



## Unfallforschung kompakt

# Intelligente Fahrzeugbewertung zum Fußgängerschutz

## **Impressum**

### **Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. Unfallforschung der Versicherer**

Wilhelmstraße 43/43G, 10117 Berlin  
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin  
unfallforschung@gdv.de  
www.udv.de

Redaktion: Dr. Matthias Kühn  
Layout: Franziska Gerson Pereira  
Bildnachweis: UDV und Quellenangaben

Erschienen: 04/2011

---

## Vorbemerkung

---

Im Jahr 2009 verunglückten in Deutschland 591 Fußgänger im Straßenverkehr tödlich, 8.137 wurden schwer verletzt. Dabei starben 332 von ihnen bei Kollisionen mit Pkw. Deshalb hat Fußgängerschutz an der Fahrzeugfront sowohl innerhalb der Gesetzgebung als auch beim Verbraucherschutz-Rating Euro NCAP zu Recht einen hohen Stellenwert.

Die Fahrzeughersteller sind bemüht, Maßnahmen zur Entschärfung der Fahrzeugfront in Serienfahrzeugen umzusetzen. Dabei liegt der Schwerpunkt heute noch auf Systemen der passiven Sicherheit, z. B. aufstellende Motorhauben.

In naher Zukunft werden allerdings Systeme verfügbar sein, die einen drohenden Unfall erkennen und ihn in seiner Schwere abmildern oder sogar verhindern können. Hier besteht die Notwendigkeit einer vergleichenden, integralen Bewertung der verschiedenen Maßnahmen, um das wirkungsvollste Schutzsystem (oder deren Kombination) zu identifizieren.

Dies war Ziel des Forschungsprojektes, das gemeinsam von der UDV und der Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen Aachen (fka) in zweijähriger Arbeit durchgeführt wurde.

---

## Inhalt

---

	<b>Vorbemerkung</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Methode</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Crashversuche</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Forderungen</b>	<b>10</b>
	<b>Literatur</b>	<b>11</b>

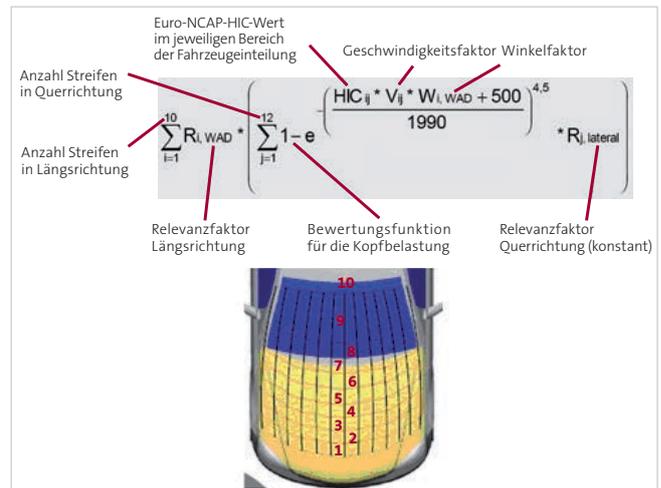
## 1 Methode

Um das Schutzpotential aktiver (z.B. Notbremssysteme) und passiver (z.B. aufstellende Motorhaube, adaptiver Stoßfänger) Fußgängerschutzmaßnahmen auf einer gemeinsamen Skala bewerten und vergleichen zu können, wurde ein entsprechendes Bewertungsverfahren entwickelt und auf verschiedene Frontgeometrien und Maßnahmen angewandt. Bisherige Verfahren waren komplex und nur mit zusätzlichem Testaufwand umsetzbar. Insofern ist das hier entwickelte Verfahren eine Weiterentwicklung des VERPS-Indexes [1] hin zu reduzierter Komplexität.

