

AKTUELLE UND ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN ZUM FUSSGÄNGER-SCHUTZ AM KRAFTFAHRZEUG

Die Anforderungen an den Fußgängerschutz von Kraftfahrzeugen werden in den nächsten Jahren zunehmen. In der Gesetzgebung sind die relevanten Anforderungen in der Verordnung (EC) Nr. 78/2009 [1] festgelegt. Die Methoden, die auf Einzelkomponententests nach EEVC WG 17 basieren, sind in Testverfahren zum Fußgängerschutz weit verbreitet. Eine Weiterentwicklung von Testverfahren der RWTH Aachen verfolgt das Ziel, das reale Szenario möglichst genau im Testlabor darstellen zu können.



AUTOREN



UNIV.-PROF. DR.-ING. LUTZ ECKSTEIN

ist Leiter des Instituts für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen University (ika).



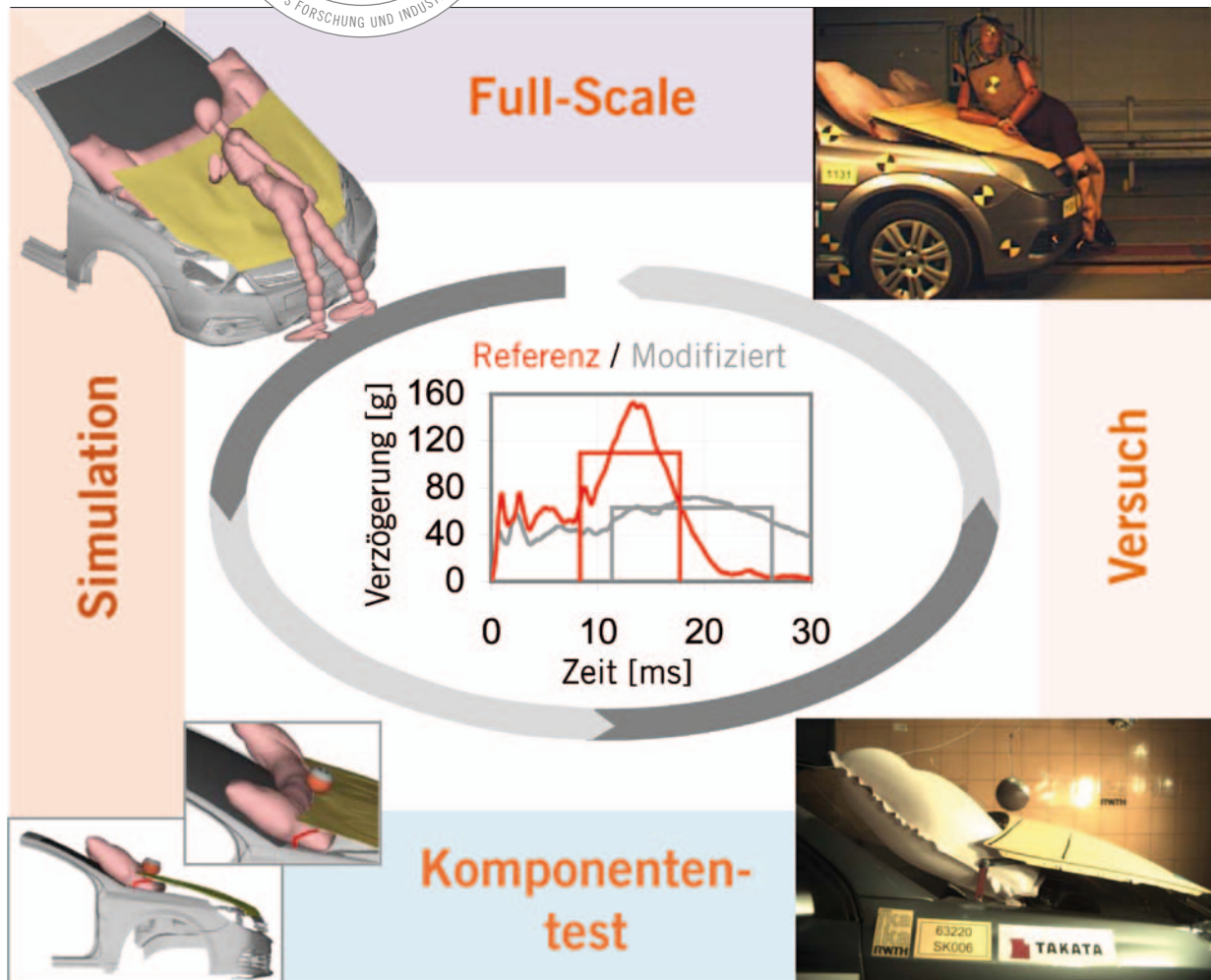
DR.-ING. JENS BOVENKERK

war Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen University (ika).



