

# Gefährdung durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Fahrzeugtechnik Heft F 12

**bast**

# **Gefährdung durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen**

## **Teil 1: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern**

von  
Harald Zellmer  
Manfred Schmid

## **Teil 2: Quantifizierung der Gefährdung von Fußgängern**

von  
Harald Zellmer

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Fahrzeugtechnik Heft F 12**

**bast**

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

- A – Allgemeines
- B – Brücken- und Ingenieurbau
- F – Fahrzeugtechnik
- M – Mensch und Sicherheit
- S – Straßenbau
- V – Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, daß die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Am Alten Hafen 113 – 115, D-27568 Bremerhaven, Telefon (04 71) 4 60 93-95, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

## Impressum

### Bericht zum Forschungsprojekt 92512:

Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen und 94522:

Quantifizierung der Gefährdung von Fußgängern durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen

### Herausgeber:

Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon (0 22 04) 43 – 0  
Telefax (0 22 04) 43 – 8 32

### Redaktion:

Referat Öffentlichkeitsarbeit

### Druck und Verlag:

Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven  
Telefon (04 71) 4 60 93 – 95  
Telefax (04 71) 4 27 65

ISSN 0943-9307

ISBN 3-89429-908-8

Bergisch Gladbach, November 1995

## Kurzfassung - Abstract - Résumé

### Gefährdung durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen

#### Teil 1: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern

Der Anteil von Geländefahrzeugen an der Gesamtzahl von Personenkraftwagen betrug im Juli 1991 in den alten Bundesländern ca. 1,1%. Nach eigenen Erhebungen sind etwa 62% der Geländefahrzeuge mit einem Frontschutzbügel ausgestattet.

Der Bundesminister für Verkehr hat die BAST beauftragt zu prüfen, ob solche Konstruktionen einen Einfluß auf die Verletzungen bei Kollisionen mit Fußgängern und Zweiradbenutzern haben. Dazu wurde das Datenmaterial der Unfallerbhebung der Medizinischen Hochschule Hannover ausgewertet und die um fahrzeugtechnische Angaben ergänzten Unfalldaten aus Nordrhein-Westfalen betrachtet.

Weiterhin wird von Komponententests berichtet, die den Anprall menschlicher Körperteile an das Fahrzeug simulieren. Mit den Ergebnissen dieser Untersuchung wurde ein Frontschutzbügel hergestellt, der weniger aggressiv gegenüber ungeschützten Verkehrsteilnehmern ist.

#### Teil 2: Quantifizierung der Gefährdung von Fußgängern

Zwei gängige Geländefahrzeugtypen wurden mit und ohne Frontschutzbügel gemäß dem Prüfvorschlag der EEVC-WG 10 zur Bestimmung der Fußgängerverträglichkeit von Pkw-Frontflächen getestet. Die Ergebnisse aus den Versuchsreihen wurden mit Ergebnissen aus Versuchen an normalen Pkw verglichen.

Es kann festgestellt werden, daß bei einem Unfall mit Kopfanprall eines Kindes an ein mit Frontschutzbügel ausgestattetes Geländefahrzeug bei 20 km/h mit gleichen Kopfbelastungen zu rechnen ist, wie bei einem Unfall mit 30 km/h mit einem Geländefahrzeug ohne Frontschutzbügel, bzw. mit 40 km/h mit einem normalen Pkw. Für den Hüftanprall eines Erwachsenen an die Haubenkante ist bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 25 km/h bei einem Fahrzeug mit Frontschutzbügel mit gleichen Belastungen zu rechnen, wie bei einem Unfall mit einem Fahrzeug ohne Frontschutzbügel bei 40 km/h (Pkw oder Geländewagen). Für die Belastungen des Knies eines

Erwachsenen läßt sich keine Verschlechterung durch montierte Frontschutzbügel ableiten.

### Danger from front protection bars on all-terrain vehicles

#### Part 1: Danger to pedestrians and cyclists

The fraction of all-terrain vehicles in the total number of cars in the old Federal Lands was approx. 1.1% in July 1991. According to our own surveys, around 62% of the all-terrain vehicles are fitted with a front-protection bar.

The Federal Minister for Transport has appointed the Federal Highway Research Institute (Bundesanstalt für Straßenwesen - BAST) to examine whether such constructions have an influence on the injuries sustained in the event of collisions with pedestrians and cyclists. For this, the data from the accident survey of the Medizinische Hochschule Hannover were evaluated and the accident data from North Rhine-Westphalia, supplemented with information on the vehicles involved, were examined.

In addition, a report is given on component tests which simulate the impact of parts of the human body with the vehicle. On the basis of the results of this investigation, a front protection bar was manufactured which is less aggressive towards unprotected road-users.

#### Part 2: Quantification of the danger to pedestrians

Two popular models of all-terrain vehicle were tested with and without front protection bars in accordance with the test proposal of EEVC-WG 10 for the purpose of determining the effects on pedestrians of impact with the frontal surfaces of cars. The results of the test series were compared with the results of tests with normal cars.

It was ascertained that in an accident involving head impact of a child with an all-terrain vehicle equipped with front protection bar at 20 km/h, the same loading of the head is to be expected as in an impact at 30 km/h with an all-terrain vehicle not fitted with a front protection bar, or 40 km/h with a normal car. For a hip impact of an adult with the edge of the bonnet, for a vehicle speed of 25 km/h in the case of a vehicle

fitted with a front protection bar, the same loading should be expected as for an accident with a vehicle without a front protection bar at 40 km/h (car or all-terrain vehicle). The fitting of a front protection bar was not seen to increase the severity of the loading of the knee of an adult.

## **Risques de lésion par les barres de protection frontale des véhicules tout terrain**

### **1e partie: Risques pour les piétons et les cyclistes**

Dans les anciens Länder, la part des véhicules tout-terrain au nombre total des véhicules motorisés s'éleva à environ 1,1% en juillet 1991. Selon de propres enquêtes, environ 62% des véhicules tout-terrain sont équipés de barres pare-choc.

L'Institut fédéral de recherches routières (BAST) fut chargé par le Ministre fédéral de transport de vérifier si la présence de tels dispositifs de protection a une influence sur les lésions de piétons ou de cyclistes résultant de collisions. A cet effet, on a procédé à une évaluation des données provenant d'une enquête d'accident effectuée par l'Ecole Supérieure de Médecine de Hanovre et à l'analyse des données d'accident de la Rhénanie du Nord-Westphalie, couvrant aussi les données techniques des véhicules.

En outre, le rapport informe sur des essais simulant le choc de parties du corps humain contre le véhicule. Les résultats issus de cette étude sont à la base de la conception d'une barre de protection frontale qui présente moins de risques pour les usagers de la routes non protégés.

### **2e partie: Evaluation quantitative des risques pour piétons**

Deux types de véhicules tout-terrain, équipés et non équipés de barres pare-choc ont été soumis à des essais conformément à la procédure d'essai proposée par le groupe de travail CEVE 10 en vue de la détermination des risques que constituent les parties frontales de véhicules pour les piétons. Les résultats issus de ces séries d'essais sont comparés aux résultats d'essais avec des voitures de tourisme normales.

Il est ressorti d'essais de collision avec une tête d'enfant que les efforts agissant sur la tête de l'enfant

sont identiques dans les cas de collision suivants: véhicule tout-terrain équipé d'une barre de protection frontale circulant à 20 km/h, véhicule tout-terrain non équipé d'une barre de protection circulant à 30 km/h ou voiture de tourisme normale circulant à 40 km/h. En ce qui concerne le choc de la hanche d'un mannequin d'essai adulte contre le capot du véhicule, les efforts sont identiques dans les cas de collision suivants: véhicule équipé d'une barre pare-choc circulant à 25 km/h ou véhicule non équipé d'un tel dispositif (voiture de tourisme ou véhicule tout-terrain) circulant à 40 km/h. Pour ce qui est des efforts agissant sur le genou d'un adulte, il n'est pas possible de déceler une aggravation du risque de lésion résultant de la présence d'une barre de protection frontale.

## Inhalt

<b>Teil 1: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern</b>	<b>Teil 2: Quantifizierung der Gefährdung von Fußgängern</b>
<b>1 Einleitung</b> 9	<b>1 Einleitung</b> 29
<b>2 Statistische Angaben zu Geländefahrzeugen</b> 9	<b>2 Allgemeine Angaben zu Geländefahrzeugen</b> 29
<b>3 Mitteilung der Medizinischen Hochschule Hannover über Unfälle mit Geländefahrzeugen mit Frontschutzbügel</b> 12	<b>3 Komponenten-Versuche an Geländefahrzeugen</b> 30
<b>4 Unfälle mit Beteiligung von Geländefahrzeugen in Nordrhein-Westfalen</b> 12	3.1 Ergebnisse mit dem BAST-Kinder-Kopfimpaktor 30
4.1 Datenbasis 12	3.2 Ergebnisse mit dem TRL-Hüftimpaktor 32
4.2 Unfälle mit Personenschaden mit zwei Beteiligten, an denen mindestens ein Geländefahrzeug beteiligt war, in Nordrhein- Westfalen 1989 und 1990 14	3.3 Ergebnisse mit dem INRETS-Beinimpaktor 32
<b>5 Komponententests an Frontschutzbügeln</b> 16	<b>4 Diskussion</b> 34
5.1 EEVC-WG 10 Entwurf zur Prüfung der Fußgängerverträglichkeit von Kraftfahrzeugen 16	4.1 Diskussion der Ergebnisse mit dem BAST-Kinder-Kopfimpaktor 35
5.2 Geometrische Abmessung von Frontschutzbügeln an Geländefahrzeugen 16	4.2 Diskussion der Ergebnisse mit dem TRL-Hüftimpaktor 36
5.3 Test von Frontschutzbügeln mit dem EEVC-WG 10 Hüftprüfkörper 17	4.3 Diskussion der Ergebnisse mit dem INRETS-Beinimpaktor 39
5.4 Test von Frontschutzbügeln mit dem EEVC-WG 10 Kinderkopfprüfkörper 17	<b>5 Schlußfolgerungen</b> 39
<b>6 Verbesserungsvorschläge für die Konstruktion von Frontschutzbügeln</b> 20	<b>Literatur</b> 40
<b>7 Schlußbemerkungen</b> 22	<b>Anhang</b>
<b>Literatur</b> 23	I Das EEVC-WG 10 Prüfverfahren zur Bestimmung der Fußgängerverträglichkeit von Pkw-Frontflächen 41
<b>Anhang</b> 24	II Photographien 43



## **Teil1**

### **Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern**





## 1 Einleitung

Der Anteil von Geländefahrzeugen an der Gesamtzahl von Personenkraftwagen stieg von Juli 1987 bis Juli 1991 in den alten Bundesländern von etwa 0,6% auf etwa 1,1%. Bei den Neuzulassungen im Zeitraum von Januar bis Mai 1992 hatten Geländefahrzeuge hier einen Anteil von ca. 2%, so daß bei Fortsetzung dieses Trends mit einer weiteren Erhöhung des Anteils dieser Fahrzeuge in der Fahrzeugpopulation zu rechnen ist. Nach eigenen Erhebungen sind etwa 62% der Geländefahrzeuge mit einem sogenannten Frontschutzbügel ausgestattet, einem massiven Metallteil, bis zu etwa 15 kg schwer, das an der Front des Fahrzeuges befestigt ist. Andere Namen für diesen Frontbügel sind auch Rammschutz oder Safarigitter. Durch ihre massive Auslegung können sie eine Gefährdung für ungeschützte Verkehrsteilnehmer darstellen.

Die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde vom Bundesminister für Verkehr beauftragt zu untersuchen, welchen Einfluß Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen auf Häufigkeit, Art und Schwere von Verletzungen - insbesondere bei Fußgängern und Zweiradfahrern - haben. Die vorliegende Untersuchung gliedert sich in fünf Abschnitte:

- 1.) Zunächst werden einige statistische Zahlen zu Geländefahrzeugen und Frontbügeln zusammengestellt (Kapitel 2).
- 2.) Im Kapitel 3 werden die Ergebnisse der Unfallerhebung der Medizinischen Hochschule Hannover wiedergegeben.
- 3.) Über die Beteiligung von Geländefahrzeugen an Unfällen in Nordrhein-Westfalen wird in Kapitel 4 berichtet.
- 4.) Es werden Komponententests nach dem EEVC-WG 10 Prüfvorschlag für Kraftfahrzeuge zur Verbesserung des Fußgängerschutzes durchgeführt und diskutiert (Kapitel 5).
- 5.) Verbesserungsvorschläge für Frontschutzbügel in Hinblick auf die Minderung der Verletzungsgefahr für ungeschützte Verkehrsteilnehmer werden vorgestellt (Kapitel 6).

In einem kurzen Schlußkapitel wird eine Wertung der Frontschutzbügel bzgl. der Gefährdung ungeschützter Verkehrsteilnehmer gegeben.

## 2 Statistische Angaben zu Geländefahrzeugen

Der Anteil von Geländefahrzeugen am Gesamtbestand der Personenkraftwagen betrug im Juli 1991 in den alten Bundesländern etwa 1,1% [1]. Eine genaue Zahl kann nicht angegeben werden, weil in den Mitteilungen des KBA zum Bestand an Fahrzeugen Geländefahrzeuge nicht separat ausgewiesen sind.

Um dennoch eine Angabe über ihre Anzahl machen zu können, wurde eine Abschätzung nach drei verschiedenen Arten durchgeführt. Zunächst sind alle Fahrzeuge zusammengerechnet worden, die nach Angaben des KBA Geländefahrzeuge sind und zudem eine Typschlüsselnummer zugewiesen bekommen haben (getypte Gelände-Kfz). Eine etwas höhere Anzahl (Minimalabschätzung) ergibt sich, wenn alle Fahrzeuge zusammengerechnet werden, die nach eigener Einschätzung sicher Geländefahrzeuge sind, auch wenn sie nicht typweise aufgeführt werden, z.B. wurden alle Fahrzeuge der Firma Jeep, AMC dieser Gruppe zugeordnet. Die Maximalabschätzung kommt dadurch zustande, daß alle Fahrzeuge, die sicher keine Geländefahrzeuge sind, von der Gesamtzahl der allradgetriebene Fahrzeuge abgezogen wurde. In Bild 1 und 2 sind die Bestandszahlen von Geländefahrzeugen und ihr Anteil an der Gesamtzahl der Personenkraftwagen in den alten Ländern jeweils für den 1. Juli eines Jahres dargestellt. Es zeigt sich, daß die Anzahl der getypten Fahrzeuge sehr dicht an der der Minimalabschätzung ist.

Deutlich ist zu erkennen, daß die Anzahl und der Anteil der Geländefahrzeuge von 1987 bis 1991 stetig zugenommen hat. Bei den Neuzulassungen in diesen Jahren hatten Geländewagen einen Anteil zwischen 1,5% und 2,5%, je nach Berechnungsart und Jahr, vgl. Bild 3 und 4.

Die Zulassungen für den Zeitraum von Januar bis Mai 1992 zeigt Tabelle 1. Hier sind ebenfalls die neuen Bundesländer berücksichtigt, in diesen haben Geländefahrzeuge einen deutlich geringeren Anteil an den Zulassungszahlen.

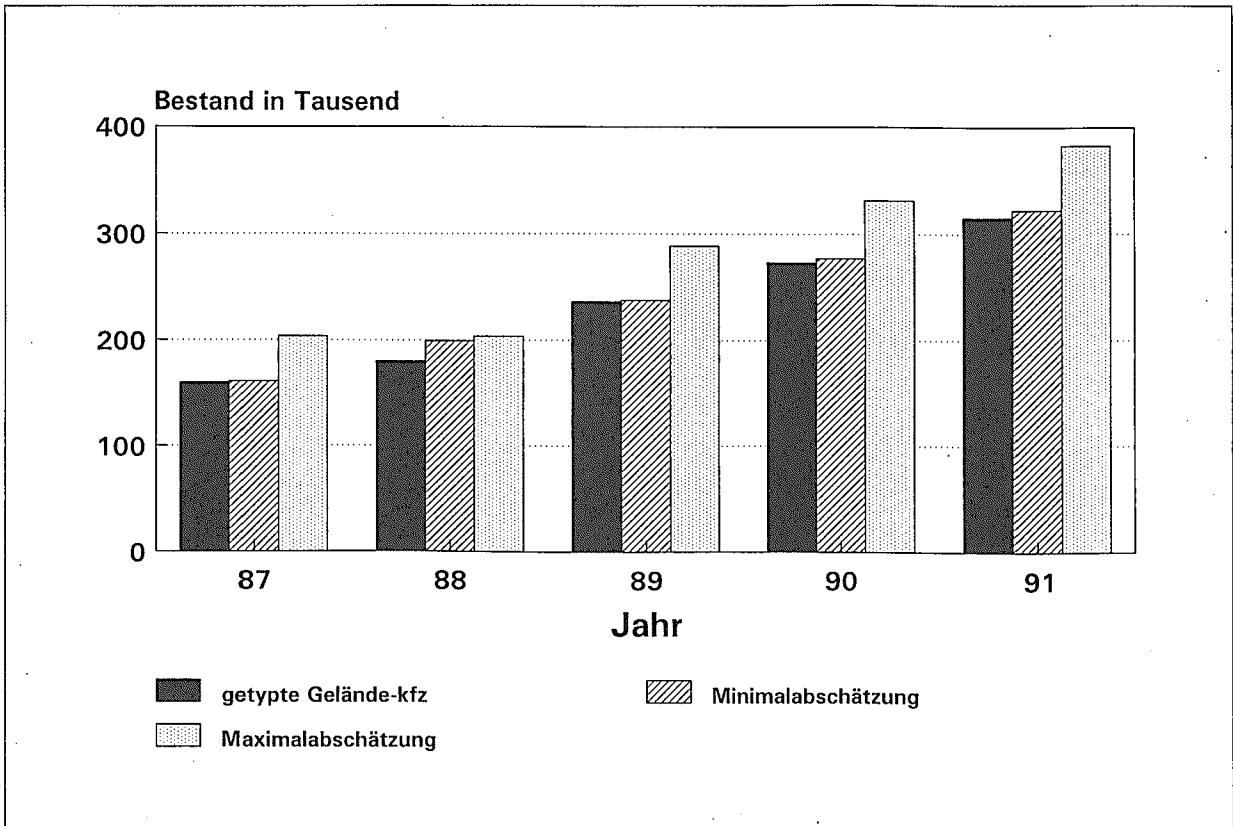


Bild 1: Bestand an Geländefahrzeugen jeweils zum 1. Juli des Jahres (alte Länder)

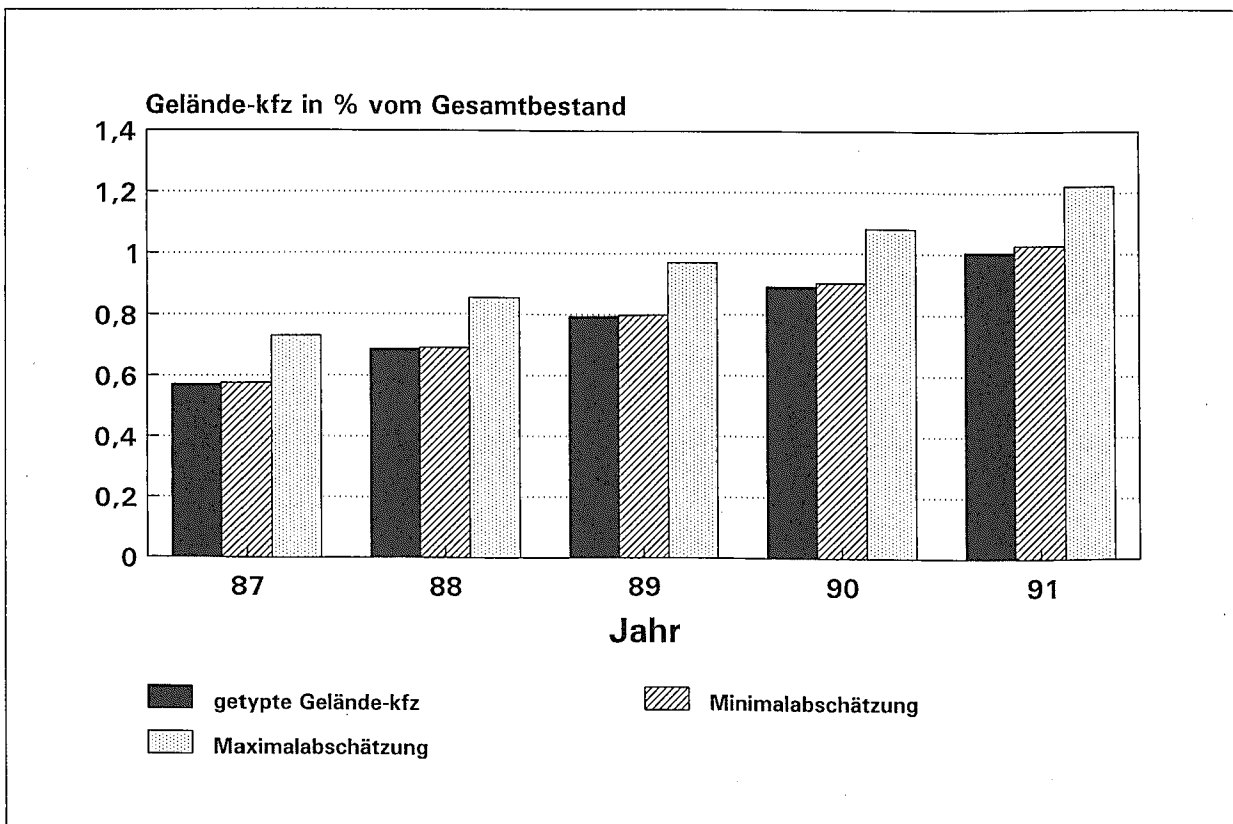


Bild 2: Anteil von Geländefahrzeugen an der Gesamtzahl von Personenkraftwagen jeweils zum 1. Juli des Jahres (alte Länder)