Ein wichtiges Merkmal des Bewertungsverfahrens ist sein modularer Aufbau, bei dem Struktureigenschaften der Fahrzeugfront mit der entsprechenden Unfallkinematik sowie Daten der Unfallforschung kombiniert werden (siehe Abbildung 3). Die Module können dabei unabhängig voneinander weiterentwickelt oder 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 (siehe Abbildung 1).

Diese Kategorisierung 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 Fahrzeugfronteinteilung bestimmt wurden.



**Abbildung 2:** Index-Berechnungsvorschrift (oben) und die Einteilung der Fahrzeugfront in Längs- und Querrichtung

Das Bewertungsverfahren liefert in erster Linie einen Index-Wert, der für eine Kollisionsgeschwindigkeit von 40 km/h das Risiko einer AIS3+ Kopfverletzung in Folge des Primäraufpralls angibt (siehe Abbildung 2). Dieser wird, getrennt für Kinder und Erwachsene, auf Basis einer Verletzungsrisikofunktion berechnet. Der Wertebereich des ermittelten Indexes läuft zwischen 0 und 1. Dabei bedeutet 1 ein 100%iges Risiko für schwere Kopfverletzungen (AIS3+). Der Wert 0 bedeutet kein Risiko für schwere Kopfverletzungen (AIS3+) (siehe Abbildung 4).

Klasse	$h_{BLE}$ [mm]	$\alpha_F$ [°]	$\alpha_{F, wss}$ [°]	WAD [mm]
One Box	> 650	$\geq 30$	> 165	< 1700
Kompakt	650 - 850	< 20	< 185	1300 - 1600
Limousine	650 - 850	< 20	< 185	> 1600
Van	650 - 850	$\geq 20$	< 185	1300 - 1699
SUV	> 850 (<1100)	< 20	< 165	> 1700
Sportwagen	< 650	< 20	165 - 185	1500 - 1899

$h_{BLE}$  = Höhe der Haubenvorderkante (Bonnet Leading Edge)  
 WAD = Wrap Around Distance (bis Haubenhinterkante)  
 $\alpha_F$  = Haubenwinkel