M.SC. EMRE ERTUGUS

ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen University (ika).



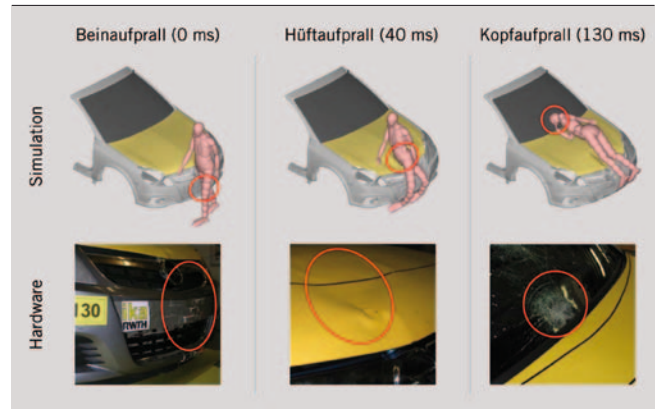
1	EINLEITUNG
2	VIRTUELLE UND REALE ANALYSEMETHODEN FÜR DIE FAHRZEUG-FUSSGÄNGER-KOLLISSION
3	FUSSGÄNGERSCHUTZ-TESTVERFAHREN
4	FAHRZEUGSEITIGE MASSNAHMEN
5	ZUSAMMENFASSUNG

1 EINLEITUNG

Um weltweit die Anforderungen anzugleichen, wurden bereits im Rahmen der Globalen Technischen Regelung (GTR) Nr. 9 entsprechende Vereinbarungen getroffen [2]. Der Einführungszeitpunkt verschärfter Anforderungen in einer zweiten Phase ist von der Fahrzeugklasse und -masse abhängig. Die erste Phase wurde bereits 2005 in Europa eingeführt, während Japan ein ähnliches Gesetz verabschiedete. Im Verbraucherschutz Euro NCAP wurden 2009 erste Schritte unternommen, um das Testverfahren mit den gesetzlichen Anforderungen zu harmonisieren. Durch ein neues Bewertungsschema mit einem Overall-Rating nimmt der Fußgängerschutz eine deutlich stärkere Rolle ein. Derzeit steht ein neuer flexibler Beinimpaktor (FlexPLI) kurz vor der Einführung in die Gesetzgebung.

Die Methoden, die auf Einzelkomponententests nach EEVC WG 17 basieren, sind in Testverfahren zum Fußgängerschutz weit verbreitet [3]. Die im Folgenden beschriebene Weiterentwicklung von Testverfahren verfolgt das Ziel, das reale Szenario möglichst genau im Testlabor darstellen zu können. Die Realitätsnähe der Methoden kann durch intensiven Einsatz numerischer Simulationen zur Analyse der Unfallkinematik verbessert werden.

Fahrzeugseitig werden zunehmend aktive Sicherheitssysteme zur Vermeidung von Unfällen mit den passiven Sicherheitssystemen zur Minderung der Unfallfolgen verknüpft. Zusätzlich zu den rein passiven Lösungen werden crashaktive Schutzsysteme wie eine aktive Haube oder externer Fußgänger-Airbag eingesetzt oder entwickelt, um die zukünftigen Anforderungen zu erfüllen. Außerdem wird ein integriertes Kopfschutzkonzept vorgestellt, das die Funktion der aufstellbaren Haube mit einem erweiterten Airbagsystem verbindet.

