

Dr. med. Bernd Friedel, Dipl.-Ing. Ingo Kalliske
Bundesanstalt für Straßenwesen,
Bergisch Gladbach

Crashtests zur Erhöhung der Fußgängersicherheit

1 Unfallzahlen

In der Europäischen Union gab es 1997 ca. 1,3 Mio. Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden, wobei ca. 44.000 Personen getötet wurden [2]. Unter den Getöteten waren über 7.000 Fußgänger und 2.000 Radfahrer [1]. Im gleichen Jahr wurden in Deutschland 380.835 Unfälle mit Personenschäden registriert, bei denen 501.094 Personen verletzt wurden. Der Anteil der Fußgänger an der Gesamtzahl der Verletzten lag bei 7,9 % (absolut: 39.738), der Anteil von Fahrradfahrern einschließlich der Mitfahrer lag bei 14,4 % (absolut: 71.988). Von den 8.549 Personen, die 1997 bei Verkehrsunfällen getötet worden sind, waren 13,4 % Fußgänger (absolut: 1.147) und 7,9 % Fahrradfahrer oder deren Mitfahrer (absolut: 679). Bei 437 Unfällen mit getöteten Fußgängern war ein Personenkraftwagen Hauptverursacher, das ist ein Anteil von 38 %. Noch höher ist der Anteil von Personenkraftwagen als Hauptverursacher, betrachtet man die Unfälle, bei denen Fußgänger verletzt wurden. In 17.865 dieser Fälle (45 %) ist der Personenkraftwagen als Hauptverursacher ermittelt worden [3]. Betrachtet man den Trend der Unfallentwicklung über einen längeren Zeitraum, ist festzustellen, dass die Unfallzahlen (Getötete und Verletzte) deutlich zurückgegangen sind (siehe Bild 1). Trotz des stetigen Rückganges der Unfallzahlen in den letzten Jahren

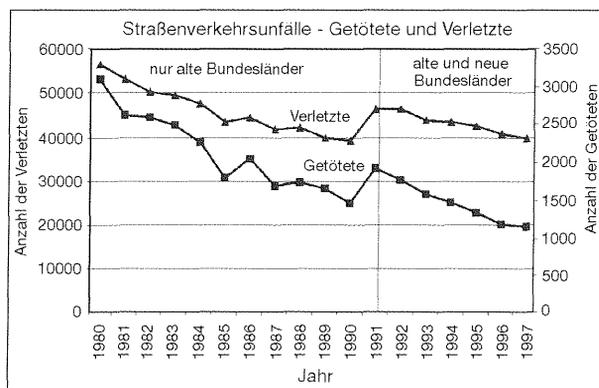


Bild 1: Getötete und Verletzte bei Straßenverkehrsunfällen in Deutschland (1980 - 1997)

und nicht zuletzt vor dem Hintergrund des erklärten Zieles der Europäischen Union, die Zahl der bei Verkehrsunfällen Getöteten von 44.000 im Jahr 1997 auf 25.000 im Jahr 2010 zu senken [4], sind weitere Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung von Unfallfolgen erforderlich.

Das EEVC, das sich schon seit Anfang der 80er Jahre mit der Thematik Fußgängerschutz in verschiedenen Arbeitsgruppen befasst hat, legte im Dezember 1998 den Abschlußbericht einer Arbeitsgruppe 17 „Fußgängersicherheit“ vor, in dessen Anhang ein Prüfverfahren zum fahrzeugseitigen Fußgängerschutz enthalten ist, das im folgenden Kapitel vorgestellt wird.

2 Das Prüfverfahren zur Untersuchung des fahrzeugseitigen Fußgängerschutzes nach EEVC

Das Prüfverfahren nach EEVC basiert auf Komponententests, d.h. es werden keine Versuche mit ganzen Dummies durchgeführt. Statt dessen werden einzelne Prüfkörper eingesetzt, die sehr häufig und schwer verletzte Körperregionen repräsentieren. Es werden drei Prüfkörperarten und insgesamt vier Prüfkörper unterschieden (siehe Bild 2):

- Kopfprüfkörper (Erwachsenenkopfprüfkörper, Kinderkopfprüfkörper),
- Hüftprüfkörper,
- Beinprüfkörper.

Die Prüfkörper stellen den Kopf eines Erwachsenen, den Kopf eines Kindes, den Oberschenkel bzw. die Hüfte eines Erwachsenen sowie das Bein

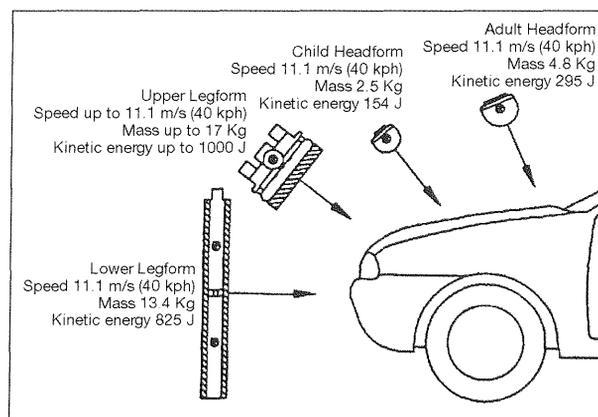


Bild 2: Übersicht über das durch die EEVC AG17 vorgeschlagene Komponententestverfahren zur Untersuchung des fahrzeugseitigen Fußgängerschutzes

eines erwachsenen Fußgängers dar. Ziel der Prüfungen ist es, die Strukturen am Fahrzeug zu untersuchen, bei denen die höchsten Belastungen für den Fußgänger zu erwarten sind, wenn es zu einer Kollision mit einem Kraftfahrzeug kommt. Die Prüfbedingungen entsprechen dabei einer Unfallsituation, bei der ein Fußgänger von einem Fahrzeug erfasst wird, das sich mit einer Geschwindigkeit von 40 km/h bewegt.

Die vorstehend genannten Prüfkörper, die Prüfmethoden sowie die zu erfüllenden Belastungskriterien sind im Anhang beschrieben. Dabei wird der letzte Stand des Prüfverfahrens gemäß dem Vorschlag der EEVC AG17 dargestellt.

3 Derzeitige Aktivitäten zum Thema Fußgängerschutz

3.1 Einführung einer europäischen Richtlinie

Der Abschlußbericht der EEVC AG17, der das vorstehend beschriebene Prüfverfahren enthält, wurde durch das EEVC im Februar 1999 offiziell an die EC (DG III) übergeben.

Aufgrund der hohen Priorität des Themas Fußgängerschutz fand im Juni 1999 ein ‚ad-hoc‘- Meeting der „Motor Vehicle Working Group“ (MVWG) der EC statt. Dabei waren die Mitgliedsstaaten der EU und alle von dieser Thematik betroffenen Organisationen und Institutionen vertreten. Ziel dieser Veranstaltung war die Darstellung und Erläuterung der EEVC – Prüfvorschläges sowie eine Anhörung der Standpunkte aller Betroffenen zur Schaffung der Grundlagen für einen Meinungsbildungsprozess innerhalb der Kommission.