**Abbildung 1:** Geometrische Parameter der gewählten Fahrzeugkategorisierung

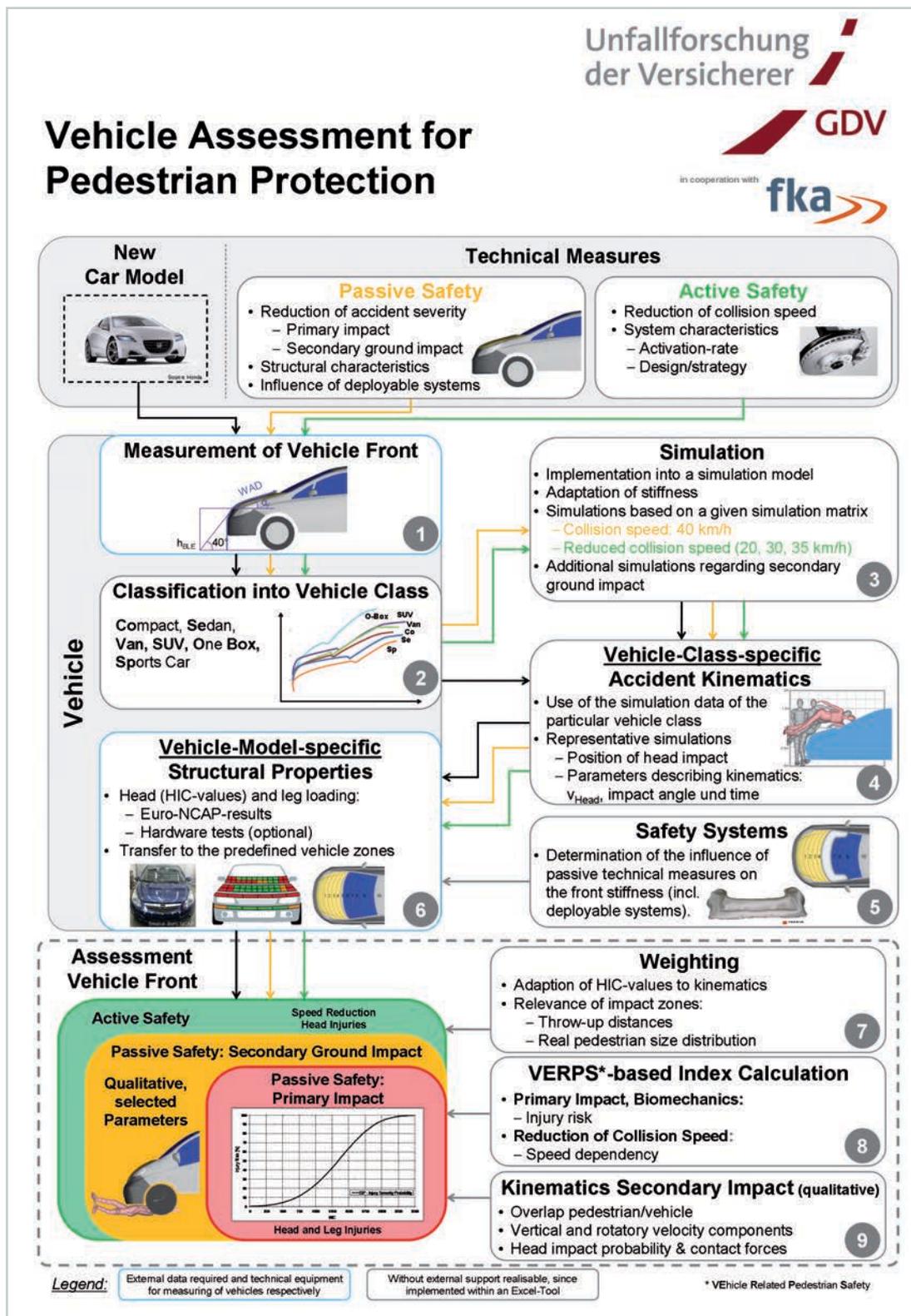
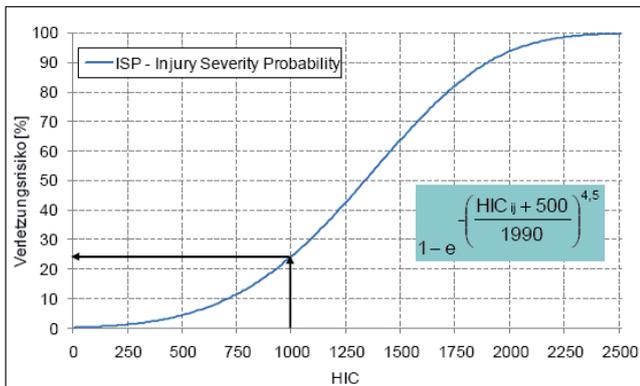


Abbildung 3:  
Überblick zum Vorgehen bei der Bewertung der Fußgängerverträglichkeit von Fahrzeugen



**Abbildung 4:**  
**Verletzungsrisikofunktion für AIS3+ Kopfverletzungen nach ISO 13232-5 [2]**

Aufgrund entsprechender Simulationsdaten ist es zudem möglich, den Index-Wert in Abhängigkeit von der Kollisionsgeschwindigkeit darzustellen, um so Systeme der aktiven Sicherheit mit Hilfe eines erarbeiteten Bewertungsansatzes berücksichtigen zu können. Neben der Kopfbelastung wird auch die Beinbelastung bewertet. Dies erfolgt mittels einer vereinfachten Indexberechnung. Der Sekundäraufprall wird qualitativ beurteilt. Das Bewertungsverfahren verknüpft die Bewertung von aktiver und passiver Sicherheit.