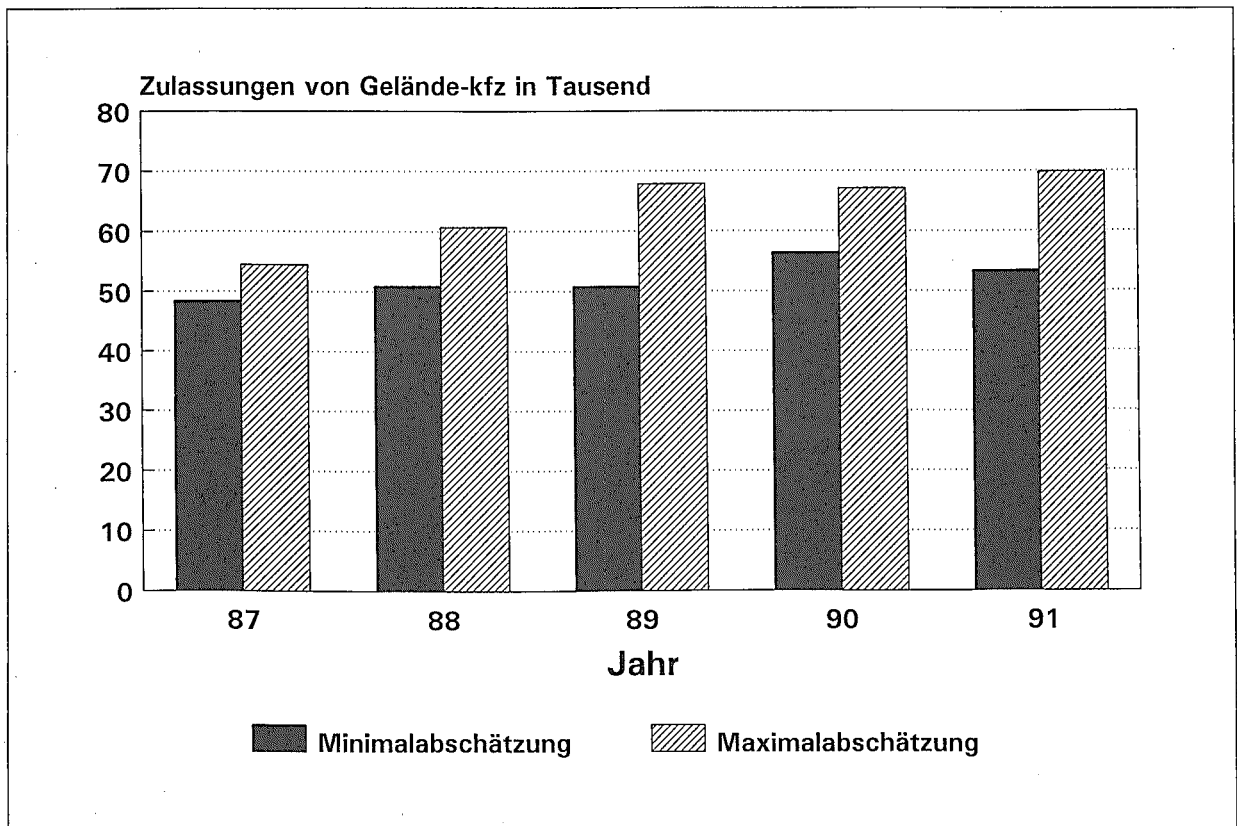


Bild 3: Neuzulassungen von Geländefahrzeugen (alte Länder)

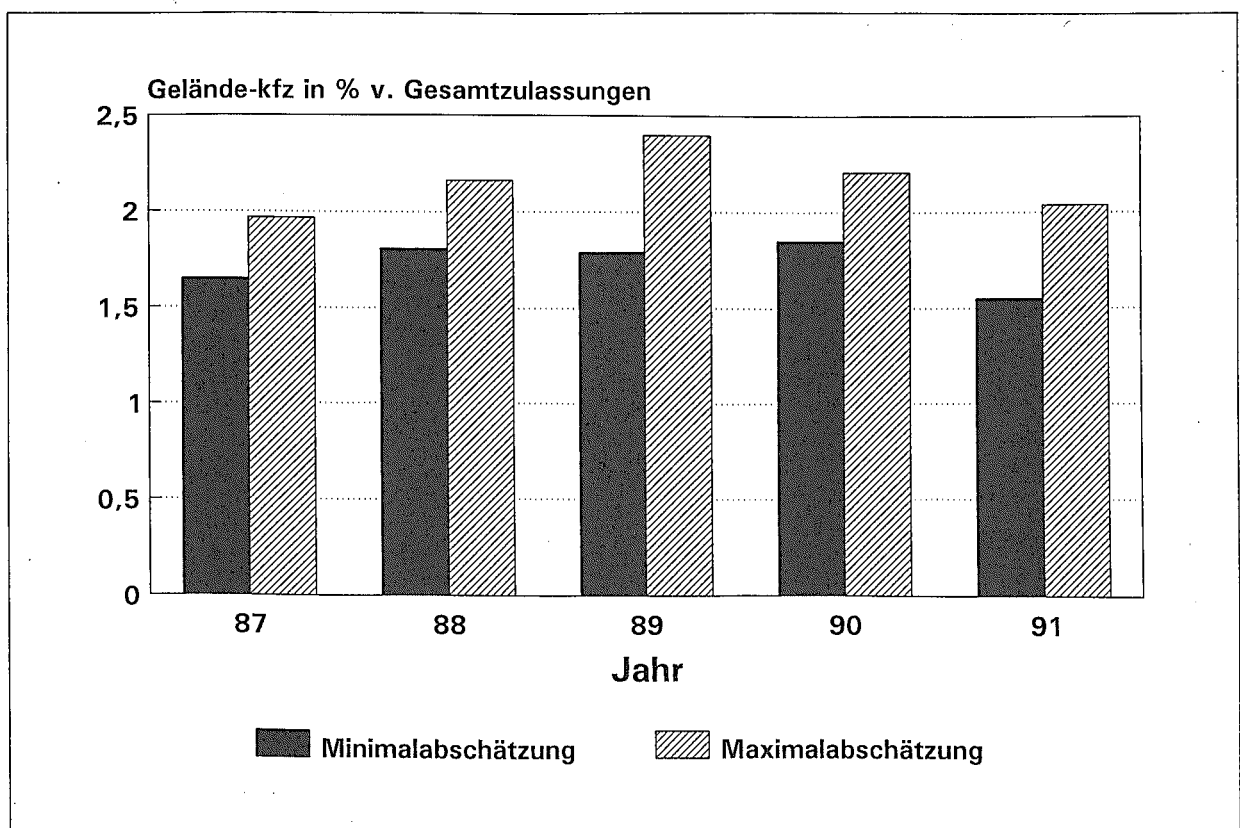


Bild 4: Anteil von Geländefahrzeugen an der Gesamtzahl von Neuzulassungen von Personenkraftwagen (alte Länder)

	Gesamt	Allrad	Gelände-Kfz		Anteil [%]
			min	max	
Alte Länder	1496.667	53.114	27.618	31.219	1,8-2,1
Neue Länder	333.786	4.586	2.197	2.381	0,7
Gesamt	1830.453	57.700	29.815	33.600	1,7-1,8

**Tabelle 1:** Zulassung von fabrikneuen Pkw Januar - Mai 1992 in der Bundesrepublik Deutschland (aus [1]), neue Länder berechnet aus Differenz Alte Länder / Gesamt

Im Zeitraum von Januar bis Mai 1992 waren die meistzugelassenen Geländefahrzeuge (Neufahrzeuge) im gesamten Bundesgebiet folgende:

1. Suzuki Vitara	5.714 Einheiten
2. Opel Frontera	4.545 "
3. Mitsubishi Pajero	4.491 "
4. Nissan Patrol	3.287 "
5. Nissan Terrano	2.085 "

Der Anteil der Geländefahrzeuge mit Frontschutzbügel läßt sich nicht aus den Zahlen des KBA entnehmen. Um eine Abschätzung hierüber zu erhalten, wurden einige Mitarbeiter der BAST gebeten, eine Liste in ihrem Pkw mitzuführen und einzutragen, ob ein beobachteter Geländewagen mit Frontschutzbügel ausgestattet ist oder nicht. Beobachtet wurden 419 Geländewagen, von denen 258, also 62 % einen solchen Bügel montiert hatten. Diese Erhebung ist nicht repräsentativ und streng genommen nur für den Großraum Köln gültig.

### 3 Mitteilung der Medizinischen Hochschule Hannover über Unfälle mit Geländefahrzeugen mit Frontschutzbügel

In den Jahren 1985 bis 1990 wurden bei der Unfall-erhebung 20 Unfälle registriert, an denen mit Frontschutzbügel ausgestattete Fahrzeuge beteiligt waren, davon kollidierten 6 mit einem Zweirad, davon wiederum 4 frontal mit einem Fahrrad. Unfälle mit Fußgängern lagen zu diesem Zeitpunkt nicht vor. Aufgrund der geringen Anzahl kann keine statistische Auswertung erfolgen. Otte kommt bei der Betrachtung der 4 Fahrradunfälle jedoch zu folgender Feststellung [2]:

< Auffallend ist, daß die Kollision mit dem harten Frontschutzbügel bereits bei kleineren Kollisionsgeschwindigkeiten zu komplizierten Frakturen führt.

Ein klassischer Aufschöpfungsvorgang konnte in keinem Fall beobachtet werden <sup>1)</sup>. >

Otte kommt zum Schluß, daß aus Sicht des Unfallanalytikers Frontschutzbügel insbesondere bei Unfällen mit Fahrradfahrern und Fußgängern nicht als positiv zu werten sind.

## 4 Unfälle mit Beteiligung von Geländefahrzeugen in Nordrhein-Westfalen

### 4.1 Datenbasis

Die bundesweiten Daten der amtlichen Straßenverkehrs-unfallstatistik liegen bei der BAST derzeit vollständig nur bis 1985 vor. Sie enthalten keine Informationen zur Identifizierung von Geländefahrzeugen.

Den folgenden Auswertungen liegen die Daten der in Nordrhein-Westfalen unfallbeteiligten Personenkraftwagen mit deutschem Kennzeichen, die im Rahmen der Datenzusammenführung von Fahrzeug- und Unfalldaten um fahrzeugtechnische Angaben und Angaben zu Hersteller- und Typ bzw. zur Pkw-Typgruppe ergänzt werden konnten, zugrunde. Detaillierte Informationen zu den in den Daten enthaltenen Merkmalen sind [4] zu entnehmen.

Zur Ausrüstung der Geländefahrzeuge mit Frontschutzbügeln liegen keine Angaben vor. Hierzu können nur Schätzungen angestellt werden.

Aus dem vorliegenden Unfalldatenmaterial kann somit auch nicht bestimmt werden, ob Frontschutzbügel Auswirkungen auf Häufigkeit, Art und Schwere von Verletzungen bei Kollisionen, insbesondere mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern, haben.

1) Hierzu muß angemerkt werden, daß ein Aufschöpfungsvorgang bei Geländewagen auch ohne Frontschutzbügel im allgemeinen nicht beobachtet wird und daß auch hier die Verletzungen vergleichsweise schwer sind [3].

Fahrzeugbezeichnung	Beteiligte <sup>1)</sup>		Bestand <sup>2)</sup>		Unfall- <sup>3)</sup> belastung	
	1989	1990	1989	1990	1989	1990
DAIHA GELÄNDE 4W	29	31	1.322	2.099	2,19	1,48
DB GELÄNDE 4W	46	42	1.907	1.880	2,41	2,23
ISUZU TROOPER	62	75	2.349	3.342	2,64	2,24
BL-CARS RANGE ROVER	30	25	882	973	3,40	2,57
MITSUBISHI PAJERO	246	262	10.304	12.185	2,39	2,15
NISSAN PATROL	198	209	7.765	9.004	2,55	2,32
NISSAN TERRANO 4W	36	69	1.682	3.201	2,14	2,16
AUTO UNION MUNGA	3	2	279	251	1,08	0,80
SUZUKI SAMURAI, VITARA	312	392	15.176	17.243	2,06	2,27
TOYOTA RUNNER, LANDCRUISER	65	86	3.800	4.138	1,71	2,08
LADA NIVA, KOSAK	37	42	3.033	2.809	1,22	1,50
<b>Geländefahrz. insges.</b>	<b>1.064</b>	<b>1.235</b>	<b>48.499</b>	<b>57.125</b>	<b>2,19</b>	<b>2,16</b>

<sup>1)</sup> An Unfällen mit Personenschaden und schwerem Sachschaden beteiligte Geländefahrzeuge

<sup>2)</sup> Stichtag der Bestandszählung: 1. Juli 1989 bzw. 1990

<sup>3)</sup> Unfallbelastung = Unfallbeteiligte Geländefahrzeuge/100 Geländefahrzeuge des Bestandes

**Tabelle 2:** An Unfällen mit Personenschaden und schwerem Sachschaden beteiligte Geländefahrzeuge und Fahrzeugbestand in Nordrhein-Westfalen 1989 und 1990

Für die nachfolgenden Betrachtungen wurden nach ausgewählten Herstellern und Typen 11 Geländefahrzeug-Gruppen gebildet (s. Tabelle 2).

Der Bestand der im folgenden betrachteten 11 Geländefahrzeug Gruppen betrug am 01.07.1989 48.499 und am 1.7.1990 57.125 Geländefahrzeuge. An den insgesamt 265.155 Unfällen mit Personenschaden und schwerem Sachschaden in Nordrhein-Westfalen in den Jahren 1989 und 1990 waren 2.299 Geländefahrzeuge dieser 11 Gruppen beteiligt (Tabelle 3). Daraus errechnet sich eine mittlere Unfallbelastung von 2,19 (1989) bzw. 2,16 (1990) an

Unfällen mit Personenschaden und schwerem Sachschaden beteiligten Geländefahrzeuge je 100 Geländefahrzeuge des Bestandes. Damit liegt die mittlere Unfallbelastung der Geländefahrzeuge leicht unter der mittleren Unfallbelastung sämtlicher unfallbeteiligter Personenkraftwagen in Nordrhein-Westfalen.

Unfälle nach der Zahl der Beteiligten	Beteiligte Geländefahrzeuge an			
	UPS <sup>1)</sup> Anzahl	%	USS <sup>2)</sup> Anzahl	%
Alleinunfall	57	4,5	88	8,6
Unfall mit zwei Beteiligten	846	66,3	651	63,6
Unfall mit 3 oder mehr Beteiligten	373	29,2	284	27,8
<b>Insgesamt</b>	<b>1.276</b>	<b>100,0</b>	<b>1.023</b>	<b>100,0</b>

<sup>1)</sup> Unfälle mit Personenschaden

<sup>2)</sup> Unfälle mit schwerem Sachschaden

**Tabelle 3:** An Unfällen mit Personenschaden und schwerem Sachschaden beteiligte Geländefahrzeuge untergliedert nach Alleinunfällen, Unfällen mit zwei Beteiligten bzw. mit drei oder mehr Beteiligten in Nordrhein-Westfalen 1989 und 1990

#### 4.2 Unfälle mit Personenschaden mit zwei Beteiligten, an denen mindestens ein Geländefahrzeug beteiligt war, in Nordrhein- Westfalen 1989 und 1990

Wie Tabelle 4 zeigt, wurden in den Jahren 1989 und 1990 insgesamt 840 Unfälle mit Personenschaden mit zwei Beteiligten, von denen mindestens ein Beteiligter ein Geländefahrzeug war, gezählt. Darunter waren 257 Unfälle (30,6 %), mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern (mot. Zweirad, Fahrrad, Fußgänger). Im Vergleich hierzu betrug bei Pkw-Unfällen (Unfälle mit zwei Beteiligten, bei denen mindestens ein Pkw beteiligt war) der Anteil der Unfälle mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern annähernd 50 % sind Geländefahrzeuge zu einem weitaus geringem Anteil an Unfällen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern beteiligt als Pkw. In welchem Maße sich

dieses durch die höhere Sitzposition der Fahrer von Geländefahrzeugen erklären läßt, kann anhand der zu Grunde liegenden Daten nicht festgestellt werden.

Bei 63,7 % der Geländefahrzeugunfälle waren Pkw Unfallgegner; hingegen haben Pkw/Pkw-Unfälle einen Anteil von 42,1 % an allen Pkw-Unfällen mit zwei Beteiligten (Tabelle 5).

Die Untergliederung nach der Ortslage zeigt, daß sich 68,1% aller Geländefahrzeug-Unfälle mit zwei Beteiligten auf Innerortsstraßen ereignen (Tabelle 6). Für Pkw-Unfälle mit zwei Beteiligten beträgt der Innerortsanteil 76,7 %.

Bei Unfällen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern als Unfallgegner von Geländefahrzeugen bzw. Personenkraftwagen unterscheidet sich der Innerortsanteil nur wenig. Der Innerortsanteil ist für

Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners	Unfälle mit Gelände-Kfz		Als Geländefahrzeuggegner verunglückte Fahrzeugführer bzw. Fußgänger				
	Anzahl	%	Getötete	Schwer-verletzte	Leicht-verletzte	insgesamt Anzahl	%
mot. Zweirad	66	7,9	2	19	44	65	11,0
Fahrrad	113	13,5	1	30	82	113	19,2
Fußgänger	78	9,3	5	32	41	78	13,2
Pkw	535	63,7	4	72	243	319	54,2
Sonstige	48	5,7	-	2	12	14	2,4
Insgesamt	840	100,0	12	155	422	589	100,0

Tabelle 4: Unfälle<sup>1)</sup> mit Personenschaden mit Geländefahrzeug-Beteiligung und dabei verunglückte andere Fahrzeugführer bzw. Fußgänger in Nordrhein-Westfalen 1989 und 1990

<sup>1)</sup> Unfälle mit zwei Beteiligten, an denen mindestens ein Geländefahrzeug beteiligt war.

Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners	Unfälle mit Pkw		Als Pkw-Gegner verunglückte Fahrzeugführer bzw. Fußgänger				
	Anzahl	%	Getötete	Schwer-verletzte	Leicht-verletzte	insgesamt Anzahl	%
mot. Zweirad	13.625	11,9	148	3.870	9.213	13.231	12,9
Fahrrad	25.089	21,8	214	5.898	18.837	24.949	24,2
Fußgänger	18.571	16,2	521	7.738	10.245	18.504	18,0
Pkw	48.289	42,1	283	7.333	37.113	44.729	43,5
Sonstige	9.272	8,1	16	255	1.221	1.492	1,5
Insgesamt	114.855	100,0	1.182	25.094	76.629	102.905	100,0

Tabelle 5: Unfälle<sup>1)</sup> mit Personenschaden an denen Pkw beteiligt waren und dabei als Pkw-Gegner verunglückte Fahrzeugführer bzw. Fußgänger in Nordrhein-Westfalen 1989 und 1990

<sup>1)</sup> Unfälle mit zwei Beteiligten, an denen mindestens ein Pkw beteiligt war.

Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners	Unfälle mit Gelände-Kfz			Unfälle mit Pkw		
	Insges.	davon innerorts Anzahl	%	Insges.	davon innerorts Anzahl	%
mot. Zweirad	66	50	78,8	13.625	10.762	79,0
Fahrrad	113	105	92,9	25.089	22.789	90,8
Fußgänger	78	72	92,3	18.571	17.599	94,8
Pkw	535	325	60,8	48.298	31.778	65,8
Sonstige	48	20	41,7	9.272	5.211	56,2
<b>Insgesamt</b>	<b>840</b>	<b>572</b>	<b>68,1</b>	<b>114.855</b>	<b>88.139</b>	<b>76,7</b>

**Tabelle 6:** Geländefahrzeug- bzw. Pkw-Unfälle<sup>1)</sup> nach der Ortslage in Nordrhein-Westfalen 1989 und 1990

<sup>1)</sup> Unfälle mit Personenschaden mit zwei Beteiligten, an denen mindestens ein Geländefahrzeug bzw. ein Pkw beteiligt war.

Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners	Getötete und schwerverletzte Fahrzeugführer bzw. Fußgänger als Unfallgegner von	
	Geländefahrzeugen pro 100 UPS <sup>1)</sup>	Personenkraftwagen pro 100 UPS <sup>1)</sup>
mot. Zweirad	31,8	29,5
Fahrrad	27,4	24,4
Fußgänger	47,4	44,5
Pkw	14,2	15,8
Sonstige	4,2	2,9
<b>Insgesamt</b>	<b>19,9</b>	<b>22,9</b>

<sup>1)</sup> Unfälle mit Personenschaden

**Tabelle 7:** Unfallfolgen bei den Unfallgegnern von Geländefahrzeugen bzw. von Personenkraftwagen bei Unfällen mit Personenschaden mit zwei Beteiligten in Nordrhein-Westfalen 1989 und 1990

Geländefahrzeug-Unfälle mit Pkw bzw. Sonstige als Unfallgegner geringer als bei Pkw-Unfällen.

Bis auf einen Fall führten Unfälle zwischen Geländefahrzeugen und ungeschützten Verkehrsteilnehmern immer zu Verletzungsfolgen beim ungeschützten Verkehrsteilnehmer. Insgesamt wurden bei diesen Unfällen 8 ungeschützte Verkehrsteilnehmer getötet (davon 5 Fußgänger), 81 schwerverletzt und 167 leichtverletzt.

Ein Drittel aller verunglückten Fußgänger als Unfallgegner von Geländefahrzeugen waren Kinder im Alter bis zu 14 Jahren; darunter ein getötetes Kind. Jeder vierte verunglückte Fußgänger war älter als 64 Jahre; 2 Senioren wurden getötet.

Etwa ein Drittel aller verunglückten Radfahrer als Unfallgegner von Geländefahrzeugen waren Kinder bis zu 14 Jahren. Es wurden 8 verunglückte Radfahrer im Alter über 65 Jahren gezählt; darunter war ein getöteter Radfahrer.

Unter den verunglückten Fahrern von motorisierten Zweirädern bei Unfällen mit Geländefahrzeugen waren knapp 60 % im Alter zwischen 15 bis 24 Jahren. Zwei Fahrer motorisierter Zweiräder dieser Altersgruppe wurden getötet.

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Folgen der Unfallgegner von Geländefahrzeugen bzw. von Personenkraftwagen bei Unfällen mit Personenschaden mit zwei Beteiligten.

Die Gegenüberstellung zeigt, daß bei Geländefahrzeugunfällen im Mittel 19,9 Unfallgegner als Fußgänger bzw. Fahrzeugführer je 100 Unfälle mit Personenschaden getötet bzw. schwerverletzt wurden. Gegenüber Pkw-Unfällen steigt für die ungeschützten Verkehrsteilnehmer die Gefahr bei Geländefahrzeug-Unfällen getötet oder schwerverletzt zu werden.

Für Fußgänger ist die Gefahr getötet oder schwerverletzt zu werden am höchsten. Bezogen auf 100 Unfälle mit Personenschaden zwischen einem Ge-



ländefahrzeug und einem Fußgänger wurden 47,4 Fußgänger getötet oder schwerverletzt. Je 100 Unfälle zwischen Pkw und Fußgänger wurden 44,5 Fußgänger getötet oder schwerverletzt.

Bezogen auf 100 Geländefahrzeug- bzw. Pkw-Unfälle (Werte in Klammern) erlitten 27,4 (24,4) Fahrradfahrer tödliche oder schwere Verletzungen.

Für die Gruppe der motorisierten Zweiradfahrer wurden 31,8 getötete oder schwerverletzte Fahrer dieser Fahrzeuge bezogen auf 100 Unfälle mit Geländefahrzeugbeteiligung bzw. 29,5 getötete oder schwerverletzte Fahrer motorisierter Zweiräder je 100 Pkw-Unfälle ermittelt.

## 5 Komponententests an Frontschutzbügeln

Zur weiteren Klärung der Frage, welche Gefährdung für ungeschützte Verkehrsteilnehmer von Frontschutzbügeln ausgeht, wird im folgenden von Komponententests berichtet, die bei der BAST durchgeführt wurden. Dazu wird zunächst in Kapitel 5.1 das Testverfahren vorgestellt. In Kapitel 5.2 werden die geometrischen Abmessungen von Frontbügeln angegeben, aus diesen ist zu entnehmen, welche Komponententestverfahren auf Frontschutzbügel anzuwenden sind.

### 5.1 EEVC-WG 10 Entwurf zur Prüfung der Fußgängerverträglichkeit von Kraftfahrzeugen

Das European Experimental Vehicles Committee (EEVC) hat 1987 eine Arbeitsgruppe "Prüfverfahren zum Fußgängerschutz" ins Leben gerufen. Ziel war es, ein Testverfahren zu entwickeln, mit dem die "Fußgängerverträglichkeit" von Frontflächen von Personenkraftwagen bestimmt werden kann.

Die Arbeitsgruppe hat einen Entwurf erarbeitet, der folgende Anprallarten von Fußgängern an Fahrzeuge, die mit einer Geschwindigkeit von etwa 40 km/h fahren, simuliert: den Anprall des Unterschenkels an den Stoßfänger, den Anprall der Hüfte an die Vorderkante der Fronthaube und den Anprall des Kopfes auf die Fronthaube [5].

TRL hat das Verfahren entwickelt, den Anprall der Hüfte eines Erwachsenen an die Fronthaubenkante zu simulieren [6]. Hierzu wird ein 350 mm langes, mit Schaum ummanteltes Rohr einer Dicke von 35 mm benutzt, das an seinen Enden mit einer Führungseinheit verbunden ist. Dieser Stoßkörper wird im

geführten Stoß mit bestimmter, von der Geometrie des Fahrzeuges abhängigen Geschwindigkeit, Winkel und Masse auf die Fronthaubenkante geschossen. Gemessen werden Kraft zwischen Rohr und Führungseinheit und Biegemomente im Rohr. Beide Größen dürfen einen bestimmten Grenzwert (4 kN, bzw. 220 Nm) nicht überschreiten.

Die BAST hat die Methode entwickelt, den Kopf-anprall auf die Haube im Versuch zu simulieren [6, 7]. Dafür wurden zwei unterschiedliche Kopfformen konstruiert, die einen Kinder- und einen Erwachsenenkopf nachbilden. Sie sind kugelförmig, bestehen aus Phenolharz und haben zur Simulation der Kopfhaut einen halbkugelförmigen Gummiüberzug. Diese Prüfkörper werden mit Hilfe eines Stoßkörperkaptaltes auf eine Geschwindigkeit von 40 km/h beschleunigt. In einem definierten Gebiet werden die Kopfprüfkörper frei fliegend auf die Haube geschossen. Es gibt einen sogenannten Kinderbereich im vorderen Teil der Fronthaube (Abwickellänge von 1 m bis 1,50 m) und einen Erwachsenenbereich im hinteren Teil der Haube. Dieser beginnt bei einer Abwickellänge von 1,50 m und reicht bis 2,10 m oder endet, was meist der Fall ist, am Windschutzscheibenrahmen. Der Prüfkörper ist mit einem Beschleunigungsaufnehmer versehen. Aus den Beschleunigungswerten wird das Kopfverletzungskriterium HIC errechnet, das den Wert von 1000 nicht übersteigen darf.

INRETS hat den Testkörper zur Simulation des Anpralls des menschlichen Beines an den Stoßfänger entwickelt. In den folgenden Betrachtungen wird darauf jedoch nicht weiter eingegangen, auf eine Beschreibung wird daher an dieser Stelle verzichtet.

### 5.2 Geometrische Abmessung von Frontschutzbügeln an Geländefahrzeugen

Frontschutzbügel gibt es in den verschiedensten Formen und Größen (vgl. Photos 1-3 im Anhang). Sie werden entweder von den Fahrzeugherstellern als Original Zubehörteil oder aber auch von diversen Zubehörfirmen angeboten. Die Formen reichen über einfache Rohre, die nur einen Teil der Frontfläche erfassen, bis hin zu Konstruktionen aus Rohren verschiedener Dicke, die auch viereckige Metallteile enthalten und um die Seiten des Fahrzeuges herumgezogen sein können. Im Frontbügel können sogenannte Scheinwerferschutzgitter oder Zusatzscheinwerfer integriert sein. Die Bügel sind entweder auf den Stoßfängern montiert oder aber an Befesti-

Fahrzeug	Höhe [mm]	Rohrddurchmesser [mm]
Nissan Patrol, Bügel A	1160	48
Nissan Patrol, Bügel B	1110	48/35
Nissan Patrol, Bügel C	1100	48
Toyota Landcruiser	1050	48
Suzuki SJ 413	950	35
Suzuki Vitara	880	35
Mitsubishi Pajero	1030	48

**Tabelle 8:** Höhe des oberen Rohres über der Straße und Durchmesser der Rohre für verschiedene Fahrzeuge und Frontbügel, Fahrzeuge wurden bei Händlern oder auf Parkplätzen vermessen

gungspunkten unterhalb, wobei Teile des Bügels vor dem Stoßfänger entlang verlaufen.

Die Dicke der Hauptrohre beträgt 35 mm - 60 mm. Die Höhe des oberen Rohres über der Straße ist abhängig vom Fahrzeug und dem Frontschutzbügel und reicht bis etwa 1200 mm. Bei verschiedenen Fahrzeugtypen und verschiedenen Frontbügeln wurden Höhen und Rohrdurchmesser gemäß Tabelle 8 gemessen.

Frontschutzbügel stellen somit eine Gefährdung dar insbesondere für Oberschenkel, Becken und Bauch von Erwachsenen und für Hals und Kopf von Kindern. Mit dem Testvorschlag der EEVC-WG 10 kann die Verträglichkeit für den Hüftanprall eines Erwachsenen und für den Kopfanprall eines Kindes bestimmt werden.

### 5.3 Test von Frontschutzbügeln mit dem EEVC-WG 10 Hüftprüfkörper

Eigene Versuche hierzu wurden nicht gemacht, da eine entsprechende Untersuchung in Großbritannien durchgeführt wurde. Bei TRL wurde ein Range Rover mit und ohne Frontschutzbügel und mit einem Prototypbügel, der "fußgängerfreundlicher" sein sollte, getestet [8]. Schon die Haubenkante des Fahrzeugs allein erwies sich als zu steif, um die Erfordernisse des Tests zu erfüllen (wobei anzumerken ist, dass diese Erfordernisse auch von "normalen" Pkw zur Zeit selten erfüllt werden [9]). Das mit einem handelsüblichen Frontbügel ausgestattete Fahrzeug lieferte in 2 Tests deutlich schlechtere, in einem Fall vergleichbare Testresultate. Bei allen Tests wurden die Schutzkriterien um das zwei- bis dreifache überschritten.

Die "Vehicle Safety Engineering Division" des "Department of Transport" in Großbritannien hat eine Arbeitsgruppe ins Leben gerufen, um zusammen mit den Herstellern Sicherheitsanforderungen an Frontbügel zu erarbeiten. Nach diesen Anforderungen

wurde ein Prototypbügel entwickelt, der folgende besondere Eigenschaften aufweist:

Der Bügel ist um 20% leichter als vergleichbare Bügel, die maximale Höhe wurde reduziert, um die Gefährdung für Kinder zu verringern, der Zwischenraum zwischen den Rohren wurde verkleinert und die Befestigung wurde schwächer ausgelegt, um eine Drehung in Höhe der Stoßstange zu ermöglichen. Die Bügelform ist an die Fahrzeugform angepaßt, der Abstand zwischen Haube und Bügel ist auf etwa 40 mm reduziert, um zu verhindern, daß Körperteile im Falle eines Unfalls eingeklemmt werden.

Trotz dieser anscheinend sinnvollen Änderungen, wurden mit diesem Bügel die schlechtesten Resultate überhaupt erzielt. Das liegt im Wesentlichen daran, daß der Bügel beim Anprall nachgab und die Haube berührte. Die Kraft wurde nun auf eine große Fläche des Fahrzeugs verteilt und es kam zu hohen Belastungen des Stoßkörpers. Die Autoren warnen an dieser Stelle davor, die Frontschutzbügel isoliert vom Fahrzeug zu testen. Sie schlagen einen ausreichenden Abstand zwischen Haube und Bügel vor.

### 5.4 Test von Frontschutzbügeln mit dem EEVC-WG 10 Kinderkopfprüfkörper

Um die Gefährdung von Kindern durch Frontschutzbügel abschätzen zu können, wurden bei der BAST folgende Bügel aus dem Originalzubehör für die meistverkauften Geländefahrzeuge getestet, alle mit ABE (vgl. Photos 4-7 im Anhang):

Bügel für Suzuki Vitara, Teile Nr. 00800-60120-001  
 Bügel für Opel Frontera, Teile Nr. 1402406  
 Bügel für Mitsubishi Pajero, Teile Nr. Z1743221  
 Bügel für Nissan Patrol, Teile Nr. 99999-09301

Während die oberen Rohre der Bügel für den Nissan und Mitsubishi sicher im "Kinderbereich" gemäß EEVC-WG 10 Testvorschlag liegen (Abwickellänge

1000 mm bis 1500 mm), liegen sie für den Suzuki Vitara wahrscheinlich darunter (vgl. Tabelle 8). Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß die Abwickellänge immer größer oder gleich der geometrischen Höhe ist. Da nur die Bügel allein beschafft wurden, konnte die Abwickellänge bei einem mit diesem speziellen Frontschutzbügel ausgestatteten Fahrzeug nicht bestimmt werden. Zur Beantwortung der Frage, wie gefährlich Frontschutzbügel für den Kopfanprall von Kindern sind, ist es aber gerechtfertigt auch diesen Bügel zu testen.

Die Bügel sind auf einem Gestell an den vom Hersteller vorgesehen Befestigungspunkten montiert. Die Prüfkörper werden vom Stoßkörperkatapult der BAST beschleunigt. Die Anprallgeschwindigkeit beträgt 20 km/h (5,6 m/s). Das ist die Hälfte von der im EEVC-WG 10 Prüfvorschlag geforderten Geschwindigkeit. Eine solche Geschwindigkeitsreduktion ist jedoch zunächst notwendig, um eine Beschädigung des Prototyp-Prüfkörpers zu vermeiden. Eine höhere Geschwindigkeit (30 km/h oder 8,3 m/s) wird zusätzlich gewählt, wenn bei ähnlicher Anprallstelle am Frontschutzbügel mit der niedrigen Geschwindigkeit ein HIC-Wert von deutlich unter 1000 gemessen wurde.

Der Anprallwinkel (gemessen zur Horizontalen) beträgt 0 Grad. Dazu muß angemerkt werden, daß im Entwurf zur Prüfvorschrift der EEVC-WG 10 ein Winkel von 50 Grad festgeschrieben ist. Dieser Winkel,

der den Winkel des Kopfaufpralls bei realen Unfällen repräsentieren soll, wurde bei Fahrzeugen mit weit-aus niedrigerer Haubenkante ermittelt und stellt somit den Aufprallwinkel auf die Fronthaube dar. Auf Anfahrversuche von Kinderdummys zur Ermittlung eines entsprechenden Winkels im vorliegenden Fall wurde indes verzichtet, weil bei der Verschiedenartigkeit der sich auf dem Markt befindlichen Frontschutzbügel der Winkel stark davon beeinflusst wäre, welches Körperteil beim Anprall zuerst berührt wird.

Ein Test der Frontbügel allein ohne Fahrzeug (vgl. Kapitel 5.3) ist im vorliegenden Fall ebenfalls gerechtfertigt, da die Energie des Kinderkopfprüfkörpers bei der normalen Testgeschwindigkeit nur etwa 16% des Hüftprüfkörpers ist, im vorliegenden Fall einer reduzierten Geschwindigkeit nur etwa 4%, bzw. 9%. Eine nennenswerte Verformung des Anstoßpartners ist also nicht zu erwarten.

Im folgenden werden die getesteten Bügel und die Anprallstellen im einzelnen beschrieben, dabei bedeutet (S1), (O2) etc. die Versuchskennung,  $v$  (Soll) ist die Sollgeschwindigkeit für den Anprall:

Bügel für Suzuki Vitara, Teile Nr. 00800-60120-001	
Gewicht: 11 kg, Material: Stahl Durchmesser der beaufschlagten Rohre: 33,7 mm, Wandstärke der Rohre : 2 mm Anzahl Befestigungspunkte am Fahrzeug: 5, (2 am Rahmen unterhalb Stoßfänger, 3 am Stoßfänger)	
Beaufschlagte Stellen:	
1.(S1) Seite, rechts von Trägerelement	$v(\text{Soll}) = 5,6 \text{ m/s}$
2.(S2) Mitte, zwischen Trägerelementen	$v(\text{Soll}) = 5,6 \text{ m/s}$
3.(S3) Seite, links von Trägerelement	$v(\text{Soll}) = 8,3 \text{ m/s}$
Bügel für Opel Frontera, Teile Nr. 1402406	
Gewicht: 16 kg, Material: Edelstahl Durchmesser der beaufschlagten Rohre: 32 mm, Wandstärke der Rohre : 2 mm Anzahl Befestigungspunkte am Fahrzeug: 2, (am Rahmen unterhalb Stoßfänger)	
Beaufschlagte Stellen:	
1.(O1) Seite, links von Trägerelement	$v(\text{Soll}) = 5,6 \text{ m/s}$
2.(O2) Mitte, zwischen Trägerelementen	$v(\text{Soll}) = 5,6 \text{ m/s}$
3.(O3) Verbindung Trägerelement-Rohr	$v(\text{Soll}) = 5,6 \text{ m/s}$
4.(O4) Seite, rechts von Trägerelement	$v(\text{Soll}) = 8,3 \text{ m/s}$

Bügel für Mitsubishi Pajero, Teile Nr. Z1743221	
Gewicht: 11 kg, Material: Stahl Durchmesser der beaufschlagten Rohre: 42 mm, Wandstärke der Rohre : 2 mm Anzahl Befestigungspunkte am Fahrzeug: 4 (am Stoßfänger)	
Beaufschlagte Stellen:	
1.(M1) Seite, links von Trägerelement	v(Soll) = 5,6 m/s
2.(M2) Mitte, zwischen Trägerelementen	v(Soll) = 5,6 m/s
3.(M3) Trägerelement rechts	v(Soll) = 5,6 m/s
Bügel für Nissan Patrol, Teile Nr. 99999-09301	
Gewicht: 15 kg, Material: Stahl Durchmesser der beaufschlagten Rohre: 43 mm Seite, 48 mm Mitte Wandstärke der Rohre : 3 mm Anzahl Befestigungspunkte am Fahrzeug: 4 (2 am Rahmen, 2 am Stoßfänger)	
Beaufschlagte Stellen:	
1.(N1) Seite, links von Trägerelement	v(Soll) = 5,6 m/s
2.(N2) Stoßverbindung Rohre 43 mm/48 mm	v(Soll) = 5,6 m/s
3.(N3) Mitte, zwischen Trägerelementen	v(Soll) = 5,6 m/s

Fahrzeug	Versuch	v [m/s]	a max [g]	a 3ms [g]	HIC
Suzuki Vitara	S1	5,3	211,6	66,8	482
	S2	5,1	179,1	72,8	572
	S3	7,7 <sup>1)</sup>	378,4	99,7	1445
Opel Frontera	O1	5,6	196,9	83,2	463
	O2	5,5	156,2	86,7	516
	O3	5,6	341,5	81,1	1021
	O4	8,1 <sup>1)</sup>	313,0	131,0	1596
Mitsubishi Pajero	M1	5,5	307,9	77,1	1174
	M2	5,5	281,7	91,3	965
	M3	5,7	449,4	27,3	1811
Nissan Patrol	N1	5,5	382,1	56,9	2024
	N2	5,5	409,6	49,9	1658
	N3	5,5	308,5	70,5	1220

<sup>1)</sup> erhöhte Anprallgeschwindigkeit, da bei einer Sollgeschwindigkeit von 5,6 m/s ein HIC von 1000 deutlich unterschritten wurde

**Tabelle 9:** Testergebnisse der Frontschutzbügel

In den Photos 4-7 im Anhang sind die getesteten Frontschutzbügel mit den markierten Anprallpunkten zu sehen. Photo 8 zeigt den Rückprall des Prüfkörpers nach Anprall an einen Bügel. Die Testergebnisse sind in Tabelle 9 dargestellt, v ist die Anprallgeschwindigkeit, a max die maximale resultierende Beschleunigung, a 3ms die resultierende Beschleunigung, die in einem Zeitintervall von mehr als 3 ms nicht überschritten wird, HIC ist das Kopfverletzungskriterium, das gemäß dem EEVC-WG 10 Prüfvorschlag den Wert von 1000 nicht überschreiten darf. Bild 5 zeigt alle HIC-Werte auf einen Blick.

