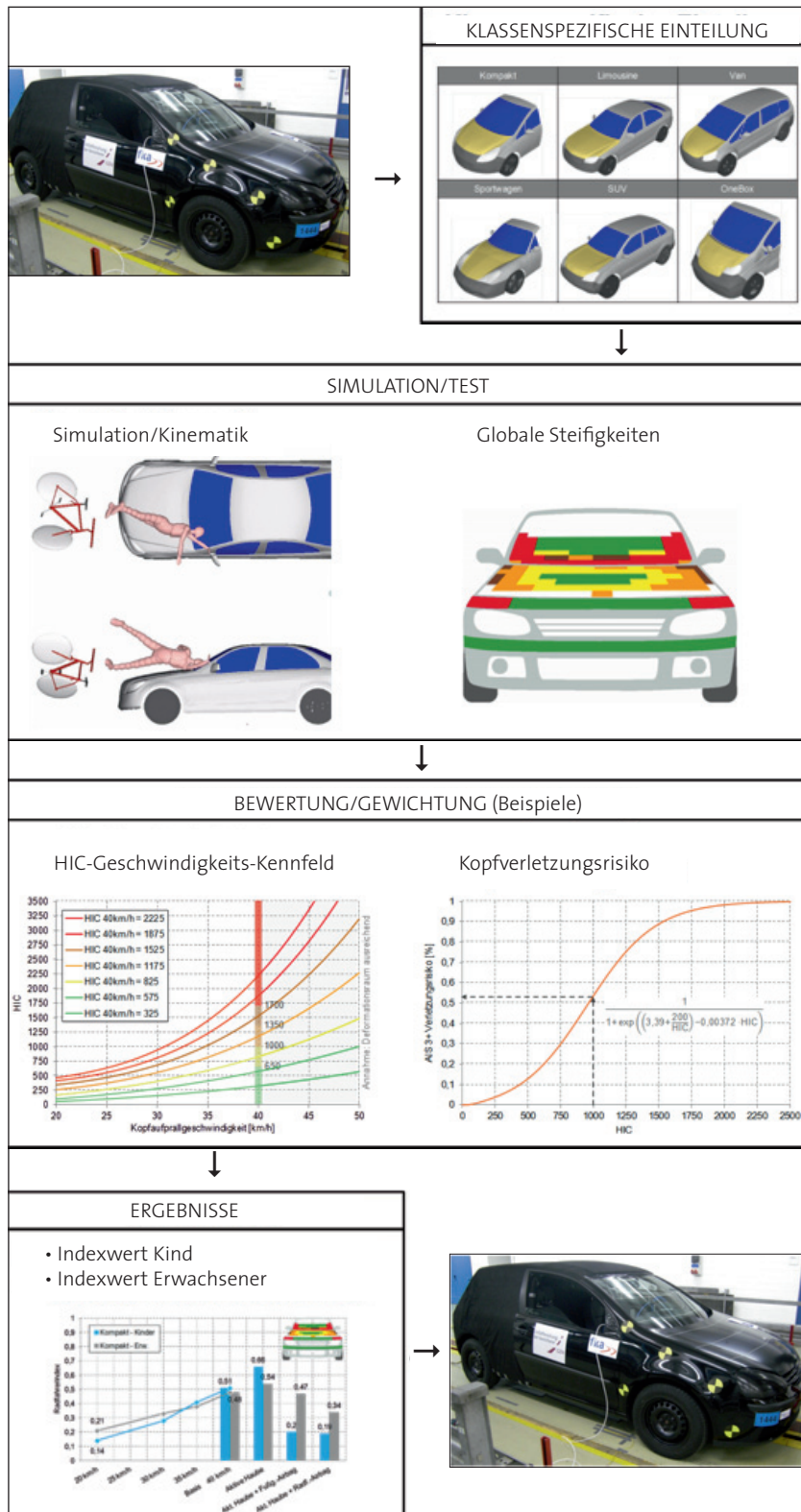


Abb. 4: Bewertungsmethodik zum Radfahrerschutz

Beschreibung des Bewertungsverfahrens

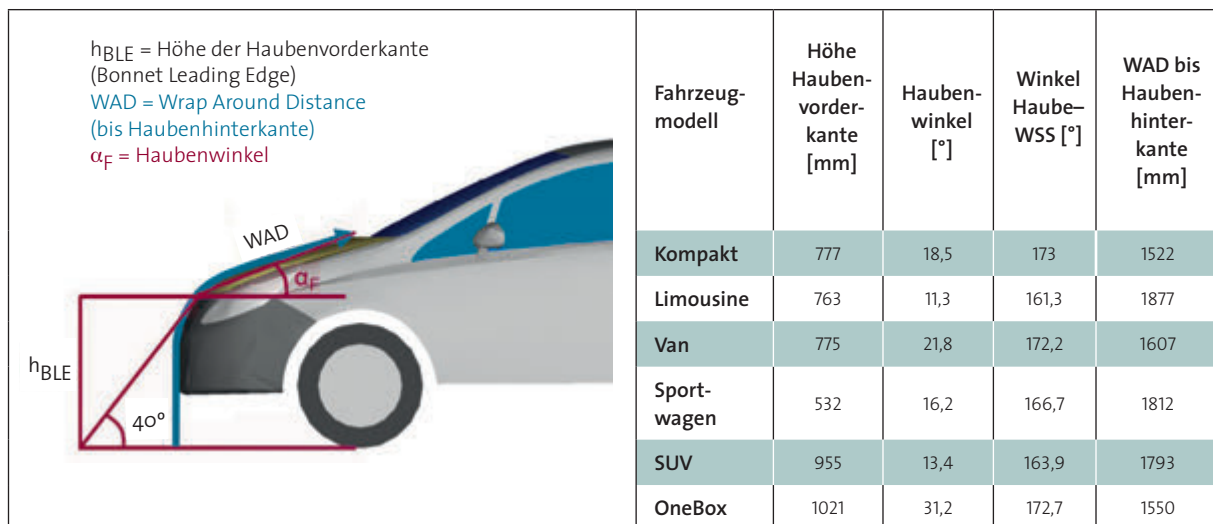


Abb. 5: Geometrieparameter der generischen Fahrzeugmodelle

Das Bewertungsverfahren liefert einen Index-Wert, der für eine Kollisionsgeschwindigkeit von 40 km/h das Risiko einer AIS 3+ Kopfverletzung in Folge des Primäraufpralls angibt. Dieser wird, getrennt für Radfahrer und Fußgänger sowie Kinder und Erwachsene, u.a. auf Basis