## 2 Ergebnisse

Index-Werte wurden sowohl für gut als auch schlecht bewertete Euro NCAP-Fahrzeuge und unter Berücksichtigung verschiedener zusätzlicher Sicherheitssysteme berechnet. In den Abbildungen 5, 6 und 10 sind unter aktiven Systemen Notbremssysteme mit Fußgängererkennung zu verstehen. Dabei unterliegen die Systeme den folgenden Einschränkungen:

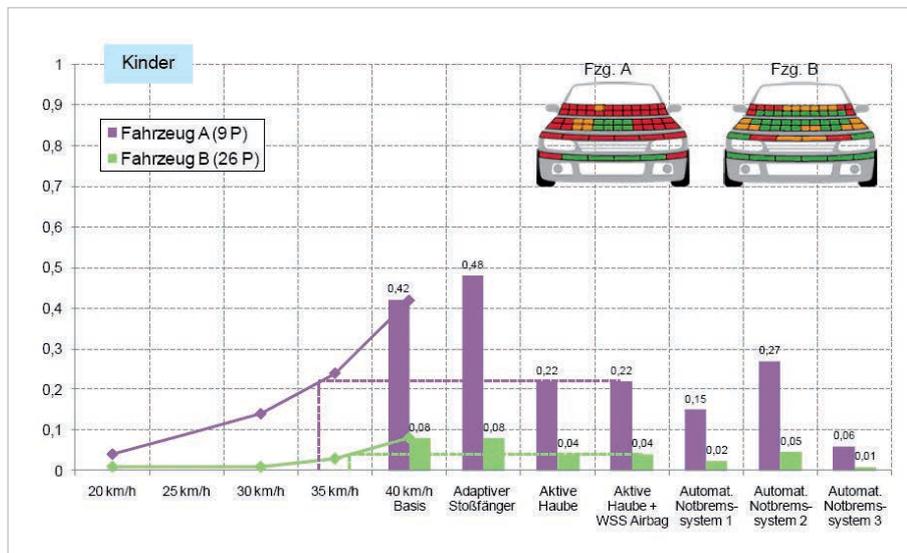
- Aktives System 1: Keine Auslösung bei Dunkelheit
- Aktives System 2: Keine Auslösung bei Regen/Schneefall
- Aktives System 3: Keine Einschränkungen für die Sensorik.

Es konnte gezeigt werden, dass der Nutzen heutiger Schutzmaßnahmen im Bereich der Fahrzeugfront limitiert ist. Die gesetzlichen Prüfverfahren und Verbraucherschutztests geben die Relevanz einzelner Fahrzeugbereiche unzureichend wieder. So zeigen die Simulationsdaten eine hohe Relevanz der A-Säulen, des Windlaufs sowie des unteren Windschutzscheibenbereichs, die zum besseren Schutz von Erwachsenen durch technische Maßnahmen adressiert werden müssen. Allgemein gibt es keine einheitliche Maßnahme, die für alle Fußgängergrößen und Frontgeometrien ein konstant hohes Schutzpotential bietet. Fußgängerschutzmaßnahmen sollten daher für jede Fahrzeugfront separat ausgewählt und abgestimmt werden.

