

Nutzen durch fahrzeugseitigen Fußgängerschutz

Including translation into English

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Fahrzeugtechnik Heft F 5

bast

Nutzen durch fahrzeugseitigen Fußgängerschutz

**Vermeidbare Personenschäden bei
Einführung des Testvorschlages
der EEVC-WG 10 zur Prüfung
der Pkw-Frontfläche**

Including translation into English

von

Renate Bamberg
Harald Zellmer

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 5

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht Ergebnisse aus ihrer Arbeit, vor allem Forschungsvorhaben, 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 **BASSt-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 93413:
Nutzen durch vermeidbare Personenschäden bei Einführung des Testvorschlages der EEVC-WG 10 zur Prüfung der Pkw-Frontfläche

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 0943-9315
ISBN 3-89429-459-0

Bergisch Gladbach, April 1994

Kurzfassung · Abstract · Résumé

Nutzen durch fahrzeugseitigen Fußgängerschutz

Vermeidbare Personenschäden bei Einführung des Testvorschlages der EEVC-WG 10 zur Prüfung der Pkw-Frontfläche

Um die Verletztenschwere von ungeschützten Verkehrsteilnehmern bei der Kollision mit Personenkraftwagen zu reduzieren, sollte die Fahrzeugfront bestimmten Anforderungen entsprechen. Dazu wurde von der EEVC-WG 10 ein Testverfahren zur Prüfung der Pkw-Frontfläche vorgeschlagen. In dieser Untersuchung wurde der Nutzen an vermeidbaren Personenschäden geschätzt, der erzielt werden könnte, wenn alle Pkw diese Anforderungen erfüllten.

Als Nutzen wurde das Reduktionspotential bei Getöteten, der mögliche Übergang von Schwerverletzten zu Leichtverletzten und von Leichtverletzten zu Unverletzten bewertet. Verletzungsminderungen innerhalb der Gesamtheit der Schwerverletzten konnten nicht bewertet werden. Auch die hohe Dunkelziffer der Verletzten ging nicht in die Rechnung ein. Daraus ergibt sich, daß der errechnete Nutzen eine Mindestgröße darstellt. Diese Größe wird stark beeinflusst von einer gegebenen Verteilung der Pkw-Kollisionsgeschwindigkeiten, denn ein Nutzenpotential des EEVC-WG-10-Testverfahrens kann nur für Kollisionsgeschwindigkeit bis 40 km/h angenommen werden.

Um mit einer verlässlichen Datenbasis zu arbeiten, wurde diese Untersuchung zunächst für die Bundesrepublik Deutschland (Gebietsstand vor dem 3. Oktober 1990) und das Jahr 1990 durchgeführt. Dafür errechnete sich ein Nutzenpotential pro neu zugelassenem Pkw in Höhe von 46 bis 63 DM (22 bis 31 ECU) nach deutschen Unfallkostensätzen oder 28 bis 36 ECU nach europäischen Durchschnittskostensätzen. Wirtschaftlich ist die Maßnahme, solange die Kosten pro neu zugelassenem Pkw (zum Preisstand 1990) diesen Betrag nicht übersteigen.

Von diesem Ergebnis ausgehend, wurde dessen zeitliche und regionale Übertragbarkeit erörtert. Es ist wahrscheinlich, daß das Ergebnis für ganz Deutschland gilt, da die Maßnahme nicht vor dem Jahr 2000 eingeführt wird und die Vollausrüstung aller Pkw mit dem geforderten Fußgängerschutz erst 10 Jahre später erreicht ist. Aus Prognosen bis zum Jahre 2010 für die Entwicklung der Bevölkerungszahl (gleichbleibender Fußgängeranteil vor-

ausgesetzt) und der Zahl der Pkw-Neuzulassungen läßt sich keine Änderung des Nutzenpotentials herleiten. Weil für andere EG-Länder die Verteilung der Kollisionsgeschwindigkeiten bei Fußgängerunfällen unbekannt ist, können die Wirksamkeitsannahmen dieser Untersuchung nicht auf andere Länder übertragen werden.

Benefits From Vehicle-Pedestrian Protection Measures

Potential Reduction in Casualties With the Introduction of the EEVC WG 10 Proposed Procedure for Testing Passenger Car Fronts

In order to reduce the severity of injuries to unprotected road users struck by passenger cars, car fronts should comply with specific requirements. EEVC WG 10 has proposed a test procedure to test passenger car fronts for this purpose. In this report, the benefits from saving casualties are assessed which might be expected if all passenger cars were to comply with these requirements.

The benefits were assessed in terms of the cost savings to be expected from the potential reduction in fatalities and in terms of the cost difference expected if accident victims suffered slight injuries instead of serious injuries and if accident victims remained uninjured instead of suffering slight injuries. Injury reductions within the total number of serious casualties could not be evaluated. The high underreporting of casualties could also not be taken account of. The calculated benefits thus represent a minimum value. In addition, the benefits are greatly affected by the given distribution of pass.cars impact speeds since the potential benefits of the EEVC WG 10 test procedure can only be expected at passenger car impact speeds up to 40 km/h.

In order to ensure a reliable data base, the study was undertaken for the Federal Republic of Germany (territorial status before 3 Oct. 1990), covering the year 1990. The calculated potential benefits per newly registered car thus range between DM 46 and DM 63 (22 – 31 ECU), based on the German accident cost unit rates, or between 28 and 36 ECU, based on the average European cost unit rates.

The cost-effectiveness of the proposed legislation can be assured as long as the costs per newly registered passenger car (at 1990 prices) do not exceed the amounts stated.

Based on the data obtained, the possible application of the results to other time periods and regions was also discussed. The results can, however, be assumed to apply to the whole of Germany since the proposed measure is not to be introduced before the year 2000 and the equipment of all cars with the required pedestrian protection features can probably not be expected before the year 2010. Based on the predicted population development (assuming that the percentage of pedestrians remains unchanged) and the predicted number of newly registered cars in future, a change in potential benefits could not be derived. Since the distribution of input parameters such as impact speeds in pedestrian accidents of other EC countries is not known, the effectiveness assumed in this study cannot be translated to other countries.

Efficiency de l'équipement de véhicules d'une protection piéton

Des dommages aux personnes peuvent être évités grâce à l'application des propositions de l'EEVC-WG 10 concernant l'équipement de l'avant des voitures de tourisme.

Afin de limiter la gravité d'accidents de la circulation dont sont victimes les personnes non protégées en cas de collision avec une automobile, l'avant des véhicules de tourisme devrait répondre à certaines exigences. A cet effet, l'EEVC-WG 10 a proposé un test visant à vérifier la carrosserie avant du véhicule. Cette étude a eu pour but d'établir une estimation de l'efficacité que la préservation de dommages de personnes pourrait avoir si tous les véhicules répondaient à ces exigences.

Le potentiel de réduction du nombre de personnes tuées, la transition possible de blessés graves à blessés légers et de blessés légers à personnes indemnes ont été considérés comme autant d'éléments efficaces. Une estimation des réductions des blessures pour l'ensemble des blessés graves n'a pas pu être établie. De même, le nombre important de blessés non recensés n'a pu être pris en compte. Il s'ensuit que l'efficacité calculée représente un ordre de grandeur minimum. Cet ordre de grandeur dépend pour une large part d'un classement déterminé des vitesses des véhicules de collision, puisque un potentiel d'efficacité des tests de l'EEVC-WG 10 ne peut être calculé que pour une vitesse de collision jusqu'à 40 km/h.

Afin de pouvoir travailler sur une base de données fiable, cette étude s'est limitée d'abord à la République fédérale (délimitation géographique en date

du 3 octobre 1990) et pour l'année 1990. Un potentiel d'efficacité par nouveau véhicule autorisé s'élevant à un montant de 46 à 63 DM (22 à 31 ECU) sur la base des taux allemands de coûts d'accidents a pu être calculé, ou de 28 à 36 ECU sur la base de la moyenne européenne des coûts d'accidents. La mesure s'avère économiquement intéressante tant que les coûts par nouveau véhicule autorisé (au niveau de prix de 1990) ne dépassent pas ce montant.

Sur la base de ces résultats, il s'est agi ensuite d'analyser leur transmissibilité dans le temps et par régions. Il est probable que le résultat vaut pour toute l'Allemagne puisque les nouvelles mesures ne seront pas introduites avant l'an 2000 et que l'équipement complet de tous les véhicules avec la protection pour piétons exigée ne sera réalisée que 10 ans plus tard. Les pronostics allant jusqu'à l'année 2010 concernant l'accroissement démographique (entendu que la part de piétons restera la même) et le nombre de nouveaux véhicules autorisés en circulation ne permet pas de conclure à une modification de l'efficacité potentielle. Etant donné que pour d'autres pays de la Communauté européenne, le classement des vitesses de collision pour accidents avec piétons est inconnu, les conjectures d'efficacité établies par cette étude ne peuvent pas être appliquées à d'autres pays.

Inhalt

1	Aufgabenstellung	7
2	Zusammenfassung der Ergebnisse . . .	7
3	Testverfahren und Testergebnisse . . .	7
4	Datenbasis zur Berechnung des Nutzenpotentials	8
5	Wirksamkeit der Maßnahme	9
5.1	Wirksamkeitsbereich	9
5.2	Wirksamkeit bei getöteten Fußgängern	9
5.3	Wirksamkeit bei verletzten Fußgängern	10
5.4	Wirksamkeit bei Radfahrern	10
6	Berechnung der Reduktionsmöglichkeit bei Getöteten, Schwer- und Leicht- verletzten	10
6.1	Rechengang	10
6.2	Getötete Fußgänger	11
6.3	Schwerverletzte Fußgänger	11
6.4	Leichtverletzte Fußgänger	12
6.5	Schwerverletzte Radfahrer	12
7	Berechnung des Nutzens aus der Schadensminderung bei Verunglück- ten	13
7.1	Bewertungsproblematik	13
7.2	Bewertung mit pauschalen Kosten- sätzen für die Bundesrepublik Deutsch- land 1990	14
7.3	Bewertung in ECU mit den deutschen und mit europäischen Durchschnitts- kostensätzen	15
7.4	Vermeidbarer Schaden pro neuzugelas- senem Pkw	15
8	Zeitliche und regionale Übertragbar- keit des Ergebnisses	15
9	Literatur	16
10	Tabellenanhang	19
11	Zusammenfassende Übersicht	54
	Translation into English	29

1 Aufgabenstellung

Um die Verletztenschwere von ungeschützten Verkehrsteilnehmern bei der Kollision mit Personenkraftwagen zu reduzieren, sollte die Fahrzeugfront bestimmten Anforderungen entsprechen. Dazu wurde von der EEVC-WG 10 ein Testverfahren zur Prüfung der Pkw-Frontfläche vorgeschlagen [1]. Hier soll der Nutzen an vermeidbaren Personenschäden geschätzt werden, der erzielt werden könnte, wenn alle Pkw diese Anforderungen erfüllten.

2 Zusammenfassung der Ergebnisse

Für die Bundesrepublik Deutschland und das Jahr 1990 errechnet sich das Nutzenpotential pro neu zugelassenem Pkw in Höhe von 46 bis 63 DM (22 bis 31 ECU) nach deutschen Unfallkostensätzen oder 28 bis 36 ECU nach europäischen Durchschnittskostensätzen.

Wirtschaftlich ist die Maßnahme, solange die Kosten pro neu zugelassenem Pkw (zum Preisstand 1990) diesen Betrag nicht übersteigen.

Als Nutzen wurde das Reduktionspotential bei Getöteten, der mögliche Übergang von Schwerverletzten zu Leichtverletzten und von Leichtverletzten zu Unverletzten bewertet. Verletzungsminderungen innerhalb der Gesamtheit der Leicht- oder Schwerverletzten konnten nicht bewertet werden. Auch die hohe Dunkelziffer der Verletzten ging nicht in die Rechnung ein. Daraus ergibt sich, daß der errechnete Nutzen eine Mindestgröße darstellt. Diese Größe wird stark beeinflusst von einer gegebenen Verteilung der Pkw-Kollisionsgeschwindigkeiten*.

Um mit einer verlässlichen Datenbasis zu arbeiten, wurde diese Untersuchung zunächst für die Bundesrepublik Deutschland (Gebietsstand vor dem 3. Oktober 1990) und das Jahr 1990 durchgeführt. Davon ausgehend, wurde die zeitliche und regionale Übertragbarkeit des Ergebnisses erörtert. Es ist wahrscheinlich, daß das Ergebnis für ganz Deutschland gilt, da die Maßnahme nicht vor dem Jahr 2000 eingeführt wird und die Vollausrüstung aller Pkw mit dem geforderten Fußgängerschutz erst 10 Jahre später erreicht ist. Aus Prognosen bis zum Jahre 2010 für die Entwicklung der Bevölkerungszahl (gleichbleibender Fußgängerteil vorausgesetzt) und der Zahl der Pkw-Neuzulassungen läßt sich keine Änderung des Nutzenpotentials her-

leiten. Weil für andere EG-Länder die Verteilung der Kollisionsgeschwindigkeiten bei Fußgängerunfällen unbekannt ist, können die Wirksamkeitsannahmen dieser Untersuchung nicht auf andere Länder übertragen werden (s. auch die zusammenfassende Übersicht im Anhang).

3 Testverfahren und Testergebnisse

Im Testverfahren 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.