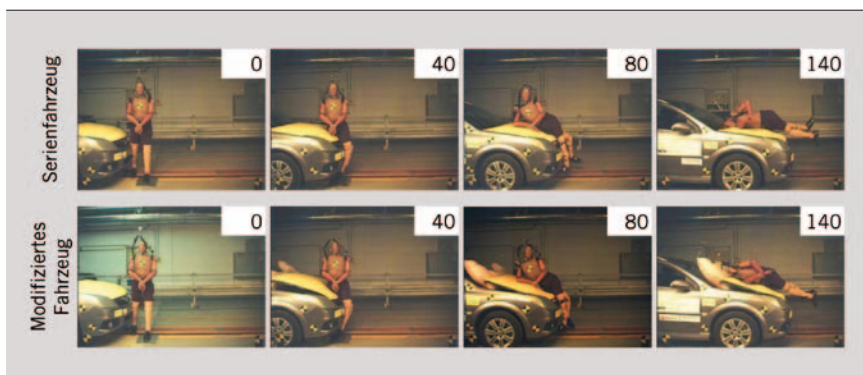


1 Fahrzeug-Fußgänger-Aufprallszenario

2 VIRTUELLE UND REALE ANALYSEMETHODEN FÜR DIE FAHRZEUG-FUSSGÄNGER-KOLLISSION

In einem Unfallszenario zwischen Kraftfahrzeug und Fußgänger besteht der Primäraufprall aus dem Anprall des Fußgängers auf das Fahrzeug, bevor es zum Sekundäraufprall in der Umgebung (zum Beispiel Straße) kommt. Beim Primäraufprall trifft der Fußgänger zunächst mit den Beinen auf den Stoßfänger, gefolgt von einem Überwurf auf die Fronthaubenvorderkante und schließlich dem Aufprall des Kopfes auf die Haube oder der Windschutzscheibe, 1. In der virtuellen Analyse kann dieser Ablauf durch eine gekoppelte Mehrkörperberechnung (Madymo) und Finite-Elemente-(FE-) Berechnung (LS-Dyna) simuliert werden. So können validierte Modelle für den Fußgänger bei gleichzeitiger Abbildung der Deformationen am Fahrzeug genutzt werden.

Der Vorteil bei Hardware-Tests mit dem Polar-II-Dummy (Pedestrian dummy for Laboratory Research) [4] liegt in der Darstellung des vollständigen Körpers mit Messaufnehmern, so dass die Aufprallpunkte aller Körperteile, insbesondere des Kopfes, von der gesamten Körperkinematik des Fußgängers abhängig sind. Hochgeschwindigkeits-Sequenzen eines solchen Tests bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 40 km/h mit einem Serienfahrzeug und einem modifizierten Fahrzeug mit Fußgänger-Airbagsystem können vergleichend untersucht werden, 2. Sowohl Verletzungsgrenzwerte beim Primäraufprall als auch die gesamte Kinematik bis zum Sekundäraufprall können dabei detailliert analysiert werden.

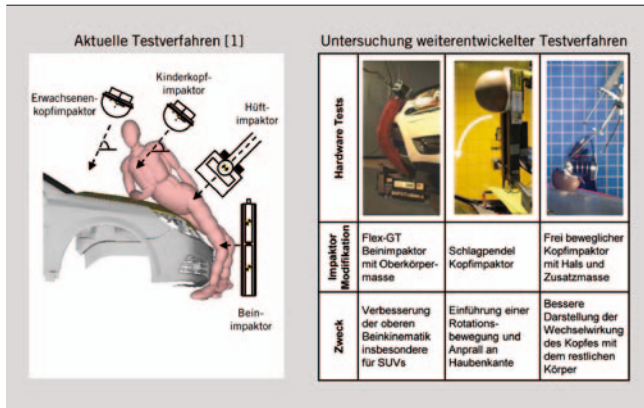


2 Polar-II-Dummytests mit Serien- und modifiziertem Fahrzeug [4], t [ms]

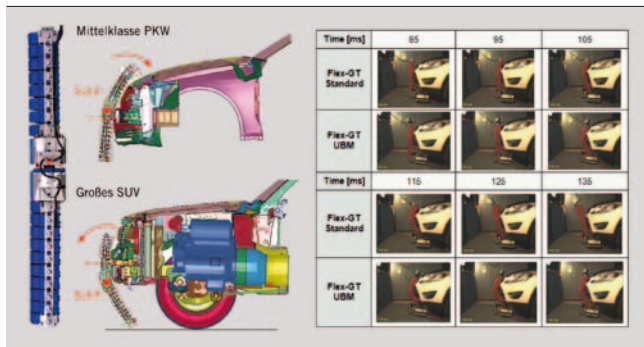
3 FUSSGÄNGERSCHUTZ-TESTVERFAHREN

Untersuchungen zu Testverfahren haben zum Ziel, eine hohe Genauigkeit, einfache Durchführbarkeit und Reproduzierbarkeit zu garantieren. Komponentenbasierte Methoden, wie der lineare Kopf- und Beinaufprall, werden momentan aufgrund der Kosten und Verfügbarkeit verwendet, obwohl die gesamte Körperkinematik und die Zusammenhänge zwischen den menschlichen Körperteilen nicht vollständig nachgestellt werden kann, ③ links.

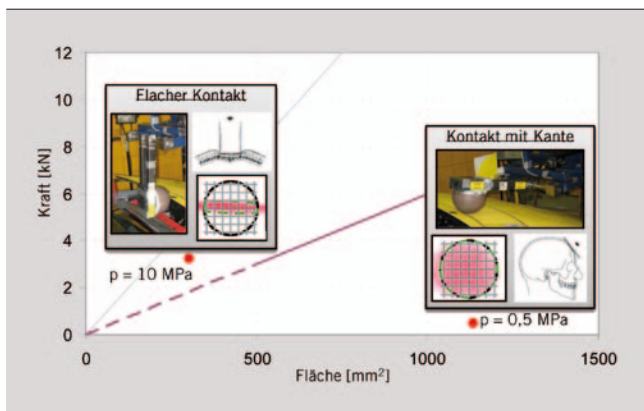
Um die Realitätstreue der Methoden zu erhöhen, können existierende Subsysteme für Kopf- und Bein erweitert werden, ③ rechts.