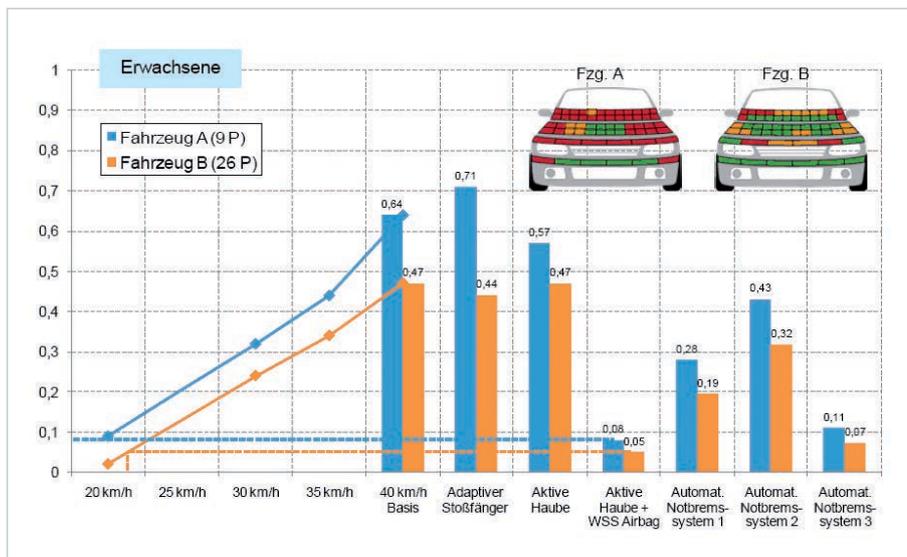
Ein Windschutzscheibenairbag kann beispielsweise für Erwachsene die Fußgängersicherheit in Abhängigkeit der Fahrzeugklasse erheblich erhöhen (siehe Abbildung 6). Kinder hingegen profitieren eher von autonomen Notbremssystemen, da das Schutzpotential einer aktiven Haube begrenzt ist (siehe Abbildung 5). Folglich sollten zukünftige Fahrzeuge sowohl über einen angemessenen passiven Fußgängerschutz als auch über zusätzliche Systeme der aktiven Sicherheit verfügen.

## 3 Crashversuche

Das Schutzpotential relevanter und im Rahmen des Bewertungsverfahrens betrachteter crashaktiver Schutzsysteme wurde zum Abschluss des Projekts durch Polar-II-Dummy-Tests mit einem Versuchsfahrzeug demonstriert. Die Ausstattung des Versuchsfahrzeugs umfasste dabei einen adaptiven Stoßfänger, eine aktive Haube sowie einen Windschutzscheibenairbag. In den Abbildungen 7 und 8 sind der Basistest und der Systemtest vergleichend gegenübergestellt.



**Abbildung 5:**  
Kopf-Index-Werte für Kinder zweier Fahrzeuge der Limousinen-Klasse



**Abbildung 6:**  
Kopf-Index-Werte für Erwachsene zweier Fahrzeuge der Limousinen-Klasse

Im Vergleich zum Serienfahrzeug konnten die Belastungen im Bein- und Kopfbereich durch diese Maßnahmen deutlich reduziert werden (siehe Abbildung 9). Die reduzierten Belastungswerte spiegeln sich auch in den Werten für den errechneten Index sowohl für Kinder als auch Erwachsene wieder (siehe Abbildung 10). Darüber hinaus zeigen

die theoretisch ermittelten Werte für ein automatisches Notbremssystem (System 3) ohne Sensoreinschränkungen für Kinder ein deutlich reduziertes Kopfverletzungsrisiko verglichen mit den passiven Maßnahmen. Bei den Erwachsenen liegt der Indexwert im einstelligen Prozentbereich allerdings noch über dem Wert für die passiven Maßnahmen.



Abbildung 7:  
Basistest mit einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 41 km/h