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 mit diesem Fahrzeugtyp bei Geschwindigkeiten bis zu 40 km/h keine bleibenden oder über einen langen Zeitraum zu behandelnden Beinverletzungen oder irreversiblen Kopfverletzungen auftreten. Zu beachten ist, daß der zu prüfende Bereich für den Kopfanprall auf der Fronthaube nach hinten durch den Windschutzscheibenrahmen begrenzt ist.

Die Testverfahren im einzelnen:

Von INRETS wurde ein „Beinprüfkörper“ entwickelt und mit einem speziell entwickelten Knie versehen [2]. Der Beinprüfkörper wird mit 40 km/h freifliegend gegen den Stoßfänger katapultiert. Der Biegewinkel im Knie und der Winkel der Deformationselemente durch Scherkrafteinwirkung 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 [3]. Hierzu wird ein 350 mm langes, mit Schaum ummanteltes Rohr einer Dicke von 35

* Ein Nutzenpotential des EEVC-WG-10-Testverfahrens kann nur für Kollisionsgeschwindigkeit bis 40 km/h angenommen werden.

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 [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 1000 nicht übersteigen darf.

An aktuellen Fahrzeugtypen wurden bisher Komponententests mit dem Kopf- und dem Hüftprüfkörper durchgeführt [5–7]. Dabei wurden 9 bzw. 4 Fahrzeugtypen getestet. Daraus lassen sich Annahmen zur möglichen Verletzungsreduktion bei Kollisionsgeschwindigkeiten bis 40 km/h treffen.

Bei den Tests mit dem Hüftprüfkörper [7] wurden die geforderten Grenzwerte etwa um einen Faktor 1,5 bis 2 überschritten. Zwischen den getesteten Fahrzeugtypen gab es wenig Unterschiede in den Meßgrößen. Eine Reduktion um eine Stufe auf der AIS-Skala bei Beinverletzungen von Erwachsenen sollte realistisch sein, wenn die Testkriterien erfüllt sind.

Bei den Tests mit den Kopfprüfkörpern [6] ergibt sich kein einheitliches Bild. Der Grenzwert HIC = 1000 kann bis um das Fünffache überschritten werden oder aber auch beträchtlich unterschritten werden. Der Unterschied der Meßwerte für einen einzelnen Fahrzeugtyp bei Beaufschlagung von verschiedenen Stellen der Fronthaube kann weit mehr als Fak-

torfünf betragen. Bei den verschiedenen getesteten Fahrzeugen gab es ebenfalls große Unterschiede: Ein Fahrzeugtyp erfüllte auf großen Teilen der Haube den geforderten Grenzwert, andere Fahrzeuge erfüllten an keiner Stelle der Haube das Testkriterium. Über alle Fahrzeuge gemittelt, liegen für den Kinderkopfprüfkörper 86 % der getesteten Stellen, für den Erwachsenenkopfprüfkörper 58 % der getesteten Stellen über dem Testkriterium. Eine Reduktion der Kopfverletzungsschwere von einer Stufe auf der AIS-Skala ist bei Fahrzeugen, die das Testkriterium erfüllen, somit durchaus anzunehmen.

Umfangreiche Testserien mit dem Beinprüfkörper sind zur Zeit in Vorbereitung. Vorläufige Ergebnisse lassen die Vermutung zu, daß auch hier eine Reduktion um eine Verletzungsstufe zu erwarten ist [D. Cesari, persönliche Mitteilung, 22. 4. 1993].

4 Datenbasis zur Berechnung des Nutzenpotentials

Um mit einer verlässlichen Datenbasis zu arbeiten, wird diese Untersuchung zunächst für die Bundesrepublik Deutschland (Gebietsstand vor dem 3. Oktober 1990) und das Jahr 1990 durchgeführt. Davon ausgehend, wird die zeitliche und regionale Übertragbarkeit des Ergebnisses erörtert.

Datenbasis für die Schätzung des Verunglücktenpotentials, das in den Wirksamkeitsbereich der Maßnahme fällt, sind verunglückte Fußgänger, soweit sie in der amtlichen Statistik erfaßt sind [8]. Außerdem wurde geprüft, ob auch für Radfahrer ein Nutzen aus der Maßnahme erwartet werden kann.

Neuere Untersuchungen von HAUTZINGER im Auftrage der BAST weisen darauf hin, daß fast die Hälfte der schwerverletzten Fußgänger polizeilich nicht erfaßt werden. Über den Anteil der Dunkelziffer bei Getöteten konnte Hautzinger keine statistische Aussage machen [9]. Die Dunkelziffer wurde in die folgende Berechnung nicht einbezogen, weil über ihre Verteilung auf Kollisionspartner u. a. noch nichts bekannt ist. Sie deutet aber darauf hin, daß der errechnete Nutzen eine Mindestgröße darstellt, soweit die Wirksamkeitshypothese realistisch das Reduktionspotential beschreibt.

Über den Anteil der Pkw als Kollisionspartner gibt das Statistische Bundesamt Angaben für Unfälle mit 2 Beteiligten. Dieser Anteil wurde auch für die übrigen Verunglückten der jeweiligen Verkehrsteilnehmergruppe angenommen soweit es sich bei Radfahrern nicht um Alleinunfälle handelte (von

40 628 Fußgängern verunglückten 34 715 bei einem Unfall mit 2 Beteiligten).

Alle weiteren Verteilungen, der Anteil der Verunglückten mit Pkw-Frontkollision, die Verteilung nach Anprallgeschwindigkeit der Pkw, Verletzungsarten, -ursachen und -schwere wurden von OTTE und NEHMZOW aus den Unfallerehebungen im Stadt- und Landkreis Hannover von 1985 bis 1991 ermittelt [10]. Diese Daten aus Stichproben sind gewichtet und für das Erhebungsgebiet Hannover repräsentativ. Es wird hier unterstellt, daß diese Ergebnisse auch für die alten Bundesländer gelten [zur räumlichen Übertragbarkeit vgl. 9 a]. Für Außerortsunfälle ist diese Verallgemeinerung wegen der geringen Anzahl der Fälle im Raum Hannover und der topographischen Unterschiede problematisch. Fußgänger verunglücken jedoch vorwiegend innerorts, und deshalb dürften die Unfallfolgen innerhalb der Bundesrepublik mit denen in Hannover vergleichbar sein. Es muß für diese Untersuchung unterstellt werden, daß die Haupteinflußfaktoren für den Fußgängerunfall in den alten Bundesländern denen in Hannover entsprechen.

Maßgeblich für die Unfallfolgen bei einem Fußgänger-Pkw-Front-Unfall sind die Pkw-Kollisionsgeschwindigkeit, der Pkw-Typ (seine Frontkonstruktion), die Körpergröße des Fußgängers und für seine Überlebenschance auch sein Alter [11].

Besonders zu beachten ist, daß das in Hannover 1990 angetroffene Geschwindigkeitsverhalten der Pkw-Fahrer den Anteil der Verunglückten bestimmt, der in den Wirksamkeitsbereich von Schutzmaßnahmen am Fahrzeug fällt, ein Bereich, der nach oben durch die Kollisionsgeschwindigkeit von 40 km/h begrenzt wird. Die Verteilungen aus der örtlichen Unfallerehebung sind wie alle Stichprobenergebnisse von begrenzter Genauigkeit. Besonders gilt dies für die Gruppe der Getöteten wegen deren geringer Anzahl.

5 Wirksamkeit der Maßnahme

5.1 Wirksamkeitsbereich

Es wird angenommen, daß bei einer Fußgänger-Pkw-Kollision im Kollisions-Geschwindigkeitsbereich bis 40 km/h durch die geprüften Fahrzeugteile keine Personen getötet werden und keine schweren Verletzungen auftreten, die Dauerschäden oder Langzeitbehandlungen zur Folge haben. Gestützt auf die zuvor beschriebenen Testergebnisse wird unterstellt, daß bei Einzelverletzungen durch Fahr-

zeugteile, die der Prüfung unterliegen, im wirksamen Geschwindigkeitsbereich eine Minderung um einen Schweregrad (gemessen in AIS) erfolgt. Danach entsteht für den Verletzten ein neuer virtueller Hauptverletzungsschweregrad (gemessen in MAIS), der die Verletzungsschwere angibt, die er durch all seine Verletzungen insgesamt erleidet. Aus der Verteilung der virtuellen Hauptverletzungen im Verletztenkollektiv im Vergleich zur Verteilung der realen Hauptverletzungen ergibt sich das Reduktionspotential für Verletzte.

Außerdem wurde das Nutzenpotential bei Radfahrern geschätzt, soweit Kopfverletzungen durch die Fronthaube vermeidbar sind. Für andere ungeschützte Verkehrsteilnehmer (Motorrad- und Mofafahrer) kann keine Aussage gemacht werden, da für diese Gruppe eine Helmtragepflicht besteht und somit für den Kopfaufprall auf die Fronthaube Bedingungen gegeben sind, die durch das Testverfahren nicht abgedeckt sind.

Von allen im wirksamen Geschwindigkeitsbereich entstandenen Personenschäden können nur die Verletzungen durch die geprüften Fahrzeugteile gemindert werden. Verletzungen durch die Scheibe oder durch Straßenaufprall sind auszugrenzen.

5.2 Wirksamkeit bei getöteten Fußgängern

Wegen der geringen Fallzahl der von der Pkw-Front Getöteten im Verunglücktenkollektiv in Hannover ($n = 11$) kann aus deren Verteilung auf Kollisionsgeschwindigkeiten oder Verletzungen keine verlässliche statistische Aussage abgeleitet werden.

Es ist aber erkennbar und auch plausibel, daß außerorts wegen zu hoher Kollisionsgeschwindigkeiten keine Wirksamkeit angenommen werden kann. Auch innerorts sterben die meisten Personen bei Kollisionsgeschwindigkeiten über 40 km/h: Im Kollektiv in Hannover waren das 80 % der Getöteten, 60 % kollidierten im Bereich 41 bis 60 km/h [Tab. 1]. Daraus folgt, daß die geforderten Schutzmaßnahmen am Pkw um so wirksamer werden könnten, je mehr es durch begleitende Maßnahmen gelänge, die Innerortsgeschwindigkeiten zu reduzieren.

In der folgenden Berechnung wird trotz aller Unsicherheit unterstellt, daß wie in Hannover 20 % aller innerorts von der Pkw-Front getöteten Fußgänger bei Pkw-Geschwindigkeiten bis 40 km/h verunglücken. Von allen Verunglückten (nicht nur den Getöteten) im Bereich bis 40 km/h hatten nur 25 % einen Aufprall auf die Fronthaube, durch den tödliche Kopfver-

letzungen entstehen könnten. Diese Personen könnten durch Verbesserung der Pkw-Front vom Tode gerettet werden (Annahme ‚a‘ in der folgenden Berechnung). Von den übrigen geprüften Fahrzeugteilen sind vermeidbare tödliche Verletzungen nicht zu erwarten. Für Todesfälle, die durch Mehrfachverletzungen entstanden oder die den geprüften Fahrzeugteilen nicht zurechenbar sind, ist eine Minderung nicht abschätzbar. Ein Restrisiko, auch bei leichten Verletzungen zu sterben, bleibt unvermeidbar. (Das trifft besonders für alte Personen zu.)

Wegen der großen Unsicherheit in dieser Schätzung soll zusätzlich eine Maximalabschätzung der Reduktionsmöglichkeit bei den Getöteten gegeben werden: Sie wird ermittelt über die Verteilung der Einzelverletzungen bei allen Verletzten, unabhängig von der Kollisionsgeschwindigkeit: Kopfverletzungen durch die Fronthaube erlitten 11 % (50 von 447 Personen). Dieser Prozentsatz kann als Obergrenze für vermeidbare tödliche Verletzungen bei Fußgängern mit Pkw-Front-Kollision angesehen werden (Annahme ‚b‘).

5.3 Wirksamkeit bei verletzten Fußgängern

Für alle Hauptverletzungen von Personen, die im Pkw-Kollisionsgeschwindigkeitsbereich bis 40 km/h von der Pkw-Front verletzt wurden ($n = 253$), wurde die Reduktion ermittelt, die sich ergibt, wenn Einzelverletzungen durch Stoßstange, Frontkante und Haube um einen AIS-Schweregrad herabgestuft werden. Danach könnten in Hannover 12 % aller Verletzten ($n = 29$) unverletzt bleiben, insgesamt könnten 24 % ($n = 61$) eine Minderung ihrer Verletzungsschwere erfahren.

Bewertet wird der Übergang von Getöteten zu Schwerverletzten, von Schwer- zu Leichtverletzten und Leicht- zu Unverletzten. Dazu müssen die MAIS-Klassen (Tab. 6) in Kategorien Schwer- und Leichtverletzte überführt werden. Diese Zuordnung erfolgt nach der Verteilung der ambulanten und stationären Behandlungen (Tab. 8). 174 Verletzte wurden ambulant behandelt und gelten als Leichtverletzte (nach der Definition der amtlichen Straßenverkehrsstatistik). Diesen 174 Leichtverletzten wurden die leichtesten Schweregrade zugeordnet, nämlich alle 156 Verletzten mit MAIS-Klasse 1 und 18 mit MAIS-Klasse 2. Daraus ergibt sich, daß die Gesamtheit der Verletzten der MAIS-Klasse 2 ($n = 64 = 100\%$) aufzuteilen sind in 18 (= 28 %) Leichtverletzte und 46 (= 72 %) Schwerverletzte. Verletzte mit MAIS 3 und darüber wurden als Schwerverletzte eingestuft.