einer Verletzungsrisikofunktion [7] berechnet. Der Wertebereich des ermittelten Indexes liegt zwischen 0 und 1. Dabei bedeutet 1 ein 100%iges Risiko für schwere Kopfverletzungen (AIS 3+). Der Wert 0 bedeutet kein Risiko für AIS 3+ Kopfverletzungen.

SIMULATIONSMATRIX	
6 Fahrzeugmodelle	Kompakt, Limousine, Van, SUV, OneBox und Sportwagen
4 Radfahrermodelle	6-jähriges Kind, 5%-Frau, 50%- und 96%-Mann
2 Anstoßkonstellationen	Radfahrer von rechts kreuzend, rechtwinklig > zentral und außen
4 Pedalstellungen	fahrzeugseitiges Bein unten, oben, vorne und hinten
4 Fahrzeuggeschwindigkeiten	40 km/h, 35 km/h, 30 km/h und 20 km/h
1 Radfahrergeschwindigkeit	15 km/h
	Simulationsanzahl $> n_{Fzg.} \times n_{Radf.} \times n_{Konst.} \times n_{Pedalst.} \times n_{Fzg.-Geschw.} \times n_{Radf.-Geschw.}$ • 768 Simulationen • Plus 192 Simulationen zur aktiven Haube • Plus Parameterstudien und Realunfallrekonstruktion • Plus Simulationen zur Versuchsauslegung • $n_{Simulationen} > 1000$

Abb. 6: Umfang der durchgeführten Simulationen

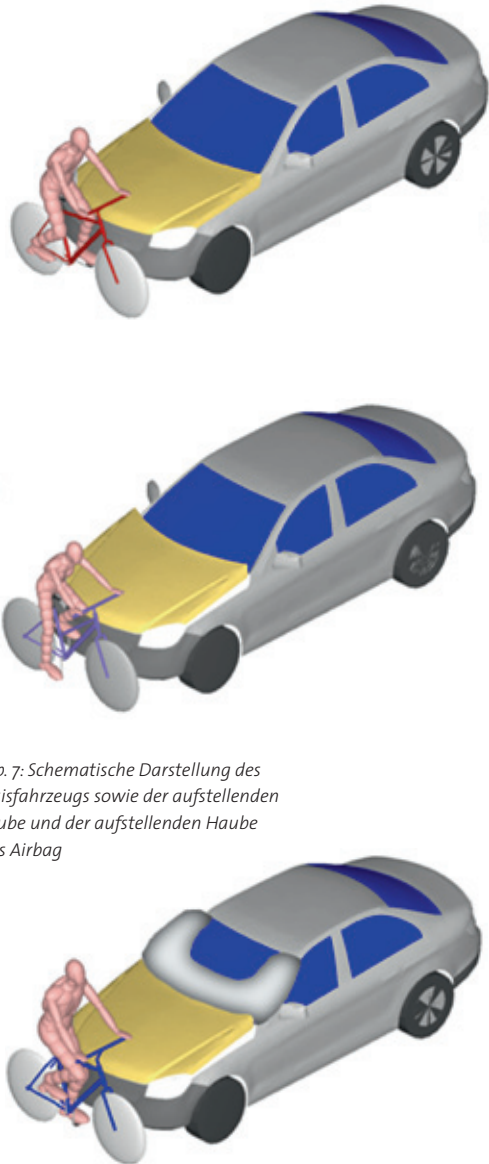


Abb. 7: Schematische Darstellung des Basisfahrzeugs sowie der aufstellenden Haube und der aufstellenden Haube plus Airbag

Einzelergebnisse für Radfahrer und Fußgänger

Das oben beschriebene Bewertungsverfahren wurde auf 16 von Euro NCAP in den Jahren 2013 und 2014 getestete Fahrzeuge angewandt. Im Hinblick auf die Fahrzeugfront-Geometrie fielen neun Fahrzeuge in die Klasse der „Limousine“, drei in die Klasse „Van“ und jeweils zwei in die Klassen „OneBox“ und „Kompakt“. Die Bewertung erfolgte sowohl für Kinder als auch Erwachsene. Im Anhang sind das Risiko zu AIS 3+ Kopfverletzungen für Radfahrer (siehe Tabelle 1) sowie für Fußgänger (siehe Tabelle 2) angegeben. In beiden Tabellen finden sich die Werte für das Basisfahrzeug bei 40, 30 und 20 km/h Kollisionsgeschwindigkeit des Pkw sowie für die passiven Systeme „aufstellende Haube“ (a.H.), „aufstellende Haube plus RF-Airbag“ und „aufstellende Haube plus FG-Airbag“ (Abb. 7). Die beiden generischen Airbags unterscheiden sich in ihren Dimensionen dahin gehend, dass der RF-Airbag 800 mm im Bereich der A-Säule abdeckt, der FG-Airbag dagegen nur 600 mm. Im Bereich der Haubenhinterkante sind die beiden angenommenen Airbags identisch. Die Werte in beiden Tabellen können direkt miteinander verglichen werden, so ist beispielsweise „Fahrzeug 7“ in Tabelle 1 das gleiche wie „Fahrzeug 7“ in Tabelle 2. Insgesamt ist festzustellen, dass die Werte für Kinder – bis auf ganz wenige Ausnahmen – immer geringer ausfallen als die Erwachsenen-Werte.