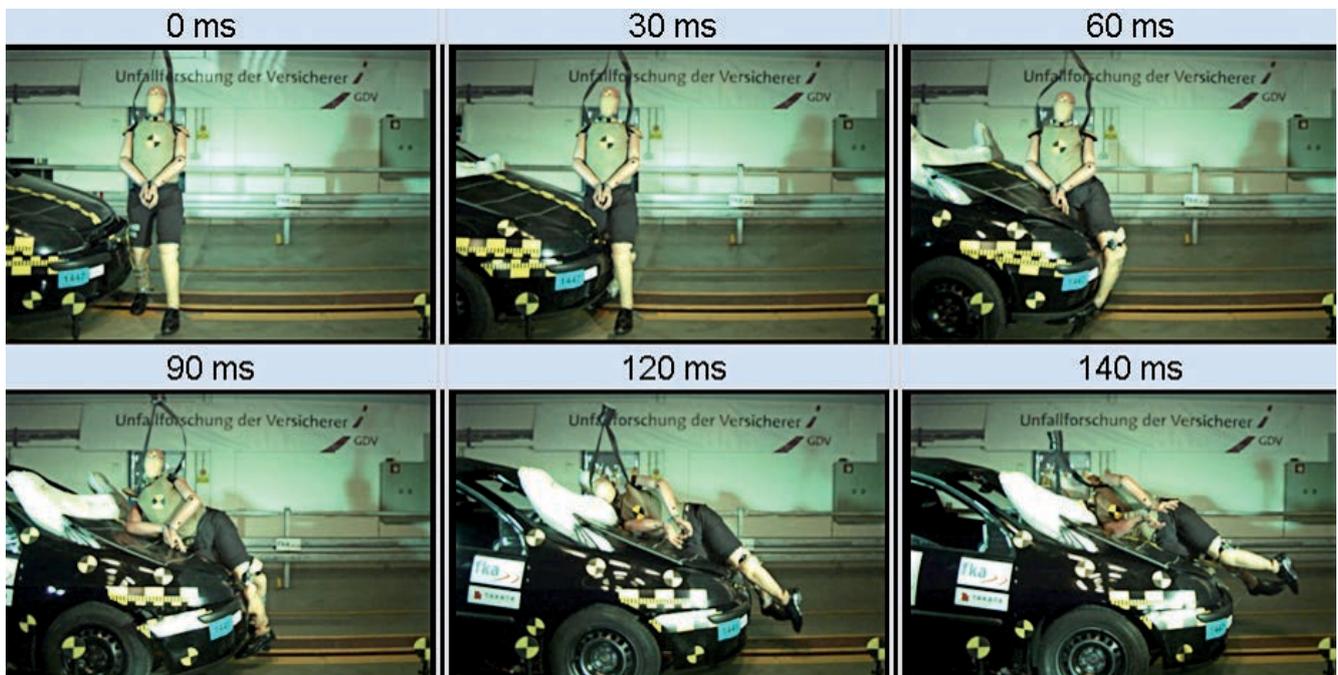


Abbildung 8:  
Systemtest mit einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 40 km/h