Nach diesem Verteilungsschlüssel wurden auch Verletzte aufgeteilt, die eine Verletzungsminderung durch die Maßnahme zu erwarten hätten (vgl. Tab. 10). Danach ergab sich, daß 19 % ($n = 33$) aller Leichtverletzten und 37 % ($n = 28$) aller Schwerverletzten von der Verbesserung der Fahrzeugfront profitieren könnten. Aber nur 20 % aller Schwerverletzten ($n = 15$) wechseln in die Gruppe der Leichtverletzten und 16 % der Leichtverletzten ($n = 29$) könnten unverletzt bleiben.

5.4 Wirksamkeit bei Radfahrern

Für Radfahrer wurde untersucht, wieweit Kopfverletzungen durch die Pkw-Fronthaube gemindert oder vermieden werden können.

Im Verunglücktenkollektiv in Hannover kollidierten alle getöteten Radfahrer bei Geschwindigkeiten über 40 km/h mit der Pkw-Front (Tab. 3, 4). Daraus folgt, daß durch die Maßnahme bei diesen Verkehrsteilnehmern keine Todesfälle vermieden werden können. Von den schwerverletzten Radfahrern (nach amtlicher Verletzungsschwere) kollidierten etwa 30 % der innerorts Verunglückten und rd. 20 % der außerorts Verunglückten im Pkw-Geschwindigkeitsbereich bis 40 km/h mit der Pkw-Front. 18 % dieser Schwerverletzten hatten einen Fronthaubenaufprall, etwa $\frac{1}{3}$ davon schlugen mit dem Kopf auf. Der höchste Schweregrad für Kopfverletzungen war AIS 3. Doppelverletzungen sind nicht bekannt. Deshalb wird hier angenommen, daß mindestens die Fronthaubenkopfverletzten durch die Maßnahme zu Leichtverletzten werden könnten. Das wären 6 % ($\frac{1}{3}$ von 18 %) aller schwerverletzten Radfahrer, die im wirksamen Geschwindigkeitsbereich mit der Pkw-Front kollidieren.

6 Berechnung der Reduktionsmöglichkeit bei Getöteten, Schwer- und Leichtverletzten

6.1 Rechengang

Das Reduktionspotential wird getrennt nach Ortslagen ermittelt, weil sich ergeben hat, daß außerorts für Getötete kein Nutzen zu erwarten ist.

Schrittweise wird aus der Gesamtzahl der Getöteten/Verletzten der Anteil der Verunglückten durch Pkw-Kollision errechnet (nach der jeweiligen Verteilung bei Unfällen mit 2 Beteiligten 1990 in der amtlichen Statistik), daraus der Anteil der Getöteten/Verletzten durch die Pkw-Front (nach der Vertei-

lung in der Unfallerbhebung Hannover), daraus der Anteil der Getöteten/Verletzten bei Kollisionsgeschwindigkeit bis zu 40 km/h (nach der Verteilung in Hannover), daraus das Reduktionspotential (entsprechend der Wirksamkeitsschätzung). In der Gruppe der Verunglückten bei Kollisionsgeschwindigkeit bis 40 km/h sind noch Verunglückte mitgezählt, deren Hauptverletzung nicht durch zu prüfende Fahrzeugteile entstand, sondern z. B. durch Anprall an die Frontscheibe oder auf die Fahrbahn. Der Reduktionsanteil berücksichtigt daher nur Minderungen bei Verletzungen durch Pkw-Teile, die der Prüfung unterliegen.

6.2 Getötete Fußgänger

Verunglückte	Prozent **)	Anzahl
Getötete innerorts	100%	989
davon 71,5% durch Pkw Kollision	71,5%	
davon 92,6% durch Pkw Front	66,2%	
davon 20% bei Kollisionsgeschwindigkeit bis 40km/h	13,2%	131
mögliche Reduktion:		
a) 25% der bis 40km/h Getöteten	3,3%	33
b) 11% aller Frontverletzten	7,3%	72

6.3 Schwerverletzte Fußgänger

Ortslage	Schwerverletzte	Prozent **)	Anzahl
innerorts	gesamt	100%	13.667
	davon 81,76 % durch Pkw-Kollision	81,8%	
	davon 74,2% durch Pkw Front	60,7%	
	davon 66,7% bei Kollisionsgeschwindigkeit bis 40 km/h	40,5%	5.535
außerorts	gesamt	100%	1.288
	davon 76,3% durch Pkw Kollision	76,3%	
	davon 72,6% durch Pkw Front	55,4%	
	davon 50,8% bei Kollisionsgeschwindigkeit bis 40 km/h	28,1 %	362
alle Ortslagen	Summe innerorts + außerorts	100%	14.955
	davon durch Pkw-Front bei Pkw-Kollisionsgeschwindigkeit bis 40 km/h	39,4%	5.897
	Reduktionspotential:		
	davon sind 20 % als Reduktion in Geldeinheiten bewertbar (gerundet 1200)	7,9%	1.179
	weitere 17% sind derzeit nicht in Geld bewertbar	6,7%	

**) Prozentsatz umgerechnet, bezogen auf die jeweilige Gesamtzahl der Ortslage

6.4 Leichtverletzte Fußgänger

Ortslage	Leichtverletzte Fußgänger	Prozent ^{**)}	Anzahl
innerorts	gesamt	100%	23.063
	davon 73,7 % durch Pkw-Kollision	73,7%	
	davon 66,7% durch Pkw Front	49,2%	
	davon 89% bei Kollisions- geschwindigkeit bis 40 km/h	43,8%	10.100
	Reduktionspotential: davon 16%	7,0%	1.616
	(gerundet 1600)		
außerorts keine Reduktionsmöglichkeit			

6.5 Schwerverletzte Radfahrer

Ortslage	Schwerverletzte	Prozent ^{**)}	Anzahl
Innerorts	Schwerverletzte gesamt	100%	12.617
	davon durch Pkw	56,4%	
	davon 71,9 % durch Pkw Front	40,5%	
	davon 72,3 % bei Pkw- Kollisions-Geschwindigkeit bis 40 km/h	29,3%	3.699
außerorts	Schwerverletzte gesamt	100%	3.103
	davon durch Pkw	46,5%	
	davon 84,8 % durch Pkw-Front	39,4%	
	davon bei Pkw-Kollisions- Geschwindigkeit bis 40 km/h 48,7%	19,2%	596
alle Ortslagen	Summe innerorts + außerorts	100%	15.720
	davon durch Pkw-Front bei Pkw-Kollisionsgeschwindigkeit bis 40 km/h	27,3%	4.295
	Reduktionspotential: davon Kopfverletzte	1,6%	257
	durch Fronthaube 6%		
	(gerundet 260)		

^{**)} Prozentsatz umgerechnet, bezogen auf die jeweilige Gesamtzahl der Ortslage

7 Berechnung des Nutzens aus der Schadensminderung bei Verunglückten

7.1 Bewertungsproblematik

Da die Reduktion der Verletzungsschwere nach AIS geschätzt wird, liegt es nahe, Kostensätze für AIS-Klassen (oder MAIS-Klassen) anzuwenden. Das scheitert daran, daß AIS-Klassen sich an der Lebensbedrohung und nicht an Kosten orientieren. „Beim Versuch, den AIS-Stufen Verletzungsfolgenkosten zuzuordnen, ergab sich eine unbefriedigend große Streuung der Kosten je AIS-Grad, die realistische Effizienzprognosen bestimmter Sicherheitsmaßnahmen verhindern ...“ [vgl. 13, Seiten 46 ff]. Auch Kostensätze für einzelne Verkehrsteilnehmergruppen, die deren typischen Verletzungsarten berücksichtigen würden, gibt es bis jetzt nicht.

Typisch für Fußgängerunfälle sind neben schweren, oft lebensbedrohlichen Kopfverletzungen Beinverletzungen mit geringer Sterbewahrscheinlichkeit, d. h. niedrigen AIS-Stufen, aber einer langen stationären Behandlungsdauer und wahrscheinlich hohem Anteil an Minderung der Erwerbsfähigkeit. Gerade durch Minderung der Erwerbsfähigkeit und lange stationäre Behandlung entstehen hohe volkswirtschaftliche Kosten.

Zur Erwerbsunfähigkeits- oder zur Kostensituation stehen aber für das Verunglücktenkollektiv in Hannover keine Angaben zur Verfügung. Aus der Verteilung der Schwerverletzten mit bekannter stationärer Erstbehandlungsdauer ($n = 62$) in der Medizinischen Hochschule Hannover ergibt sich, daß 45 % ($n = 28$) länger als 14 Tage im Krankenhaus blieben und von diesen 68 % ($n = 19$) bei einer Geschwin-

digkeit bis zu 40 km/h verunglückten. Ein großer Anteil teurer Personenschäden entsteht demnach wahrscheinlich schon im Geschwindigkeitsbereich, bei dem die Maßnahme wirkt.

Für die folgende Schätzung sind pauschale Kostensätze für Personenschäden aus Straßenverkehrsunfällen verfügbar, die sich an den Definitionen der amtlichen deutschen Straßenverkehrsunfallstatistik für die Verletzungsschwere orientieren. Diese Kostensätze sind insoweit geeignet, als sie den Übergang von Getöteten zu Schwerverletzten, von Schwerverletzten zu Leichtverletzten und von Leichtverletzten zu Unverletzten bewerten. Aus der Wirksamkeitsschätzung (5.3) hatte sich ergeben, daß 37 % aller Schwerverletzten (die im Kollisionsgeschwindigkeitsbereich bis 40 km/h von der Pkw-Front verletzt wurden) eine Minderung der Verletzungsschwere erfahren, aber nur 20 % in die Gruppe der Leichtverletzten überwechseln. Nur diese 20 % können mit den pauschalen Kostensätzen bewertet werden. Der Nutzen der verbleibenden 17 %, die trotz Minderung der Verletzungsschwere „Schwerverletzte“ bleiben, läßt sich nicht berechnen, weil für dieses Verletztenkollektiv keine Kostensätze verfügbar sind. Es kann aber gezeigt werden, daß auch diese Gruppe ein erhebliches Nutzenpotential darstellt. Das soll an einem Kostenbeispiel der Berufsgenossenschaften verdeutlicht werden [13] – siehe Tabelle unten:

Einschränkend muß bei der Betrachtung dieses Beispiels bedacht werden, daß diese Kostensätze nicht auf ein Verletztenkollektiv übertragbar sind, das nicht über die Berufsgenossenschaften versichert ist [13, S. 132 ff.]. Berufsgenossenschaften erbringen Leistungen, die andere Kranken- und Rentenversicherungen gar nicht aufwenden (z. B.

Verletzungsart nach Schwere	Dauer station. Behandlung in Tagen	Gesamtwirtschaftl. Kosten ohne Todesfälle pro Fall in DM	darin enthalten	
			Stationäre Behandlungskosten in DM	Ressourcenausfallkosten durch Minderung der Erwerbsfähigkeit in DM
Unterschenkelprellung/Quetschung	11	32.000	5.640	17.280
geschlossene Unterschenkelfraktur	30	140.000	15.270	92.230
offene Unterschenkelfraktur	41	211.000	22.940	148.010

behindertengerechter Wohnungsumbau). Bereits etwa die Hälfte der verunglückten Fußgänger sind Kinder und Rentner, die bei den Berufsgenossenschaften nicht erfaßt werden. Das Kostenbeispiel der Berufsgenossenschaften zeigt jedoch, daß Fußgängererletzungen teure Personenschäden sind, und daß schon eine Minderung der Verletzungsschwere innerhalb der „Schwererletzten“ sich kostenmindernd auswirkt. Eine Kostenminderung – nur auf einem anderen Niveau – ist für das hier untersuchte Schwererletztenkollektiv ebenfalls zu erwarten, aber nicht quantifizierbar. Bei der folgenden Berechnung für die Bundesrepublik Deutschland mit pauschalen Kostensätzen handelt es sich deshalb um eine Mindestschätzung.

Innerhalb der EG gibt es bisher weder einheitliche Definitionen für Verletzungsschwere noch einheitliche Bewertungsmaßstäbe oder Methoden. Eine Übersicht über den Ist-Zustand in europäischen Ländern (nicht nur EG) im Jahr 1990 mit Empfehlungen für eine künftige Harmonisierung hat die Gruppe COST 313 erarbeitet [12]. Die Bewertungsunterschiede der einzelnen Länder sind beträchtlich: So ist der höchste Wert für einen Getöteten 20mal höher als der niedrigste Wert. (Niederlande 105 546

ECU, Schweiz 2 165 560 ECU). Will man eine EG-weite Berechnung durchführen, so bestimmt bereits die Auswahl des Kostensatzes das Ergebnis entscheidend mit.

Eine Bewertung mit deutschen Kostensätzen, ob nun in DM oder zur formalen Vergleichbarkeit in ECU ausgedrückt, spiegelt die Situation in der Bundesrepublik Deutschland wider. Die Vergleichsberechnung mit den von COST 313 ermittelten europäischen Durchschnittskostensätzen ist der Versuch, unterschiedlichste Wertansätze rechnerisch auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen und die Schwankungen im Ergebnis aufzuzeigen.