Die vertretenen Standpunkte reichten von der Forderung nach einer umfassenden Einführung des gesamten durch die EEVC vorgeschlagenen Prüfverfahrens bis hin zur Einführung nur eines Prüfkörpers mit verminderten Anforderungen, in einem ersten Schritt.

Dieses breitgefächerte Meinungsbild ergibt sich vor dem Hintergrund der Komplexität einer Fußgänger – Fahrzeug – Kollision und der Frage, ob und inwieweit das Komponententestverfahren geeignet ist, eine solche Kollision umfassend abzubilden. Grundlagenuntersuchungen haben gezeigt, dass Versuche mit Dummies zur Beurteilung des fahrzeugseitigen Fußgängerschutzes nur eine unzureichende Reproduzierbarkeit bieten. Für einen ‚Type Approval Test‘ ist es jedoch erforderlich, Untersuchungen am Fahr-

zeug wiederholbar zu gestalten. Darüber hinaus sollten alle möglichen potentiellen Kollisionsstellen für den Fußgänger am Fahrzeug systematisch geprüft werden können. Das ist mit einem Komponententestverfahren, wie es das EEVC vorgeschlagen hat, gegeben. Trotz der Vereinfachungen, die dieses Prüfverfahren gegenüber der Unfallrealität beinhaltet, ist durch Validierungen der einzelnen Prüfkörper nachgewiesen worden, dass das Verfahren zur Prüfung eines Fahrzeugs hinsichtlich des Fußgängerschutzes eingesetzt werden kann.

Weiterhin wurde die Frage aufgeworfen, ob Änderungen der Fahrzeugfront zur Erfüllung des vorgeschlagenen Komponententestverfahrens in der Unfallrealität auch tatsächlich Verminderungen der Unfallfolgen bewirken. Hierzu wurde [6] und wird derzeit durch die Fa. TNO im Auftrag des VDA ein Projekt durchgeführt, das diese Frage mittels mathematischer Simulationen zu erklären versucht (siehe Kap. 3.2).

Als Ergebnis der Sitzung der MVWG kann festgehalten werden:

- dass die Einführung einer Richtlinie zum Fußgängerschutz durch die EU erwartet werden kann. Ein entsprechender Vorschlag für eine Richtlinie durch die Kommission ist in Arbeit.

Am 10. April 2000 fand auf Wunsch der EC bei der Generaldirektion „Enterprise“ ein Gespräch zwischen der EC, ACEA und EEVC statt. Während dieses Gesprächs erläuterte ACEA einen aus seiner Sicht machbaren Vorschlag über den Inhalt einer europäischen Richtlinie zum Fußgängerschutz. Dieser Vorschlag basiert auf dem durch das EEVC vorgeschlagenen Komponententestverfahren und umfasst einen gemeinsamen Prüfkörper für den Kinder- und Erwachsenenkopfprallbereich mit einer Masse von 3,5 kg, wobei die Anprallgeschwindigkeit auf 30 km/h festgelegt wurde. Darüber hinaus soll in bestimmten Zonen der Anprallbereiche (1/3 der Gesamtfläche) auf der Motorhaube das zu erfüllende Kopfschutzkriterium HPC auf 2000 anstatt 1000 angehoben werden. Für den Beinanprall wurde das Prüfverfahren nach EEVC weitgehend übernommen. Es wurden jedoch höhere Belastungsgrenzen vorgeschlagen, die zu einer leichteren Erfüllbarkeit der Prüfanforderungen führen. Die Hüftprüfung wird bei dem Vorschlag von ACEA nicht berücksichtigt (siehe Tab 1).

Aus wissenschaftlicher Sicht und aus Sicht der Unfallforschung empfiehlt die EEVC Arbeitsgruppe 17

Prüfverfahren	Inhalte		EEVC-Vorschlag	ACEA-Vorschlag
	Prüfverfahren	Kopfmasse	2,5 kg	3,5 kg (eine Kopfmasse für den Anprallbereich vor der Frontscheibe)
Kinderkopfprüfung		Anprallgeschwindigkeit	40 km/h	30 km/h
		Anprallwinkel	50°	keine Angaben
	Kriterien	HPC	≤ 1000	2/3 der Fläche ≤ 1000; 1/3 der Fläche ≤ 2000
Erwachsenenkopfprüfung	Prüfverfahren	Kopfmasse	4,8 kg	3,5 kg (eine Kopfmasse für den Anprallbereich vor der Frontscheibe)
		Anprallgeschwindigkeit	40 km/h	30 km/h
		Anprallwinkel	65°	keine Angaben
	Kriterien	HPC	≤ 1000	1/3 der Fläche ≤ 2000; 2/3 der Fläche ≤ 1000
Beinprüfung (Stoßfängerhöhe) ≤ 500 mm)	Prüfverfahren	Beinmasse	13,4 kg	13,4 kg
		Anprallgeschwindigkeit	40 km/h	40 km/h
		Anprallwinkel	0° (vertikal)	0° (vertikal)
	Kriterien	Beschleunigung	≤ 150 g	≤ 230 g
		Biegung	≤ 15°	≤ 25°
		Scherung	≤ 6 mm	Aufzeichnung der Daten aber ohne Kriterium
Beinprüfung (Stoßfängerhöhe größer 500 mm) mit Hüftprüfkörper	Prüfverfahren	Hüftmasse	9,5 kg	keine Angaben
		Anprallgeschwindigkeit	40 km/h	keine Angaben
		Anprallwinkel	0° (vertikal)	keine Angaben
	Kriterien	Summenkraft	≤ 5 kN	≤ 7,5 kN
		Biegemoment	≤ 300 Nm	≤ 510 Nm
Hüftprüfung	Prüfverfahren	Hüftmasse	variabel (9,5-18 kg)	keine Prüfung gefordert
		Anprallgeschwindigkeit	variabel (20-40 km/h)	
		Anprallwinkel	variabel (10-47°)	
	Kriterien	Summenkraft	≤ 5 kN	
		Biegemoment	≤ 300 Nm	

Tab. 1: Gegenüberstellung der Vorschläge für den Inhalt eines Prüfverfahrens zum Fußgängerschutz (EEVC, ACEA)

eine umfassende Einführung des vorgeschlagenen Prüfverfahrens mit allen Prüfkörpern. Nur so kann gewährleistet werden, dass die gegenseitige Beeinflussung der Körperregionen des Menschen bei einem Unfall auch mit dem Prüfverfahren wiedergegeben werden können.

Sollte diese Möglichkeit nicht umgesetzt werden können, werden drei grundsätzliche Möglichkeiten der Einführung einer Richtlinie durch das EEVC aufgezeigt:

1. Anfängliche Einschränkung der Anprallbereiche, so dass problematische Bereiche der Fahrzeugfront in einem ersten Schritt nicht berücksichtigt werden. Sukzessive Erweiterung der Anprallbe-

reiche auf die gesamte Frontstruktur in einem festzulegendem Zeitrahmen.