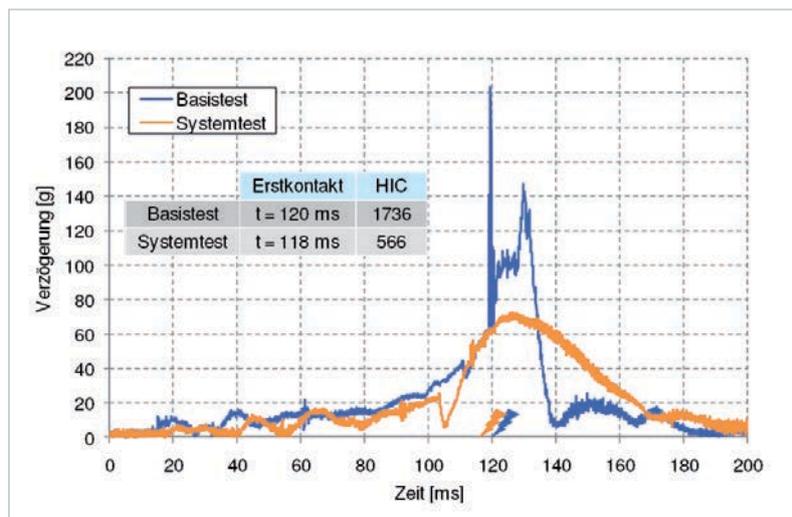


Abbildung 9:  
Beschleunigungsverlauf des Kopfes

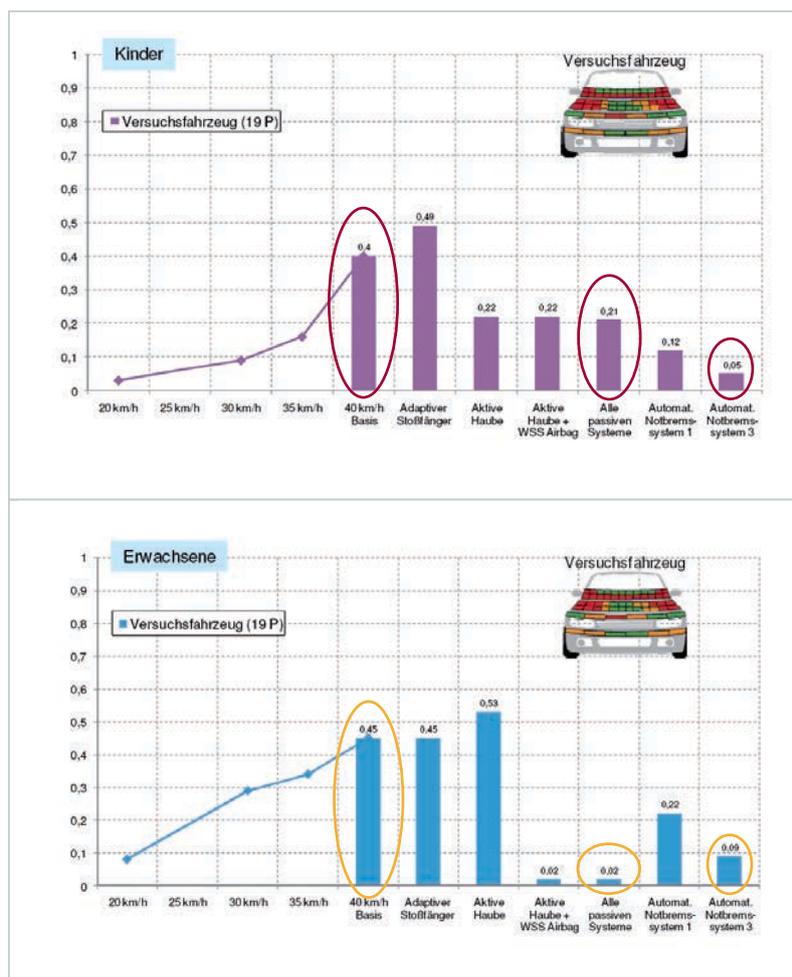


Abbildung 10:  
Errechnete Index-Werte des Versuchsfahrzeugs für Kinder und Erwachsene

---

## 4 Forderungen

---

Die dargestellten Ergebnisse führen zu den folgenden Forderungen der UDV:

Die Anprallgeschwindigkeit ist der entscheidende Faktor bei einer Fahrzeug-Fußgänger-Kollision. Deshalb ist Tempo 30 oder weniger vor Schulen, Kindergärten und an bekannten Unfallschwerpunkten sinnvoll und sollte hier eingeführt werden. Fahrzeugtechnisch gehört den Notbremsassistenten mit Fußgängerer-

kennung die Zukunft. Sie müssen beschleunigt optimiert und in allen Fahrzeugklassen angeboten werden. Die bereits erreichten Fortschritte beim passiven Fußgängerschutz dürfen allerdings nicht abgeschwächt werden. Die Analysen haben gezeigt, dass bisherige Testverfahren unzureichend sind. Daher wird ein Ansatz benötigt, der verschiedene passive und aktive Maßnahmen integral betrachtet und damit den durch verschiedene Maßnahmekombinationen erreichten Sicherheitseffekt objektiv bewertet.

---

## Literatur

---

- [1] Kühn, M., Fröming, R., Schindler, V. (2007): Fußgängerschutz: Unfallgeschehen, Fahrzeuggestaltung, Testverfahren. Fachbuch, ISBN-10 3-540-34302-4, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.
  
- [2] ISO13232-5: Motorcycles – Test and analysis procedures for research evaluation of rider crash protective devices fitted to motorcycles.



**Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.**

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

Tel.: 030/2020 - 50 00, Fax: 030/2020 - 6000  
[www.gdv.de](http://www.gdv.de), [www.udv.de](http://www.udv.de)