7.2 Bewertung mit pauschalen Kostensätzen für die Bundesrepublik Deutschland 1990 [Quelle BAST]

1 Getöteter	=	1 390 000 DM
1 Schwererletzter	=	63 000 DM
1 Leichtverletzter	=	5 600 DM

(Bewertet wird jeweils mit der Differenz zum Kostensatz der leichteren Verletzungsschwere, z. B. 1 Schwererletzter = 63 000 – 5 600 = 57 400 DM.)

Schadenskategorie	Anzahl der Fälle pro Jahr	Schadensminderung in Mio. DM
Getötete Fußgänger	mindestens 33 höchstens 72	43,8 bis 95,5
Schwererletzte Fußgänger	1.200	69,0
Leichtverletzte Fußgänger	1.600	9,0
Schwererletzte Radfahrer	260	14,9

vermeidbarer Gesamtschaden: 137 bis 188 Mio. DM.

Deutscher Kostensatz	Europäischer Durchschnittskostensatz
1 Getöteter: 677.355 ECU	681.928 ECU
1 Schwererletzter 30.700 ECU	42.779 ECU
1 Leichtverletzter 2.729 ECU	2.274 ECU
vermeidbarer Schaden	vermeidbarer Schaden
Getötete 21 Mio. bis 47 Mio. ECU	21 Mio. bis 46 Mio. ECU
Schwererletzte 41 Mio. ECU	59 Mio. ECU
Leichtverletzte 4 Mio. ECU	4 Mio. ECU
Gesamt 66 Mio. bis 92 Mio. ECU	84 Mio. bis 109 Mio. ECU

(Bewertet wird jeweils mit der Differenz zum Kostensatz der leichteren Verletzungsschwere)

7.3 Bewertung in ECU* ** *) mit den deutschen und mit europäischen Durchschnittskostensätzen [12, S. 28, S. 46 f.] (Bundesrepublik Deutschland 1990)

7.4 Nutzen pro neuzugelassenem Pkw (alte Bundesländer 1990)

Wenn die Prüfvorschrift für alle rd. 3 Mio. neu zugelassenen Pkw eingeführt wird, ist erst nach 10 Jahren der gesamte Pkw-Bestand ausgerüstet (bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von 10 Jahren, von Zulassung bis Abmeldung im Bestandsregister).

Unterstellt man einen Ausrüstungsgrad von 100 %, dann entfällt auf einen Pkw ein vermeidbarer Schaden

- von 46 bis 63 DM
- oder 22 bis 31 ECU (nach deutschen Kostensätzen)
- oder 28 bis 36 ECU (nach europäischen Durchschnittskostensätzen).

Die Maßnahme ist nach diesem Ergebnis nur zu empfehlen, wenn die Kosten pro Pkw zum Preisstand 1990 den angegebenen Betrag nicht überschreiten.

8 Zeitliche und regionale Übertragbarkeit des Ergebnisses

Es ist damit zu rechnen, daß die Prüfvorschrift, die in allen EG-Ländern gültig werden soll, frühestens im Jahre 2000 für neuzugelassene Pkw eingeführt wird. Die Vollausrüstung wäre dann im Jahre 2010 erreicht.

Bis dahin haben sich die Verkehrsverhältnisse innerhalb Deutschlands wahrscheinlich so angeglichen, daß dieses Ergebnis für ganz Deutschland gilt, soweit es zeitlich übertragbar ist.

Gleichbleibendes Risiko, als Fußgänger zu verunglücken, unterstellt, würde der errechnete Nutzen (pro neuzugelassenen Pkw) von der zeitlichen Entwicklung der Fußgängerzahl und der Anzahl neuzugelassener Pkw abhängen. Die Entwicklung der Fußgängerzahl wird hier gemessen an der Entwicklung der Bevölkerungsanzahl. Nach Vorausschätzungen des Statistischen Bundesamtes aus dem Jahre 1992 für die Bevölkerungsentwicklung [14]

der alten Bundesländer und nach Schätzung der Shell AG [15] aus dem Jahre 1991 (die in der Bevölkerungsschätzung mit dem Statistischen Bundesamt übereinstimmt), ergibt sich folgende

Prognose für Gesamtdeutschland [15]:

Jahr	1990	2000	2010
Bevölkerung in Millionen	79,6	81,0	79,0
Pkw-Neuzulassungen in Millionen	3,3	3,2	3,5
Bevölkerung pro Pkw-Neuzulassungen	24	25	23

Aus der Prognose der Bevölkerungsentwicklung und Entwicklung der Pkw-Neuzulassungen läßt sich keine Veränderung des ermittelten Nutzenpotentials herleiten (der zunehmende Anteil alter Menschen könnte dazu führen, daß die Getötetenzahl leicht steigt).

Das Unfallrisiko, gemessen am Anteil getöteter Fußgänger zur Bevölkerung, ist allerdings von 1980 bis 1990 von 50 Getöteten je Million Einwohner auf 23 Getötete gesunken. Dieses Ergebnis ist aber nicht Folge einer Gesetzmäßigkeit, die sich rechnerisch in einer Zeitreihe fortschreiben ließe, sondern kann als Folge von intensiven Verkehrssicherheitsmaßnahmen angesehen werden [16]. Die Abwärtsentwicklung der Getötetenrate könnte sich durch weitere Sicherheitsmaßnahmen in Zukunft fortsetzen. Es ist wahrscheinlich, daß ein großer Anteil getöteter Fußgänger als Verletzte überleben könnte, wenn innerorts durch entsprechende Maßnahmen die Pkw-Geschwindigkeiten so gesenkt würden, daß die Kollisionsgeschwindigkeit 40 km/h seltener übersteigt (vgl. Tab. 1). Unter dieser Voraussetzung würde sich das Nutzenpotential des Fußgängerschutzes am Fahrzeug stark erhöhen, weil dann Verunglückte, die wegen zu hoher Kollisionsgeschwindigkeiten jetzt nicht in den Wirkungsbereich der Maßnahme fallen, eher als Verletzte überleben und durch die Maßnahme zusätzlich eine Minderung ihrer Verletzungsschwere zu erwarten hätten.

Räumlich auf andere EG-Länder übertragen läßt sich die Berechnung des Nutzenpotentials, wenn in diesen Ländern die maßgeblichen Einflußfaktoren für Fußgängerunfallfolgen mit denen in Hannover vergleichbar sind. Das trifft besonders auf die Verteilung der Verunglückten nach Kollisionsge-

***) 1 ECU = 2,0521 DM, Jahresmittel, 1990 [18]

schwindigkeiten zu. Hierzu sind keine vergleichbaren Werte bekannt. Das Unfallrisiko für Fußgänger ist in den einzelnen EG-Ländern sehr unterschiedlich. Einen Anhaltspunkt gibt ein Vergleich der Fußgängerunsicherheit, gemessen an getöteten Fußgängern pro 1 Million Einwohner 1989 [vgl. 17, S. 32].

Rangplatz	Land	Unsicherheitsmaßzahl
1	Niederlande	13
2	Italien	17
3	Luxemburg	24
4	Deutschland	26
5	Dänemark	26
6	Belgien	29
7	Frankreich	29
8	Großbritannien	30
9	Irland	40
10	Spanien	41
11	Griechenland	44
12	Portugal	85

Ellinghaus [17, S. 33] weist darauf hin, daß in den drei Ländern, die besonders schlecht bei diesem Vergleich abschneiden, eine Innerortsgeschwindigkeitsbegrenzung von 60 km/h galt. Für diese Länder ist eine Verteilung der Kollisionsgeschwindigkeiten für verunglückte Fußgänger zu erwarten, die nur wenige Verunglückte im Wirksamkeitsbereich der Maßnahme beläßt. Hohe Verunglücktenzahlen in einem Land lassen noch nicht auf ein hohes Nutzungspotential für die Maßnahmen schließen. Eine formale Umrechnung des Ergebnisses für Deutschland auf andere EG-Länder wird wegen der hohen Unsicherheit deshalb nicht vorgenommen.

9 Literatur

- [1] Frontal Surfaces in the Event of Impact with a Vulnerable Road User, EEVC WG 10, Proposal for Test Method, 26. 1. 1992.
- [2] CESARI, D.; ALONZO, F.; MATYJEWSKI, M.: Subsystem Test for Pedestrian Lower Leg and Knee Protection, 13. ESV Conference, Paris 1991.
- [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.
- [4] GLAESER, K.-P.: Development of a Head Impact Test Procedure for Pedestrian Protection, 13. ESV Conference, Paris 1991.
- [5] ZELLMER, H.; GLAESER, K.-P.: Der Kopfaufprall auf die Fronthaube beim Fußgängerunfall – Anwendung eines Prüfvorschlages, Zeitschrift für Verkehrssicherheit 39, 1993, S. 34 f.
- [6] ZELLMER, H.; GLAESER, K.-P.: Performance of Current Cars in Pedestrian Accidents Tested with the Proposed EEVC Head Impactor, Bundesanstalt für Straßenwesen, November 1992.
- [7] LAWRENCE, G. J. L.; HARDY, B. J.: Report on Tests Using the Draft Directive for Pedestrian Protection on Cars, TRL November 1992.
- [8] Statistisches Bundesamt: Fachserie 8, Reihe 7, Verkehrsunfälle 1990, Wiesbaden 1991.
- [9] HAUTZINGER u. a.: Dunkelziffer bei Unfällen mit Personenschäden, unveröffentlichter Forschungsbericht der BAST, Nr. 8503, März 1993.
- [9 a] HAUTZINGER: Statistische Methoden zur Auswertung der Erhebungen am Unfallort, Forschungsbericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 1990.
- [10] OTTE, NEHMZOW: Erhebungen am Unfallort in Stadt und Landkreis Hannover, Verkehrsunfallforschung Medizinische Hochschule Hannover.
- [11] OTTE, D.: Einfluß der Fahrzeugfrontgeometrie auf die Verletzungssituation von verunfallten

Fußgängern, unveröffentlichter Bericht, April 1989.

- [12] Europäische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der wissenschaftlichen und technischen Forschung, COST 313, Socioeconomic cost of road accidents, im Entwurf von Februar 1993.
- [13] MATTERN u. a.: Verletzungsfolgekosten nach Straßenverkehrsunfällen in: FAT Schriftenreihe, Heft 73, Frankfurt 1988.
- [14] SOMMER: Entwicklung der Bevölkerung bis 2030, in: Statistisches Bundesamt (Hrg.), Wirtschaft und Statistik, Heft 4/1992.
- [15] Deutsche Shell AG, Aktuelle Wirtschaftsanalysen, 9/91 Heft 22, Motorisierung nach der Vereinigung: Aufbruch zu neuen Dimensionen, Szenario „EG als Block“.
- [16] BRÜHNING u. a.: Zum Rückgang der Getötetenzahlen im Straßenverkehr, in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 32/1986.
- [17] Zitiert nach ELLINGHAUS, Fußgänger, Uniroyal Verkehrsuntersuchung Nr. 17, Köln/Aachen 1992.
- [18] EUROSTAT, Statistische Grundzahlen der Gemeinschaft, 1991

10 Tabellenanhang

Tab. 1:

Innerorts verunglückte Fußgänger bei Kollision mit der Pkw-Front Verteilung auf Kollisionsgeschwindigkeiten und amtliche Verletzungsschwere (Unfälle im Großraum Hannover 1985 - 1991, statistisch gewichtet)

Anprallge- schw. Pkw	gesamt		amtlicher Verletzungsschweregrad					
			leicht verletzt		schwer verletzt		getötet	
gesamt	435	100,0 %	282	100,0 %	144	100,0 %	8	100,0 %
bis 10	39	12,3 %	37	18,6 %	2	1,9 %	-	-
11 - 20	68	21,6 %	51	26,2 %	17	15,0 %	-	-
21 - 30	87	27,6 %	64	32,6 %	23	20,7 %	0	3,5 %
31 - 40	57	18,0 %	23	11,6 %	33	29,1 %	1	16,4 %
41 - 50	38	12,1 %	18	9,1 %	19	16,9 %	1	17,3 %
51 - 60	19	6,0 %	4	1,9 %	12	10,5 %	3	42,6 %
61 - 70	5	1,6 %	-	-	5	4,4 %	0	2,8 %
> 70	3	0,9 %	-	-	1	1,3 %	1	17,5 %
unbekannt	120	-	87	-	33	-	1	-

Quelle [10]

Tab. 2:

Außerorts verunglückte Fußgänger bei Kollision mit der Pkw-Front Verteilung auf Kollisionsgeschwindigkeiten und Verletzungsschwere (Unfälle im Großraum Hannover 1985 - 1991, statistisch gewichtet)

Anprallge- schw. Pkw	gesamt		amtlicher Verletzungsschweregrad					
			leicht verletzt		schwer verletzt		getötet	
gesamt	11	100,0 %	-	-	9	100,0 %	3	100,0 %
Anprallge- schw. Pkw bis 10	0	4,8 %	-	-	0	7,6 %	-	-
11 - 20	1	12,0 %	-	-	1	18,9 %	-	-
21 - 30	0	5,2 %	-	-	0	8,1 %	-	-
31 - 40	1	10,3 %	-	-	1	16,2 %	-	-
41 - 50	0	2,9 %	-	-	-	-	0	8,0 %
51 - 60	1	19,2 %	-	-	1	30,2 %	-	-
61 - 70	1	15,5 %	-	-	1	12,9 %	1	20,0 %
> 70	2	30,1 %	-	-	0	6,1 %	2	72,1 %
unbekannt	4	-	-	-	4	-	-	-

Quelle [10]

Tab. 3:

Innerorts verunglückte Radfahrer bei Kollision mit der Pkw-Front Verteilung auf Kollisionsgeschwindigkeiten und amtliche Verletzungsschwere (Unfälle im Großraum Hannover 1985 - 1991, statistisch gewichtet)

Anprallgeschw. Pkw	gesamt		amtlicher Verletzungsschweregrad					
			leicht verletzt		schwer verletzt		getötet	
gesamt	688	100,0 %	580	100,0 %	105	100,0 %	3	100,0 %
Anprallgeschw. Pkw bis 10	104	21,8 %	96	24,1 %	8	10,7 %	-	-
11 - 20	146	30,7 %	131	32,8 %	15	20,4 %	-	-
21 - 30	109	22,9 %	92	23,2 %	17	22,4 %	-	-
31 - 40	70	14,7 %	56	14,1 %	14	18,8 %	-	-
41 - 50	32	6,8 %	19	4,7 %	13	17,0 %	1	39,5 %
51 - 60	10	2,2 %	5	1,2 %	5	7,1 %	-	-
61 - 70	4	0,8 %	-	-	2	3,2 %	1	49,6 %
> 70	1	0,1 %	-	-	0	0,5 %	0	10,9 %
unbekannt	212	-	182	-	30	-	1	-

Quelle [10]

Tab. 4:

Außerorts verunglückte Radfahrer bei Kollision mit der Pkw-Front Verteilung auf Kollisionsgeschwindigkeiten und amtliche Verletzungsschwere (Unfälle im Großraum Hannover 1985 - 1991, statistisch gewichtet)

Anprallgeschw. Pkw	gesamt		amtlicher Verletzungsschweregrad					
			leicht verletzt		schwer verletzt		getötet	
gesamt	42	100,0 %	27	100,0 %	13	100,0 %	2	100,0 %
Anprallgeschw. Pkw bis 10	2	5,4 %	-	-	2	16,7 %	-	-
11 - 20	3	8,3 %	2	9,6 %	1	7,4 %	-	-
21 - 30	10	34,1 %	9	49,9 %	1	9,8 %	-	-
31 - 40	5	16,3 %	3	18,6 %	1	14,8 %	-	-
41 - 50	3	8,6 %	-	-	2	19,0 %	1	43,8 %
51 - 60	2	7,0 %	-	-	2	19,5 %	0	12,3 %
61 - 70	3	9,2 %	3	13,7 %	-	-	0	12,3 %
> 70	3	11,1 %	2	8,3 %	1	12,8 %	1	31,5 %
unbekannt	11	-	8	-	3	-	-	-

Quelle [10]

Tab. 5:

Pkw-Front-verletzte Fußgänger bei allen Kollisionsgeschwindigkeiten Verteilung auf Verletzungsschwere (in MAIS) und auf Altersgruppen (Unfälle im Großraum Hannover 1985 - 1991, statistische gewichtet)

maximaler Verletzungsschweregrad	gesamt		Altersgruppe					
			bis 14		15 - 65		über 65	
gesamt	317	100,0 %	93	100,0 %	171	100,0 %	52	100,0 %
unverletzt	1	0,4 %	-	-	1	0,7 %	-	-
MAIS 1	174	55,0 %	65	69,6 %	90	52,7 %	19	36,6 %
MAIS 2	85	26,9 %	19	20,3 %	48	28,1 %	18	35,1 %
MAIS 3	40	12,6 %	9	9,7 %	21	12,3 %	10	18,4 %
MAIS 4	7	2,3 %	-	-	5	3,0 %	2	4,2 %
MAIS 5	5	1,7 %	-	-	4	2,4 %	1	2,5 %
MAIS 6	3	1,0 %	0	0,4 %	1	0,8 %	2	3,1 %
Letalität								
verstorben	9	2,9 %	0	0,4 %	3	2,0 %	5	10,4 %
überlebt	307	97,1 %	93	99,6 %	167	98,0 %	47	89,6 %

Tab. 6:

Pkw-Front-verletzte Fußgänger bei Kollisionsgeschwindigkeiten bis 40 km/h Verteilung auf Verletzungsschwere (in MAIS) und auf Altersgruppen (Unfälle im Großraum Hannover 1985 - 1991, statistische gewichtet)

maximaler Verletzungsschweregrad	gesamt		Altersgruppe					
			bis 14		15 - 65		über 65	
gesamt	250	100,0 %	82	100,0 %	127	100,0 %	41	100,0 %
unverletzt	1	0,5 %	-	-	1	1,0 %	-	-
MAIS 1	156	62,3 %	60	72,5 %	77	60,6 %	19	47,2 %
MAIS 2	64	25,5 %	18	21,6 %	32	25,2 %	14	34,4 %
MAIS 3	25	10,0 %	5	5,8 %	14	10,7 %	7	16,1 %
MAIS 4	2	0,7 %	-	-	1	0,8 %	1	1,6 %
MAIS 5	3	1,0 %	-	-	2	1,8 %	0	0,7 %
MAIS 6	-	-	-	-	-	-	-	-
Letalität								
verstorben	2	0,6 %	-	-	1	0,4 %	1	2,5 %
überlebt	249	99,4 %	82	100,0 %	127	99,6 %	40	97,5 %

Quelle: [10]

Tab. 7:

Pkw-Front-verletzte Fußgänger bei allen Kollisionsgeschwindigkeiten Dauer der stationären Erstbehandlung nach Altersgruppen (Unfälle im Großraum Hannover 1985 - 1991, statistische gewichtet)

primäre Behandlungs- dauer	gesamt		Altersgruppen					
			bis 14		15 - 65		über 65	
gesamt	317	100,0 %	93	100,0 %	171	100,0 %	52	100,0 %
ambulant	196	61,9 %	65	70,0 %	110	64,3 %	21	39,2 %
<u>stationär</u>								
bis 3 Tage	16	5,0 %	7	7,7 %	5	3,2 %	3	6,4 %
4 - 7 Tage	12	3,7 %	5	5,1 %	6	3,7 %	0	0,7 %
8 -14 Tage	6	2,0 %	-	-	4	2,3 %	2	4,6 %
üb. 14 Tage	28	8,8 %	2	2,0 %	16	9,4 %	10	19,1 %
verstorben	2	0,7 %	-	-	0	0,3 %	2	3,5 %
unbekannt	57	17,9 %	14	15,1 %	29	16,9 %	14	26,5 %

Tab. 8:

Pkw-Front-verletzte Fußgänger bei Kollisionsgeschwindigkeiten bis 40 km/h Dauer der stationären Erstbehandlung nach Altersgruppen (Unfälle im Großraum Hannover 1985 - 1991, statistische gewichtet)

primäre Behandlungs- dauer	gesamt		Altersgruppen					
			bis 14		15 - 65		über 65	
gesamt	250	100,0 %	82	100,0 %	127	100,0 %	41	100,0 %
ambulant	174	69,7 %	62	75,2 %	93	73,2 %	20	47,7 %
<u>stationär</u>								
bis 3 Tage	12	4,7 %	6	6,8 %	4	3,0 %	2	5,9 %
4 - 7 Tage	8	3,1 %	4	4,5 %	4	2,9 %	0	1,0 %
8 -14 Tage	5	2,0 %	-	-	3	2,0 %	2	5,9 %
üb. 14 Tage	19	7,7 %	2	2,3 %	9	7,2 %	8	20,1 %
verstorben	0	0,2 %	-	-	-	-	0	1,2 %
unbekannt	32	12,6 %	9	11,7 %	15	11,7 %	8	18,4 %

Quelle: [10]

Tab. 9: Reduktionspotential bei Verletzungen durch geprüfte Teile der Fahrzeugfront

Verletzungs- schwere	Verteilung der re- alen Verunglückten bei bis 40 km/h		Aufprallgeschwindigkeit bis 20 km/h			Aufprallgeschwindigk. 21 bis 40km/h			Gesamt Reduktion*
			Reduktion bei Verletzungen durch			Reduktion bei Verletzungen durch			
			Stoßstange	Frontkante	Haube	Stoßstange	Frontkante	Haube	
unver- letzt	0	0 %	+ 9,6	0	+ 5,8	+ 5,8	+ 5,5	+ 2	+ 28,7
MAIS 1	159	62,8 %	- 6,9	+ 0,6	- 3,6	- 1,6	- 4	+ 1,3	- 14,2
MAIS 2	64	25,3 %	- 0,6	- 0,6	- 1,7	+ 2,2	+ 4	- 2	+ 1,3
MAIS 3	25	9,9 %	- 2,1	0	-0,5	- 6,4	- 5,5	- 0,6	- 15,1
MAIS 4	2	0,8 %	0	0	0	0	0	- 0,7	- 0,7
MAIS 5	3	1,2 %	0	0	0	0	0	0	0
MAIS 6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	253	100 %							

Datenquelle [10]

* Dezimalstellen bei Personenzahlen entstehen durch die Gewichtung zu Repräsentativzwecken im Raum Hannover

Tab.10: Umrechnung der MAIS-Verletzungsschwere in Schwer- und Leichtverletzte bei Pkw-Front-Verletzten Fußgängern
(bei Kollisionsgeschwindigkeit Pkw bis 40 km/h)

Verletztenschwere		Reduktionsanzahl											Realverteilung		
		Minderung			Zugang				Saldo				Anzahl		
MAIS	Zuordnungs- schlüssel	MAIS	SV	LV	MAIS	SV	LV	UV	MAIS	SV	LV	UV	MAIS	SV	LV
unver- letzt		-	-	-	+29	-	-	+29	29	-	-	29	-	-	-
MAIS 1	100% LV	-29	-	-29	+15		11+4	-	-14	-	-14	-	156	-	156
MAIS 2	28% LV 72% SV	-15	-11	-4	+16	+12	+4	-	+ 1	+ 1	0	-	64	46	18
MAIS 3	100% SV	-16	-16	-	+ 1	+ 1	-	-	-15	-15	-	-	25	25	-
MAIS 4	100% SV	- 1	- 1	-	-	-	-	-	- 1	- 1	-	-	2	2	-
MAIS 5	100% SV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	0
MAIS 6	100% SV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	
Summe		-61	-28	-33	61	13	19	29	0	-15	-14	+29	250	76	174

Abkürzungen:

LV = Leichtverletzt

SV = Schwerverletzt

UV = Unverletzt

Ergebnis:

Unverletzt, vorher Leichtverletzt = 29

Leichtverletzt, vorher Schwerverletzt = 15 (11 aus MAIS 2, 4 aus MAIS 3)

Personen mit Minderung einer MAIS-Stufe = 61

SV " " " " " = 28

LV " " " " " = 33

Datenquelle [10]

11 Zusammenfassende Übersicht

Nutzen durch vermeidbare Personenschäden bei Einführung der Testverfahren der EEVC-WG10
Richtlinie zur Prüfung der Pkw-Frontfläche

Gebiet	Bundesrepublik Deutschland
Zeitraum	1 Jahr
Datenbasis	amtliche deutsche Unfallstatistik (ohne Berücksichtigung einer Dunkelziffer) getötete und verletzte Fußgänger und Radfahrer bei Unfällen mit Pkw-Kollision
Wirksamkeitsbereich	Getötete und Verletzte bei Pkw-Kollisionsgeschwindigkeiten bis 40km/h mit Verletzungen durch Pkw-Frontteile, die der Prüfung unterliegen
Wirksamkeitsproportionen	nach Unfallauswertungen im Großraum Hannover [10]. Es wird unterstellt, daß in Hannover wirksame Einflußfaktoren, insbesondere die Verteilung der Kollisionsgeschwindigkeiten, für ganz Deutschland gelten. in Geld bewertbares Reduktionspotential: 3,3% bis 7,3% aller innerorts getöteten Fußg. 7,9% aller schwerverletzten Fußgänger 7,0% aller innerorts leichtverletzten Fußgg. 1,6% aller schwerverletzten Radfahrer; in Geldeinheiten derzeit nicht bewertbares zusätzliches Reduktionspotential: 6,7% aller schwerverletzten Fußgänger
Nutzenbewertung:	Bewertet wird die Reduktion bei Getöteten, die Anzahl der Schwerverletzten, die Leichtverletzte sein könnten, und die Anzahl Leichtverletzter, die unverletzt bleiben könnten, wenn der Pkw-Bestand mit Fußgängerschutz nach den Testanforderungen voll ausgerüstet wäre
Bewertungssätze zur Nutzenbewertung	deutsche Kostensätze: Getötete 1.390.000 DM = 677.355 ECU*) Schwerverletzte 63.000 DM = 30.700 ECU Leichtverletzte 5.600 DM = 2.729 ECU (* Jahresdurchschnittskurs 1990) europäische Durchschnittskostensätze: Getötete 681.928 ECU Schwerverletzte 42.779 ECU Leichtverletzte 2.274 ECU

Anzahl Pkw Neuzulassungen 1990	3 Mio.
Nutzen pro neuzugel. Pkw	46 bis 63 DM (=22 bis 31 ECU) nach deutschen Kostensätzen oder 28 bis 36 ECU nach europäischen Durchschnittskostensätzen [12]
räumliche Übertragbarkeit der Ergebnisse auf EG	wird abgelehnt, weil die Wirksamkeit stark von der Verteilung der Pkw-Kollisionsgeschwindigkeiten und den Frontkonstruktionen der regional gefahrenen Pkw abhängt und deshalb gleiche Bedingungen nicht EG-weit angenommen werden
zeitliche Übertragbarkeit bis 2010	Von der Entwicklung der Bevölkerung und der Pkw-Zulassungen wird kein verändernder Einfluß erwartet, dagegen aber von der Entwicklung der Pkw-Geschwindigkeiten und der Pkw-Frontkonstruktionen.