Die in Tabelle 9 und Bild 5 dargestellten Ergebnisse zeigen, daß insbesondere die Frontschutzbügel mit großem Rohrdurchmesser schon bei geringen Anprallgeschwindigkeiten (20 km/h) hohe HIC-Werte liefern. Bei Anprallgeschwindigkeiten von 30 km/h liefern auch die Bügel mit kleinerem Rohrdurchmesser HIC-Werte oberhalb der Toleranzschwelle. Der Übergang von tolerierbaren HIC-Werten (HIC 1000) zu nicht tolerierbaren (HIC 1000) findet somit bei Anprallgeschwindigkeiten von weniger als 20 km/h bei Bügeln mit großem Rohrdurchmesser, bzw. zwischen 20 km/h und 30 km/h bei Bügeln mit geringe-

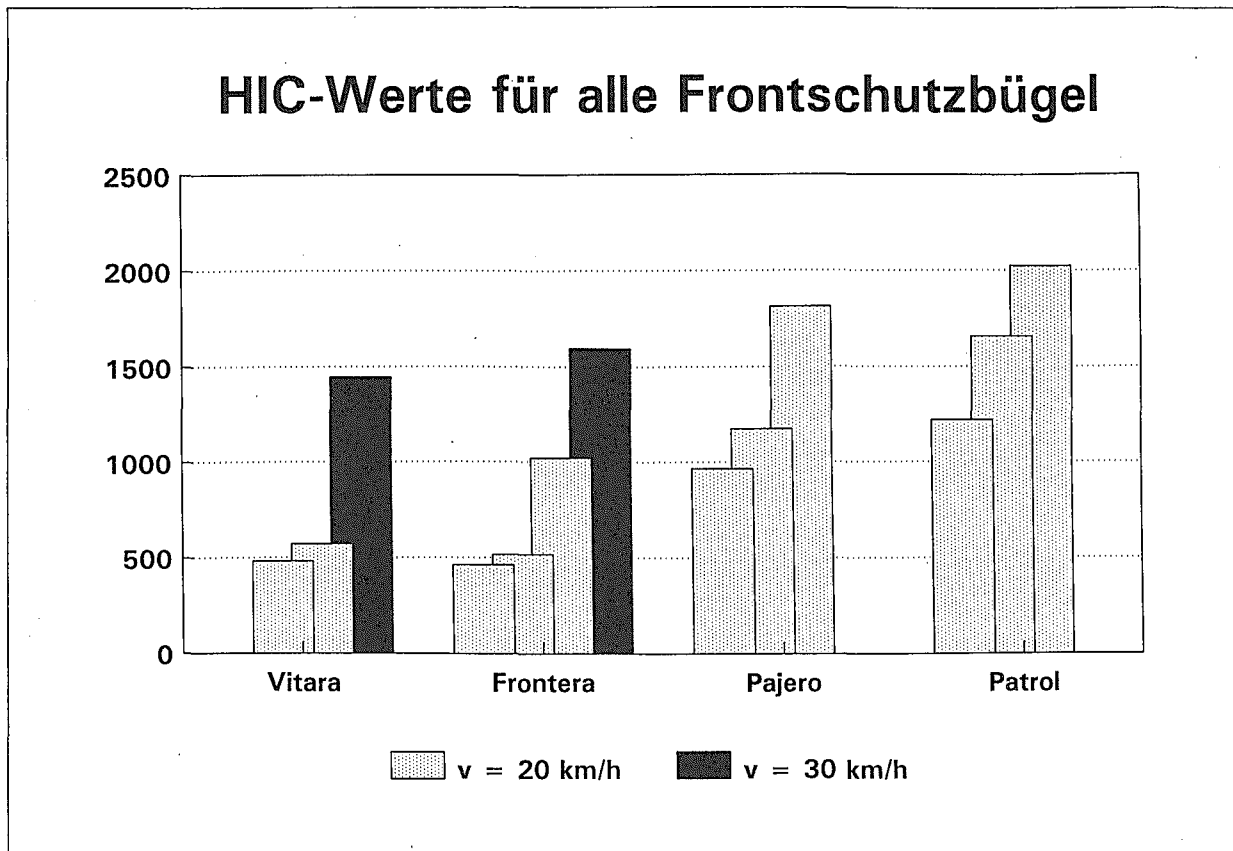


Bild 5: HIC-Werte für alle Frontschutzbügel

rem Rohrdurchmesser statt. An keinem der getesteten Bügel wurde nach dem Anprall eine sichtbare Beschädigung festgestellt.

Gemäß Forderung der EEVC-WG 10 (vgl. Kapitel 5.1) soll ein HIC von 1000 bei einer Anprallgeschwindigkeit von 40 km/h nicht überschritten werden. Eine Studie der BAST zeigt, daß diese Anforderung im Falle eines Anpralls auf die Fronthaube eines Pkw bei einigen Pkw auf einem begrenzten Teil der Haube schon heute erreicht wird und mit geringem konstruktiven Aufwand auf die gesamte Fronthaube auszuweiten ist [10].

## 6 Verbesserungsvorschläge für die Konstruktion von Frontschutzbügeln

Die im Kapitel 5.4 beschriebenen Versuche zeigen, daß die getesteten Frontbügel für den Kopfanprall eines Kindes zu hart ausgelegt sind. An keinem der Bügel ließ sich nach dem Anprall eine Beschädigung feststellen, so daß davon ausgegangen werden kann, daß die Anprallenergie vom gesamten Bügel

mit seiner entsprechend hohen Masse durch elastische Verformung aufgenommen wurde.

Forderungen an einen Frontschutzbügel, der im Hinblick auf den Kopfanprall von Kindern verträglich ist, sind folgende:

- Verformbare Rohre, die die Anprallenergie durch plastische Verformung aufnehmen,
- Verkleidung von Trägerelementen mit energieaufnehmenden Materialien.

Um zu demonstrieren, daß ein solcher Bügel herstellbar ist, wurde der Frontschutzbügel des Mitsubishi Pajero entsprechend modifiziert (Bild 6). Der Originalbügel besteht aus zwei starren Trägerelementen, die ein umlaufendes Rohr (Hauptrohr) tragen. Zur Stabilisierung ist im unteren Teil ein zusätzliches Verbindungsrohr angebracht. Zur Verbesserung der Fußgängerverträglichkeit wurde das 42 mm dicke Hauptrohr aus Stahl durch ein 40 mm dickes Rohr aus Polyethylen mit 2 mm Wandstärke ersetzt. Diese Konstruktion ist augenscheinlich für den normalen Gebrauch des Fahrzeuges ausreichend stabil. Die Trägerelemente wurden auf der Vorderseite mit 40 mm dickem Polystyrol verkleidet. Dieser

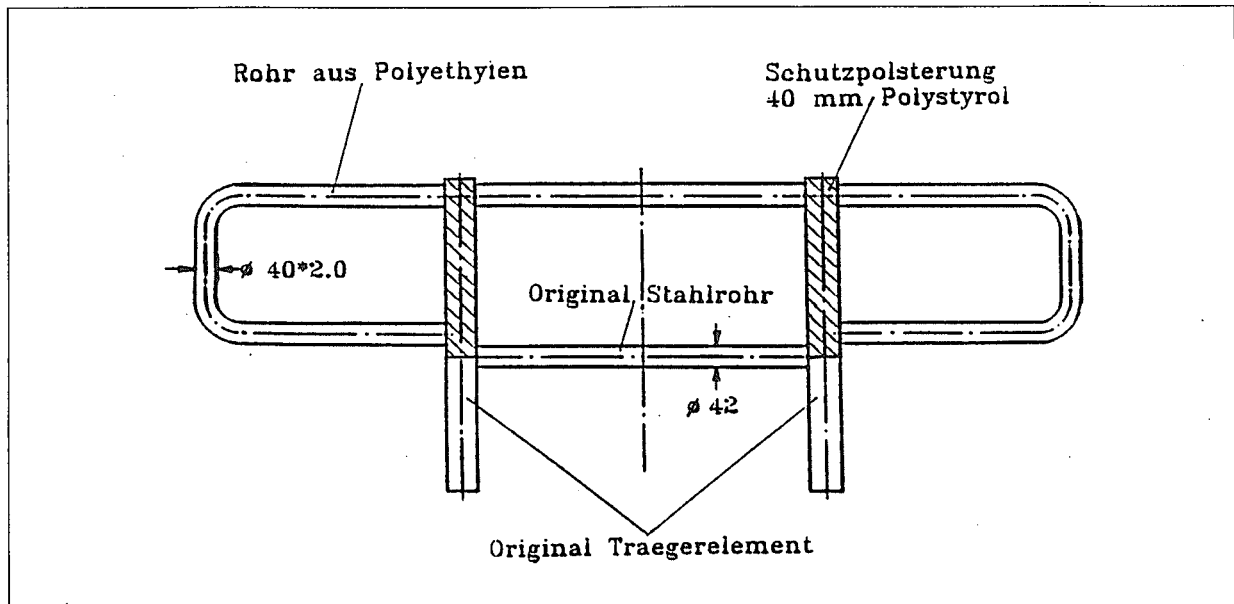


Bild 6: Experimental Frontschutzbügel für Mitsubishi Pajero

Experimental Frontschutzbügel für Mitsubishi Pajero	
Gewicht: 10 kg, Material: Träger und Stützrohr aus Stahl, Träger mit 40 mm Polystyrol verkleidet, Hauptrohr aus Polyethylen Durchmesser der beaufschlagten Rohre: 40 mm, Wandstärke der Rohre : 2 mm Anzahl Befestigungspunkte am Fahrzeug: 4 (am Stoßfänger)	
Beaufschlagte Stellen:	
1.(E1) Seite, rechts von Trägererelement	v(Soll) = 11,1 m/s
2.(E2) Mitte, zwischen Trägererelementen	v(Soll) = 11,1 m/s
3.(E3) Trägererelement rechts	v(Soll) = 11,1 m/s

Die Anprallstellen entsprechen denen des Originalbügels (vgl. Versuche M1 - M3).

Versuch	v [m/s]	a max [g]	a 3ms [g]	HIC
E1	10,6	154,5	48,2	214
E2	10,6	59,5	41,5	357
E3	11,5	324,5	111,0	1114

Tabelle 10: Testergebnisse des Experimental-Frontschutzbügels, beaufschlagt mit der im EEVC-WG 10 Testentwurf vorgeschlagenen Sollgeschwindigkeit von (11,1 0,5) m/s

Experimentalbügel wurde wiederum mit der Kinderkopfform, diesmal jedoch mit der von der EEVC-WG 10 geforderten Geschwindigkeit von 40 km/h

beaufschlagt. Im folgenden werden die Anprallstellen aufgelistet, die Resultate sind in Tabelle 10 aufgeführt.

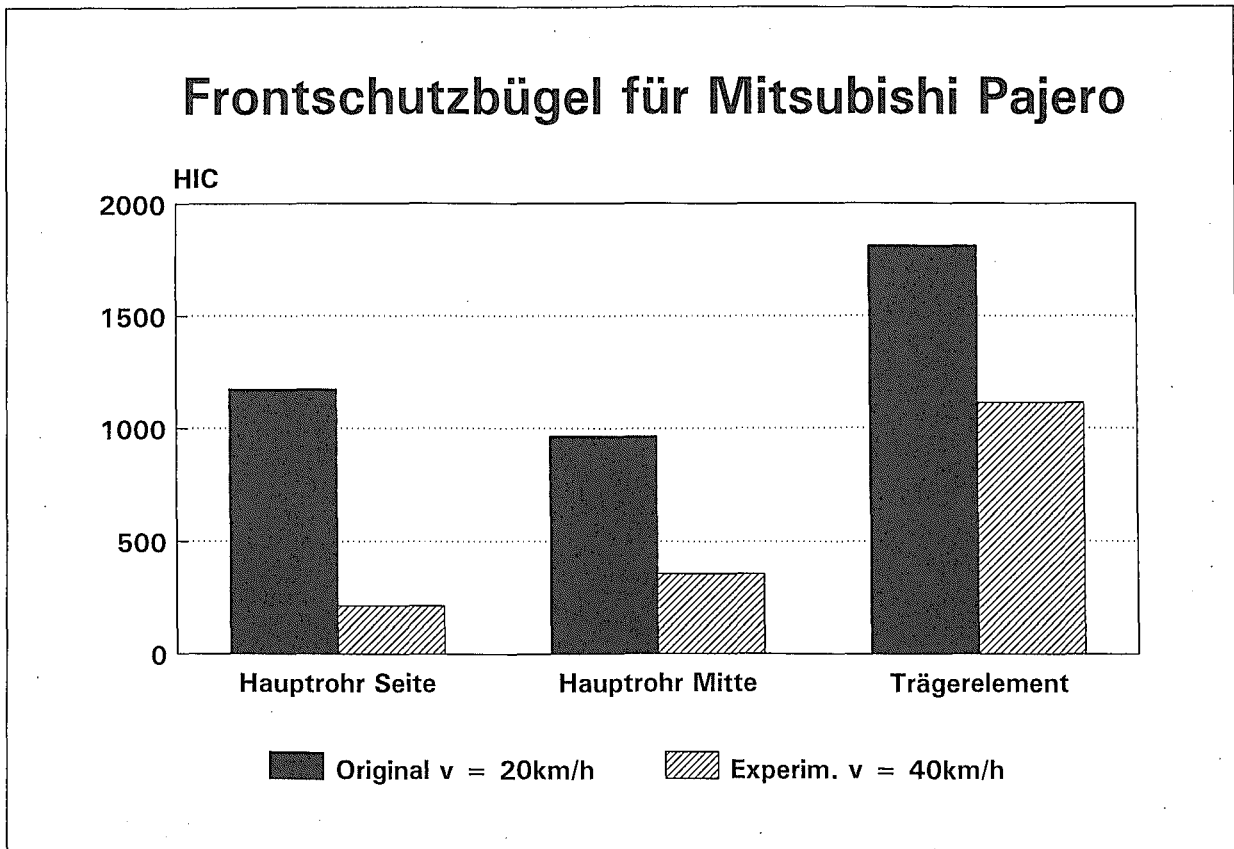


Bild 7: Vergleich der HIC-Werte für den Original- und den Experimental Frontschutzbügel

Die Testergebnisse zeigen, daß sich durch die beschriebenen Änderungen deutliche Verbesserungen für den Kopfanprall von Kindern erzielen lassen. In allen Beaufschlagungen wurde trotz der doppelten Anprallgeschwindigkeit ein besseres Ergebnis erzielt als beim Original (vgl. Bild 7). Für den Anprall an das Trägerelement wird der Wert von 1000 für den HIC zwar überschritten, hier ließen sich durch sorgfältige Auswahl des Dämpfungsmaterials Verbesserungen erzielen. Inwieweit sich eine solche Konstruktion auch als positiv für den Hüftanprall darstellt, kann nur durch entsprechende Experimente nachgewiesen werden. Im Gegensatz zu dem in Großbritannien entwickelten Bügel (vgl. Kapitel 5.3) sollte der hier beschriebene Bügel jedoch auch für diesen Falle vorteilhaft sein, denn die verwendeten Rohre können selbst durch Verformung Energie aufnehmen und eine Drehung des gesamten Bügels um die Aufhängung, so daß die Rohre an die Karosserie stoßen und die Anprallkraft verteilt wird, ist nicht vorgesehen. Eine Optimierung in Bezug auf den Hüftanprall ist sicher möglich, ohne daß die Werte für den Kopfanprall wesentlich schlechter werden.

## 10 Schlußbemerkungen

Eine Gesamtbewertung der Gefährdung von ungeschützten Verkehrsteilnehmern durch Frontschutzbügel kann allein unter Berücksichtigung des zur Zeit verfügbaren Unfalldatenmaterials nicht vorgenommen werden. Die Unfallerhebung der Medizinischen Hochschule Hannover hat zur Zeit noch ausreichend viele Unfälle mit entsprechenden Fahrzeugen erhoben, um eine statistische Auswertung zu ermöglichen. Die vorhandenen Daten weisen jedoch darauf hin, daß Verletzungen ungeschützter Verkehrsteilnehmer verhältnismäßig schwer sind. Die Ergebnisse der Auswertung der Unfalldaten aus Nordrhein-Westfalen zeigen, daß bei Unfällen von ungeschützten Verkehrsteilnehmern mit Geländefahrzeugen allgemein eine höhere Verletzungsschwere der Ungeschützten zu beobachten ist. Ein Einfluß der Frontschutzbügel kann hier nur gemutmaßt werden.

Die nach dem EEVC-WG 10 Prüfvorschlag durchgeführten Komponententests an Frontschutzbügeln mit dem Kinderkopf-Prüfkörper und dem Hüftprüfkörper

ergeben im Vergleich zum normalen Pkw, bzw. im Vergleich zum Geländefahrzeug ohne Bügel, deutlich schlechtere Testergebnisse.

Werden die Ergebnisse der Auswertung realer Unfälle und der Komponentenversuche zusammenfassend betrachtet, kann gefolgert werden, daß das zusätzlich von Frontschutzbügeln ausgehende Verletzungspotential für ungeschützte Verkehrsteilnehmer nicht als gering einzustufen ist.

Eine Verbesserung der Frontschutzbügel im Hinblick auf die Gefährdung von ungeschützten Verkehrsteilnehmern ließe sich erzielen, wenn die Rohre der Frontbügel aus verformbaren Material gefertigt und die starren Trägerelemente mit einer stoßdämpfenden Schutzschicht überzogen wären.