Insgesamt wurden mehr als 1.000 Simulationen durchgeführt (Abb. 6) durch die es auch möglich wird, den Index-Wert in Abhängigkeit von der Kollisionsgeschwindigkeit darzustellen, um Systeme der aktiven Sicherheit berücksichtigen zu können.

Vergleich der Radfahrer- und Fußgänger-Ergebnisse

Vergleich der Radfahrer- und Fußgänger-Ergebnisse

Ein Vergleich der Indexwerte von Radfahrern und Fußgängern für alle hier betrachteten Basisfahrzeuge zeigt, dass das Verletzungsrisiko für Radfahrer deutlich höher ausfällt als für Fußgänger (Abb. 8). Während für die Fußgänger sämtliche Erwachsenenwerte der Basisfahrzeuge unterhalb von 45 Prozent liegen, erreichen jene für die erwachsenen Radfahrer Werte zwischen 48 Prozent und 95 Prozent.

Auffällig in Abb. 8 sind auch die teilweise extrem großen Unterschiede zwischen dem Radfahrer- und Fußgänger-Wert: Während bei den Fahrzeugen 8 und 11 der Unterschied vergleichsweise gering ausfällt (ca. 15 Prozentpunkte), liegt das Kopfverletzungsrisiko bei Fahrzeug 1

für den Radfahrer mehr als viermal höher als für den Fußgänger. Bei den übrigen Fahrzeugen ist das Risiko für Radfahrer fast durchgehend mindestens doppelt so hoch wie für Fußgänger. Durch die weiter hinten liegenden Kopfaufprallorte der Radfahrer nimmt die Relevanz der steifen A-Säule, der Dachvorderkante und des kritischen Windlauf- und unteren Windschutzscheibenbereichs zu. Ein weiterer Grund für das hohe Kopfverletzungsrisiko der Radfahrer sind die hohen durchschnittlichen Kopfaufprallgeschwindigkeiten der Radfahrer, welche oftmals oberhalb der Fahrzeuggeschwindigkeit liegen, was bei den Fußgängern nicht der Fall ist. In Abb. 9 ist jeweils die über die gesamte Länge der Fahrzeugfront ermittelte minimale und maximale Kopfaufprallgeschwindigkeit von erwachsenen Radfahrern und Fußgängern für die sechs generischen Fahrzeugmodelle dargestellt. Es handelt sich hier um Durchschnittswerte, die sich aus der Simulation der unterschiedlichen Radfahrer- und Fußgänger-Modelle, Anstoßkonstellationen und Pedalstellungen ergeben.

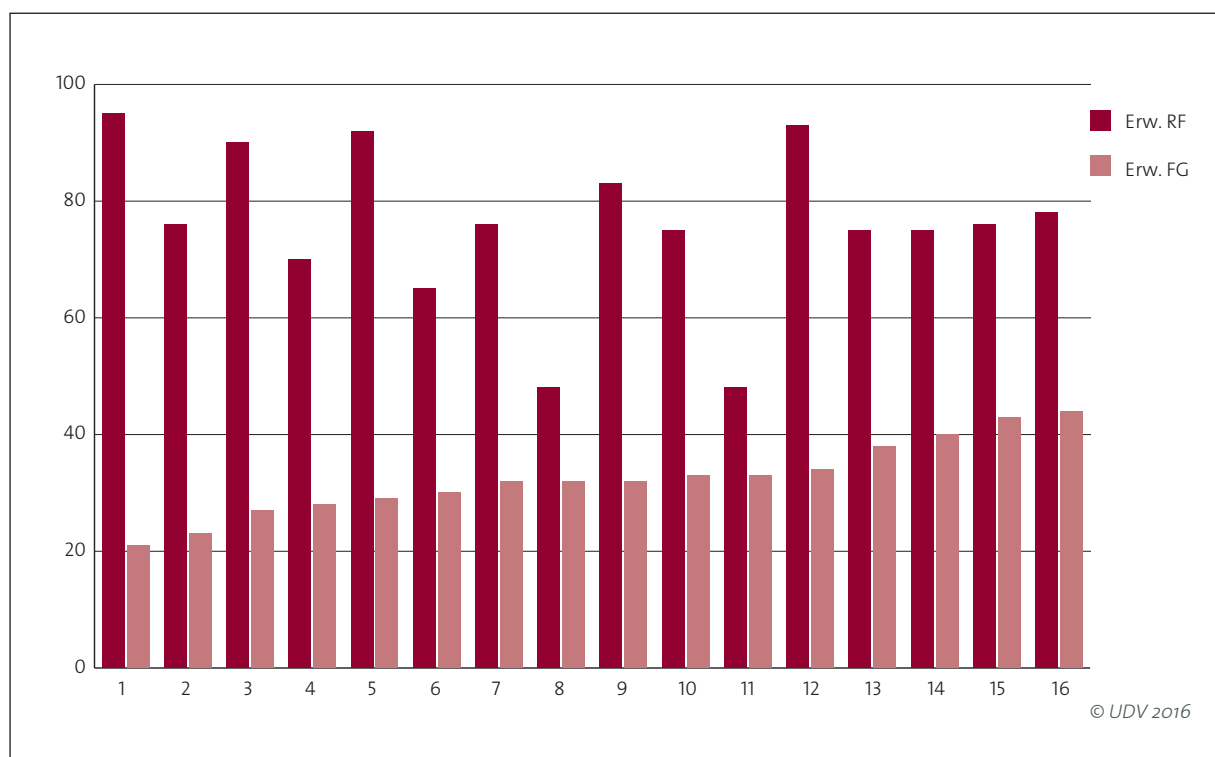


Abb. 8: Kopfverletzungsrisiko AIS 3+ in [%]
für erwachsene RF und FG – Basis, 40 km/h