2. Anfängliche Erhöhung der Belastungsgrenzen, was die Erfüllung der Schutzkriterien erleichtert. Reduzierung der Belastungsgrenzen nach und nach in einem festzulegenden Zeitrahmen, auf die von dem EEVC vorgeschlagenen Werte.
3. Schrittweise Einführung der einzelnen Prüfungen in einem festzulegenden Zeitrahmen. Wenn diese Option gewählt wird, sollte die Einführung gemäß einer Prioritätenliste erfolgen, die der Relevanz im Unfallgeschehen entspricht:
 1. Kopfanprall (höhere Priorität für den Kinderkopf),
 2. Beinprall,
 3. Hüftanprall.

Neben den vorstehend genannten Vorgehensweisen sind auch Kombinationen dieser oder weiterer Szenarien denkbar. Ein sehr wichtiger Aspekt bei der Umsetzung der Richtlinie ist die Festlegung der Vorlaufzeit vom Verabschieden der Richtlinie bis zu deren Wirksamwerden für die Zulassung neuer Fahrzeuge („lead time“). Über deren geplante Dauer liegen gegenwärtig keine verbindlichen Aussagen vor.

3.2 Mathematische Simulationsstudie durch TNO zur Bewertung des EEVC Prüfvorschlages

Den Versuch einer umfassenden Bewertung des Fußgängertestverfahrens nach EEVC mittels mathematischer Simulation wurde im Auftrag des VdA durch TNO vorgenommen. Einige ausgewählte Ergebnisse des ersten Teils dieser Studie, die zu weiteren Überlegungen anregen, sind nachfolgend dargestellt.

Hintergrund dieser mathematischen Simulationsstudie ist die ganzheitliche Validierung des Prüfverfahrens der EEVC AG10 hinsichtlich dessen Auswirkungen auf das Unfallgeschehen mittels mathematischer Simulation. Der Inhalt der Studie wird derzeit auf Wunsch der EC durch die EEVC AG 17 geprüft. In einer ersten Analysephase sind eine Reihe von Fragen und Anregungen zu der Studie diskutiert und zusammengetragen worden, die in einem Auswertebereich zusammengefasst und dann der EC zur Verfügung gestellt werden.

In der Studie wurde ein Serienfahrzeug abgebildet und mittels mathematischer Simulation mit Prüf-

körpermodellen nach dem Prüfvorschlag der AG10 geprüft. Anschließend wurden an dem Serienfahrzeug Modifikationen derart vorgenommen, dass u.a. für alle Prüfkörper die geforderten Belastungsgrenzen nach AG 10 erfüllt waren (Auslegungskriterium: 20 % unter Belastungsgrenze). Nach vorstehend genanntem Kriterium wurden 4 Fahrzeugfronten modelliert, die gemäß EEVC AG10 als fußgängerfreundlich anzusehen sind (siehe Bild 3).

Anschließend wurden Anprallversuche mit den fünf Fahrzeugvarianten und verschiedenen Fußgängerdummymodellen simuliert (3-jähriges Kind; 6-jähriges Kind; 5 % - Frau; 50 % - Mann). Es sollten so die Auswirkungen der Änderungen am Fahrzeug zur Erfüllung des Prüfvorschlages nach EEVC AG10 auf den gesamten Fußgänger nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass in fast allen Körperregionen und bei fast allen Fußgängermodellen Verbesserungen oder unveränderte Werte bei den Belastungen erreicht werden konnten, auch wenn die nach EEVC geforderten Belastungsgrenzen der Prüfkörper bei den Dummies nicht immer erfüllt waren (das liegt z. T. auch an den unterschiedlichen Aufbauarten von Dummies und Prüfkörpern). Im Oberkörperbereich des 3-jährigen Kindes und des 6-jährigen Kindes wurden jedoch Verschlechterungen festgestellt. Da die Ursachen für diese Verschlechterungen nicht eindeutig festgestellt werden konnten, wurde durch den VDA ein Folge-Projekt initiiert, das ebenfalls durch TNO durchgeführt werden wird, und sich mit der Validierung der verwendeten Modelle und der Untersuchung nicht plausibler Ergebnisse befassen soll.

3.3 Von der Gesetzgebung unabhängige Aktivitäten auf dem Gebiet des Fußgängerschutzes (EuroNCAP)

Als Anstoß für die Verbesserung der Fahrzeugsicherheit diente in der Vergangenheit nicht nur die Einführung entsprechender Richtlinien, sondern auch der engagierte Einsatz von z. B. Verbraucherschutzorganisationen und Fachzeitschriften. Seit ca. drei Jahren gibt es das europäische Konsortium EuroNCAP, welches sich mit der Bewertung der Sicherheit von neuen Fahrzeugen beschäftigt. **Euro** steht für „European“ und **NCAP** ist die Abkürzung für **New Car Assessment Program** (Bewertungsprogramm für neue Fahrzeuge). Das EuroNCAP wird durch verschiedene europäische Re-

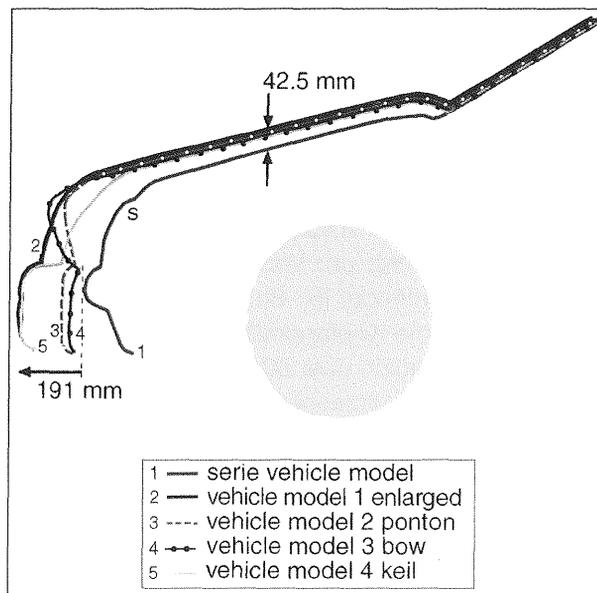


Bild 3: Durch TNO simulierte Fahrzeugformen

gierungen, die EU und Verbraucherschutzorganisationen gefördert. In diesem Programm werden neue Fahrzeugmodelle hinsichtlich ihrer passiven Sicherheit, d. h. ihrer Einrichtungen zum Schutz der Insassen nach einem Unfall, geprüft und bewertet (Frontalaufprall, Seitenaufprall). Damit wird dem europäischen Konsumenten und potentiellen Autokäufer ein Mittel zur Entscheidungshilfe beim Kauf eines Neuwagens zur Verfügung gestellt. Er soll somit in die Lage versetzt werden, gemäß seinem persönlichen Sicherheitsanspruch ein entsprechendes Fahrzeug auszuwählen. Auch der Fußgängerschutz wird im Rahmen des EuroNCAP geprüft. Somit beschränkt sich die Sicherheitsbewertung nicht nur auf die Fahrzeuginsassen, sondern darüber hinaus auch auf die äußeren Verkehrsteilnehmer.