## Literatur

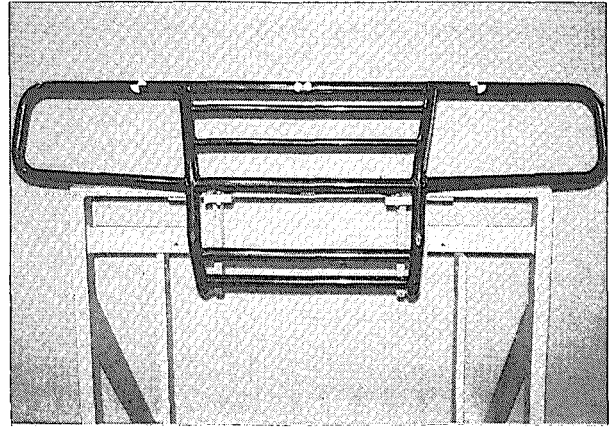
- [1] Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes, verschiedene Jahrgänge, Herausgeber: Kraftfahrt-Bundesamt, Kirschbaum Verlag Bonn - Bad Godesberg
- [2] D. Otte: Auswertung von Unfällen mit Frontschutzbügeln für das KBA, beigelegt dem Schreiben an die BASt vom 19.08.92
- [3] D. Otte: persönliche Mitteilung, 14.12.1992
- [4] Aufbereitung und Auswertung von Fahrzeug- und Unfalldaten, Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr, Heft 71 (1989), hrsg. im Auftrag des Bundesministers für Verkehr von der Bundesanstalt für Straßenwesen
- [5] Frontal Surfaces in the Event of Impact with a Vulnerable Road User, EEVC WG 10, Proposal for Test Method, 26.01.1992
- [6] EEVC Working Group 10 Report, 13. ESV -Konf., Paris 1991
- [7] K.-P. Glaeser: Development of a Head Impact Test Procedure for Pedestrian Protection, 13. ESV Conf., Paris 1991
- [8] G.J.L. Lawrence: persönliche Mitteilung, Juni 1992
- [9] G.J.L. Lawrence: Mitteilung auf Sitzung EEVC-WG 10 am 25./26.11.1992 in Crowthorne
- [10] H. Zellmer, K.-P. Glaeser: Performance of Current Cars in Pedestrian Accidents Tested with the Proposed EEVC Head Impactor Bundesanstalt für Straßenwesen, November 1992



## Anhang



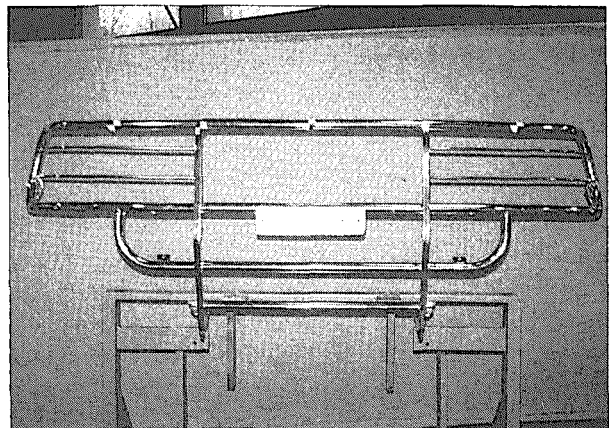
**Bild 1:** Verschiedene Arten von Frontschutzbügeln 1



**Bild 4:** Frontschutzbügel für Suzuki Vitara



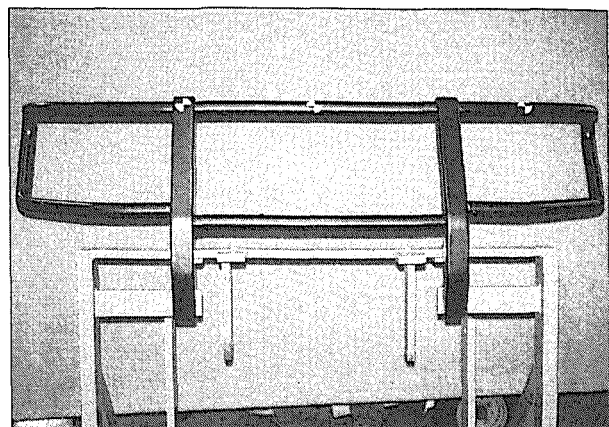
**Bild 2:** Verschiedene Arten von Frontschutzbügeln 2



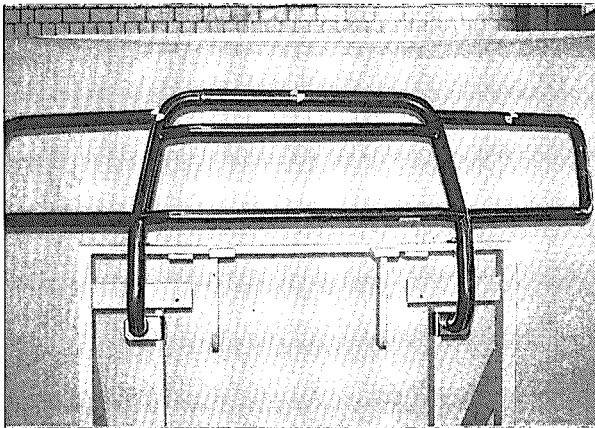
**Bild 5:** Frontschutzbügel für Opel Frontera



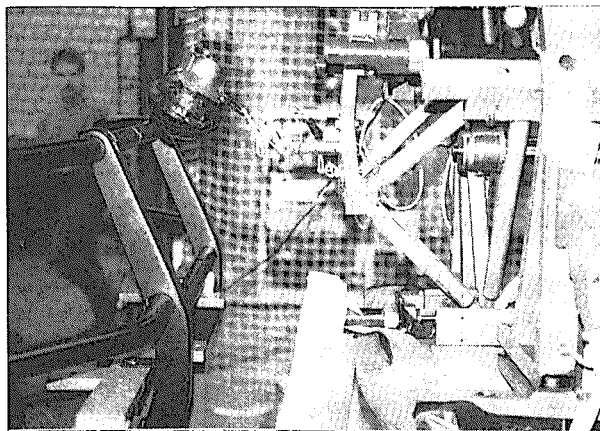
**Bild 3:** Verschiedene Arten von Frontschutzbügeln 3



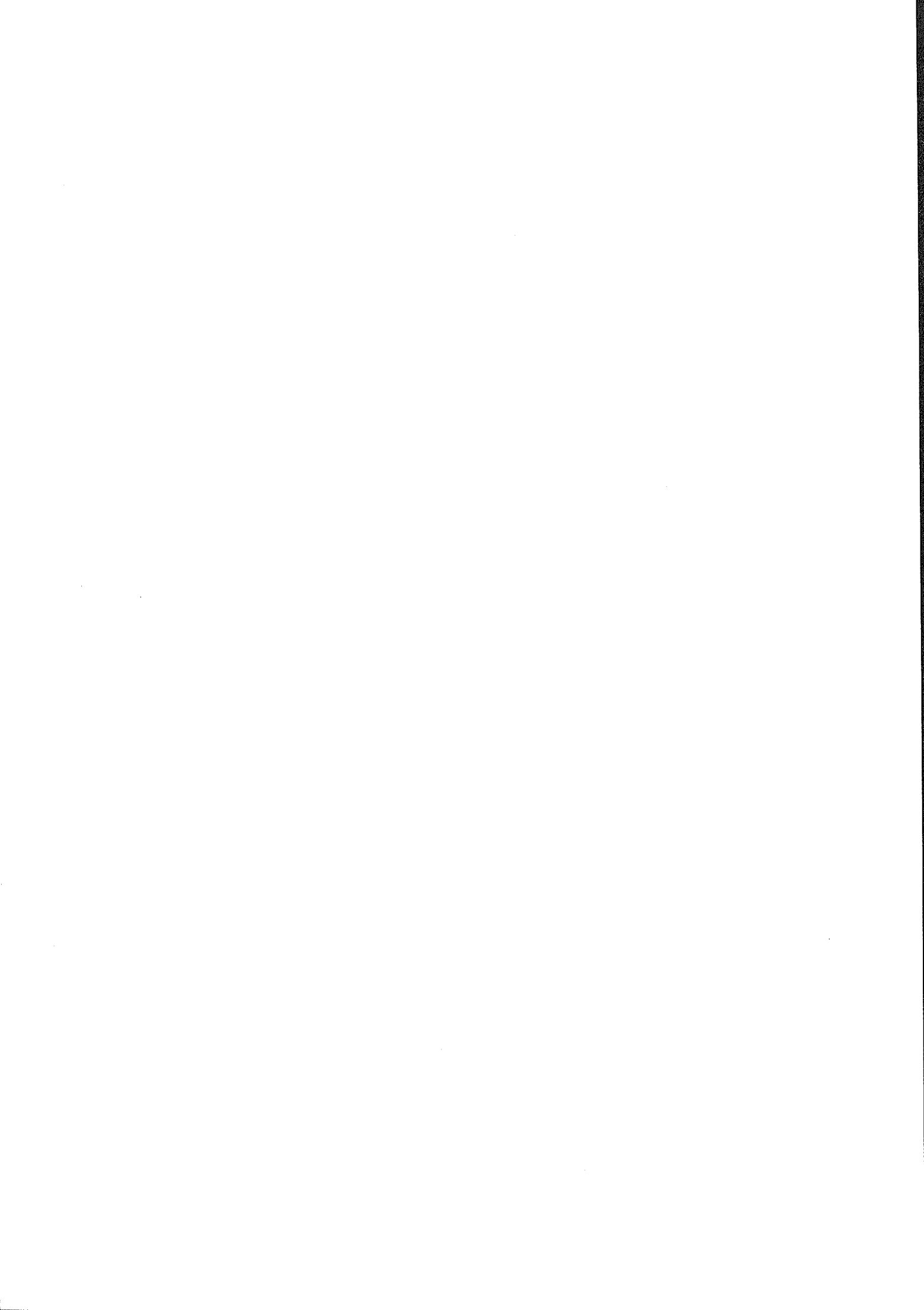
**Bild 6:** Frontschutzbügel für Mitsubishi Pajero



**Bild 7:** Frontschutzbügel für Nissan Patrol



**Bild 8:** Prüfkörper beim Rückprall vom Frontschutzbügel, rechts im Bild das Stoßkolbenkatapult



## **Teil 2**

### **Quantifizierung der Gefährdung von Fußgängern**



## 1 Einleitung

In den alten Ländern der Bundesrepublik Deutschland betrug im Juli 1992 der Anteil von Geländefahrzeugen am Gesamtbestand der Personenkraftwagen etwa 1,2%. Nach eigenen, stichprobenartigen Erhebungen sind ca. 60% der Geländefahrzeuge mit einem Frontschutzbügel ausgestattet.

In einer früheren Untersuchung [1] wurde die Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen durch Auswertung der um die fahrzeugtechnischen Angaben ergänzten Unfalldaten des Landes Nordrhein-Westfalen, durch Auswertung der Daten der örtlichen Unfallderhebung der Medizinischen Hochschule Hannover und durch Durchführung von Komponententests mit dem BAST-Kinder-Kopfimpaktor abgeschätzt. Daraus wurde gefolgert, daß das zusätzlich von Frontschutzbügeln ausgehende Verletzungspotential für ungeschützte Verkehrsteilnehmer nicht als gering einzuschätzen ist.

In der vorliegenden Untersuchung soll diese Folgerung weiter quantifiziert werden. Dazu wurden zwei gängige Geländefahrzeugtypen, ein Suzuki Vitara und ein Mitsubishi Pajero, mit und ohne Frontschutzbügel gemäß dem Prüfvorschlag der EEVC-WG 10 zur Bestimmung der Fußgängerverträglichkeit von Pkw-Frontflächen getestet.

Im Kapitel 2 sind einige allgemeine Angaben zu Geländefahrzeugen und Frontschutzbügeln zu-

sammengestellt, Kapitel 3 beschreibt die Komponenten-Versuche an den Geländefahrzeugen. Im Kapitel 4 wird die Gefährdung von ungeschützten Verkehrsteilnehmern durch Frontschutzbügel diskutiert, im Schlußkapitel werden die wesentlichen Ergebnisse zusammengefaßt und Vorschläge zur Prüfung von Frontschutzbügeln gemacht.

## 2 Allgemeine Angaben zu Geländefahrzeugen

Der Anteil der Geländefahrzeuge an der Gesamtzahl von Personenkraftwagen verdoppelte sich von Juli 1987 bis Juli 1992 in den alten Bundesländern von etwa 0,6% auf 1,2% [2]. Gemäß einer Schätzung von "Automotive Industry Data" wird sich der Verkauf von Geländefahrzeugen in West-Europa von 1993 bis 2002 um mehr als 70% erhöhen [3]. Mit einer weiteren Zunahme des Bestandes auch in Deutschland ist somit zu rechnen. Geländefahrzeuge stellen durch ihre hohe Frontgeometrie eine größere Gefährdung für Fußgänger und Fahrradfahrer dar als normale Pkw (Form-Aggressivität). Sind an den Fahrzeugen zusätzlich Frontschutzbügel massiver Konstruktion montiert, wird das Gefährdungspotential für die äußeren Verkehrsteilnehmer erhöht (Steifigkeits-Aggressivität). In Bild 1 und in den Photographien 1 - 5 in Anhang II ist ein Größenvergleich von Geländefahrzeugen und Pkw dargestellt.

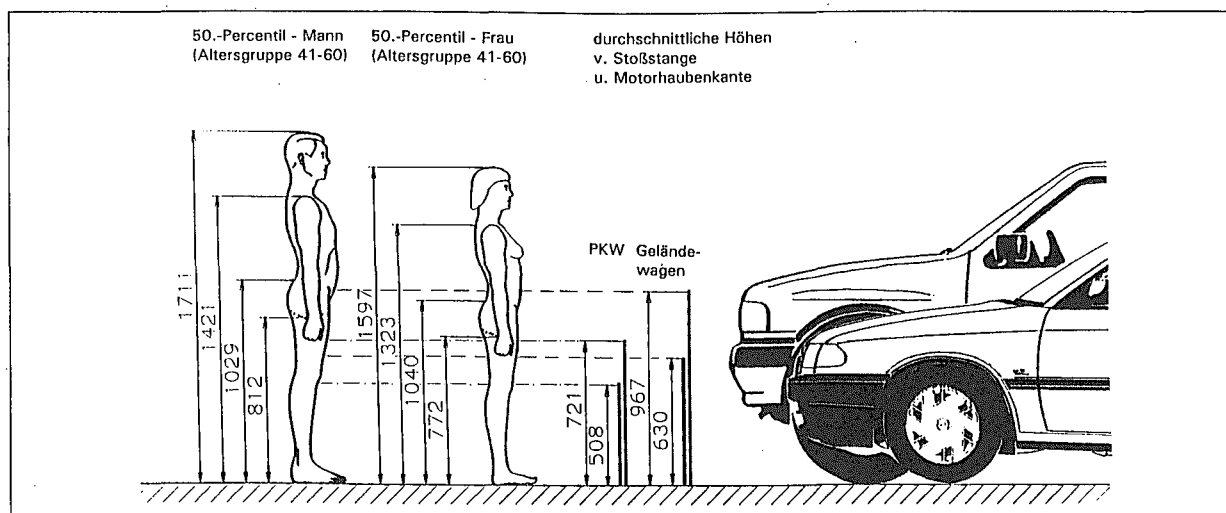


Bild 1: Geometrien von Geländefahrzeugen und Pkw im Vergleich zu Fußgängern

Haubenkantenhöhe und Stoßstangenhöhe wurden gemäß der Definition der EEVC-WG 10 [4] bestimmt, für die Pkw wurde über die von Januar bis März 1994 zehn meistverkauften Fahrzeugtypen statistisch gemittelt, bei den Geländefahrzeugen wurden die Mittelwerte der zwei getesteten Fahrzeuge mit und ohne Frontschutzbügel aufgetragen. Die Größen der Fußgänger sind der DIN 33 402 Teil 2 "Körpermaße des Menschen" entnommen.

Bild 1 verdeutlicht, daß bei normalen Pkw durch die Haubenkante fast ausschließlich die Beine des Fußgängers gefährdet sind. Die hohe Haubenkante von Geländefahrzeugen gefährdet hingegen zusätzlich Becken und Abdomen und somit auch lebenswichtige Organe des Fußgängers. Aus Photographie 5 in Anhang II wird deutlich, daß insbesondere auch der Kopf von Kindern durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen gefährdet ist.

### 3 Komponenten-Versuche an Geländefahrzeugen

In der vorherigen Untersuchung [1] wurden nur die Frontschutzbügel allein mit dem BAST-Kinder-Kopfimpaktor getestet. Nun sollten komplette Geländefahrzeuge mit und ohne Frontschutzbügel mit allen Impaktoren gemäß des Prüfverfahrens der EEVC-WG 10 untersucht werden. So lassen sich Rückschlüsse darauf ziehen, inwieweit Frontschutzbügel die Meßwerte für die einzelnen Impaktoren beeinflussen, außerdem ist ein Vergleich mit normalen Pkw möglich.

Das Prüfverfahren [4] ist in Anhang 1 dargestellt. Die Impaktoren wurden von INRETS, bzw. TRL zur Verfügung gestellt. Bezüglich des INRETS-Beinimpaktors sei angemerkt, daß es sich dabei um einen Prototyp von 1993 handelte, der nicht der jüngsten Version der Testvorschrift entsprach; auch die verwendeten Knieelemente entsprachen nicht der Kalibriervorschrift. In Hinblick auf einen Vergleich der Meßergebnisse war es aber dennoch gerechtfertigt mit diesem Impaktor zu arbeiten.

Getestet wurde ein Suzuki Vitara, Bj. 1989 und ein Mitsubishi Pajero, Bj. 1992. Im Zeitraum von Januar bis Mai 1992 nahmen diese Fahrzeuge Platz 1 und Platz 3 in der Statistik der meistzugelassenen Geländefahrzeuge (Neufahrzeuge) im gesamten Bundesgebiet ein [1]. Der Suzuki Vitara stellt einen Geländewagentyp mit relativ niedriger Haubenkantenhöhe dar, der zumeist mit Frontschutzbügeln kleinerer Rohrquerschnitte ausgestattet wird; der Mitsubishi Pajero hat eine hohe Haubenkante und wird meist mit sehr massiven Frontschutzbügeln bestückt. Entsprechend wurden auch die Frontschutzbügel für die Testreihe aus dem Originalzubehör ausgewählt.

Die Durchführung der Versuche wurde im Rahmen eines Werkvertrages an die Firma BGS Böhme & Gehring vergeben. In dem Abschlußbericht [5] ist die Versuchsdurchführung und -auswertung detailliert beschrieben und dokumentiert. In vorliegendem Be-

richt sind die Ergebnisse zusammengefaßt wiedergegeben.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die durchgeführten Versuche, in den Tabellen 2 und 3 sind die einzelnen Versuchsparameter detaillierter aufgeführt.

Impactor	Suzuki Vitara		Mitsubishi Pajero	
	mit Frontschutzbügel	ohne Frontschutzbügel	mit Frontschutzbügel	ohne Frontschutzbügel
BAST- Kinder-Kopfimpactor	3	2	4	2
TRL-Hüft-impactor	3	2	3	2
INRETS-Beinimpactor	3	2	3	2

Tabelle 1: Testmatrix der Versuche gemäß Prüfwurf EEVC-WG 10

#### 3.1 Ergebnisse mit dem BAST-Kinder-Kopfimpaktor

Tabelle 4 stellt die Versuchsergebnisse mit dem BAST-Kinder-Kopfimpaktor dar. Die Versuche wurden gemäß der Testvorschrift [4] durchgeführt. Im Vergleich zu den früheren Versuchen an den Frontschutzbügeln allein, bei denen die Anpralltests unter einem Anprallwinkel von 0 zur Horizontalen durchgeführt wurden [1], betrug der Anprallwinkel bei der vorliegenden Untersuchung 50. Auch diesmal wurde die Anprallgeschwindigkeit herabgesetzt, um den Impaktor nicht zu beschädigen; sie betrug 30 km/h im Gegensatz zu einer in der Prüfvorschrift geforderten von 40 km/h. Als Prüfkriterium für den Kopfanprall gilt, daß der HIC den Wert 1000 nicht übersteigen darf.

Für den Mitsubishi Pajero lag das obere Rohr des Frontschutzbügels klar im Anprallbereich für die Versuche mit dem Kinder-Kopfimpaktor (Abwickellänge 1,00 m bis 1,50 m). Es wurden vier Anprallversuche auf den montierten Frontschutzbügel durchgeführt. Zum Vergleich wurden zwei Versuche auf das Fahrzeug ohne Frontbügel bei einer gleichen Abwickellänge unternommen, einmal auf eine Stelle, die den Versuchsingenieuren als besonders hart erschien, einmal auf eine "weiche" Stelle. Beim Suzuki Vitara war der Frontschutzbügel an der Grenze des Testbereiches. Es wurden Anprallversuche bei einer Ab-

<b>Suzuki Vitara</b> , Teile Nr. des Bügels 00800-60120-001	
Gewicht: 10,5 kg, Material: Stahl Durchmesser der beaufschlagten Rohre: 33,7 mm Wandstärke der Rohre: 2 mm Anzahl der Befestigungspunkte am Fahrzeug: 4 (2 am Rahmen unterhalb Stoßfänger, 2 am Stoßfänger)	
<b>BAST-Kinder-Kopfimpaktor</b> , $v(\text{Soll}) = 8,3 \text{ m/s}$	
Test	beaufschlagte Stelle
KVKH	Trägerelement
KVKW	Mitte, zwischen Trägerelementen
KVKW2	links von der Mitte
KVOH	"steifer" Punkte in der Mitte, ohne Bügel
KVOW	"weicher" Punkt, linke Seite, ohne Bügel
<b>TRL-Hüftimpaktor</b> , $v(\text{Soll}) = 11,1 \text{ m/s}$ Gewicht: 14,8 kg, Anstoßwinkel $32^\circ - 33^\circ$ zur Horizontalen	
Test	beaufschlagte Stelle
HVKK	Trägerelement
HVKM	Mitte, zwischen Trägerelementen
HVKA	Seite, rechts vom Trägerelement
HVOM	"steifer" Punkte in der Mitte, ohne Bügel
HVOR	"weicher" Punkt, linke Seite, ohne Bügel
<b>INRETS-Beinimpaktor</b> , $v(\text{Soll}) = 11,1 \text{ m/s}$	
Test	beaufschlagte Stelle
LVKK	Trägerelement
LVKM	Mitte, zwischen Trägerelementen
LVKA	Seite, rechts vom Trägerelement
LVOM	"steifer" Punkte in der Mitte, ohne Bügel
LVOR	"weicher" Punkt, linke Seite, ohne Bügel

Tabelle 2: Komponentenversuche am Suzuki Vitara

wickellänge von 1,00 m durchgeführt, was zu einer Berührung des Impaktors mit dem Frontschutzbügel während des Anpralls führte und die HIC-Werte beeinflusste. Die Vergleichsversuche wurden ebenfalls bei einer Abwickellänge von 1,00 m durchgeführt.