Vergleich der Radfahrer- und Fußgänger-Ergebnisse

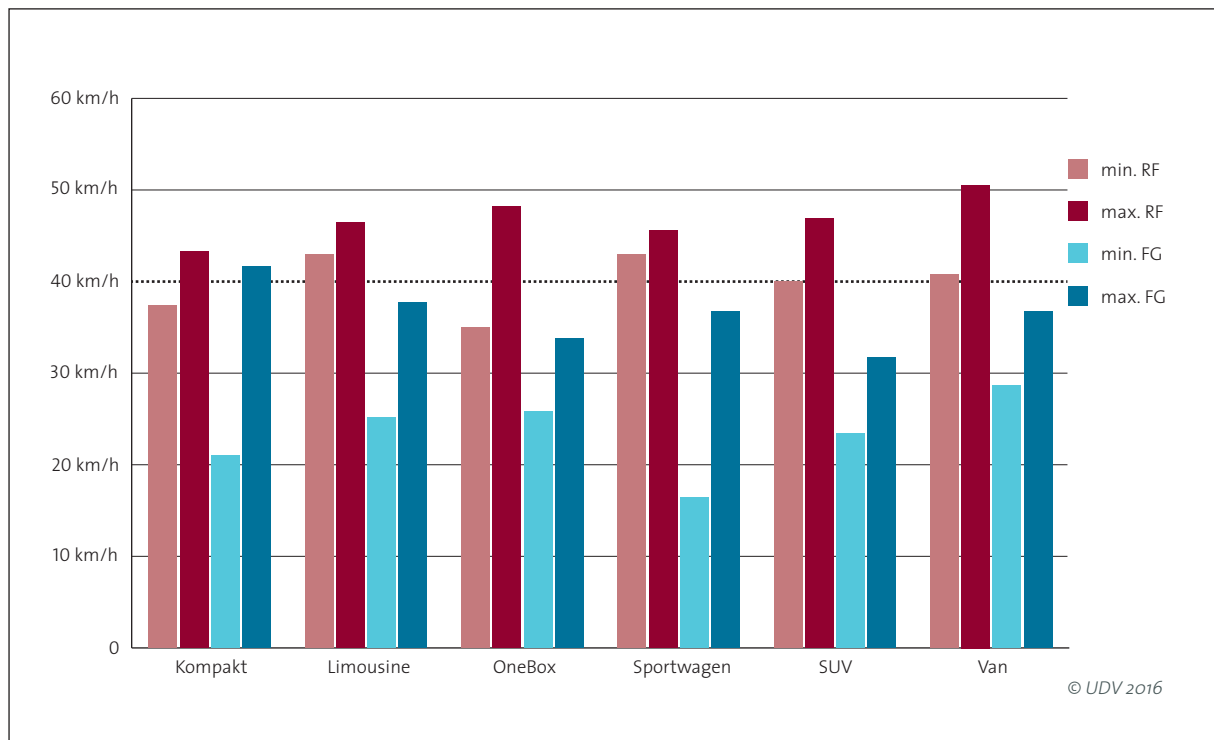


Abb. 9: Durchschnittliche Kopfaufprallgeschwindigkeiten von erwachsenen Radfahrern und Fußgängern bei den sechs generischen Fahrzeugmodellen – 40 km/h Kollisionsgeschwindigkeit

Positive Auswirkungen einer aufstellenden Haube auf das Schutzpotential zeigen sich nur vereinzelt (Abb. 10, s. nächste Seite); das Gesamtbild ist sehr inhomogen, teilweise verschlechtern sich die Werte sogar: Es existieren Fahrzeuge, bei denen durch die aufstellende Haube für Fußgänger und Radfahrer die Werte leicht abnehmen (Beispiel: Fahrzeug 3), Fahrzeuge bei denen ein niedriger Wert für den Fußgänger „erkauft“ wird durch einen hohen Wert beim Radfahrer (Beispiel: Fahrzeug 5) und es zeigt sich auch das Gegenteil (Beispiel: Fahrzeuge 4 und 16). Zurückzuführen ist dieses Ergebnis auf teils deutlich höhere Kopfaufprallgeschwindigkeiten im Zuge der Haubenaufstellung. Darüber hinaus macht sich, vor allem für Fahrzeuge der Kompakt-Klasse, die Berücksichtigung des zusätzlichen Risikos durch den Haubenspalt bemerkbar. Dies gilt sowohl für die Indexergebnisse der Fußgänger als auch der Radfahrer.