Derzeit wird im Rahmen des EuroNCAP nach dem älteren Prüfvorschlag der EEVC AG10 geprüft. Bei dem Prüfverfahren nach AG17, das im Anhang beschrieben wird, wurde u.a. dem geänderten Unfallgeschehen der letzten Jahre und den Änderungen der Verletzungsmuster der beteiligten Fußgänger, durch überarbeitete Prüfkriterien und Belastungsgrenzen Rechnung getragen. In der „Technical Working Group“ (TWG) des EuroNCAP wird bereits über die Anwendung des Prüfvorschlages der EEVC AG17 als Fußgängerprüfverfahren nachgedacht. Dabei bleibt abzuwarten, ob das Prüfverfahren in seiner Gesamtheit eingeführt wird. In einer Untergruppe der TWG soll im Jahr 2000 die Möglichkeit einer Erweiterung des Fußgängerprüfverfahrens auf den Scheibenbereich geprüft werden,

der zur Zeit durch das EEVC Prüfverfahren nicht abgedeckt ist. Diese Notwendigkeit ergibt sich aus der Entwicklung in der Unfallstatistik. Unfalluntersuchungen in Deutschland zeigen, dass bei Unfällen mit Kollisionsgeschwindigkeiten bis 30 km/h in ca. 10 % und bei Unfällen mit Geschwindigkeiten zwischen 31 km/h und 40 km/h in 38,4 % der Fälle ein Kopfkontakt mit der Windschutzscheibe bzw. der A-Säule stattfindet [5]. Bei höheren Geschwindigkeiten liegt die Kopfanprallrate in diesem Fahrzeugbereich deutlich über 50 %. Die Zunahme der Bestände von Fahrzeugen der Kompaktklasse, Mikro-Kompaktklasse und auch Vans, die sehr kurze Frontbereiche haben, führten zu dieser Entwicklung.

Im Rahmen des EuroNCAP sind bisher ca. 60 neue Fahrzeugmodelle geprüft und bewertet worden. Die Ergebnisse stehen den Fahrzeugherstellern unmittelbar nach den Versuchsreihen zur Verfügung. Es besteht die Möglichkeit Modifikationen am Fahrzeug vorzunehmen, um die Sicherheit des Fahrzeugs zu verbessern. Dieses höhere Sicherheitsniveau ist durch einen neuerlichen Test nachzuweisen, wobei die verbesserten Ergebnisse durch EuroNCAP nur dann veröffentlicht werden, wenn die Modifikationen sofort in der laufenden Produktion umgesetzt werden. Somit ist gewährleistet, dass die veröffentlichten Ergebnisse den Eigenschaften der verkauften Fahrzeuge entsprechen. Bei einem gesicherten wissenschaftlichen Hintergrund der Versuche und der Bewertungen, ist das EuroNCAP ein sehr flexibles Instrumentarium, um schnell, neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu berücksichtigen (z. B. bei den Testkonfigurationen oder der Dummytechnologie) und auch Anforderungen umzusetzen, die über die gesetzlich geregelten Mindestanforderungen hinausgehen.

3.4 Stand der Arbeiten in ISO

In der ISO AG 2 wird seit mehreren Jahren an Prüfmethoden zur Untersuchung des fahrzeugseitigen Fußgängerschutzes gearbeitet. Die Basis des Prüfverfahrens, das durch die ISO AG erarbeitet wird, ist ebenfalls ein Komponentenprüfverfahren, das sehr stark an die durch die EEVC vorgeschlagenen Prüfmethoden angelehnt ist. Ein Prüfverfahren für den Beinprüfkörper wurde bereits erarbeitet und zur Abstimmung gestellt. Das Prüfverfahren fand innerhalb der AG jedoch keine Mehrheit und wird daher erneut diskutiert werden. Vorschläge für Kinder- und Erwachsenenkopfprüfungen werden derzeit vorbereitet. Eine Abstimmung dazu erfolgte bisher

nicht. Nach dem derzeitigen Stand der Arbeitspapiere der AG 2 soll der Kinderkopfprüfkörper eine Masse von 3,5 kg haben und der Erwachsenenkopfprüfkörper eine Masse von 4,5 kg. Die Anprallgeschwindigkeit der Prüfungen ist nicht fest definiert. Diese kann entsprechend einem gegebenen Diagramm, das die Fahrzeuganprallgeschwindigkeit gegenüber der Kopfanprallgeschwindigkeit darstellt, variiert werden.

3.5 Japanischer Ansatz zur Prüfung des Fußgängerschutzes

JARI und Honda R&D beschäftigen sich zur Zeit, zusammen mit der amerikanischen Firma GESEC Inc., mit der Entwicklung eines Fußgängerdummies. Dieser in der Literatur [7] als Polar 1 bezeichnete Dummy basiert auf dem durch die GESEC im Auftrag der NHTSA entwickelten verbesserten Frontalaufpralldummy, genannt THOR. Mit diesem Dummy sollen die Interaktionen der einzelnen Körperteile eines Menschen bei einer Kollision mit einem Fahrzeug besser dargestellt werden. Zu einem späteren Zeitpunkt sollen mit diesem Dummy die Belastungen bestimmter Körperregionen gemessen werden können, die sich durch eine besonders hohe Verletzungsschwere bzw. Verletzungshäufigkeit auszeichnen. In dem o. g. Bericht sind in einem ersten Schritt zur Validierung des Dummies die Trajektorien bestimmter körperfester Punkte des Dummies mit denen von Versuchen mit PMTOs verglichen worden.

3.6 International Harmonised Research Activities (IHRA)

Diese Arbeiten haben unter dem Dach des ESV-Programmes 1996 begonnen. Ziel dieser Bemühungen ist es, weltweit auf fünf ausgewählten Themen der passiven Fahrzeugsicherheit die Forschungsbemühungen zu koordinieren, um die wissenschaftlichen Grundlagen für zukünftige Vorschriften weltweit zu harmonisieren. An diesen Arbeiten sind folgende Regierungen beteiligt: USA, Kanada, Australien, Japan und europäische Regierungen der EU in Zusammenarbeit mit dem EEVC.

Eine der Arbeitsgruppen beschäftigt sich mit der Thematik des Fußgängerschutzes. Die Leitung der Arbeitsgruppe ist durch Japan übernommen worden. Unter Mitarbeit des EEVC wurde eine Analyse europäischer Unfalldaten durchgeführt. Zur Zeit erfolgt die Entwicklung eines Komponententestverfahren zur Prüfung des fahrzeugseitigen Fußgän-

gerschutzes (Prüfvorschläge nach EEVC und ISO nutzen ebenfalls Komponententestverfahren). Dabei soll das zu entwickelnde Prüfverfahren gegenüber EEVC und ISO mehr Fahrzeugformen und einen größeren Fahrzeugbereich abdecken. Des Weiteren sollen, über die Vorschläge von EEVC und ISO hinausgehend, weitere Prüfkörper, Prüfmethoden und Prüfkriterien entwickelt werden, mit denen das Risiko für weitere verletzungsgefährdete Körperteile untersucht werden kann.