③ Aktuelle und weiterentwickelte Testverfahren



④ Simulationen und Hardwaretests mit dem Flex-GT [7, 8]



⑤ Testszenarien mit zugehörigen Verletzungsrisiken

Für Fahrzeuge mit hoher Front, wie SUVs, wird der flexible Beinimpaktor (FlexPLI) mit einer Masse versehen, die dem des effektiv wirkenden Oberkörpers entspricht, um die tatsächlich auftretende Biegung und Rotation insbesondere des Oberschenkels realistischer abzubilden [5]. Für die Kopfbewegung wird ein Pendel oder eine exzentrische Halsmasse hinzugefügt, um die Abhängigkeit des Kopfes von der Körperbewegung sowie die Kopf-Hals-Wechselwirkung besser wiedergeben zu können und zusätzliche Messwerte wie rotatorische Beschleunigungen und Kontaktkräfte aufzuzeichnen [6].

3.1 BEINAUFPRALL MIT DEM FLEX-GT UND OBERER KÖRPERMASSE

Numerische Simulationen des Bein- und Hüftaufpralls gemäß aktueller Verordnung (EC) Nr. 78/2009 [7] haben eindeutig gezeigt, dass die Realitätsnähe des EEVC-Beinimpaktors begrenzt ist und das Fehlen einer Oberkörpermasse die Einsetzbarkeit bei Fahrzeugen mit hohen Stoßfängern aufgrund der geringen Aussagekraft in Frage stellt.

Mögliche Verbesserungen für den Beinimpaktor werden anhand des neuen FlexPLI-Impaktors (Version: Flex-GT) untersucht, ④ links. Die Einbindung des finalen Baustands Flex-GTR in die Gesetzgebung wird derzeit diskutiert und ab 2011 erwartet. In [8] wurden Simulationen mit dem Beinimpaktor gegen ein Mittelklasse-Fahrzeug und ein großes SUV durchgeführt, um verschiedene Stoßfängerhöhen abzubilden. Die Kippbewegung des Beinprüfkörpers hängt entscheidend von der Position des zentralen Stoßpunktes relativ zur Stoßfängerhöhe ab, ④ Mitte. Darüber hinaus wurden reale Tests mit und ohne Oberkörpermasse an einem SUV durchgeführt, um das unterschiedliche Aufprallverhalten des Impaktors zu untersuchen, ④ rechts.

Die Ergebnisse der Realversuche bestätigen, dass die Hinzunahme einer Oberkörpermasse von zirka 6 kg die Kinematik insbesondere des Oberschenkels gegenüber SUVs verbessert [5] und somit den Beinaufprall realer widerspiegelt. Zur Beschleunigung des Impaktors mit der oberen Körpermasse sind aktuelle Prüfstände ausreichend.

3.2 KOPFAUFPRALL MIT PENDELBEWEGUNG UND ROTATION DURCH EXZENTRISCHE MASSE

Aktive Motorhauben erhalten in den letzten Jahren Einzug in die Großserie von Fahrzeugen und werden zukünftig immer weiter verbreitet sein. Die Kinematik beim Aufprall des Fußgängers, insbesondere die des Kopfes, wird durch die mit der Haubenanstellung verbundene Änderung der Frontkontur beeinflusst. Beim Aufprall des Kopfes kann es zum Kontakt mit der hinteren Haubenkante kommen, wenn der Spalt zwischen Haube und Windschutzscheibe durch die Anstellung vergrößert wird. Kontaktbasierte Verletzungen wie Schädelbrüche können dabei auftreten. Der aktuelle EEVC-Kopfimpaktor wird linear beschleunigt und kann nicht den Beurteilungskriterien dieser neuen Aufprallkonstellation gerecht werden, die die Rotationsbewegung beinhaltet.

Aufgrund dieser Erkenntnisse ist ein Impaktor mit rotatorischer Bewegung und druckbasierender Messung entwickelt worden [9]. Mit einem solchen Impaktor, welcher als Pendelschlagkörper mit Kraftsensor auf dem EEVC-Erwachsenenkopf basiert, kann der hohe Kontaktdruck beim Kopfanprall bestimmt werden. In den Crashkonfigurationen zum einen an der Haubenhinterkante (scharfer Kontaktbereich) und zum anderen auf der Haubenoberfläche (flacher Kontaktbereich) können die verschiedenen Aufprallbedingungen

verdeutlicht werden, ⑤. Die unterschiedliche Größe der Kräfteinleitungsflächen (rote Darstellung, Grenze Kraftsensor in schwarz) bei gleichzeitig höheren Kräften an der Haubenkante, führt zu resultierenden Kontaktdrücken von maximal zirka 10 MPa an der Haubenkante und von zirka 0,5 MPa beim flachen Aufprall [6].