Vergleich der Radfahrer- und Fußgänger-Ergebnisse

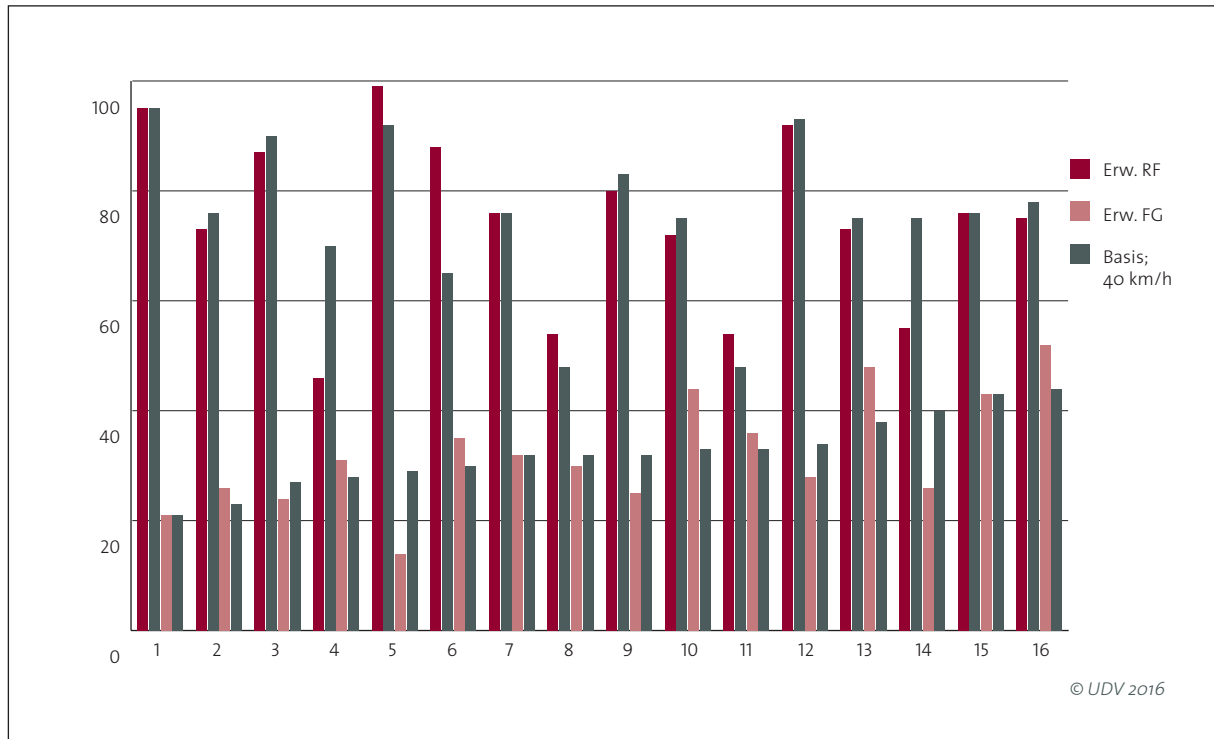
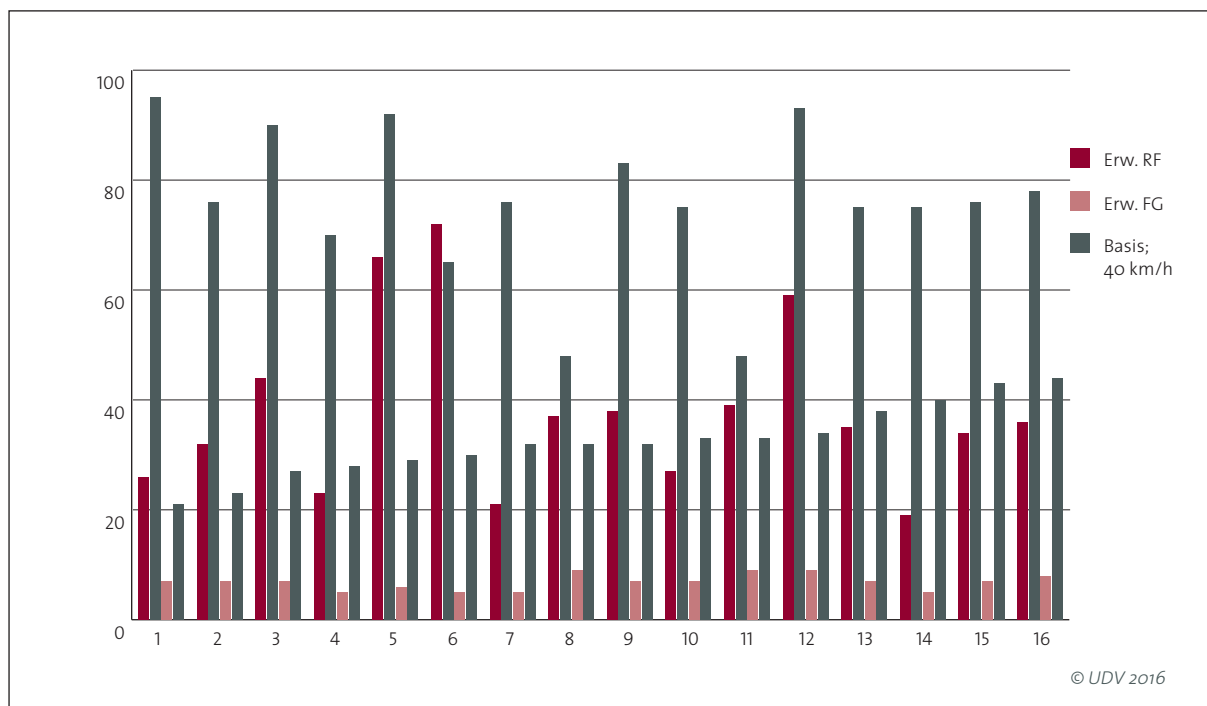


Abb. 10: Kopfverletzungsrisiko AIS 3+ in [%]
für erwachsene Radfahrer und Fußgänger –
aufstellende Haube, 40 km/h

In Abb. 11 sind die Indexwerte für eine aufstellende Haube in Verbindung mit einem generischen Radfahrerairbag dargestellt. Wie bereits erwähnt, deckt dieser angenommene Airbag die Haubenhinterkante ab und erstreckt sich im Bereich der A-Säule links und rechts über 800 mm. Verglichen mit den Basis-Werten (siehe Abb. 8) und den Werten für die aufstellende Haube (siehe Abb. 10) zeigt sich in Verbindung mit dem RF-Airbag sowohl für Radfahrer und in besonders positiver Weise für den Fußgänger ein deutlich niedrigeres Kopfverletzungsrisiko, wobei auch hier die Werte für den Radfahrer meist das Dreifache des FG-Werts betragen. Die Fußgängerwerte liegen für alle Fahrzeuge unter 10 Prozent, die Radfahrerwerte in 12 von 16 Fällen unter 40 Prozent. Auch für den RF-Airbag zeigt sich nicht bei allen Fahrzeugen in gleichem Maße eine Reduzierung der Indexwerte: Beispielsweise ist bei Fahrzeug 1 eine deutliche Abnahme des Kopfverletzungsrisikos für Radfahrer von 95 Prozent auf 26 Prozent festzustellen, wohingegen die Fahrzeuge 5, 6 und 12 trotz des Airbags noch RF-Werte von über 50 Prozent aufweisen.