3.7 Derzeitige BAST – Aktivitäten zum Fußgängerschutz

Die DEKRA AG bearbeitet zur Zeit ein durch die BAST beauftragtes und finanziertes Projekt, dessen Ziel es ist, ein Prüfverfahren zu entwerfen, mit dem der Kopfanprall auf die Windschutzscheibe simuliert werden kann. Weiterhin sollen Empfehlungen geben werden, wie die Fahrzeugfront zu gestalten ist, um die Kopfanprallgeschwindigkeit gering zu halten, und wie die Windschutzscheibe zu konstruieren ist, um die Kopfbelastungen zu begrenzen. Der Abschluss des Projektes wird für Mitte 2000 erwartet.

Zur weiteren Validierung des Beinprüfkörpers gemäß EEVC und zur Verifizierung von Versuchsergebnissen, die in einem Projekt ermittelt worden sind, und auf der IRCOBI 1999 [8] veröffentlicht wurden, führt die BAST derzeit Versuchsreihen durch. Dabei wird der Einfluss der Steifigkeit der Knieelemente und des Schaums im Kniebereich (der Schaum simuliert das Fleisch eines menschlichen Beines) auf die Messergebnisse untersucht.

4 Schlussfolgerungen

Abschließend kann festgestellt werden, dass die wissenschaftliche Analyse des EEVC abgeschlossen ist. Bei den Arbeiten wurde der Entwicklung des Unfallgeschehens, einem guten Gleichgewicht zwischen den Prüfanforderungen und den realen Verletzungsrisiken, neuen biomechanischen Erkenntnissen und Erfahrungen aus der Versuchspraxis Rechnung getragen.

Eine europäische Richtlinie zur Untersuchung des fahrzeugseitigen Fußgängerschutzes wird derzeit vorbereitet. Das EEVC hat dazu die wissenschaftlichen Grundlagen zur Verfügung gestellt und die umfassende Einführung des Prüfverfahrens empfohlen.

Betrachtet man die hohen Unfallzahlen (1997: ca. 7.000 Fußgänger und ca. 2.000 Radfahrer getötet) und sieht man auf die lange Historie des Fußgängerschutzes in Europa zurück, so sollten alle an der Einführung einer Richtlinie Beteiligten an einer schnellen Einführung interessiert sein. Zur Beschleunigung der Entscheidungsprozesse in den Gremien der EU muss auch über Kompromisse nachgedacht werden. Vorschläge dazu wurden u.a. durch das EEVC im Abschlussbericht der AG17 vorgestellt.

Die Thematik Fußgängerschutz und die Überprüfung am Fahrzeug wird derzeit weltweit sehr intensiv diskutiert. In Europa werden neue Fahrzeugmodelle im Rahmen des EuroNCAP bereits hinsichtlich des Fußgängerschutzes geprüft und bewertet.

5 Zusammenfassung

Ausgehend von den Unfalldaten der letzten Jahre, wird die Bedeutung von Fußgängerunfällen im Unfallgeschehen dargestellt. Betrachtet man die bei Unfällen getöteten Verkehrsteilnehmer, so sind am häufigsten Personen in Kraftfahrzeugen betroffen. Am zweithäufigsten werden, gemäß der Unfallstatistik, Fußgänger getötet.

Eine Möglichkeit zur Verbesserung des Schutzes von Fußgängern und anderen sog. ‚ungeschützten Verkehrsteilnehmern‘ im Falle einer Kollision mit einem Kraftfahrzeug sind Maßnahmen am Fahrzeug. Um die Wirksamkeit derartiger Maßnahmen zu beurteilen, wurde durch das EEVC (European Enhanced Vehicle-safety Committee) ein Prüfverfahren entwickelt. Es handelt sich dabei um ein Komponentenprüfverfahren, mit dem die Frontstruktur von Fahrzeugen, die bei einer Kollision mit einem Fußgänger hauptsächlich betroffen ist, geprüft wird. Es wird kein, den gesamten Menschen repräsentierendes Dummy verwendet, stattdessen werden Prüfkörper, die einzelne Körperteile simulieren, eingesetzt. Dieser EEVC Vorschlag wird geschildert.

Darüber hinaus soll über Aktivitäten außerhalb des EEVC berichtet werden, sowie über den aktuellen Stand der Bemühungen der Europäischen Kommission in Bezug auf den Fußgängerschutz, die derzeit, auf Grundlage des Prüfvorschlages des EEVC, einen Vorschlag für eine Europäische Richtlinie erarbeitet.

6 Literatur

- [1] Abschlußbericht der EEVC Arbeitsgruppe 17: Improved test method to evaluate pedestrian protection afforded by passenger cars, Dezember 1998
- [2] Verkehr in Zahlen 1997: Deutscher Verkehrsverlag GmbH, Hamburg, 1999
- [3] Statistisches Bundesamt: Fachserie8, Reihe 7, Verkehrsunfälle, Wiesbaden, August 1997
- [4] ETSC News, Nr.13: Safety Monitor, Edition , März 1997
- [5] OTTE, D.: Severity and mechanism of head impacts in car to pedestrian accidents, 1999 International IRCOBI Conference on Biomechanics on Impacts, Sitges (Spain), September 1999
- [6] Passenger car friendliness. Evaluation of proposed EEVC subsystem test procedures by mathematical simulation. TNO, 11. Februar 1999
- [7] AKIYAMA, A. et al.: Development of Simulation Model and Pedestrian Dummy. SAE Paper 1999-01-0082, International Congress and Exposition, Detroit, Michigan, 1. – 4. März, 1999
- [8] MATSUI, Y.; ISHIKAWA, H. et al.: Impact Response and Biofidelity of the Legform Impactors.

Anhang (zum Vortrag Friedel/Kalliske)

EEVZ/CEVE



European Enhanced Vehicle-safety Committee

EEVC Working Group 17 Report

**Improved test methods to evaluate pedestrian protection
afforded by passenger cars**

December 1998

5.1 Die Kopfprüfung

5.1.1 Prüfkörper

Es wird in dem Prüfverfahren der EEVC zwischen dem Erwachsenenkopfprüfkörper und dem Kinderkopfprüfkörper unterschieden. Beide Kopfprüfkörper haben als Grundkörper eine Halbkugel, gefertigt aus einer Aluminiumlegierung. Dadurch werden eine hohe Fertigungsgenauigkeit und Dauerhaltbarkeit erreicht sowie unerwünschte Schwingungen vermieden. Im Schwerpunkt der Halbkugel befindet sich ein 3-axialer Beschleunigungsaufnehmer. Eine Abdeckplatte, die ebenfalls aus einer Aluminiumlegierung gefertigt ist, schließt den Prüfkörper in dessen hinteren Bereich ab. Mit der Verschraubung der Abdeckplatte mit der Halbkugel wird eine Vinylhaut (Kinderkopf: 11 mm dick; Erwachsenenkopf: 14 mm dick), die die gesamte Kugel umhüllt, straff auf die Kugel gespannt. (siehe Bild 3)

Der Erwachsenenkopfprüfkörper hat eine Masse von 4,8 kg und einen Durchmesser von 165 mm, wohingegen der Kinderkopfprüfkörper 2,5 kg schwer ist und einen Durchmesser von 130 mm hat.