Ein Ansatz für eine bessere Darstellung der Kopfrotation für den flächigen Aufprall ist die Verwendung einer Zusatzmasse, die über ein den Hals simulierendes Element angebunden ist. Untersuchungen belegen die Abhängigkeit der Kopf-Hals-Region vom Rest des Körpers und eine zusätzliche Belastung durch rotatorische Beschleunigungen, so dass die Kopplung des Kopfes mit dem Körper nicht vernachlässigt werden kann [6]. Auftretende rotatorische Beschleunigungen können das Verletzungsrisiko deutlich erhöhen. Die exzentrische Masse kann dazu genutzt werden, um die Rotation des Kopfes bei der Abrollbewegung realitätsnäher darzustellen und gleichzeitig die Winkelbeschleunigungen als zusätzliche Messgröße aufzuzeichnen. Hardwaretests mit exzentrischer Masse an einem Hybrid-III-Hals zeigen, dass der angepasste Impaktor in der Lage ist, Winkelbeschleunigungen entsprechend simulierter Fahrzeug-Fußgänger-Kollisionen zu realisieren, ⑥.

4 FAHRZEUGSEITIGE MASSNAHMEN

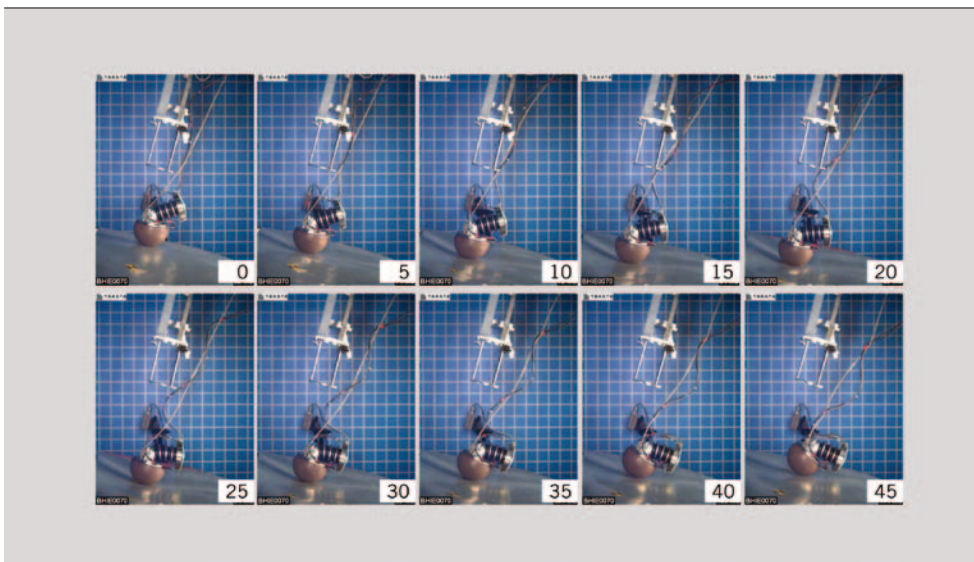
Innovative integrierte oder aktive Sicherheitssysteme basieren auf Sensoren zur Fußgängererkennung und können Aufprallgeschwindigkeiten vermindern oder Unfälle ganz verhindern. Die Erkennung der Fußgänger und die Bewertung ob dieser potenziell gefährdet ist, stellt eine anspruchsvolle Aufgabe dar. Technologien wie Sensor-Fusion, Stereokameras, Radar, Lidar und Infrarot ermöglichen eine Pre-Crash Erkennung. Zusätzlich zu Warnmeldungen und aktiver Bremsung erlaubt die Pre-Erkennung die Auslösung von Vorbereitungsmaßnahmen passiver Sicherheitssysteme. Weil passive Maßnahmen meist irreversibel sind, muss die Aktivierung durch Beschleunigungs- und Kontaktsensoren bestätigt werden, da diese eine erhöhte Zuverlässigkeit aufweisen. Auf Testverfahren und Technologien hinsichtlich der Sensorik wird in diesem Beitrag allerdings nicht weiter eingegangen.

Rein passive Lösungen beinhalten Material- oder Geometrieoptimierungen, welche im Hinblick auf Einfachheit und Kosten bevorzugt werden. Scharfe Außenkanten werden vermieden und eine durchgehende Fahrzeugfront angestrebt. Während der Konstruktion achtet man auf einen größeren Freiraum zwischen Haube und Motorblock, um den verfügbaren Deformationsraum zu erhöhen, wobei Aluminium als Haubenmaterial zunehmend verwendet wird. Die geringere Steifigkeit erlaubt es, den Freiraum zu Gunsten einer verbesserten Schutzleistung auszunutzen.