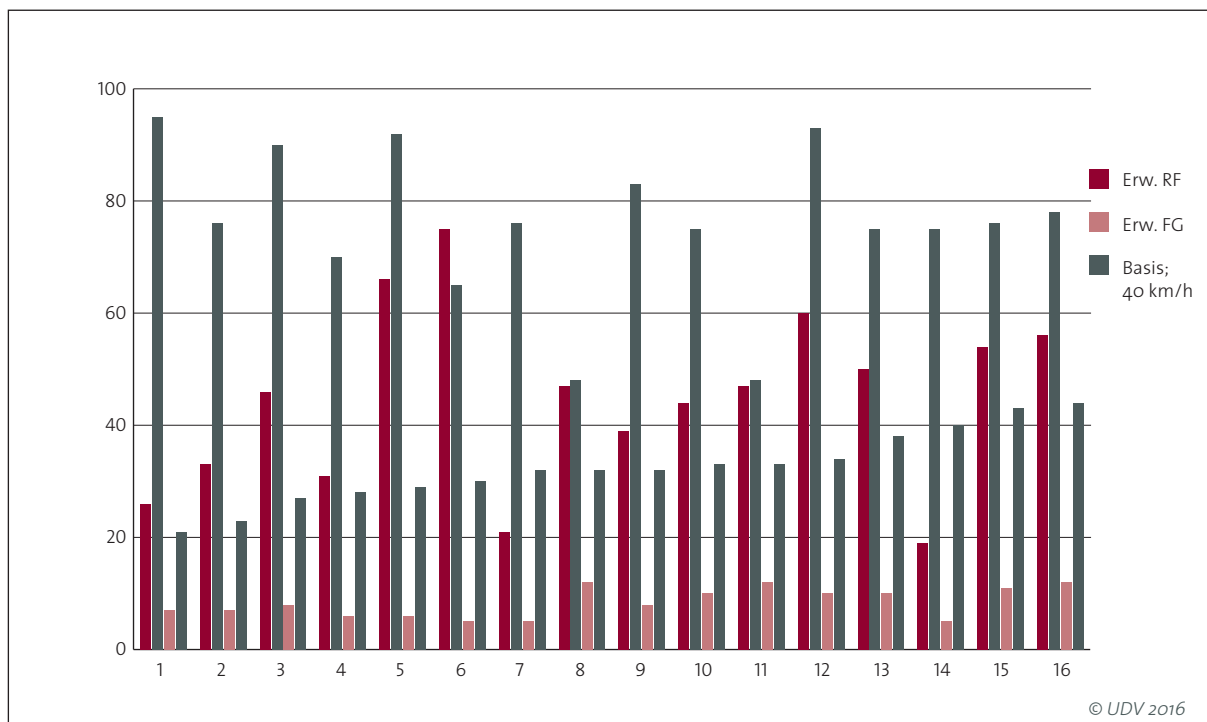
Ein Fußgängerairbag, der im Bereich der A-Säule lediglich 600 mm abdeckt, führt ebenfalls zu einer Reduzierung der Indexwerte (Abb. 12), allerdings fällt die Abnahme des Kopfverletzungsrisikos geringer aus als mit einem Radfahrerairbag (vergl. Abb. 11 und 12).

Vergleich der Radfahrer- und Fußgänger-Ergebnisse



△ Abb. 11: Kopfverletzungsrisiko AIS 3+ in [%]
für erwachsene Radfahrer und Fußgänger –
aufstellende Haube plus Radfahrer-Airbag,
40 km/h

▽ Abb. 12: Kopfverletzungsrisiko AIS 3+ in [%]
für erwachsene Radfahrer und Fußgänger –
aufstellende Haube plus Fußgänger-Airbag,
40 km/h