5.1.2 Prüfmethode

Als Voraussetzung für die Durchführung der Kopf-anprallprüfungen werden im Motorhaubenbereich zwei Anprallzonen festgelegt, die Anprallzone für den Kinderkopfprüfkörper und die Anprallzone für den Erwachsenenkopfprüfkörper. Die Windschutzscheibe wird bei dem Prüfverfahren nicht untersucht. (Der Anprall in der Windschutzscheibe bzw. den A-Säulen spielte zu der Zeit, in der die Grundlagen des Prüfverfahrens der EEVC AG10 gelegt wurden, nur eine untergeordnete Rolle. Bei heuti-

gen Unfalluntersuchungen nimmt die Relevanz dieser Anprallbereiche immer mehr zu, so dass hier weiter Handlungsbedarf besteht.) Die Anprallzonen verlaufen über die Fahrzeugbreite. Die jeweils vordere und hintere Begrenzung der Zonen ist durch die sogenannte Abwickellänge bestimmt. Unter Abwickellänge versteht man das Abtragen einer bestimmten Wegstrecke parallel zur Fahrzeuglängsmittlebene, der Kontur des Fahrzeugs folgend (z. B. mit einem flexiblen Maßband). Die Anprallzone für den Kinderkopfprüfkörper beginnt bei einer Abwickellänge von 1000 mm und endet bei einer Abwickellänge von 1.500 mm oder an der hinteren Referenzlinie, die die Abgrenzung zum unteren Scheibenrahmen darstellt. Die Anprallzone für den Erwachsenenkopfprüfkörper beginnt bei einer Abwickellänge von 1.500 mm und endet bei einer Abwickellänge von 2.100 mm oder an der hinteren Referenzlinie, die die Abgrenzung zum unteren Scheibenrahmen darstellt. Für die Festlegung der hinteren Referenzlinie wie auch der seitlichen Referenzlinien werden definierte Verfahren angewendet, die hier nicht weiter erklärt werden sollen. Beide so entstandenen Anprallzonen für den Kinderkopfprüfkörper und den Erwachsenenkopfprüfkörper werden über die Fahrzeugbreite in drei, gleichbreite Bereiche unterteilt. So entstehen pro Anprallzone drei Anprallbereiche (siehe Bild 4). In jedem dieser Anprallbereiche werden drei Versuche mit dem jeweiligen Prüfkörper durchgeführt.

Der Erwachsenenkopfprüfkörper wird mit einer Geschwindigkeit von $11,1 \pm 0,2$ m/s und unter einem Winkel von 65° zur Horizontalen freifliegend gegen den vorher bestimmten Anprallpunkt am Fahrzeug geschleudert.

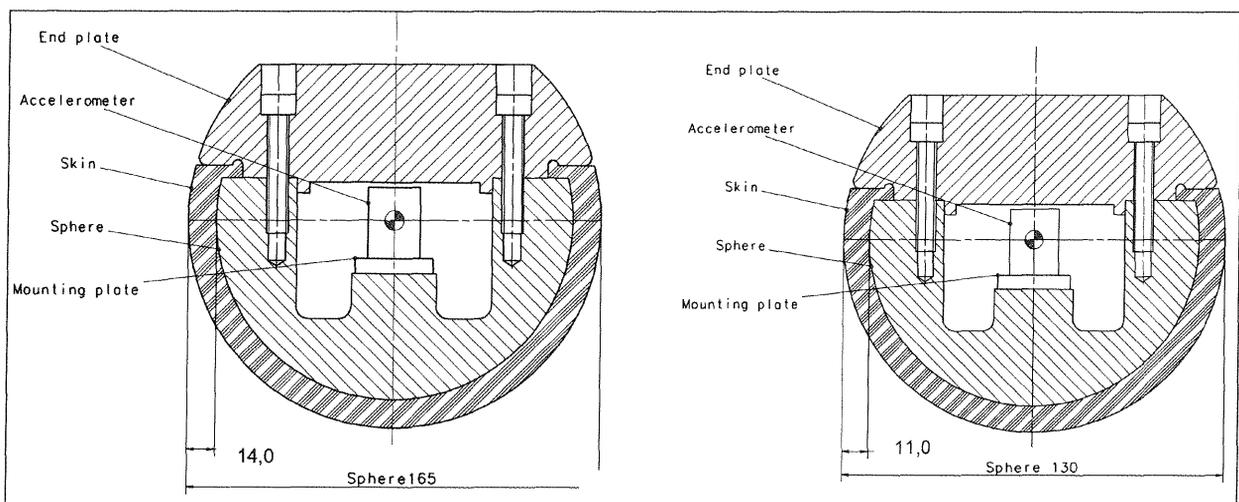


Bild 3: Schematische Darstellung des Erwachsenenkopfprüfkörpers (links) und des Kinderkopfprüfkörpers (rechts)

Der Kinderkopfprüfkörper wird mit einer Geschwindigkeit von $11,1 \pm 0,2$ m/s und in einem Winkel von 50° zur Horizontalen freifliegend gegen den vorher bestimmten Anprallpunkt am Fahrzeug geschleudert.

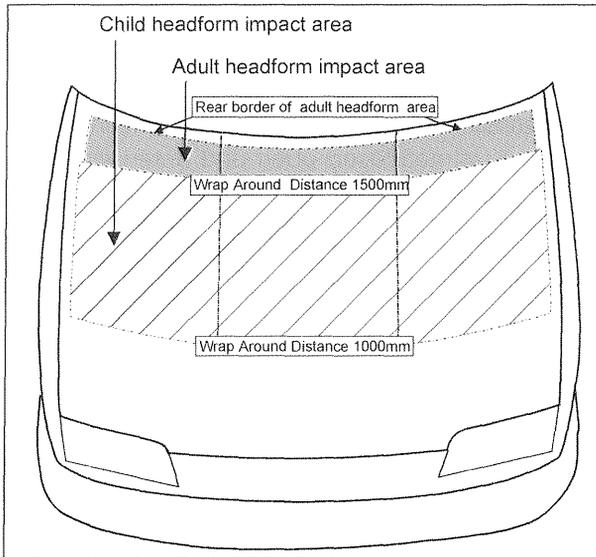


Bild 4: Schematische Darstellung der Anprallbereiche für den Erwachsenenkopfprüfkörper und den Kinderkopfprüfkörper für ein Fahrzeug der Golf-Klasse