Aufstellbare Schutzsysteme gewinnen in den nächsten Jahren immer mehr an Bedeutung, aufgrund erhöhter Anforderungen durch Gesetzgebung und Verbraucherschutz (Euro NCAP). Zudem steht ein zukunftsweisendes Design der Fahrzeuge durch flache und kurze Fronten mit geringem Überhang oftmals im Widerspruch zum benötigten Deformationsweg für die Anforderung Fußgängerschutz. Einige Serienfahrzeuge, die eine Vorreiterrolle innehaben sind: Citroën C6, Jaguar XK, Honda Legend (2005/2006, erste Implementierung aufstellbarer Hauben), Mercedes E-Klasse (2009, erster reversibler Aufstellmechanismus) und die 5er-Baureihe von BMW (2010, faseroptische Sensoren und vollaktive Haube).

4.1 FUSSGÄNGER-AIRBAG MIT AKTIVER MOTORHAUBE

Aktive Motorhauben vergrößern den Abstand zwischen Haube und nicht deformierbaren Bauteilen im Motorraum. Eine erweiterte Lösung zur Verringerung der Kopfaufprallschwere auch im Bereich der Windschutzscheibe stellt die Verwendung eines U-förmigen Airbagsystems dar. Durch diese Maßnahme können im Haubenbereich harte Strukturen, insbesondere die für den Insassenschutz ausgelegten sehr steifen A-Säulen, überdeckt werden. Gleichzeitig kann der Aufstellspalt zwischen Haubenhinterkante und Windschutzscheibe ausgefüllt werden. Die Ergebnisse des Dummytests mit einer gewöhnlichen 40 km/h schnellen Limousine und einem externen Airbag mit 90 l Gasvolumen liefern für das modifizierte Fahrzeug eine HIC-Reduzierung von 42 %, eine Verringerung der Halsdruckkräfte von zirka 60 % sowie eine Verringerung des Biegemoments im Hals von ungefähr 30 % [4].



⑥ Kopffimpaktor mit Hals und Zusatzmasse [6], t [ms]



7 Hybrides Schutzsystem

Das für den Abdeckbereich erforderliche große Gasvolumen des Airbagsystems und die geforderte Standzeit, in der der Druck aufrecht erhalten werden muss, sind die Hauptgründe für den Wegfall der bei Insassenairbags zur Energieabsorption eingesetzten Ausströmöffnungen. Dadurch ergibt sich eine niedrigere Energieabsorption des Airbags, mit der Gefahr eines verstärkten Rückpralls des Kopfes.

4.2 ERWEITERTES AIRBAGSYSTEM MIT „VENT HOLES“

Zur weiteren Verbesserung des Schutzes im Bereich des Aufstellspalts der Haube und beim Rückprall vom Airbag ist ein hybrides System denkbar. Ein Prototyp dieses Systems wurde am ika zu Demonstrationszwecken konstruiert und implementiert. Ein Simulationsmodell belegt die Leistungsfähigkeit dieser Idee [10]. Bei einem solchen hybriden System kann der Spalt zwischen Motorhaube und Scheibe zum Beispiel durch eine Prallplatte geschlossen werden, 7 links-1. Die Abdeckung des Airbags selbst konzentriert sich dann auf den Bereich um die A-Säule, 7 links-2, in dem konstruktiv bedingt meist kein Deformationsraum vorhanden ist. Am Fahrzeug wird durch diese Maßnahme der sprunghafte Übergang zwischen hinterer Haubenkante und Windschutzscheibe minimiert. Dadurch wird der Halsbiegewinkel in diesem Bereich deutlich reduziert. Zusätzlich wird der Kopf vor einem Anprall auf die hintere Haubenkante geschützt. Eine solche Prallplatte (zum Beispiel einfache Aluminiumplatte) kann zusammen mit dem Airbag im hinteren Teil der Haube in einem Modul eingebaut werden, 7 rechts.