Vergleich der Radfahrer- und Fußgänger-Ergebnisse

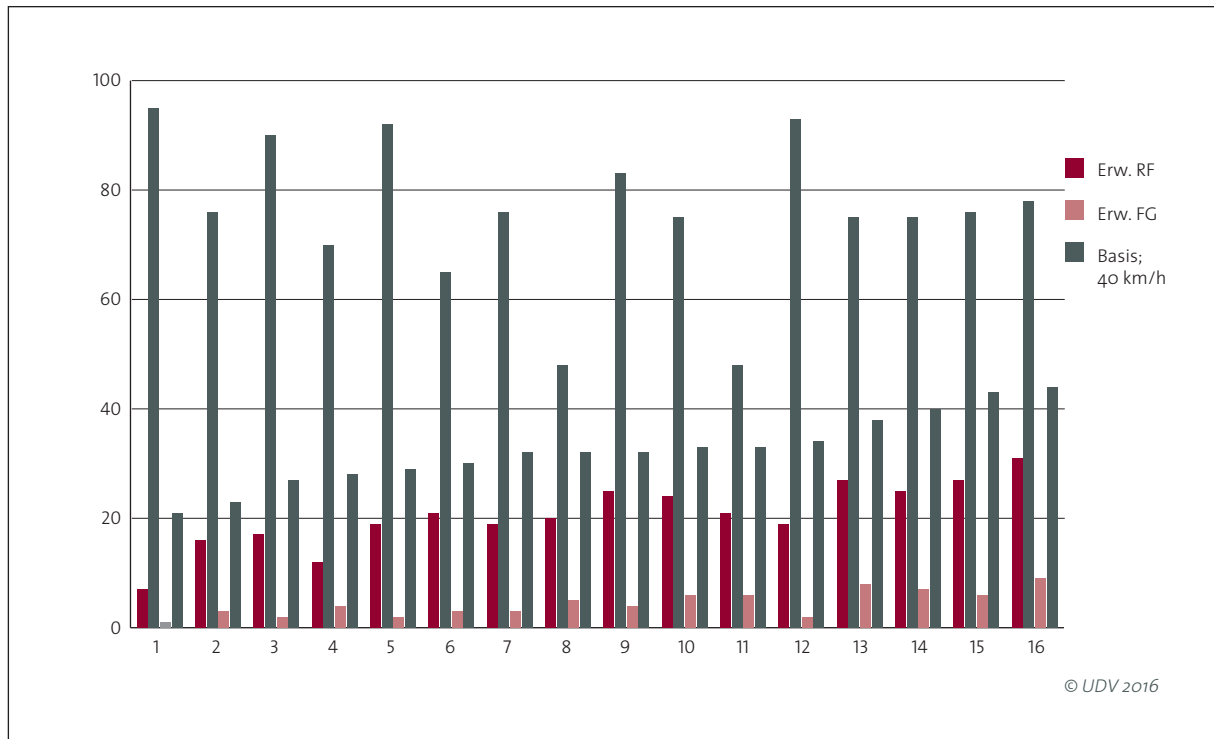


Abb. 13: Kopfverletzungsrisiko AIS 3+ in [%]
für erwachsene Radfahrer und Fußgänger –
Basis, Geschwindigkeitsreduzierung von
40 km/h auf 20 km/h

Der Effekt einer Geschwindigkeitsreduzierung von 40 km/h auf 20 km/h (z.B. durch eine automatische Notbremse mit Fußgänger- und Radfahrer-Erkennung) ist in Abb. 13 dargestellt. Verglichen mit den passiven Schutzmaßnahmen zeigt sich für alle 16 Fahrzeuge eine deutliche Reduzierung des Kopfverletzungsrisikos. Bei den erwachsenen Fußgängern liegen alle Indexwerte unter 10 Prozent, bei den erwachsenen Radfahrern unter 30 Prozent (mit Ausnahme von Fahrzeug 16). Für Kinder (siehe Anhang 1 und 2) ist das Kopfverletzungsrisiko AIS 3+ deutlich geringer als für Erwachsene und bei manchen Fahrzeugen liegt der Indexwert für kindliche Fußgänger sogar bei „0“, d.h., es besteht kein Risiko zu schweren bis tödlichen Kopfverletzungen, trotz einer Kollision. Speziell für die Notbremse existiert darüber hinaus ein hier nicht quantifiziertes Potential der kompletten Unfallvermeidung und damit auch der Vermeidung schwerer Kopfverletzungen.

Zusammenfassung und Folgerungen

Radfahrer besitzen im Vergleich zu Fußgängern ein deutlich höheres Risiko, bei Kollisionen mit der Fahrzeugfront schwere Kopfverletzungen zu erleiden. Häufig ist der entsprechende Indexwert bei gleicher Kollisionsgeschwindigkeit des Pkw doppelt so hoch wie beim Fußgänger. Eine große Rolle für die Schwere der Kopfverletzungen spielen neben der Geometrie der Fahrzeugfronten auch die Struktureigenschaften der Fahrzeuge. In aller Regel ist das Risiko, eine schwere Kopfverletzung zu erleiden, bei Kindern geringer als bei Erwachsenen, da der Kinderkopf häufiger auf die eher weichen Bereiche der Pkw-Haube auftrifft. Eine aufstellende Haube ist bei Radfahrern nur begrenzt in der Lage, das Kopfverletzungsrisiko zu minimieren, in allen hier betrachteten Fällen bleibt es mit über 50 Prozent hoch. Auch bei Fußgängern ist es ähnlich gelagert, nur dass bei ihnen das Risiko grundsätzlich deutlich niedriger ist.

Für Fußgänger und Radfahrer konnte festgestellt werden, dass die aufstellende Haube auch kontraproduktiv sein kann und bei einigen Fahrzeugen sogar zu einem insgesamt höheren Verletzungsrisiko führt. Mit einem Airbag, der die Haubenhinterkante und die A-Säulen abdeckt, ließe sich für Fußgänger und Radfahrer das Kopfverletzungsrisiko reduzieren. Es bliebe jedoch bei manchen Fahrzeugen für Radfahrer ein hohes Restrisiko bestehen, da sie mit dem Kopf auch im Bereich der vorderen Dachkante auftreffen können, was zu extrem hohen Belastungen führt. Idealerweise müsste ein Airbag für Radfahrer auch die vordere Dachkante mit abdecken. Eine Reduzierung der Aufprallgeschwindigkeit des Pkw von 40 km/h auf 20 km/h würde das Kopfverletzungsrisiko ausnahmslos deutlich verringern; dies gilt für Fußgänger und Radfahrer, für Kinder und Erwachsene und für alle hier betrachteten Fahrzeugfronten.

Neben dem Fußgängerschutz sollte künftig auch der Schutz von Radfahrern mehr Berücksichtigung finden. Von den bisher umgesetzten Maßnahmen zum Fußgängerschutz profitiert der Radfahrer vergleichsweise wenig. Bei den passiven Schutzsystemen zeigt ein Airbag den größten Effekt, für Radfahrer müsste er jedoch grundsätzlich auch die vordere Dachkante abdecken. Bei Fahrzeugen mit einer langen Haube wird zwar bei Kollisionen mit 40 km/h der Dachrahmen häufig noch nicht mit dem Kopf getroffen, doch kann auch für solche Fahrzeuge bei höheren Kollisionsgeschwindigkeiten nicht ausgeschlossen werden, dass der Kopf am Dachrahmen aufprallt. Ein Notbremsassistent mit Fußgänger- und Radfahrer-Erkennung führt über alle betrachteten Systeme hinweg zu dem geringsten Verletzungsrisiko; seine Weiterentwicklung und Serieneinführung sollten daher beschleunigt werden.

Nach wie vor ungelöst bleibt jedoch die Problematik des Sekundäraufpralls, da weder passive noch aktive Systeme (es sei denn, der Unfall wird komplett vermieden) in der Lage sind, einen Radfahrer oder Fußgänger grundsätzlich davor zu schützen.

Literaturangaben

Literaturangaben

[1] Association for the Advancement of Automotive Medicine: The Abbreviated Injury Scale. Des Plaines, IL.