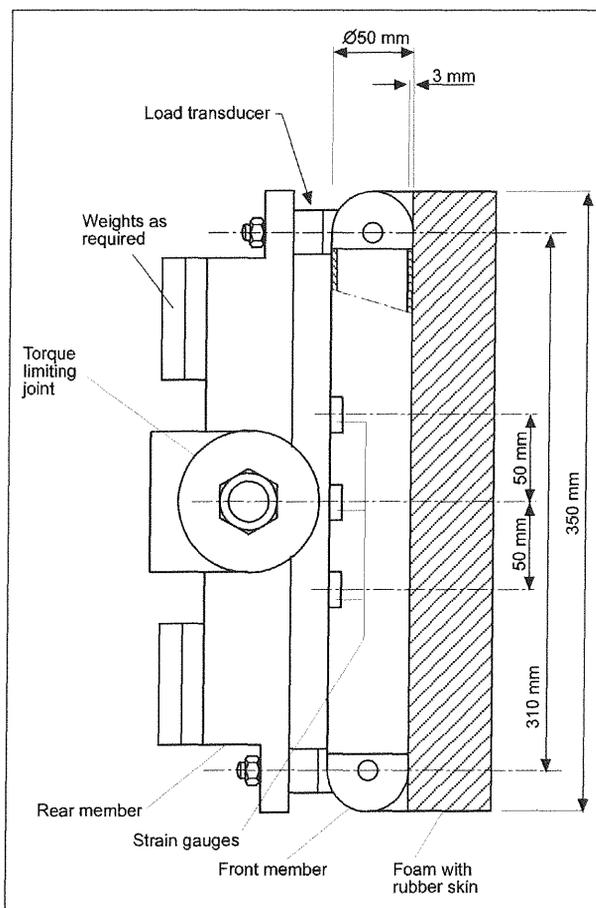


Bild 5: Hüftprüfkörper nach EEC WG10/ WG17

5.1.3 Belastungskriterium

Als Kriterium zur Bestimmung der Verletzungsschwere des Kopfes eines Fußgängers beim Kontakt mit dem Motorhaubenbereich wurde der HPC (Head Performance Criterion – Kopfschutzkriterium) gewählt. Zur Erfüllung des Schutzkriteriums muss der dimensionslose Wert des HPC unter 1.000 liegen.

5.2 Die Hüftprüfung

5.2.1 Prüfkörper

Der Hüftprüfkörper besteht im vorderen Bereich aus einem Metallzylinder, der über zwei Kraftmesszellen mit der hinteren Prüfkörpereinheit verbunden ist. Der Metallzylinder, der einen Biegebalken darstellt, ist an der stoßabgewandten Seite mit drei Dehnmessstreifen (DMS) zur Messung der Biegemomente ausgerüstet. Die hintere Prüfkörpereinheit umfasst die Aufnahmen für die Ausgleichsgewichte und eine Drehkupplung. Diese Kupplung ist auf der einen Seite mit der Aufnahme für die Ausgleichsgewichte verbunden. Auf der anderen Seite wird die Führungseinheit befestigt, mit der es möglich ist, eine gezwungene eindimensionale Bewegung des Hüftprüfkörpers bis zum Anprallpunkt und darüber hinaus auch während des Anpralls zu erreichen. Die Kupplung ist so ausgelegt, dass sie bei einem Drehmoment größer 650 Nm zu rutschen beginnt und somit verhindert, dass der Prüfkörper und/oder das Führungssystem während der Versuche beschädigt werden. Der Metallzylinder wird mit zwei Lagen eines Schaumstoffes (Confor Foam CF-45; eine Lage 25 mm dick) belegt. Dieser Schaumstoff wird durch eine darüber gespannte Gummihaut in seiner Lage am Prüfkörper fixiert (siehe Bild 5).

5.2.2 Prüfmethode

Bei der Hüftprüfung, bei der der Anprall des Oberschenkels bzw. der Hüfte eines Erwachsenen am Fahrzeug simuliert wird, werden die Versuchsparameter in Abhängigkeit von der Fahrzeugfront definiert. Die geometrischen Größen, die dazu am Fahrzeug bestimmt werden, sind die Höhe der Motorhaubenvorderkante (bonnet leading edge height - BLEH -) und der horizontale Abstand zwischen der Stoßfängervorderkante und der Motorhaubenvorderkante (bumper lead - BL -). Die Festlegung der Motorhaubenvorderkante (bonnet leading edge - BLE -) und der Vorderkante des Stoßfängers

(bumper reference line - BRL -) erfolgt nach gegebenen Verfahren, die hier nicht erläutert werden sollen (siehe Bild 6).

BLEH und BL werden anschließend genutzt, um die Energie des Prüfkörpers beim Anprall gegen das zuvor vermessene Fahrzeug zu bestimmen. Die Energie ist der Parameter, von dem die Anwendung der Prüfprozedur abhängig ist. Liegt die berechnete Prüfkörperenergie unter 200J, ist davon auszugehen, dass bei einem Hüftanprall des Fußgängers keine schweren Verletzungen im Oberschenkel bzw. Hüftbereich auftreten, so dass eine Prüfung nicht erforderlich ist. Bei einer Energie oberhalb 200J werden die Versuchsparameter: Prüfkörpermasse, Prüfkörpergeschwindigkeit und Anprallwinkel des Prüfkörpers in Abhängigkeit von der BLEH und der BL bestimmt. Sie können abhängig von der Fahrzeugfront in folgenden Grenzen variieren:

- Prüfkörpermasse: 9,5 ... 18 kg
- Prüfkörpergeschwindigkeit: 5,6 ... 11,1 m/s
- Anprallwinkel des Prüfkörpers: 10 ... 47 °

Zur Durchführung der Versuche wird die Motorhaubenvorderkante in drei, gleichbreite Bereiche unterteilt. In jedem dieser Bereiche ist ein Hüftanpralltest durchzuführen. Der Hüftanprall erfolgt geführt. Die geforderte Geschwindigkeitstoleranz nach EEVC AG17 beträgt 2 % der berechneten Anprallgeschwindigkeit des Prüfkörpers für den jeweiligen Prüfpunkt.

Die EEVC AG17 empfiehlt weiterhin, die maximale geforderte Anprallenergie auf einen Wert von 700J zu begrenzen, der eine realisierbare Deformationsstiefe am Fahrzeug zulässt, um die Anprallenergie abzubauen. Dies ist vor allem für Fahrzeuge mit hoher BLE und geringer BL relevant.

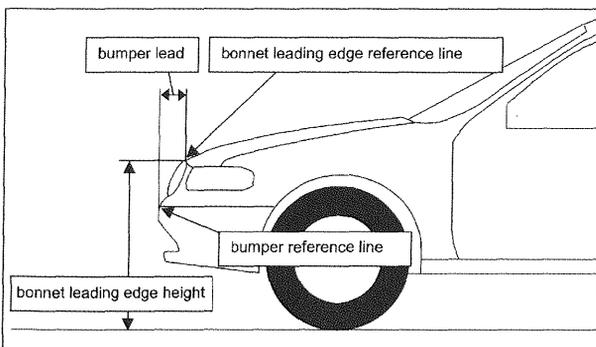


Bild 6: Darstellung der Definition der ‚bumper lead‘ und der ‚bonnet leading edge height‘ als Ausgangsparameter für die Durchführung des Hüftanpralltests

5.2.3 Belastungskriterien

Als Kriterien zur Bestimmung der auftretenden Belastungen an der Hüfte bzw. am Oberschenkel eines Fußgängers bei einer Kollision mit einem Fahrzeug wurden das Biegemoment und die auftretende Summenkraft gewählt:

- Biegemomente (oben, Mitte, unten) jeweils unter 300 Nm,
- Summenkraft (Summe aus den Messungen an den Kraftmeßdosen oben und unten am Prüfkörper) kleiner als 5 kN.