Benefits From Vehicle-Pedestrian Protection Measures

**Potential Reduction in Casualties
With the Introduction of the
EEVC WG 10 Proposed Procedure
for Testing Passenger Car Fronts**

from

Renate Bamberg
Harald Zellmer

Contents

1	Scope	33
2	Summary Results	33
3	Test Procedure and Results	33
4	Data Base for the Calculation of Potential Benefits	34
5	Effectiveness of Proposed Measure . .	35
5.1	Range of effectiveness	35
5.2	Effectiveness as regards fatal pedestrian casualties	35
5.3	Effectiveness as regards injured pedestrian casualties	36
5.4	Effectiveness as regards cyclists	36
6	Calculation of Potential Reduction in Fatal, Serious and Slight Casualties . .	36
6.1	Calculation procedure	36
6.2	Fatal pedestrian casualties	37
6.3	Serious pedestrian casualties	37
6.4	Slight pedestrian casualties	38
6.5	Serious cyclist casualties	38
7	Calculation of Benefits to be Derived from the Potential Reduction in Casualties	39
7.1	Assessment problems	39
7.2	Estimate for Germany using lump-sum cost unit rates (1990)	40
7.3	Estimate in ECU using average German and European cost unit rates	41
7.4	Potential benefit obtained per newly registered car	41
8	Possible Application of the Results to Other Time Periods and Regions	41
9	References	42
10	Annexed Tables	45
11	Annexed Summary Survey	54

1 Scope

In order to reduce the severity of injuries to unprotected road users struck by cars, car fronts should comply with specific requirements. For this purpose, EEVC WG 10 has proposed a test procedure to test car fronts [1]. In this report, the benefits from saving casualties are assessed which might be expected if all passenger cars were to comply with these requirements.

2 Summary Results

For the Federal Republic of Germany and the year 1990, the potential benefits per newly registered passenger car were estimated at DM 46–63 (22–31 ECU), based on German accident cost unit rates, or at 28–36 ECU, based on the average European cost unit rates.

The measure is cost efficient as long as the costs per newly registered car (at 1990 prices) do not exceed the amount stated.

The benefits were assessed in terms of the cost savings to be expected from the potential reduction in fatalities, in terms of the cost difference to be expected if accident victims suffered slight injuries instead of serious injuries and if accident victims remained uninjured instead of suffering slight injuries. Injury reductions within the total number of serious casualties could not be evaluated. The high under-reporting of casualties could also not be taken account of: the calculated benefits thus represent a minimum value which is greatly affected by the given distribution of impact speeds* of passenger cars.

In order to ensure a reliable data base, the study was undertaken for the Federal Republic of Germany (territorial status before 3 Oct. 1990) and the year 1990. Based on the data obtained, the possible application of the results to other time periods and regions was discussed. The result can, however, be assumed to apply to the whole of Germany since the proposed measure is not to be introduced before the year 2000 and the equipment of all cars with the required pedestrian protection features can probably not be expected before 2010. Based on the predicted population development (assuming that the percentage of pedestrians remains unchanged) and the predicted number of newly registered passenger cars until the year 2010, a change in potential benefits could not be derived.

Since the distribution of impact speeds for the pedestrian accidents of other EC countries is not known, the effectiveness assumed in this study cannot be translated to other countries (cf. annexed summary survey).

3 Test Procedure and Results

The proposed test procedure provides for the simulation of the following types of impacts by means of impactor tests on vehicle components:

- impact of the leg of an adult to the bumper,
- impact of the femur of an adult to the bonnet leading edge,
- impact of the head of a child and an adult to the bonnet.

The tests are conducted under conditions corresponding to an impact in which the pedestrian is struck by a car driving at 40 km/h. If a car complies with the test requirements, it can be assumed that in real accidents in which a pedestrian were struck by this type of car at speeds up to 40 km/h permanent leg injuries or those requiring long term treatment would not have been suffered and irreversible head injuries also not have been the result. It should be pointed out that the area to be tested for a head impact to the bonnet is limited to the rear by the lower windscreen frame.

Test procedures

INRETS developed a “leg impactor” equipped with a specially developed knee piece [2]. The leg impactor is propelled in free flight against the bumper at an impact velocity of 40 km/h. The knee bending angle and the deformation of the knee elements deformed due to the effect of shearing forces may not exceed specific values in each case. Total leg acceleration is limited to 150 g. The requirements are stated in order to limit the danger of ligament ruptures in the knee.

TRL developed a method to simulate the impact of the upper leg of an adult to the bonnet leading edge [3]. This method uses a foam covered tube of a thickness of 35 mm and length of 350 mm. The tube is mounted at either end to a guidance ram. This impactor is propelled in a guided impact mode against the front leading edge. Velocity, angle and mass of

* Potential benefits from the EEVC WG 10 test procedure can only be assumed for impact speeds up to 40 km/h

the impactor are adjusted according to the shape of the car under test. Instrumentation has been provided to measure the resultant forces between the tube and guidance ram and the bending moments at the tube. Both values may not exceed specific limits (4 kN and 220 Nm respectively).

BASt developed a test method to simulate the head impact onto the bonnet [4]. For these tests, two different head impactors, one representing a child head and the other that of an adult, were developed. The impactors are of spherical shape and made of phenolic resin and have a hemispherical silicone skin cover, to represent the scalp. Using a catapult, these test forms are accelerated to a velocity of 40 km/h. The head impactors are propelled in free flight mode against defined areas of the bonnet. There is the so-called child area on the forward section of the bonnet (wrap-around distance between 1 m and 1.50 m) and an adult area within the rearward section of the bonnet. In the latter case, the wrap-around distance starts at 1.50 m. The area ends at 2.10 m or at the lower windscreen frame, which is mostly the case. The impactor is equipped with an triaxial accelerometer. Based on the acceleration values, the head injury criterion, HIC, is calculated which may not exceed the value of 1000.

Sub-system tests using the head and upper leg impactors have thus far been carried out on cars currently on the market [5 – 7]. In the experiments, nine and four types of cars, respectively, were tested. These tests enabled assumptions to be made as to the possible injury reduction at impact speeds up to 40 km/h.

In the upper leg impactor tests [7], the required limits were exceeded by a factor of about 1.5 to 2. The results of the tested car types did not show any great differences. A downgrading of the AIS code by 1 for leg injuries to adults should be a realistic expectation if all test criteria were complied with.

The head impactor tests [6] yielded no uniform results. Some resulted in up to five times the limit, $HIC = 1000$, others remained considerably below the limit. Tests on one vehicle type with impacts to various sections of the bonnet can show results varying by far more than the factor of 5. The different cars tested also yielded large differences: one type of car remained within the required limit for a large section of the bonnet area impacted, others satisfied the required limit for no section of the bonnet. Taking the average as a whole for all vehicles, 86 % of the points tested using the child head impactor and 58 % of the points tested using the adult head

impactor lie above the test criterion. A downgrading of the AIS head injury severity by 1 in the AIS code can therefore be safely assumed for cars complying the test.

Comprehensive leg impactor test series are currently under preparation. Preliminary results enable the assumption to be made that a downgrading of the corresponding AIS code by 1 can be expected as well [D. Cesari, personal note, 22-4-93].

4 Data Base for the Calculation of Potential Benefits

In order to ensure a reliable data base, the study was undertaken for the Federal Republic of Germany (territorial status before 3 Oct. 1990) and the year 1990. Based on the data obtained, the possible application of the results to other time periods and regions is discussed later.

The data base for estimating potential casualties and the potential savings to be expected from the proposed measure comprises the pedestrian casualties recorded in the official German road accident statistics [8]. In addition, possible benefits for cyclists from the proposed measure were checked in this context.

Recent studies, commissioned by BASt and performed by Hautzinger, indicate that nearly one-half of all serious pedestrian casualties do not come to the knowledge of the police. As regards the extent of underreporting concerning pedestrian fatalities, Hautzinger was unable to give any statistics [9]. Underreporting was not considered in the calculation below since we have no knowledge about its distribution, among others, among collisions involving different parties. However, it indicates that the calculated benefits can be considered as a minimum value to the extent that the hypothesized effectiveness realistically describes the potential reduction.

As regards the proportion of pedestrians struck by cars, the Federal Statistical Office provided accident data, by category of road users, on accidents involving two parties ("Beteiligte"). The same distribution was assumed to apply to all accidents with the exception of single-vehicle accidents (out of 40,628 pedestrians, 34,715 pedestrians had been involved in accidents involving two parties).

All the other distributions, i.e., the proportion of casualties struck by car fronts, the distribution based on the impact speed of passenger cars, types of in-

juries, causes of injuries and injury severity, were determined by Otte and Nehmzow based on their on-scene accident studies in the greater Hanover area, conducted between 1985-91 [10]. These data stem from sampling and are weighted to be representative for the Hanover area surveyed. It is assumed here that the results also apply to Germany's old federal states [cf. 9a as regards the possible application of the results to other regions]. Due to the low case number in the Hanover area and the topographical differences, this generalization is problematical with respect to accidents outside built-up areas. However, since most pedestrians suffer accidents inside built-up areas, the comparability of the accident consequences within Germany with those in the Hanover area can probably be assumed. For this study, it has therefore been assumed that the factors principally influencing pedestrian accidents in Germany's old federal states are the same as those found in the Hanover area.

The accident consequences for pedestrians struck by car fronts are mainly determined by the cars' impact speeds, the types of cars (front structure), and the height of pedestrians, whereas their survival chances also depend on their age [11].

It should be noted that the speed behaviour of car drivers observed in 1990 in the Hanover area indicates the proportion of casualties that would lie within the range of effectiveness of the protection measures on cars, a range whose upper limit has been set at 40 km/h. Like all sampling results, the distributions derived from this on-scene accident study are of limited accuracy. Due to the small number of cases, this applies particularly to fatal casualties.

5 Effectiveness of Proposed Measure

5.1 Range of effectiveness

It is assumed that pedestrians struck at a speed up to 40 km/h by passenger car fronts complying with the above described pedestrian impact requirements would not be killed or suffer serious injuries resulting in permanent impairments or requiring long-term medical treatment. Based on the test results described above, it thus is assumed that the AIS code of individual injuries caused by the car parts covered by the test procedure might be downgraded by 1 for the range of impact speeds in question. As a consequence, a new potential maximum injury severity emerges (rated in terms of

MAIS) defining the injury severity resulting from all the injuries a pedestrian suffered. Based on the comparison of the distribution of the potential maximum injuries within the injury spectrum with the distribution of true maximum injuries, the potential injury reductions to be expected can be assessed.

In addition, the potential benefits for cyclists were estimated based on the head injuries by the impact onto the bonnet to cyclists that might be avoided in accidents where cyclists are struck. With respect to other unprotected road users (motorcycle and mofa riders), it is not possible to give any information. The introduction of the helmet usage legislation has so changed the head-bonnet impact conditions that they have fallen outside the range of the test criteria.

Of all the injuries suffered at impact speeds up to 40 km/h, only those caused by the car parts covered by the test procedure are likely to be mitigated. Injuries due to the windscreen or ground have to be left out of consideration.

5.2 Effectiveness as regards fatal pedestrian casualties

Due to the low number of fatal pedestrian casualties struck by passenger car fronts in the Hanover data file ($n = 11$), no reliable statistic of distribution as to the speed of impact or the kind of injuries suffered can be derived.

However, due to the high impact speeds outside built-up areas it seems not only obvious but also plausible that potential savings are not likely. Even inside urban areas most people get killed at impact speeds exceeding 40 km/h: in the Hanover data file this applied to 80 % of the fatal casualties, 60 % of them being struck at 41 – 60 km/h [cf. Table 1]. It can thus be concluded that the proposed protection measures will be the more effective the better other actions effect in lowering urban speeds by intensifying the safety efforts supporting the EEVC WG 10 measure.

Despite the uncertainties indicated, the calculation below is based on the Hanover data file, that is to say on the assumption that 20 % of fatal pedestrian casualties caused by impacts with car fronts were struck at speeds up to 40 km/h. Of all the casualties (not only fatalities) struck at 0 to 40 km/h, only 25 % had contacts with the bonnet, a likely cause of fatal head injuries. These are the ones that could be saved by improvements to the car front (assumption 'n' in the calculation below). A saving of fatal in-

juries caused by the other car components covered by the proposed testing procedure cannot be expected. Potential reductions of fatalities caused by multiple injuries or by car components not covered by the proposed test procedure could not be assessed. A residual risk of dying even from slight injuries has to be accepted as inevitable (especially in the case of the elderly).

Due to the considerable uncertainty associated with the estimate, a maximum estimate of potential fatality reductions has additionally been made in this context: it is based on the distribution of injuries to all pedestrian casualties, independent of the impact speed: in all, 11 % of them were found to have suffered head injuries caused by the bonnet (50 out of 447 people). This percentage can be considered as the upper limit of the fatal injuries likely to be avoided in impacts with the front of passenger cars (assumption 'b').