[2] Teile dieser Unfallforschung kompakt wurden erstmals veröffentlicht unter: Hummel, Th., Kühn, M., Hamacher, M.: Vergleichende Bewertung von Maßnahmen am Fahrzeug zum Schutz von Fußgängern und Radfahrern. 10. VDI-Tagung „Fahrzeugsicherheit“, Berlin 2015.

[3] Statistisches Bundesamt: Verkehrsunfälle. Fachserie 8, Reihe 7, Wiesbaden.

[4] Kühn, M.: Intelligente Fahrzeugbewertung zum Fußgängerschutz. Unfallforschung kompakt, Unfallforschung der Versicherer, Berlin 2011.

[5] Hummel, Th.: Bewertung von Fußgängerschutzmaßnahmen. Unfallforschung kompakt, Unfallforschung der Versicherer, Berlin 2012.

[6] Hamacher, M.: Integriertes Fußgängerschutz-Bewertungsverfahren für Kraftfahrzeuge. Schriftenreihe Automobiltechnik – ISBN 978-3-940374-81-3, Institut für Kraftfahrzeuge, RWTH Aachen Diss. 2014.

[7] Bischoff, D. C.: Final Economic Assessment, FMVSS No. 201, Upper Interior Head Protection. Docket 92-28-No4-002 (60FR43031, August 8, 1995), National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Office of Regulatory Analysis Plans and Policy, 1995.

Anhang

Tabelle 1: Kopfverletzungsrisiko AIS 3+ in Prozent bei 16 Euro
NCAP-getesteten Fahrzeugen in Abhängigkeit von der Schutz-
maßnahme – Radfahrer

Fzg.	Basis 40 km/h		a.H. 40 km/h		a.H. + RF-Airbag 40 km/h		a.H. + FG-Airbag 40 km/h		Basis 30 km/h		Basis 20 km/h	
	Kopf											
	Kind	Erw.	Kind	Erw.	Kind	Erw.	Kind	Erw.	Kind	Erw.	Kind	Erw.
1	40	95	40	95	21	26	21	26	16	78	2	7
2	65	76	55	73	21	32	21	33	27	39	6	16
3	64	90	54	87	22	44	22	46	24	54	4	17
4	62	70	60	46	13	23	14	31	24	28	8	12
5	43	92	53	99	36	66	42	66	15	63	4	19
6	42	65	77	88	32	72	41	75	21	35	9	21
7	39	76	39	76	14	21	14	21	19	41	3	19
8	41	48	52	54	17	37	18	47	24	33	13	20
9	71	83	53	80	22	38	22	39	33	50	7	25
10	72	75	70	72	20	27	22	44	43	42	9	24
11	51	48	66	54	18	39	19	47	28	33	14	21
12	68	93	57	92	24	59	24	60	26	71	4	19
13	72	75	70	73	21	35	23	50	55	47	14	27
14	76	75	34	55	14	19	14	19	31	31	9	25
15	66	76	66	76	21	34	23	54	42	51	9	27
16	80	78	75	75	23	36	26	56	63	51	17	31

a.H. = aufstellende Haube

RF = Radfahrer

FG = Fußgänger

Anhang

Tabelle 2: Kopfverletzungsrisiko AIS 3+ in Prozent bei 16 Euro NCAP-getesteten Fahrzeugen in Abhängigkeit von der Schutzmaßnahme – Fußgänger

Fzg.	Basis 40 km/h		a.H. 40 km/h		a.H. + RF-Airbag 40 km/h		a.H. + FG-Airbag 40 km/h		Basis 30 km/h		Basis 20 km/h	
	Kopf											
	Kind	Erw.	Kind	Erw.	Kind	Erw.	Kind	Erw.	Kind	Erw.	Kind	Erw.
1	5	21	5	21	4	7	4	7	1	11	0	1
2	8	23	6	26	4	7	4	7	3	11	1	3
3	7	27	5	24	4	7	4	8	2	12	1	2
4	23	28	15	31	4	5	4	6	6	10	3	4
5	7	29	4	14	4	6	4	6	1	4	1	2
6	13	30	12	35	4	5	4	5	3	5	2	3
7	8	32	8	32	4	5	4	5	2	11	0	3
8	14	32	11	30	3	9	3	12	6	13	3	5
9	10	32	5	25	4	7	4	8	4	17	1	4
10	10	33	10	44	4	7	4	10	3	14	1	6
11	12	33	14	36	3	9	3	12	5	14	2	6
12	7	34	6	28	4	9	4	10	2	16	0	2
13	13	38	11	48	4	7	4	10	4	16	1	8
14	17	40	6	26	4	5	4	5	5	16	1	7
15	10	43	10	43	4	7	4	11	4	18	1	6
16	18	44	11	52	4	8	4	12	6	17	2	9

a.H. = aufstellende Haube

RF = Radfahrer

FG = Fußgänger



Gesamtverband der Deutschen
Versicherungswirtschaft e.V.

Wilhelmstraße 43/43 G, 10117 Berlin
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin

Telefon 030 . 20 20 - 58 21
Fax 030 . 20 20 - 66 33

unfallforschung@gdv.de
www.udv.de
www.gdv.de

Facebook: facebook.com/unfallforschung
Twitter: [@unfallforschung](https://twitter.com/unfallforschung)
YouTube: youtube.com/unfallforschung

Redaktion:
Dipl.-Ing. Thomas Hummel
Dr.-Ing. Matthias Kühn

Gestaltung:
pensiero KG, www.pensiero.eu

Bildquellen:
Die Nutzungsrechte der in
dieser Broschüre abgebildeten Fotos
liegen bei der Unfallforschung der
Versicherer bzw. beim GDV.

Erschienen: 12/2016



Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.

Wilhelmstraße 43 / 43G, 10117 Berlin
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin

Tel.: 030/20 20 - 50 00, Fax: 030/20 20 - 60 00
www.gdv.de, www.udv.de