5.3 Die Beinprüfung

5.3.1 Prüfkörper

Der Beinprüfkörper entspricht dem Bein eines erwachsenen Menschen und umfasst den Oberschenkel, den Unterschenkel und das Knie (siehe Bild 7). Ober- und Unterschenkel sind durch je einen Metallzylinder realisiert, die einen Außendurchmesser von 70 mm haben. Das Knie, als Verbindung zwischen den beiden Zylindern, besteht aus zwei Metallelementen, sogenannten Ligaments, die spezielle Biegeeigenschaften haben und in den beiden Zylindern befestigt sind. Das In-

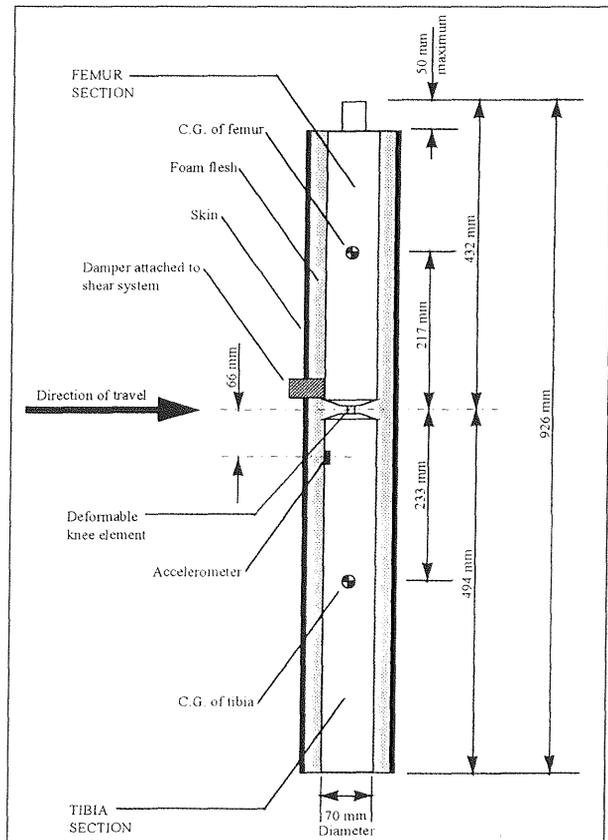


Bild 7: Beinprüfkörper mit Dämpfungseinheit

nerer der beiden Zylinder ist so aufgebaut, dass es mittels zweier Winkelgeber, die sich jeweils in einem der Zylinder befinden, möglich ist, die Biegung und die Scherung im Knie einzeln zu bestimmen. Ein hydraulischer Dämpfer wird eingesetzt, um ungewollte Scherschwingungen zu reduzieren. Zusätzlich befindet sich im Zylinder, der den Unterschenkel simuliert, ein 1-axialer Beschleunigungsaufnehmer. Für die Versuchsdurchführung werden die Metallzylinder, die durch die Ligaments verbunden sind, mit einer 25 mm dicken Lage eines Schaums (Confor Foam CF-45) und einer Neoprenhaut ummantelt, die über den Schaumstoff gezogen wird. Der gesamte Beinprüfkörper ist 926 mm hoch und wiegt versuchsfertig $13,4 \pm 0,1$ kg.

5.3.2 Prüfmethode

Zur Vorbereitung der Prüfungen wird die obere Stoßfängervorderkante bestimmt, sowie deren seitliche Begrenzungen. Die dabei angewendeten Verfahren werden hier nicht näher erläutert. Der Bereich zwischen den Begrenzungen wird in drei, gleichbreite Abschnitte unterteilt. In jedem dieser drei Abschnitte wird jeweils eine Prüfung vorgeschlagen. Bei diesen Prüfungen wird der Beinprüfkörper mit einer Geschwindigkeit von $11,1 \pm 0,2$ m/s aufrecht gegen den Stoßfänger geschleudert. Der Prüfkörper trifft das Fahrzeug freifliegend, wobei sich die Unterkante des Beinprüfkörpers beim Anprall auf Höhe der Aufstandsfläche (Boden) des Fahrzeugs befinden muss.

Der Anwendungsbereich dieser Prüfung ist obligatorisch eingeschränkt. Zur Definition dieser Einschränkung wird zusätzlich zu der oberen Referenzlinie am Stoßfänger auch die untere Referenzlinie bestimmt. Wenn die Höhe der unteren Referenzlinie des Stoßfängers am Prüfpunkt ≤ 500 mm beträgt, muss die Prüfung am Stoßfänger mit dem Beinprüfkörper durchgeführt werden. Liegt die untere Referenzlinie des Stoßfängers mehr als 500 mm über dem Boden, kann der Stoßfänger alternativ zu der Prüfung mit dem Beinprüfkörper auch mit dem Hüftprüfkörper durchgeführt werden. Bei dieser Prüfung wird der Hüftprüfkörper mit einer definierten Masse von 9,5 kg und einer Geschwindigkeit von $11,1 \pm 0,2$ m/s horizontal gegen den Stoßfänger geführt.

5.3.3 Belastungskriterien

Für die drei Messstellen im Beinprüfkörper (Beschleunigung, Biegung und Scherung) wurde jeweils ein Belastungskriterium mit einer dazugehöri-

gen Belastungsgrenze festgelegt. Die Belastungsgrenzen sind:

- Biegewinkel im Knie $\leq 15^\circ$,
- Scherweg im Knie ≤ 6 mm,
- Tibiabeschleunigung ≤ 150 g.

Für die alternative Prüfung am Stoßfänger mit dem Hüftprüfkörper gelten die Belastungsgrenzen, die in Kapitel 2.2.3 aufgeführt sind.



Curriculum vitae

Bernd Friedel

Geb.: 1940 in Büren/
Westfalen

Abitur: 1959 altsprachlich-humanistisches
Gymnasium

Studium der Medizin: 1959-1964 in München und
Würzburg

Staatsexamen: 1964

Promotion: 1965

Approbation als Arzt: 1966

Wiss. Assistent/
Assistenzprofessor:

1966-1972 Institut für Med.
Statistik und Datenverarbeitung
Universität Mainz

Seit 1972 Leiter der Abteilung Fahrzeugtechnik der
Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch
Gladbach; Status: Direktor und Professor

Themenschwerpunkte der Arbeit: Krankheit und
Kraftverkehr, Arzneimittel und Verkehr, Biomechanik,
Passive u. aktive Fahrzeugsicherheit, Internationale
Verhandlungen EG und ECE, Umweltfragen (Abgas-
emissionen/Geräusche)

Beratung des Bundesministeriums für Verkehr

Tätigkeit bei der WHO: Verkehrssicherheit in Ent-
wicklungsländern

Vorsitz des European Enhanced Vehicle-Safety
Committee (EEVC)

Vorstandsmitglied von IRCOBI, der Deutschen Ge-
sellschaft für Verkehrsmedizin, ESV und IHRA

Anschrift

Direktor und Professor
Dr. med. Bernd Friedel
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53
D-51427 Bergisch Gladbach