Das reduzierte Volumen des Fußgänger-Airbags ermöglicht die Verwendung von druckausgelösten Ausströmöffnungen, so dass das

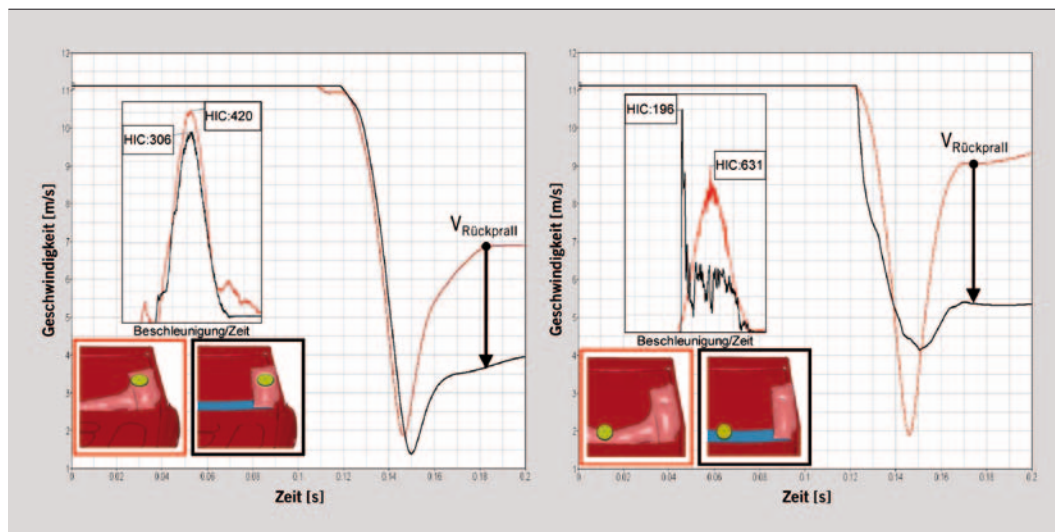
bekannte Verhalten von Insassenschutz-Airbags genutzt werden kann, um den unerwünschten Rückprall zu verringern. Die Energieaufnahme der Prallplatte kann unabhängig vom Airbag optimiert werden. Die Verminderung des HIC-Wertes durch die erhöhte Energieabsorption von Airbag und Prallplatte sowie die Verbesserung des Rückprallverhaltens wurden in Simulationen nachgewiesen, 8. Vor einem Serieneinsatz eines solchen, sich im frühen Forschungsstadium befindlichen Systementwurfes sind allerdings noch viele offene Fragestellungen zu lösen, wie eine robuste Aufstellbewegung dieses kombinierten Systems.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Die Anforderung Fußgängerschutz stellt eine große Herausforderung an die Gestaltung von Fahrzeugfronten aufgrund erheblicher Zielkonflikte dar. Zur Bewältigung dieser Herausforderung werden intelligente Systeme zur Unfallvermeidung und passive strukturelle Maßnahmen sowie crashaktive Schutzsysteme benötigt. Darüber hinaus werden Bewertungsmethoden hinsichtlich des gebotenen Schutzes dieser Systeme entwickelt.

Das Verhalten des menschlichen Körpers bei einem Unfall wurde mit Hilfe von menschlichen Modellen untersucht. Es wurden zum einen virtuelle Analysemethoden eingesetzt und zum anderen Hardwaretests verwendet, um das Realverhalten von komplexen Schutzsystemen zu untersuchen. Die Nutzung beider Methoden für den jeweiligen Anwendungsfall liefert wichtige Erkenntnisse zum Verständnis des gesamten Unfalls, dessen Unfallkinematik und seiner Folgen.

Mit den existierenden Komponententests können reale Bedingungen nicht vollständig nachgebildet werden, da die Subsysteme im Widerspruch zu den zusammenhängenden Körperteilen stehen. Durch die Hinzunahme einer Oberkörpermasse beim flexiblen Beinimpaktor (FlexPLI) konnte insbesondere beim Aufprall gegen Fahrzeuge mit hohen Stoßfängern die Kinematik verbessert werden. Eine Pendelschlagprüfung mit einem erweiterten Kopfimpaktor zeigte die Risiken im Zusammenhang mit dem Kopfanprall an der Haubenkante. Der Kopfimpaktor mit Zusatzmasse spiegelte beim flächigen Anprall die Wechselwirkung zwischen dem Kopf und dem restlichen Körper, verbunden über ein Halselement, realistischer wider.



8 Simulationsergebnisse des Kopfaufpralls

Lkw-Technik systematisch und praxisnah

Eine präzise, realitätsnahe Wiedergabe der realen Unfälle wird zukünftig Testprozeduren entscheidend beeinflussen. Derzeit wird angestrebt, virtuelle Ganzkörperuntersuchungen und die Ergebnisse physischer Komponententests zu verbinden. Die darauf basierenden, vorgeschlagenen Schutzsysteme wie erweiterte Airbags können als eine Grundlage für die Entwicklung neuer, fortschrittlicher Maßnahmen zum Schutz von Fußgängern in Kraftfahrzeugen betrachtet werden. Airbagsysteme und auch deren Kombination mit anderen Systemen (Hybride) bieten erhebliches Potenzial, um zukünftig einen umfassenden Fußgängerschutz zu ermöglichen.