<b>Mitsubishi Pajero</b> , Teile Nr. des Bügels 047213	
Gewicht: 12,2 kg, Material: Stahl Durchmesser der beaufschlagten Rohre: 60 mm (Mitte), 42 mm (Seite) Wandstärke der Rohre: 2 mm Anzahl der Befestigungspunkte am Fahrzeug: 4 (2 am Rahmen unterhalb Stoßfänger, 2 am Stoßfänger)	
<b>BAST-Kinder-Kopfimpaktor</b> , $v(\text{Soll}) = 8,3 \text{ m/s}$	
Test	beaufschlagte Stelle
KPKK	Rohrknotenpunkt
KPKA	linke Seite des Bügels
KPKK2	Mitte, zwischen den Trägerelementen
KPOM	"steifer" Punkt in der Mitte, ohne Bügel
KPOR	"weicher" Punkt, ohne Bügel
<b>TRL-Hüftimpaktor</b> , $v(\text{Soll}) = 11,3 \text{ m/s}$ Gewicht: 14,8 kg, Anstoßwinkel $32^\circ - 33^\circ$ zur Horizontalen	
Test	beaufschlagte Stelle
HPKK	Rohrknotenpunkt
HPKM	Mitte, zwischen Trägerelementen
HPKA	Seite, links vom Trägerelement
HPOM	"steifer" Punkt, ohne Bügel
HPOR	"weicher" Punkt, ohne Bügel
<b>INRETS-Beinimpaktor</b> , $v(\text{Soll}) = 11,1 \text{ m/s}$	
Test	beaufschlagte Stelle
LPKK	Trägerelement
LPKM	Mitte, zwischen Trägerelementen
LPKA	Seite, rechts vom Trägerelement
LPOM	Mitte des Fahrzeuges, ohne Bügel
LPOL	linke Seite, ohne Bügel

Tabelle 3: Komponentenversuche am Mitsubishi Pajero

Wie in Bild 2 dargestellt, resultierten alle Versuche ohne Frontschutzbügel in HIC-Werten von über 1000, obwohl die Anprallgeschwindigkeit auf 75% des geforderten Wertes reduziert war. Das zeigt, daß



Fahrzeug	Versuch	Frontschutzbügel	V [m/s]	a max [g]	HIC
Suzuki Viatara	KVKH	ja	10,0*)	247,0	2634
	KVKW	ja	7,3*)	294,3	1368
	KVKW2	ja	8,4	352,1	3344
	KVOW	nein	8,2	181,3	1654
	KVOH	nein	8,5	194,7	1681
Mitsubishi Pajero	KPKK	ja	8,7	694,0	6685
	KPKK2	ja	8,5	671,8	6070
	KPKM	ja	8,7	472,2	4573
	KPKA	ja	8,5	454,9	4287
	KPOM	nein	8,5	168,9	1326
	KPOR	nein	8,5	154,9	1085

\*) Anprallgeschwindigkeit mehr als 0.5 m/s über- oder unterhalb der Sollgeschwindigkeit

Tabelle 4: Komponentenversuche mit dem BAST-Kinder-Kopfimpaktor

die Fronthauben von Geländefahrzeugen an ihrer Vorderkante selbst zu steif sind, um das Testkriterium zu erfüllen. Wenn ein Frontschutzbügel montiert ist, können die HIC-Werte um einen Faktor von mehr als 6 ansteigen. Es zeigte sich, daß die massivere Konstruktion des Frontschutzbügels des Mitsubishi Pajero in einem höheren Anstieg des HIC resultierte.

### 3.2 Ergebnisse mit dem TRL-Hüftimpaktor

Tabelle 5 zeigt die Versuchsergebnisse mit dem TRL Hüftimpaktor, zum Vergleich und für die spätere Diskussion sind zusätzlich Versuche an normalen Pkw aufgeführt. Die Versuche wurden entsprechend

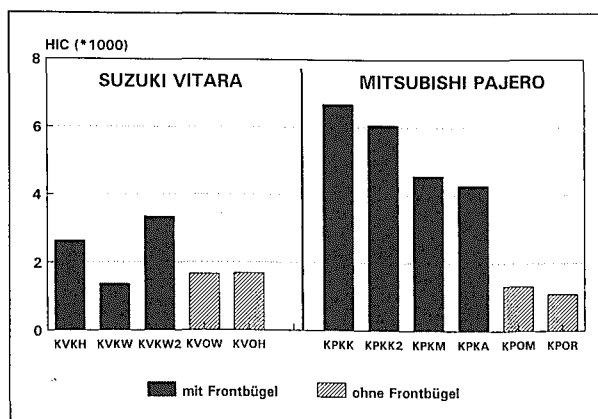


Bild 2: HIC-Werte für Versuche mit dem BAST-Kinder-Kopfimpaktor

der Testvorschrift [4] ausgeführt. Die Anprallgeschwindigkeit wurde nicht reduziert, da aus anderen Versuchen bekannt war, daß der Impaktor für Versuche an Frontschutzbügeln ausreichend stabil ist [8]. Die unterschiedlichen Anprallgeschwindigkeiten in Tabelle 5 sind dadurch bedingt, daß Geschwindigkeit, Masse und Anprallwinkel des Impaktors abhängig von der Geometrie des Fahrzeuges sind (vgl. auch Tabellen 2 und 3).

Bei allen Versuchen wurden die zulässigen Grenzwerte überschritten (4 kN für Kraft und 220 Nm für Biegemoment im Stoßkörper). Mit Frontschutzbügel stiegen die entsprechenden Meßwerte um bis zu einen Faktor 2. Auch hier zeigte sich, daß der massivere Frontschutzbügel des Mitsubishi die Werte stärker ansteigen ließ als der des Suzuki. In Abbildung 3 sind die Ergebnisse im Überblick dargestellt.

### 3.3 Ergebnisse mit dem INRETS-Beinimpaktor

Tabelle 6 zeigt die Versuchsergebnisse mit dem INRETS-Beinimpaktor, zum Vergleich und für die spätere Diskussion sind zusätzlich Versuche an normalen Pkw aufgeführt. Von den Geländefahrzeugen ohne Frontschutzbügel wurden die Schutzkriterien nicht erfüllt (Beschleunigung a max kleiner als 150 g, Biegewinkel im Knie kleiner als 15, Verschiebung im Knie durch Scherkräfteeinwirkung kleiner als 6 mm).

Fahrzeug	Versuch	Frontschutzbügel	v [m/s]	max. Kraft (Summe) [kN]	max. Biegem. [Nm]
Suzuki	HVKA	ja	10,2*)	9,91	823
Viatara	HVKM	ja	11,4	9,50	638
	HVKK	ja	10,2*)	8,37	682
	HVOM	nein	11,4	7,31	454
	HVOR	nein	11,4	6,18	296
Mitsubishi Pajero	HPKA	ja	11,4	11,24	992
	HPKM	ja	11,4	9,98	909
	HPKK	ja	11,4	10,49	666
	HPOM	nein	10,6*)	6,03	450
	HPOR	nein	11,4	6,68	480
Normale Pkw aus [6]					
Opel	HCL-1		8,7	3,89	285
Corsa	HCM-1		8,5	4,16	278
	HCR-1		8,7	6,83	500
VW Golf	HGL-1		9,5	4,48	340
	HGM-1		9,1	5,12	438
	HGM-2		9,3	5,24	440
	HGR-1		9,3	3,12	217
Audi 100	HAL-1		8,7	5,51	454
	HAM-1		9,3	5,83	486
	HAR-1		8,9	6,75	554
Normale Pkw aus [7]					
Fiat Uno	rechtes Drittel		10,1	7,8	439
	mittleres Drittel		10,2	5,9	319
	linkes Drittel		10,2	6,2	365
Ford Escort Mk3	rechtes Drittel		10,0	7,1	367
	mittleres Drittel		9,9	6,0	321
	linkes Drittel		9,9	8,3	450
Peugeot 205	rechtes Drittel		8,4	6,2	351
	mittleres Drittel		8,4	8,1	443
	linkes Drittel		8,4	8,4	442
VW Golf Mk2	rechtes Drittel		9,4	8,4	494
	mittleres Drittel		9,6	8,4	478
	linkes Drittel		9,6	5,1	270

\*) Anprallgeschwindigkeit mehr als 5% über oder unterhalb der Sollgeschwindigkeit

Tabelle 5: Komponentenversuche mit dem TRL-Hüftimpaktor

Fahrzeug	Test	v [m/s]	a max [g]	Biegewinkel [°]	Verschiebung [mm]
Suzuki Vitara mit Frontschutzbügel					
	LVKA	11,0	166,8	46,2	11,3
	LVKM	11,1	168,2	9,6	2,4
	LVKK	11,1	240,1	45,2	11,0
Suzuki Vitara ohne Frontschutzbügel					
	LVOM	11,7*)	178,1	53,9	13,0
	LVOR	12,0*)	99,6	47,1	11,5
Mitsubishi Pajero mit Frontschutzbügel					
	LPKM	11,1	126,5	10,7	2,7
	LPKA	11,1	104,7	12,1	3,0
	LPKK	11,4	292,0	34,9	8,6
Mitsubishi Pajero ohne Frontschutzbügel					
	LPOL	11,4	251,7	47,8	11,6
	LPOM	11,1	131,3	47,2	11,5
Normale Pkw aus [6]					
Opel	LCL-1	11,0	360,2	34,7	8,6
Corsa	LCM-1	11,0	199,9	16,2	4,0
	LCR-1	11,0	353,7	38,6	9,5
	LCR-2	11,0	182,5	34,8	8,6
VW Golf II	LGL-1	11,6	214,6	44,1	10,8
	LGM-1	11,4	165,1	40,4	9,9
	LGR-1	11,4	150,1	41,7	10,2
Audi 100	LAL-1	10,8	139,9	44,2	10,8
	LAM-1	10,8	153,5	26,2	6,5
	LAR-1	10,8	217,3	43,8	0,7

\*) Anprallgeschwindigkeit mehr als 0,5 m/s über- oder unterhalb der Sollgeschwindigkeit

Tabelle 6: Komponentenversuche mit dem INRETS-Beinimpaktor

Bei den Versuchen mit dem Beinimpaktor ergaben sich keine deutlichen Verschlechterungen der Fahrzeuge durch einen montierten Frontbügel, im Gegenteil, die Belastungen im Knieelement (Biegewinkel und Verschiebung durch Scherkräfteinwirkung) waren mit Frontschutzbügel durchweg geringer. Die gemessenen Beschleunigungen waren für den Suzuki Vitara mit montiertem Frontschutzbügel im Mit-

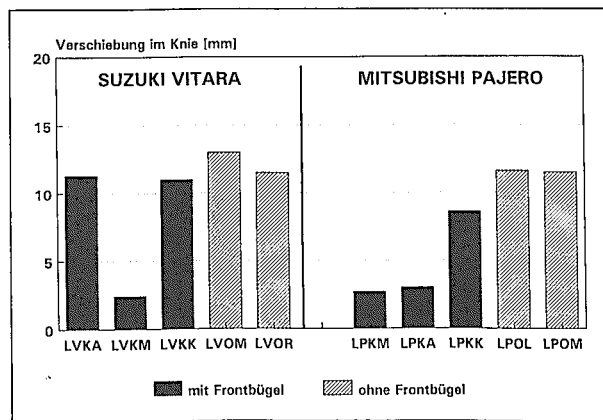
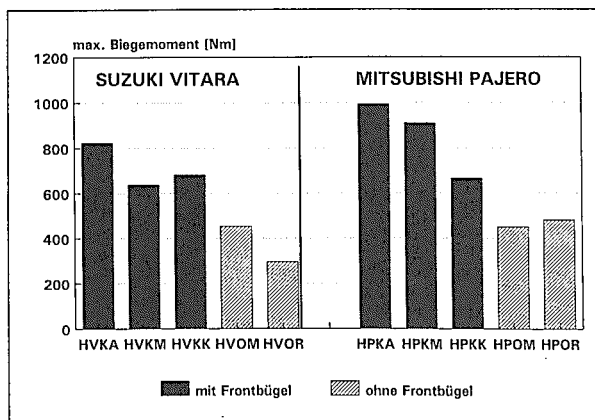
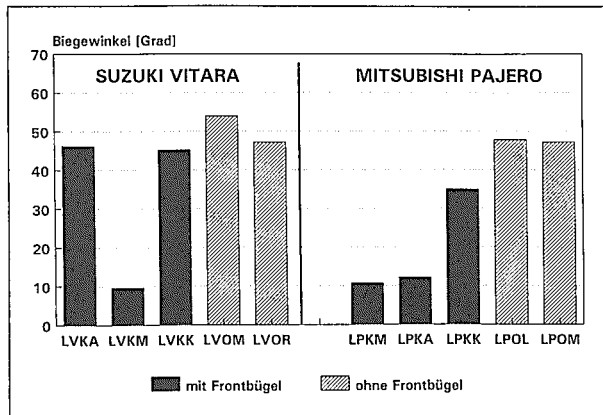
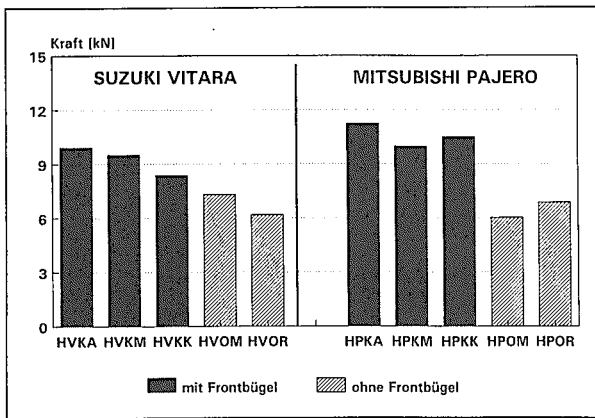


Bild 3: Kräfte und Biegemomente der Versuche mit dem TRL-Hüftimpaktor

tel der durchgeführten Versuche um etwa 50 g höher, für den Mitsubishi Pajero geringfügig kleiner (Differenz 17 g). In zwei Versuchen am Mitsubishi wurden mit Frontschutzbügel sogar die geforderten Grenzwerte eingehalten (LPKM und LPKA).

In Bild 4 sind die Ergebnisse im Überblick dargestellt.

#### 4 Diskussion

Eine Bewertung der zusätzlich von Frontschutzbügeln ausgehenden Gefährdung von ungeschützten Verkehrsteilnehmern soll in zweierlei Hinsicht erfolgen, zum einem im Vergleich zu Geländefahrzeugen, zum anderen im Vergleich zu normalen Pkw; letzteres zum anderen deshalb, weil in jüngster Zeit beobachtet wird, daß auch normale Pkw mit Frontschutzbügeln ausgestattet werden.

Bei der Bewertung soll zunächst so vorgegangen werden, daß für normale Pkw für die einzelnen durch das EEVC-WG 10 Prüfverfahren zu testenden Fahrzeugkomponenten eine mittlere Prüfkörperbelastung bestimmt wird. Dazu stehen Versuchsergeb-

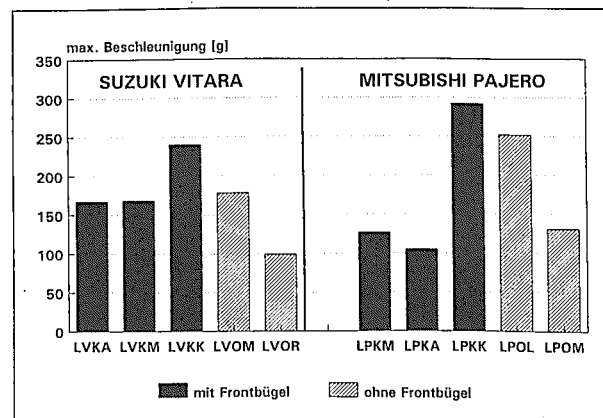


Bild 4: Biegewinkel, Verschiebungen und Beschleunigungen der Versuche mit dem INRETS-Beinimpaktor

nisse zur Verfügung, die in den Tabellen und in früheren Forschungsberichten der BAST wiedergegeben sind [9, 10]. Dann soll abgeschätzt werden, bei welcher Anprallgeschwindigkeit bei Geländefahrzeugen mit und ohne Frontschutzbügel eine gleiche Belastung zu erwarten ist.

#### 4.1 Diskussion der Ergebnisse mit dem BAST-Kinder-Kopfpimpaktor

Versuche mit dem Kinder-Kopfpimpaktor an Pkw sind von der BAST [9, 10] und von TRL [11] durchgeführt worden. Während es in der Versuchsreihe der BAST in erster Linie darum ging festzustellen, wie hoch die Kopfbelastungen beim Aufprall auf die Fronthaube von Pkw sind, stand bei TRL die Evaluierung des Testverfahrens der EEVC-WG 10 im Vordergrund. Das heißt, daß TRL in der Untersuchung die mutmaßlich "härtesten" Stellen der Fronthaube testete. Bei der BAST Untersuchung wurden auch mutmaßlich "weiche" Stellen getestet. Auch wurden von der BAST Fahrzeuge ausgewählt, die der aktuellen Fahrzeugpopulation entsprechen. Die Versuchsergebnisse der BAST sind daher besser geeignet, eine Aussage über die Meßwerte normaler Pkw in derartigen Versuchen zu geben. Im folgenden werden die TRL Ergebnisse daher nicht berücksichtigt.

Die HIC-Werte in [9, 10] reichen von etwa 600 bis über 7000, eine Mittelung über eine solche Bandbreite von Werten erscheint nicht als sinnvoll. Um eine Zahl zu erhalten, mit der im folgenden weitergerechnet werden kann, wurden die HIC Werte ihrer numerischen Reihenfolge entsprechend geordnet und der HIC-Wert bestimmt, für den die Hälfte der durchgeführten 75 Versuche unterhalb und die andere Hälfte oberhalb liegt. Dieser Wert beträgt 1427, das heißt; je die Hälfte der Versuche lieferte HIC-Werte von weniger, bzw. mehr als 1427. Im weiteren soll gerundet mit 1400 gerechnet werden. Die Versuche fanden bei einer Anprallgeschwindigkeit von 40 km/h (11,1 m/s) statt.

Bei den Geländefahrzeugen ohne Frontschutzbügel liegen ebenfalls je zwei HIC-Werte unterhalb und zwei oberhalb von 1400, die Werte liegen zwischen 1085 und 1681, also relativ dicht zusammen. Die Anprallgeschwindigkeit betrug aber nur 30 km/h (8,3 m/s). Daraus kann gefolgert werden, daß die Belastungen bei Kopfkontakt mit der Haubenkante eines Geländefahrzeuges bei einer Anprallgeschwindigkeit von 30 km/h in etwa der eines Pkw bei 40 km/h entspricht.

Für Geländefahrzeuge mit Frontschutzbügel liegen bei einer Anprallgeschwindigkeit von 30 km/h die HIC-Werte deutlich über 1400, vgl. Tabelle 4. (Versuch KVKW lieferte zwar einen Wert von unter 1400, die Sollgeschwindigkeit wurde jedoch deutlich unterschritten). Daher sollen die Ergebnisse aus [1] herangezogen werden, die in Tabelle 7 nochmals wiedergegeben sind. Aus dieser Tabelle ist zu ersehen,

daß die Frontschutzbügel mit großem Rohrquerschnitt (für Mitsubishi Pajero und Nissan Patrol) bereits bei 20 km/h (5,6 m/s) HIC Werte liefern, die um 1400 liegen. Die Werte reichen von 965 bis 2025 und wiederum liegen gleich viele Werte unterhalb und oberhalb von 1400. Die HIC-Werte der Frontschutzbügel mit kleinerem Rohrdurchmesser liegen bei einer Anprallgeschwindigkeit von 20 km/h deutlich unter 1400, bei 30 km/h jedoch darüber. Die Versuche bei 30 km/h fanden jedoch an der jeweils "weichsten" Stelle des Bügels statt, so daß eine einem normalen Pkw entsprechende Kopfbelastung bei Bügeln geringer Rohrdurchmesser bei etwa 25 km/h zu erwarten ist.