5.3 Effectiveness as regards injured pedestrian casualties

The potential reductions of the maximum of injuries suffered by people struck by car fronts at 0 to 40 km/h ($n = 253$) were estimated assuming that the AIS codes of individual injuries due to the bumper, the bonnet leading edge and the bonnet could be downgraded by 1 severity grade. Based on the Hanover data, it was found that 12 % of all nonfatal casualties ($n = 29$) might have remained uninjured and a likely reduction in injury severity might, on the whole, been possible for 24 % of the injured casualties ($n = 61$).

What is assessed here is the likely cost saving to be expected if impacts resulted in serious injuries instead of fatalities, slight injuries instead of serious injuries, and uninjured accident victims instead of slightly injured ones. For this purpose, MAIS categories (cf. Table 6) have to be assigned to the categories of serious and slight injuries. This was done based on the distribution of in-patient and out-patient treatments (cf. Table 8). A total of 174 pedestrians required out-patient treatment and were considered as slight casualties (as defined in the official German road traffic accident statistics). These 174 slight casualties were assigned the lowest injury severity codes, namely MAIS 1 to 156 casualties and MAIS 2 to 18 casualties. As a result, the total of casualties of MAIS 2 ($n = 64 = 100\%$) had to be subdivided into 18 ($= 28\%$) slight and 46 ($= 72\%$) serious casualties. Casualties of MAIS 3 and greater were graded as serious injuries.

This allocation formula was also applied to the casualties for whom a reduction of injury might be expected from the measure proposed (cf. Table 10). The table shows that 19 % ($n = 33$) of all slight and 37 % ($n = 28$) of all serious casualties would likely benefit from the improvements to car fronts. However, only 20 % of all serious casualties ($n = 15$) would be likely to fall into the group of slight casualties and only 16 % of all slight casualties ($n = 29$) into the group of uninjured accident victims.

5.4 Effectiveness as regards cyclists

Cyclists were studied in order to determine the extent to which head injuries caused by impacts with the bonnet might be mitigated or even avoided.

All fatal cyclist casualties from the Hanover casualty spectrum were struck by passenger car fronts at speeds exceeding 40 km/h (cf. Tables 3, 4). It can therefore be concluded that the proposed test procedure would not save any fatal casualties among these road users. About 30 % of the serious cyclist casualties resulting from accidents inside built-up areas and around 20 % of the serious cyclist casualties from accidents outside built-up areas (according to the official injury severity levels) were hit by cars in the speed range up to 40 km/h. 18 % of these serious casualties impacted the bonnet and about a one-third of them hit the bonnet with their heads. The highest injury severity resulting was AIS 3. Double injuries were not reported. It is therefore assumed that due to the proposed test procedure at least the head injuries caused by impacts to the bonnet might be saved. Slight injuries would, however, still result. The outcome would be a saving of 6 % ($1/3$ of 18 %) of all serious cyclist casualties struck by car fronts within the speed range under consideration.

6 Calculation of Potential Reduction in Fatal, Serious and Slight Casualties

6.1 Calculation procedure

The reduction potential has been determined separately depending on the site of accident since it was found that benefits cannot be expected for fatalities outside built-up areas.

Step by step, the proportion of casualties struck by cars was calculated from the total of casualties (based on respective distribution applying to acci-

dents involving two parties recorded in the official statistics for 1990). Of the casualties in question, the proportion struck by passenger car fronts (based on the distribution determined in the Hanover study) were calculated, and of those again the proportion of casualties struck at 0 to 40 km/h (based on the Hanover distribution). Based on the latter, the potential reduction was assessed (based on the estimated range of effectiveness of the proposed test procedure). The group of casualties struck at 0 to 40 km/h still includes casualties whose main injuries had been caused by impacts, for instance, to the windscreen or ground and not by the car parts covered by the proposed test procedure. The reduction therefore only considers the mitigation of injuries possible due to the protection afforded by the passenger car parts covered by the test procedure.

6.2 Fatal pedestrian casualties

Casualties	Per cent**)	Number
Fatalities - inside built-up areas	100 %	989
Of those casualties,		
71.5 % struck by pass. cars	71.5 %	
Of those casualties,		
92.6 % struck by car fronts	66.2 %	
Of those casualties,		
20 % struck at 0 to 40 km/h	13.2 %	131
Potential reduction:		
(a) 25 % of the fatalities struck at 0 to 40 km/h	3.3 %	33
(b) 11 % of all those injured by contact with pass. car fronts	7.3 %	72

6.3 Serious pedestrian casualties

Site	Serious casualties	Per cent**)	Number
Inside built-up areas	Total	100 %	13,667
	Of the total, 81.76 % struck by pass. cars	81.8 %	
	Of those, 74.2 % struck by car fronts	60.7 %	
	Of those, 66.7 % struck at 0 to 40 km/h	40.5 %	5,535
Outside built-up areas	Total	100 %	1,288
	Of the total, 76.3 % struck by pass. cars	76.3 %	
	Of those, 72.6 % struck by car fronts	55.4 %	
	Of those, 50.8 % struck at 0 to 40 km/h	28.1 %	362
All sites	Sum of sites inside and outside built-up areas	100 %	14,955
	Of those casualties, those struck by car fronts at 0 to 40 km/h	39.4 %	5,897
	Reduction potential that can be assessed in monetary terms:		
	Of the ones above, 20 % struck by car parts covered by the test procedure (rounded off: 1,200)	7.9 %	1,179
	Reduction potential that can not be assessed in monetary terms at present: 17% of those struck at 0 to 40 km/h	6.7 %	

**) Percentage converted based on total casualty number at site in question

6.4 Slight pedestrian casualties

Site	Slight pedestrian casualties	Per cent **)	Number
Inside built-up areas	Total	100 %	23,063
	Of the total, 73.7 % struck by pass. cars	73.7 %	
	Of those, 66.7 % struck by car fronts	49.2 %	
	Of those, 89 % struck at 0 to 40 km/h	43.8 %	10,100
	Of those casualties, 16 % could be saved (rounded off: 1,600)	7.0 %	1,616
	Outside built-up areas no reduction possible		

6.5 Serious cyclist casualties

Site	Serious casualties	Per cent **)	Number
Inside built-up areas	Total serious casualties	100 %	12,617
	Of the total, those struck by pass. cars	56.4 %	
	Of those, 71.9 % struck by car fronts	40.5 %	
	Of those, 72.3 % struck at 0 - 40 km/h car impact speeds	29.3 %	3,699
Outside built-up areas	Total serious casualties	100 %	3,103
	Of the total, those struck by pass. cars	46.5 %	
	Of those, 84.8 % struck by car fronts	39.4 %	
	Of those, 48.7 % struck at 0 to 40 km/h car impact speeds	19.2 %	596
All sites	Sum of sites inside and outside built-up areas	100 %	15,720
	Of those, those struck by pass. car fronts at 0 to 40 km/h	27.3 %	4,295
	Of those, 6 % suffered head injuries due to contact with bonnet (rounded off: 260)	1.6 %	257

7 Calculation of Benefits to be Derived from the Potential Reduction in Casualties

7.1 Assessment problems

Being assessed based on the AIS injury severity scale, the reduction of injury severity suggests the application of cost unit rates to AIS categories (or MAIS categories). This, however, has not been possible since AIS categories relate to the life threatening nature and not the costs of injuries. "The attempt at relating consequential costs of injuries to AIS codes resulted in an unsatisfactorily large variation of costs per AIS code, preventing realistic efficiency predictions for certain safety measures to be made..." [cf. 13, pp. 46 -]. Cost unit rates considering the types of injuries typically suffered by individual road user groups also do not exist thus far.

Apart from the frequent life threatening head injuries, typical pedestrian injuries are, for instance, leg injuries with a low probability of fatal outcome, i.e., low AIS codes, but associated with extended hospital treatment and, in all likelihood, a high percentage of reduction in earning capacity. The reduction in earning capacity and long periods of hospital treatment, however, cause high socio-economic costs.

With respect to general disability or the cost situation, data are unfortunately not available from the Hanover casualty spectrum. However, based on the distribution of serious casualties with known length of initial care (n = 62) at the hospital of Hanover Medical University, the following result has been derived: of the casualties stated, 45 % (n = 28) stayed at the hospital for more than 14 days and of those latter ones, 68 % (n = 19) had been struck at

0 to 40 km/h. A large proportion of costly injuries, therefore, is also likely to occur in the speed range within which the proposed measure will be effective.

For the estimate below, lump-sum cost unit rates for accident casualties have been available based on the definitions of accident severity used in the official German road traffic accident statistics. These cost unit rates are considered to be suitable to the extent to which they assess the cost saving that might be obtained if accidents were to result in serious casualties instead of fatalities, in slight casualties instead of serious casualties and in uninjured accident victims instead of slight casualties. The effectiveness analysis (5.3) has shown that 37 % of all serious casualties (struck by car fronts at 0 to 40 km/h) experienced a reduction in injury severity, but that the extent of the reduction enabled only 20 % of the serious casualties to be rated as slight casualties. The lump-sum cost unit rates can therefore only be used to assess these 20 %. The benefits from the residual 17 % of casualties who are remaining "serious casualties", despite the reduction, cannot be assessed since cost unit rates for this spectrum of casualties are not available. But it is nevertheless possible to demonstrate the considerable potential benefits associated with this group. This is illustrated in the table below by means of a costing example used by one of the social insurance companies against occupational diseases [13] see below schedule:

This example, however, needs to be qualified in that the cost unit rates used cannot be translated to casualty cases not insured by this type of insurance company [13, pp. 132 -]. Social insurance companies against occupational diseases pay benefits which are not paid by other health insurance com-

Type of injury acc. to injury severity	Length of hospital treatment in days	Socio-economic costs without fatalities per case in DM	Therein included	
			cost of hospital treatment in DM	national output losses due to reduction of earning capacity in DM
Lower leg contusion	11	32,000	5,640	17,280
Simple lower leg fracture	30	140,000	15,270	92,230
Compound lower leg fracture	41	211,000	22,940	148,010

panies or pension schemes (e.g. for the conversion of homes to meet the requirements of handicapped people). One-half of all pedestrian casualties are children and pensioners and are therefore not surveyed by social insurance companies against occupational diseases. The cost rating example from the social insurance company against occupational diseases above, however, shows that pedestrian casualties can be very expensive and that a reduction in injury severity among "serious casualties" would have cost saving effects. Cost saving effects – even though at a different level – can also be expected for the spectrum of serious casualties under consideration in this context, even though they cannot be quantified. In the following cost estimate for Germany, the lumpsum cost unit rates used therefore represent minimum assessments.

In the EC countries, uniform definitions of injury severity, uniform evaluation criteria or methods are not available thus far. A survey of the evaluation differences in the costing methods used in various European countries (not only EG) was made by the COST Sub Committee 313 in 1990, including recommendations for a harmonization of the methods [12]. The

evaluation differences among these countries were found to be considerable: the highest value attributed to a fatality was found to be twenty times higher than the lowest one (the Netherlands: 105,546 ECU, Switzerland: 2,165,560 ECU.) In an EC-wide calculation, therefore, the selection of the cost unit rate alone will decisively affect the result.

An assessment using German cost unit rates, whether in DM or in ECU to be comparable in formal terms, only illustrates the German situation. A comparative assessment using the average European cost unit rates determined by the COST Sub Committee 313, is an attempt at providing a common calculation basis for the various valuation methods and has also been made in order to point out the differences in the result.

7.2 Estimate for Germany using lump-sum cost unit rates (1990) [Source: BAST]

1 fatal casualty	=	1 390 000 DM
1 serious casualty	=	63 000 DM
1 slight casualty	=	5 600 DM

Cost category	No. of cases per year	Cost reduction in million DM
fatal pedestrian casualties	at least 33 at most 72	43,8 to 95,5
serious ped. casualties	1.200	69,0
slight ped. casualties	1.600	9,0
serious cyclist casualties	260	14,9

Potential overall saving: DM 137 to 188 million

German cost unite rate	European cost unit rate
1 fatal casualty 677,355 ECU	681,928 ECU
1 serious casualty 30,700 ECU	42,779 ECU
1 slight casualty 2,729 ECU	2,274 ECU
potential cost saving	potential cost saving
Fatality 21 to 47 mi ECU	21 to 46 mi ECU
serious casualty 41 mi ECU	59 mi ECU
slight casualty 4 mi ECU	4 mi ECU
Sum total 66 mi to 92 mi ECU	84 mi to 109 mi ECU

(The estimate is based on the difference between the respective cost unit rates and the cost unit rate applying to the less serious casualty).

(The following estimate is based on the difference between the respective cost unit rates and the cost unit rate applying to the less serious casualty, e.g., 1 serious casualty = DM 63,000 – DM 5,600 = DM 57,400.)

7.3 Estimate in ECU^{***}) using average German and European cost unit rates [12, p. 28, pp. 46 –] (Germany, 1990)

7.4 Potential benefit obtained per newly registered car (Germany's old federal states, 1990)

If the proposed test procedure should be applied to all newly registered passenger cars, roughly 3 million/year, the overall car population would not be equipped to fully comply with the requirements till 10 years after the introduction of the measure (given an average car life of 10 years, counting from the date of registration to the date of deregistration).

Assuming 100 % compliance, the resulting potential accident cost savings per passenger car would be the ones stated below:

- between DM 46 and DM 63
- or between 22 ECU and 31 ECU (according to German cost unit rates)
- or between 28 ECU and 36 ECU (according to average European cost unit rates).

Based on these figures, the proposed test procedure could only be recommended if the costs per car (at 1990 prices) do not exceed the amounts stated.