LITERATURHINWEISE

- [1] Regulation (EC) No 78/2009 of the European Parliament and of the Council – Amending Directive 2007/46/EC and repealing Directives 2003/102/EC and 2005/66/EC, 14. January 2009
- [2] Agreement concerning the establishing of global technical regulations for wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles, UNECE, 2009, (ECE/TRANS/132 and Corr.1) – Addendum: GTR No. 9, ECE/TRANS/180/Add.9 and Appendix 1
- [3] Improved test methods to evaluate pedestrian protection afforded by passenger cars, EEVC WG 17 Report, 1998 inkl. Aktualisierung 2002
- [4] Wallentowitz, H.; Bovenkerk, J.; Sahr, C.; Kalliske, I.; Porstmann, M.; Zander, O.: Challenge and approach to real world pedestrian protection – investigated by Polar-II Pedestrian Dummy, International Journal of Crashworthiness October 2009, Vol. 14, No. 5, 457–467
- [5] Zander, O.; Gehring, D.; Lessmann, P.; Bovenkerk, J.: Evaluation of a flexible pedestrian legform impactor (FlexPLI) for the implementation within legislation on pedestrian protection, 09-0277 of 21st ESV Conference Proceedings, Stuttgart, 2009
- [6] Kalliske, I.; Bovenkerk, J.: New and improved test methods to address head impacts, Deliverable D333C (Report-No. AP-SP33-021R) of the European FP6 research project Aprosys, Brussels, 2009
- [7] Compigne, S.; Nakaya, K.: New or improved test methods to address lower and upper leg impacts, Deliverable D333B (Report-No. AP-SP33-020R) of the European FP6 research project Aprosys, Brussels, 2009
- [8] Bovenkerk, J.; Zander, O.: Evaluation of the extended scope for FlexPLI obtained by adding an upper body mass, Deliverable D333H (Report-No. AP-SP33-026R) of the European FP6 research project APROSYS, Brussels, 2009
- [9] Wallentowitz, H.; Bovenkerk, J.: New Protection Systems and Related Testing Methods for Head Impact of Pedestrians, Fisita 2008 Paper, F2008-08-072
- [10] Bovenkerk, J.; Schmitt, F.; Ertugus, E.; Kotnis, N.; Eschweiler, P.: Benefits of New Testing Methods for Deployable Pedestrian Protection Systems, Runner-Up Award Winner of 3rd ESV Student Safety Technology Design Competition, Stuttgart 2009



Erich Hoepke | Stefan Breuer (Hrsg.)

Nutzfahrzeugtechnik

Grundlagen, Systeme, Komponenten

6., überarb. Aufl. 2010. XXVIII, 509 S. mit 579 Abb. und 35 Tab. (ATZ/MTZ-Fachbuch) Geb. EUR 44,95
ISBN 978-3-8348-0995-7

Durch intensive Forschungs- und Entwicklungstätigkeit erreichen Lastkraftwagen und Lastzüge mit der heutigen Antriebstechnik einen hohen technischen Standard. Dieses Buch stellt in der Systematik eines Grundlagenfachbuchs alle wesentlichen Bauarten, Bauformen und Komponenten vor. Neben Grundlagen zu Konstruktion und Fertigung von Rahmen und Aufbau, zu Fahrmechanik und Thermodynamik werden neueste Entwicklungen unter Berücksichtigung des zunehmenden Einflusses elektronischer Systeme auf Antrieb und Bremse dargestellt. Die vollständige Neubearbeitung der Fahrdynamik insbesondere die dynamischen Wechselwirkungen bei der Aerodynamik mit ihren instationären Komponenten kennzeichnen die Bearbeitung. „Nutzfahrzeugtechnik“ bietet wertvolle Hilfe für alle Ingenieure in Praxis und Studium, die nach umfassender Information auf dem Sektor suchen.

DANKE

Die Autoren danken Dipl.-Ing. Ingo Kalliske, Takata-Petri AG, und Dipl.-Ing. Oliver Zander, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), für die wertvolle Mitarbeit an diesem Fachbeitrag.



DOWNLOAD DES BEITRAGS
www.ATZonline.de



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
order your test issue now: SpringerAutomotive@abo-service.info

Ja, ich bestelle

Fax +49(0)611.7878-420

Exemplare
Nutzfahrzeugtechnik
ISBN 978-3-8348-0995-7 - EUR 44,95

Firma 321 10 005

Name, Vorname

Abteilung

Straße (bitte kein Postfach)

PLZ | Ort

Datum | Unterschrift

Geschäftsführer: Dr. Ralf Birkelbach (Vors.), Armin Gross,
Albrecht F. Schirmacher. AG Wiesbaden HRB 9754

Sie möchten von uns keine Werbung erhalten?
Widersprechen Sie hier: widerspruch.springerfachmedien-wiesbaden@springer.com