An dieser Stelle muß erwähnt werden, daß die Art der Kopfbelastung bei Anprall an einem Frontschutzbügel eine andere ist als beim Aufprall auf eine Fronthaube, die nachgiebig ist. Beim Anprall an den Bügel tritt eine lokale Kraft auf, so daß die Gefahr von Brüchen des knöchernen Schädels groß ist. Der HIC ist für solche Belastungen keine gut geeignete Bewertungsgröße. Das wird auch deutlich, wenn man die maximalen Beschleunigungen in Tabelle 7 betrachtet. Viele Beschleunigungswerte liegen oberhalb von 250 g, der Wert, der z.B. in [12] als Belastungsgrenze für lineare Beschleunigungen gefordert ist. 250 g können auch überschritten werden, ohne daß der HIC einen Wert von 1000 übersteigt (Versuch M2).

Beim Vergleich der Belastungen beim Kopfanprall muß ebenfalls berücksichtigt werden, daß die Kopfanprallgeschwindigkeit eines Kindes auf die Motorhaube von Pkw geringer ist als die Anprallgeschwindigkeit des Pkw an den kindlichen Fußgänger. Diese Geschwindigkeitsreduktion ist insbesondere von der Fahrzeuggeometrie und der Größe des Kindes abhängig. Beim Kopfanprall an die Haubenkante oder den Frontbügel eines Geländefahrzeuges entspricht die Kopfanprallgeschwindigkeit mutmaßlich der Anprallgeschwindigkeit des Fahrzeuges an den Fußgänger. Trotz dieser Einwände soll zusammenfassend festgestellt werden, daß die zu erwartenden Kopfbelastungen bei einem Unfall eines Kindes mit einem mit Frontschutzbügel ausgestatteten Geländefahrzeug bei 20 km/h in etwa denen mit einem entsprechenden Fahrzeug ohne Bügel bei 30 km/h bzw. denen mit einem Pkw bei 40 km/h entsprechen.

Frontbügel für	Exp.	v [m/s]	a max [g]	a 3ms [g]	HIC	t <sub>2</sub> -t <sub>1</sub> [ms]
Suzuki Vitara	S1	5.3	211.6	66.8	482	1.5
	S2	5.1	179.1	72.8	572	2.5
	S3	7.7	378.4	99.7	1445	1.0
Opel Frontera	O1	5.6	196.9	83.2	463	1.6
	O2	5.5	156.2	86.7	516	4.7
	O3	5.6	341.5	81.1	1021	1.5
	O4	8.1	313.0	131.0	1596	1.6
Mitsubishi Pajero	M1	5.5	307.9	77.1	1174	1.2
	M2	5.5	281.7	91.3	965	2.9
	M3	5.7	449.4	27.3	1811	0.8
Nissan Patrol	N1	5.5	382.1	56.9	2024	1.1
	N2	5.5	409.6	49.9	1658	0.9
	N3	5.5	308.5	70.5	1220	2.4

Tabelle 7: Versuche mit dem BAST-Kinder-Kopfmittelpunkt aus [1]

## 4.2 Diskussion der Ergebnisse mit dem TRL-Hüftimpaktor

Versuche mit dem TRL-Hüftimpaktor an Pkw sind von der BAST [6] und von TRL [7] durchgeführt worden, die Versuchsergebnisse sind ebenfalls in der Tabelle 5 dargestellt. In beiden Versuchsreihen stand die Evaluierung des Testverfahrens der EEVC-WG 10 im Vordergrund. Das heißt, daß die mutmaßlich "härtesten" Stellen der Haubenkante getestet wurden. Allerdings zeigte sich, daß die Struktur der Haubenkanten in den jeweils zu prüfenden Dritteln relativ homogen ist, so daß davon ausgegangen werden kann, daß die gemessenen Belastungen des Prüfkörpers auch ein entsprechend gemittelt Bild der jeweiligen Fahrzeuge wiedergeben. Bei den untersuchten Fahrzeugen handelt es sich um zufällig ausgewählte Modelle der 80er Jahre. Die einzelnen Mittelwerte der einzelnen Fahrzeugtypen liegen jedoch relativ dicht zusammen, so daß davon ausgegangen werden kann, daß die Bandbreite der Meßwerte einigermaßen repräsentativ auch für die heutige Pkw-Population ist.

Die Bandbreiten der Ergebnisse für Pkw und Geländefahrzeuge mit und ohne Frontschutzbügel sind in Bild 5 dargestellt. Es ist deutlich, daß die Geländefahrzeuge ohne Frontschutzbügel sowohl bei der Kraft als auch beim Biegemoment in der Bandbreite

normaler Pkw liegen. Mit Frontschutzbügel verschlechtern sich die Werte jedoch beträchtlich. Für die folgenden Überlegungen sollen die Verschlechterungen in Kraft und Biegemoment durch den Frontschutzbügel immer auf die Geländefahrzeuge ohne Bügel bezogen werden.

Im Gegensatz zu den Versuchen mit dem Kopfmittelpunkt stehen keine Versuche bei niedrigeren Geschwindigkeiten, die vergleichend herangezogen werden könnten, zur Verfügung. Von Lawrence [8] wurden jedoch Versuche an einem Frontschutzbügel mit zwei verschiedenen Anprallgeschwindigkeiten (28 km/h und 40 km/h) durchgeführt. Daraus läßt sich ableiten, daß sowohl Kraft als auch Biegemoment in erster Näherung linear mit der Anprallgeschwindigkeit ansteigen.

Eine Mittelung der gemessenen Kräfte und Biegemomente ergibt 9,9 kN und 785 Nm für die Versuche mit Frontbügel und 6,6 kN und 420 Nm für die Versuche ohne. Unter der Annahme eines linearen Zusammenhanges mit der Geschwindigkeit, müßte die Anprallgeschwindigkeit bei den Versuchen mit Bügel entsprechend um 33% reduziert werden um die gleichen Kräfte zu erhalten, bzw. um 46% um die gleichen Biegemomente zu erhalten. Das würde bedeuten, daß bei einem Geländefahrzeug mit Frontschutzbügel bei einem Anprall von 27 km/h bei den

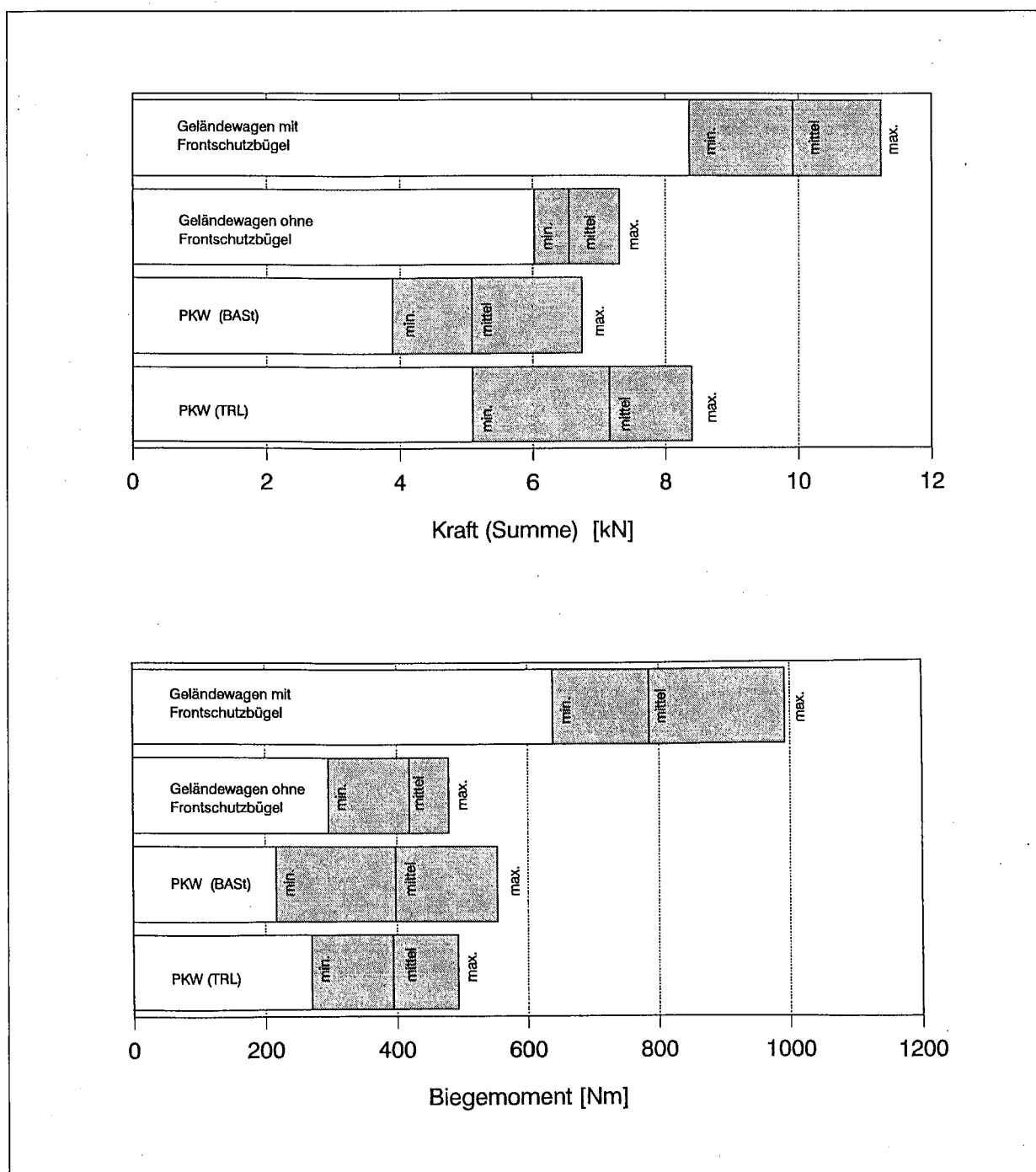


Bild 5: Bereiche der Kräfte und Biegemomente der Versuche mit dem TRL-Hüftimpaktor, verschiedene Fahrzeugarten

Kräften, bzw. bei 21 km/h bei den Biegemomenten mit gleichen Belastungen zu rechnen ist wie bei einem entsprechenden Fahrzeug ohne Bügel oder einem normalen Pkw bei 40 km/h. Die Unterschiede in den notwendigen Geschwindigkeitsreduktionen für Kraft und Biegemoment weisen darauf hin, daß die gemachten Annahmen zur Geschwindigkeitsabhängigkeit der Meßwerte nur in erster Näherung

richtig sind. Die entsprechende Referenzgeschwindigkeit soll also auf 25 km/h gerundet werden.

Diese Überlegungen sollten in entsprechender Form auch auf den Beckenanprall übertragbar sein.

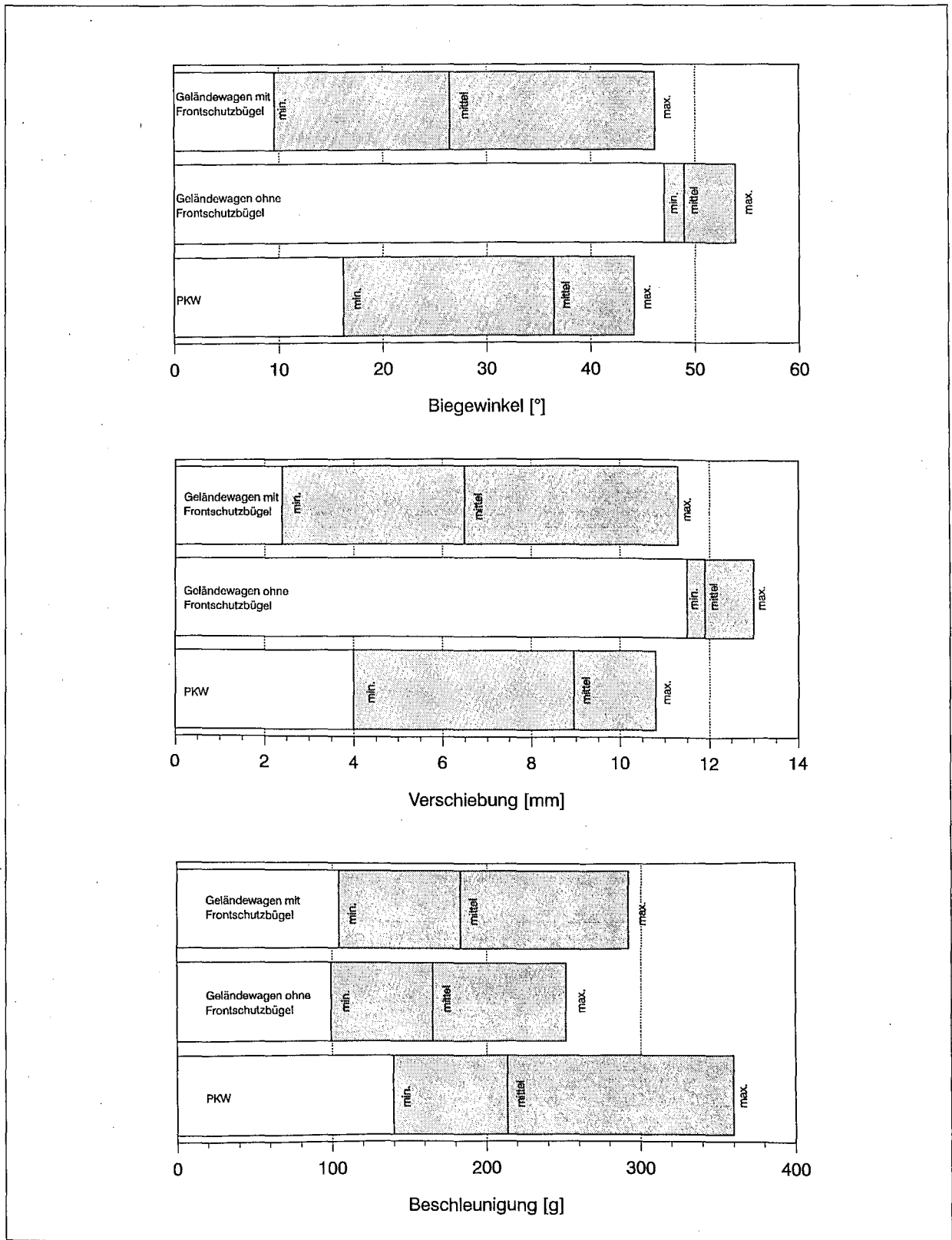


Bild 6: Bereiche der Meßwerte der Versuche mit dem INRETS-Beinimpaktor, verschiedene Fahrzeugarten

### 4.3 Diskussion der Ergebnisse mit dem INRETS-Beinimpaktor

Versuche mit dem INRETS-Beinimpaktor an Pkw bei einer Anprallgeschwindigkeit von 40 km/h sind bisher nur von der BAST [6] durchgeführt worden, die Versuchsergebnisse sind ebenfalls in der Tabelle 6 dargestellt. In der Versuchsreihe stand wiederum die Evaluierung des Testverfahrens der EEVC-WG 10 im Vordergrund. Für die ausgewählten Fahrzeuge und die Systematik der Versuchsdurchführung gelten die gleichen Einschränkungen wie für die Versuche mit dem Hüftimpaktor. Allerdings stehen nur Versuche an drei Fahrzeugen zur Verfügung.

Die Bandbreiten der Ergebnisse für Pkw und Geländefahrzeuge mit und ohne Frontschutzbügel sind in Bild 6 dargestellt. Die Versuchsergebnisse für die Fahrzeuge mit Frontschutzbügel liegen in der Größenordnung normaler Pkw. Die Geländefahrzeuge ohne Bügel zeigen zu den Vergleichsgruppen jedoch eine deutlich höhere Belastung des Kniegelenkes. Somit kann gefolgert werden, daß die Kniebelastungen bei Geländefahrzeugen mit Frontschutzbügeln im Vergleich zu diesen Fahrzeugen ohne Bügel reduziert werden und in der gleichen Größenordnung normaler Pkw liegen.

## 5 Schlußfolgerungen

Mit den Ergebnissen vorliegender Untersuchung kann festgestellt werden, daß bei Unfällen ungeschützter Verkehrsteilnehmer mit Geländefahrzeugen, die mit Frontschutzbügeln ausgestattet sind, eine deutlich erhöhte Gefährdung für den Kopf von Kindern und für Oberschenkel und Becken von Erwachsenen besteht.

Für den Kopfanprall gilt, daß bei folgenden Anprallgeschwindigkeiten mit gleichen Belastungen zu rechnen ist:

Anprall an Fahrzeug mit Frontschutzbügel	bei	20 km/h,
Anprall an Geländefahrzeug	bei	30 km/h,
Anprall an normalen Pkw	bei	40 km/h.

Für den Anprall des Oberschenkels bzw. des Beckens eines Erwachsenen sind folgende Anprallgeschwindigkeiten vergleichbar:

Anprall an Fahrzeug mit Frontschutzbügel	bei	25 km/h,
Anprall an Geländefahrzeug oder normalen Pkw	bei	40 km/h.

Das unterstreicht die Beobachtungen bei Realunfällen, daß bei Kollisionen ungeschützter Verkehrsteilnehmer mit Geländefahrzeugen, die mit Frontschutzbügeln ausgestattet sind, bereits bei kleineren Kollisionsgeschwindigkeiten komplizierte Frakturen auftreten können [1]. Für die Belastungen des Knies eines Erwachsenen läßt sich aus den im Rahmen vorliegender Untersuchung durchgeführten Versuche keine Verschlechterung der Fahrzeuge durch montierte Frontschutzbügel ableiten.

Durch Kopfanprall sind insbesondere Kinder bis zu einer Größe von etwa 1,25 m gefährdet, in der Bundesrepublik Deutschland hatte diese Größengruppe im Jahre 1992 einen Anteil von etwa 12% an der Gesamtzahl von Fußgängern, die im Straßenverkehr verletzt oder getötet wurden [13]. Erwachsene Fußgänger (75% der verunfallten Fußgänger) sind insbesondere durch Bein- oder Beckenanprall an den Frontschutzbügel gefährdet.

Mit dem Prüfverfahren der EEVC-WG 10 läßt sich die zusätzliche Gefährdung für ungeschützte Verkehrsteilnehmer durch montierte Frontschutzbügel bestimmen. Im Interesse der Verkehrssicherheit ist es nicht sinnvoll, daß von diesen, für unsere Verkehrsverhältnisse unnützen, Anbauteilen eine zusätzliche Gefährdung ungeschützter Verkehrsteilnehmer ausgeht. In Hinblick auf Erteilung einer ABE für Frontschutzbügel wäre somit zu fordern, daß die entsprechenden Belastungen bei Prüfung mit dem Kinder-Kopfimpaktor und dem Hüftimpaktor die Werte des Fahrzeuges ohne Bügel nicht überschreiten dürfen.



## Literatur

- [1] Zellmer, H.; Schmid, M.: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen. BAST-Arbeitsprogramm-Nr.: 92 512, Bergisch Gladbach, Februar 1993.
- [2] Zellmer, H.; Schmid, M.: Zur Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen. Zeitschrift für Verkehrssicherheit 40, S.42 (1994).
- [3] Automotive Industry Data, London. Zitiert nach Auto, Motor und Sport, Heft 5/1994, S.8.
- [4] Frontal Surfaces in the Event of Impact with a Vulnerable Road User, EEVC WG 10, Proposal for Test Method vom 18.04.1994.
- [5] BGS Böhme & Gehring, BAST-Werkvertrag Nr. 2.94522W1.
- [6] Zellmer, H.: Evaluierung des Prüfverfahrens der EEVC-WG 10 zur Bestimmung der Fußgängerverträglichkeit von Pkw-Frontflächen. BAST-Arbeitsprogramm-Nr.: 93 524, Bergisch Gladbach, Juli 1994.
- [7] Lawrence, G.J.L.; Hardy, B.J.: Report on Tests Using the Draft Directive for Pedestrian Protection on Cars. Bericht an EEVC-WG 10, ohne Datum.
- [8] Lawrence, G.J.L.: persönliche Mitteilung.
- [9] Zellmer, H.; Glaeser, K.-P.: Performance of Current Cars in Pedestrian Accidents Tested with the Proposed EEVC Head Impactor. Bericht an EEVC-WG 10 & ISO/TC22/SC10/WG2, November 1992, BAST-Arbeitsprogramm-Nr.: 92 507.
- [10] Zellmer, H.; Glaeser, K.-P.: The EEVC-WG 10 Head Impact Test Procedure in Practical Use. Proc. 14th ESV-Conference, München, Mai 1994, im Druck.
- [11] Lawrence, G.J.L.; Hardy, B.J.: Evaluation of Four Cars Using the EEVC Head Impact Test Procedure. Bericht an EEVC-WG 10, April 1994.
- [12] Newman, James A.: A Generalized Acceleration Model for Brain Injury Threshold (GAMBIT). International IRCOBI Conference, Zürich 1986.
- [13] Glaeser, K.-P., persönliche Mitteilung.

## Anhang I

### Das EEVC-WG 10 Prüfverfahren zur Bestimmung der Fußgängerverträglichkeit von Pkw-Frontflächen

Im Testverfahren der EEVC-WG 10 zur Bestimmung der Fußgängerverträglichkeit von Pkw-Frontflächen [AI-1] werden in Komponententests folgende Anprallarten simuliert:

- Anprall des Beines eines Erwachsenen an den Stoßfänger,

- Anprall des Oberschenkels eines Erwachsenen an die Haubenkante,
- Anprall des Kopfes von Kindern und Erwachsenen auf die Haube.

Eine Übersicht über das Testverfahren ist in Abbildung AI-1 gegeben.

Die Tests werden unter Bedingungen durchgeführt, die einer Kollision des Fußgängers mit einem 40 km/h schnellen Fahrzeug entspricht. Erfüllt ein Fahrzeug die Testvorschrift, so ist davon auszugehen, daß bei einer wirklichen Kollision eines Fußgängers

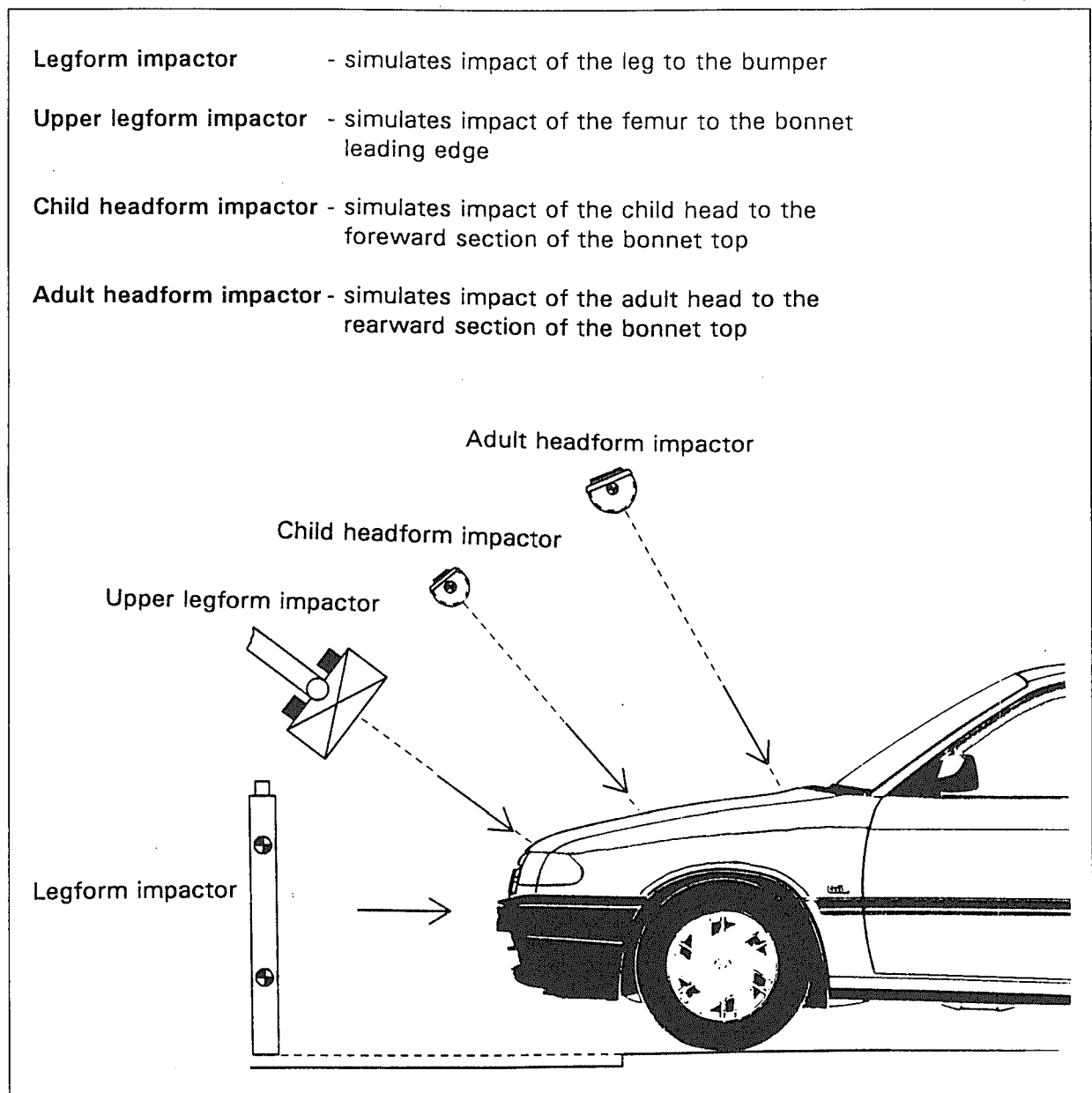


Bild AI-1: Das Prüfverfahren der EEVC-WG10

mit diesem Fahrzeugtyp bei Geschwindigkeiten bis zu 40 km/h keine bleibenden oder über einen langen Zeitraum zu behandelnden Beinverletzungen oder irreversiblen Kopfverletzungen auftreten.

Die Testverfahren im einzelnen:

Von INRETS wurde ein "Beinprüfkörper" entwickelt und mit einem speziell entwickelten Knie versehen [AI-2]. Der Beinprüfkörper wird mit 40 km/h freifliegend gegen den Stoßfänger katapultiert. Der Biegewinkel im Knie und der Winkel der Deformationselemente durch Scherkräfteinwirkung darf je einen bestimmten Winkel nicht überschreiten. Die Gesamtbeschleunigung des Beines ist begrenzt auf 150 g. Damit soll die Gefahr von Bänderrissen im Knie begrenzt werden.

TRL hat das Verfahren entwickelt, den Anprall der Hüfte eines Erwachsenen an die Fronthaubenkante zu simulieren [AI-3]. Hierzu wird ein 350 mm langes, mit Schaum ummanteltes Rohr einer Dicke von 35 mm benutzt, das an seinen Enden mit einer Führungseinheit verbunden ist. Dieser Stoßkörper wird im geführten Stoß mit bestimmter, von der Geometrie des Fahrzeuges abhängiger Geschwindigkeit, Winkel und Masse auf die Fronthaubenkante geschossen. Gemessen werden Kraft zwischen Rohr und Führungseinheit und Biegemomente im Rohr. Beide Größen dürfen einen bestimmten Grenzwert (4 kN, bzw. 220 Nm) nicht überschreiten.

Die Bundesanstalt für Straßenwesen hat die Methode entwickelt, den Kopfanprall auf die Haube im Versuch zu simulieren [AI-4]. Dafür wurden zwei unterschiedliche Kopfformen konstruiert, die einen Kinder- und einen Erwachsenenkopf nachbilden. Sie sind kugelförmig, bestehen aus Phenolharz und haben zur Simulation der Kopfhaut einen halbkugelförmigen Gummiüberzug. Diese Prüfkörper werden mit Hilfe eines Stoßkörperkatapultes auf eine Geschwindigkeit von 40 km/h beschleunigt. In einem definierten Gebiet werden die Kopfprüfkörper frei fliegend auf die Haube geschossen. Es gibt einen sogenannten Kinderbereich im vorderen Teil der Fronthaube (Abwickellänge von 1 m bis 1,50 m) und einen Erwachsenenbereich im hinteren Teil der Haube. Dieser beginnt bei einer Abwickellänge von 1,50 m und reicht bis 2,10 m oder endet, was meist der Fall ist, am Windschutzscheibenrahmen. Der Prüfkörper ist mit einem Beschleunigungsaufnehmer versehen. Aus den Beschleunigungswerten wird das Kopfverletzungskriterium HIC errechnet, das den Wert von 1 000 nicht übersteigen darf.

#### Literatur zum EEVC-WG 10 Prüfverfahren

[AI-1] Frontal Surfaces in the Event of Impact with a Vulnerable Road User, EEVC WG 10, Proposal for Test Method, 26.01.1992

[AI-2] Cesari, D.; Alonzo, F.; Matyjewski, M.: Subsystem Test for Pedestrian Lower Leg and Knee Protection, 13. ESV Conference, Paris 1991.

[AI-3] Lawrence, G.J.L.; Hardy, B.J.; Harris, J.: Bonnet Leading Edge Sub-Systems Test for Cars to Assess Protection for Pedestrians, 13. ESV Conference, Paris 1991.

[AI-4] Glaeser, K.-P.: Development of a Head Impact Test Procedure for Pedestrian Protection, 13. ESV Conference, Paris 1991.

## Anhang II

### Photographien

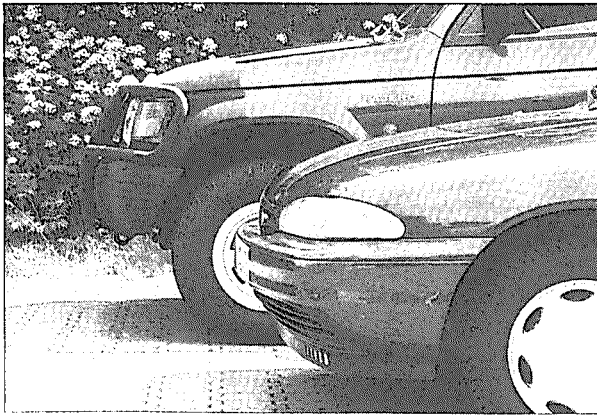


Photo1: Größenvergleich Pkw/Geländefahrzeug

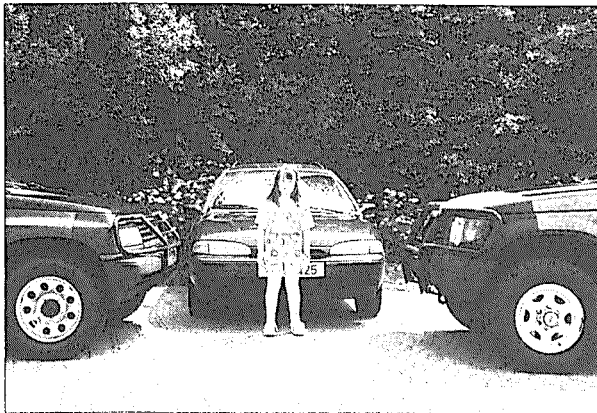


Photo 2: Größenvergleich Pkw/Geländefahrzeug mit 7jährigem Kind

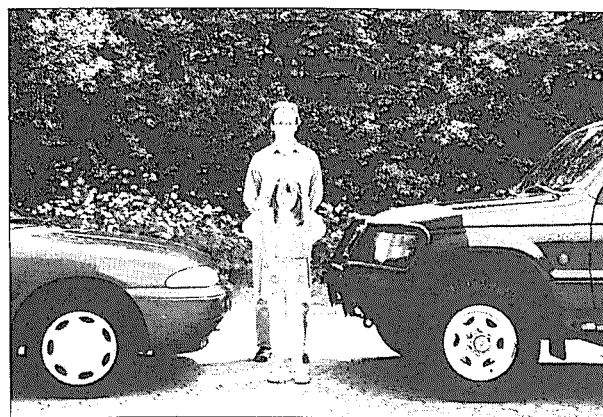


Photo 3: 7jähriges Kind (Größe 126 cm) und Erwachsener (Größe 178 cm) zwischen Pkw und Geländefahrzeug



Photo 4: 7jähriges Kind vor Geländefahrzeug

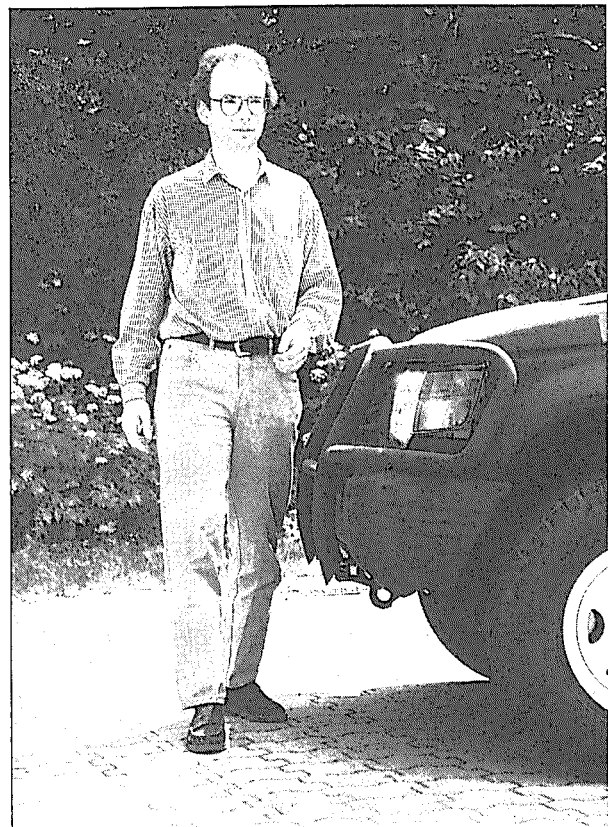


Photo 5: Erwachsener vor Geländefahrzeug

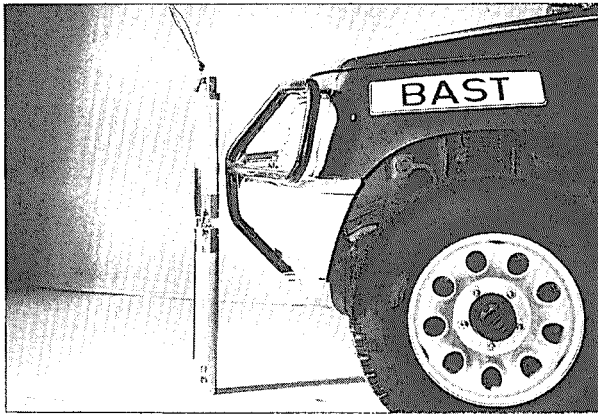


Photo 6: INRETS-Beinimpaktor (ohne Haut) in Anprallhöhe gegen Stoßfänger

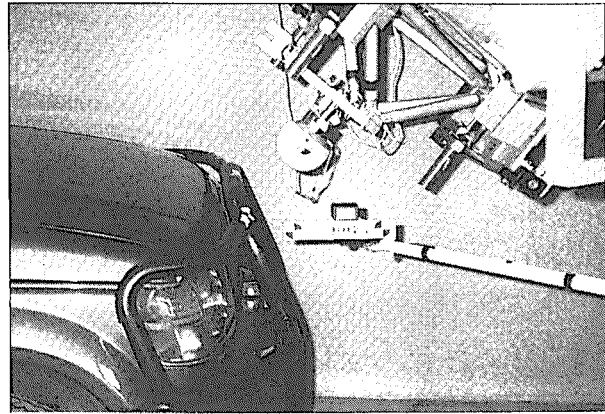


Photo 9: BAST-Kinder-Kopfimpaktor in Anprallstellung gegen Frontschutzbügel

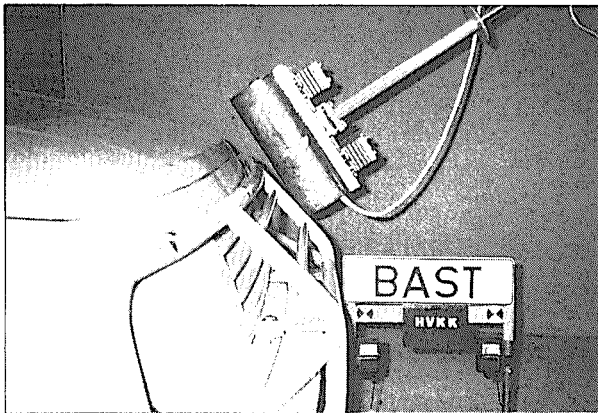


Photo 7: TRL-Hüftimpaktor in Anprallstellung gegen Frontschutzbügel

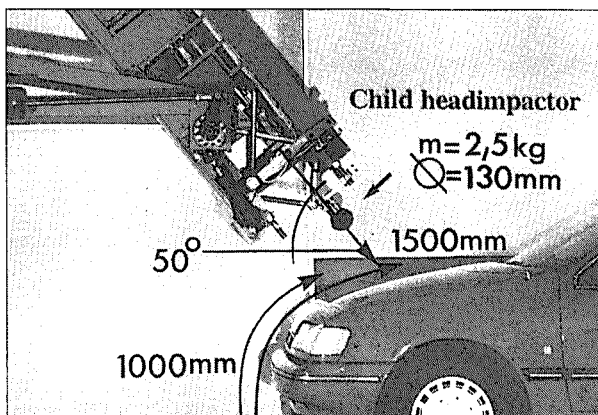


Photo 8: BAST-Kinder-Kopfimpaktor, Testverfahren

Schriftenreihe

## Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

F 1: Einfluß der Korrosion auf die passive Sicherheit von Pkw

von E. Faerber und G.-D. Wobben  
88 Seiten, 1993 DM 23,50

F 2: Kriterien für die Prüfung von Motorradhelmen

von W. König, H. Werner, E. Schuller, G. Beier und W. Spann  
80 Seiten, 1993 DM 25,50

F 3: Sicherheit von Motorradhelmen

von H. Zellmer  
52 Seiten, 1993 DM 21,00

F 4: Weiterentwicklung der Abgassonderuntersuchung

Teil 1: Vergleich der Ergebnisse aus Abgasuntersuchung und Typprüfverfahren

von A. Richter und G. Michelmann  
Teil 2: Praxiserprobung des vorgesehenen Prüfverfahrens für Fahrzeuge mit Katalysator

von Chr. Albus  
80 Seiten, 1993 DM 26,00

F 5: Nutzen durch fahrzeugseitigen Fußgängerschutz

von R. Bamberg und H. Zellmer  
56 Seiten, 1994 DM 21,00

F 6: Sicherheit von Fahrradanhängern zum Personentransport

von D. Wobben und H. Zahn  
64 Seiten, 1994 DM 24,00

F 7: Kontrastwahrnehmung bei unterschiedlicher Lichttransmission von Pkw-Scheiben

Teil 1: Kontrastwahrnehmung im nächtlichen Straßenverkehr bei Fahrern mit verminderter Tagesschärfe

von P. Junge  
Teil 2: Kontrastwahrnehmung in der Dämmerung bei Fahrern mit verminderter Tagesschärfe

von M. Chmielarz und B. Siegl  
Teil 3: Wirkung abgedunkelter Heckscheiben

von H. Derkum  
88 Seiten, 1994 DM 27,00

F 8: Anforderungen an den Kinnschutz von Integralhelmen

von D. Otte, G. Schroeder, J. Eidam und B. Kraemer  
32 Seiten, 1994 DM 20,00

F 9: Kraftschlußpotentiale moderner Motorradreifen unter Straßenbedingungen

von M. Schmieder, D. Bley, M. Spickermann und V. von Zettelmann  
40 Seiten, 1994 DM 21,00

F 10: Einsatz der Gasentladungslampe in Kfz-Scheinwerfern

von J. Damasky  
52 Seiten, 1995 DM 24,00

F 11: Informationsdarstellung im Fahrzeug mit Hilfe eines Head-Up-Displays

von H. Mutschler  
124 Seiten, 1995 DM 32,00

F 12: Gefährdung durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen

Teil 1: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern

von H. Zellmer und M. Schmid  
Teil 2: Quantifizierung der Gefährdung von Fußgängern

von H. Zellmer  
44 Seiten, 1995 DM 23,00

---

Zu beziehen durch:

Wirtschaftsverlag NW

Verlag für neue Wissenschaft GmbH

Postfach 10 11 10

D-27511 Bremerhaven

Telefon (04 71) 4 60 93-95, Telefax (04 71) 4 27 65