8 Possible Application of the Results to Other Time Periods and Regions

It is expected that the proposed testing procedure to be applied on an EC- wide basis will not be introduced for newly registered cars before the year 2000. A compliance of 100 % could thus not be achieved before the year 2010.

Until that time, traffic conditions in all German states will have reached a state of uniformity that the above will probably be valid for the whole of Germany on condition that the results can be applied to other time periods.

Assuming that the risk of pedestrians of getting in-

volving in accidents remains unchanged, the estimated benefits (per newly registered car) will depend on the development of pedestrian numbers with time and on the number of newly registered cars. Based on the 1992 population growth predictions of the Federal Statistical Office [14] for Germany's old federal states and on the 1991 Shell estimate [15] (showing agreement with the population estimate of the Federal Statistical Office), the following prediction results for the whole of Germany

Prediction for the whole of Germany [15]:

Year	1990	2000	2010
Population (in million)	79.6	81.0	79.0
Newly registered cars (in million)	3.3	3.2	3.5
Ratio of population to newly registered cars	24	25	23

Based on the predicted population development and the development of the number of newly registered cars, a change in estimated potential benefits cannot be derived (the increasing percentage of the elderly might result in a slight increase in fatal casualties).

Based on the proportion of fatal pedestrian casualties in the population, the pedestrian accident risk decreased from 50 fatal casualties/million pop. to 23 fatal casualties between 1980 and 1990. This result is, however, not the consequence of natural laws quantifiable in time series terms, but has to be seen as the consequence of intensive road safety measures [16]. The fatality rate could decline as well in future due to further road safety measures. A large proportion of the pedestrians killed in accidents would likely survive as injured casualties, if urban car speeds could be reduced to an extent that impact speeds exceeding 40 km/h would no longer be a frequent occurrence (cf. Table 1). Under these conditions, the potential benefits of the proposed EEVC pedestrian impact requirements would considerably increase because the casualties who are now outside the effective range of the protection measure on account of excessive impact speeds would then not only have a survival chance but also a chance of injury severity reduction.

^{***}) 1 ECU = DM 2.0521, averaged over the year 1990 [18]

An application of the assessment of potential benefits to other EC countries requires that the decisive factors affecting the consequences of pedestrian accidents be comparable to those of the Hanover study. This applies particularly to the distribution of casualties by impact speeds. Comparable values on this point are not available as yet. The risk of pedestrian accidents varies greatly in EC countries. The comparison below of the risk of pedestrians in terms of fatal casualties/million pop. (1989) [cf. 17, p. 32] might provide a pointer in this context:

Ranking	State	Risk rate
1	The Netherlands	13
2	Italy	17
3	Luxembourg	24
4	Germany	26
5	Denmark	26
6	Belgium	29
7	France	29
8	Great Britain	30
9	Ireland	40
10	Spain	41
11	Greece	44
12	Portugal	85

Ellinghaus [17, p. 33] points out that the three countries which came off badly in this comparison had urban speed limits of 60 km/h. For these countries, a distribution of impact speeds for pedestrian casualties can be expected, leaving only a few of the casualties within the effective range of the measure. High casualty numbers in a country do not automatically mean high potential benefits from the proposed measure. Due to the high degree of uncertainty involved, a formal translation to other EC countries of the results obtained for Germany has therefore not been undertaken.

9 References

- [1] Frontal Surfaces in the Event of Impact with a Vulnerable Road User, EEVC WG 10, Proposal for Test Method, 26.01.1992
- [2] CESARI, D.; ALONZO, F.; MATYJEWSKI, M.: Subsystem Test for Pedestrian Lower Leg and Knee Protection, 13. ESV Conference, Paris 1991.
- [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.
- [4] GLAESER, K.-P.: Development of a Head Impact Test Procedure for Pedestrian Protection, 13. ESV Conference, Paris 1991.
- [5] ZELLMER, H.; GLAESER, K.-P.: Der Kopfaufprall auf die Fronthaube beim Fußgängerunfall – Anwendung eines Prüfvorschlages, Zeitschrift für Verkehrssicherheit 39, 1993, S. 34 f.
- [6] ZELLMER, H.; GLAESER, K.-P.: Performance of Current Cars in Pedestrian Accidents Tested with the Proposed EEVC Head Impactor, Bundesanstalt für Straßenwesen, November 1992.
- [7] LAWRENCE, G. J. L.; HARDY, B. J.: Report on Tests Using the Draft Directive for Pedestrian Protection on Cars, TRL November 1992.
- [8] Statistisches Bundesamt: Fachserie 8, Reihe 7, Verkehrsunfälle 1990, Wiesbaden 1991.
- [9] HAUTZINGER u. a.: Dunkelziffer bei Unfällen mit Personenschäden, unveröffentlichter Forschungsbericht der BASt, Nr. 8503, März 1993.
- [9a] HAUTZINGER: Statistische Methoden zur Auswertung der Erhebungen am Unfallort, Forschungsbericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 1990.
- [10] OTTE, NEHMZOW: Erhebungen am Unfallort in Stadt und Landkreis Hannover, Verkehrsunfallforschung Medizinische Hochschule Hannover.
- [11] OTTE, D.: Einfluß der Fahrzeugfrontgeometrie auf die Verletzungssituation von verunfallten

Fußgängern, unveröffentlichter Bericht, April 1989.

- [12] Europäische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der wissenschaftlichen und technischen Forschung, COST 313, Socio-economic cost of road accidents, im Entwurf von Februar 1993.
- [13] MATTERN u. a.: Verletzungsfolgekosten nach Straßenverkehrsunfällen in: FAT Schriftenreihe, Heft 73, Frankfurt 1988.
- [14] SOMMER: Entwicklung der Bevölkerung bis 2030, in: Statistisches Bundesamt (Hrg.), Wirtschaft und Statistik, Heft 4/1992.
- [15] Deutsche Shell AG, Aktuelle Wirtschaftsanalysen, 9/91 Heft 22, Motorisierung nach der Vereinigung: Aufbruch zu neuen Dimensionen, Szenario "EG als Block".
- [16] BRÜHNING u. a.: Zum Rückgang der Getötetenzahlen im Straßenverkehr, in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 32/1986.
- [17] Zitiert nach ELLINGHAUS, Fußgänger, Uniroyal Verkehrsuntersuchung Nr. 17, Köln/Aachen 1992.
- [18] EUROSTAT, Statistische Grundzahlen der Gemeinschaft, 1991.

10 Annexed Tables

Table 1:

Pedestrian casualties struck by car fronts inside built-up areas Distribution by impact speed and official degree of injury severity (Accidents in the greater Hanover area, 1985 - 91, statistically weighted)

impact speed	total		official degree of injury severity					
			slight casualty		serious casualty		fatal casualty	
total	435	100,0 %	282	100,0 %	144	100,0 %	8	100,0 %
up to 10	39	12,3 %	37	18,6 %	2	1,9 %	-	-
11 - 20	68	21,6 %	51	26,2 %	17	15,0 %	-	-
21 - 30	87	27,6 %	64	32,6 %	23	20,7 %	0	3,5 %
31 - 40	57	18,0 %	23	11,6 %	33	29,1 %	1	16,4 %
41 - 50	38	12,1 %	18	9,1 %	19	16,9 %	1	17,3 %
51 - 60	19	6,0 %	4	1,9 %	12	10,5 %	3	42,6 %
61 - 70	5	1,6 %	-	-	5	4,4 %	0	2,8 %
> 70	3	0,9 %	-	-	1	1,3 %	1	17,5 %
unknown	120	-	87	-	33	-	1	-

Data source: [10]

Table 2:

Pedestrian casualties struck by car fronts outside built-up areas Distribution by impact speed and official degree of injury severity (Accidents in the greater Hanover area, 1985 - 91, statistically weighted)

impact speed	total		official degree of injury severity					
			slight casualty		serious casualty		fatal casualty	
total	11	100,0 %	-	-	9	100,0 %	3	100,0 %
up to 10								
11 - 20	1	12,0 %	-	-	1	18,9 %	-	-
21 - 30	0	5,2 %	-	-	0	8,1 %	-	-
31 - 40	1	10,3 %	-	-	1	16,2 %	-	-
41 - 50	0	2,9 %	-	-	-	-	0	8,0 %
51 - 60	1	19,2 %	-	-	1	30,2 %	-	-
61 - 70	1	15,5 %	-	-	1	12,9 %	1	20,0 %
> 70	2	30,1 %	-	-	0	6,1 %	2	72,1 %
unknown	4	-	-	-	4	-	-	-

Data source: [10]

Table 3:

Distribution by Cyclist casualties struck by car fronts inside built-up areas impact speed and by official degree of injury severity (Accidents in the greater Hanover area, 1985 - 91, statistically weighted)

impact speed	total		official degree of injury severity					
			slight casualty		serious casualty		fatal casualty	
total	688	100,0 %	580	100,0 %	105	100,0 %	3	100,0 %
up to 10	104	21,8 %	96	24,1 %	8	10,7 %	-	-
11 - 20	146	30,7 %	131	32,8 %	15	20,4 %	-	-
21 - 30	109	22,9 %	92	23,2 %	17	22,4 %	-	-
31 - 40	70	14,7 %	56	14,1 %	14	18,8 %	-	-
41 - 50	32	6,8 %	19	4,7 %	13	17,0 %	1	39,5 %
51 - 60	10	2,2 %	5	1,2 %	5	7,1 %	-	-
61 - 70	4	0,8 %	-	-	2	3,2 %	1	49,6 %
> 70	1	0,1 %	-	-	0	0,5 %	0	10,9 %
unknown	212	-	182	-	30	-	1	-

Data source: [10]

Table 4:

Distribution by Cyclist casualties struck by car fronts outside built-up areas impact speed and by official degree of injury severity (Accidents in the greater Hanover area, 1985 - 91, statistically weighted)

impact speed	total		official degree of injury severity					
			slight casualty		serious casualty		fatal casualty	
total	42	100,0 %	27	100,0 %	13	100,0 %	2	100,0 %
up to 10	2	5,4 %	-	-	2	16,7 %	-	-
11 - 20	3	8,3 %	2	9,6 %	1	7,4 %	-	-
21 - 30	10	34,1 %	9	49,9 %	1	9,8 %	-	-
31 - 40	5	16,3 %	3	18,6 %	1	14,8 %	-	-
41 - 50	3	8,6 %	-	-	2	19,0 %	1	43,8 %
51 - 60	2	7,0 %	-	-	2	19,5 %	0	12,3 %
61 - 70	3	9,2 %	3	13,7 %	-	-	0	12,3 %
> 70	3	11,1 %	2	8,3 %	1	12,8 %	1	31,5 %
unknown	11	-	8	-	3	-	-	-

Data source: [10]

Table 5:

Pedestrian casualties struck by car fronts at all impact speeds Distribution by injury severity (MAIS) and age groups (Accidents in the greater Hanover area, 1985 - 91, statistically weighted)

max. degree of injury severity	total		age group					
			up to the age of 14		15 - 65		65 and over	
total	317	100,0 %	93	100,0 %	171	100,0 %	52	100,0 %
uninjured	1	0,4 %	-	-	1	0,7 %	-	-
MAIS 1	174	55,0 %	65	69,6 %	90	52,7 %	19	36,6 %
MAIS 2	85	26,9 %	19	20,3 %	48	28,1 %	18	35,1 %
MAIS 3	40	12,6 %	9	9,7 %	21	12,3 %	10	18,4 %
MAIS 4	7	2,3 %	-	-	5	3,0 %	2	4,2 %
MAIS 5	5	1,7 %	-	-	4	2,4 %	1	2,5 %
MAIS 6	3	1,0 %	0	0,4 %	1	0,8 %	2	3,1 %
lethality								
died	9	2,9 %	0	0,4 %	3	2,0 %	5	10,4 %
survived	307	97,1 %	93	99,6 %	167	98,0 %	47	89,6 %

Table 6:

Pedestrian casualties struck by car fronts in the speed range 0 to 40 km/h Distribution by injury severity (MAIS) and age groups (Accidents in the greater Hanover area, 1985 - 91, statistically weighted)

max. degree of injury severity	total		age group					
			up to the age of 14		15 - 65		65 and over	
total	250	100,0 %	82	100,0 %	127	100,0 %	41	100,0 %
uninjured	1	0,5 %	-	-	1	1,0 %	-	-
MAIS 1	156	62,3 %	60	72,5 %	77	60,6 %	19	47,2 %
MAIS 2	64	25,5 %	18	21,6 %	32	25,2 %	14	34,4 %
MAIS 3	25	10,0 %	5	5,8 %	14	10,7 %	7	16,1 %
MAIS 4	2	0,7 %	-	-	1	0,8 %	1	1,6 %
MAIS 5	3	1,0 %	-	-	2	1,8 %	0	0,7 %
MAIS 6	-	-	-	-	-	-	-	-
lethality								
died	2	0,6 %	-	-	1	0,4 %	1	2,5 %
survived	249	99,4 %	82	100,0 %	127	99,6 %	40	97,5 %

Data source: [10]

Table 7:

Pedestrian casualties struck by car fronts at all impact speeds Length of in-patient initial care by age groups (Accidents in the greater Hanover area, 1985 - 91, statistically weighted)

length of initial care	total		age groups					
			up to the age of 14		15 - 65		65 and over	
total	317	100,0 %	93	100,0 %	171	100,0 %	52	100,0 %
out-patient treatment	196	61,9 %	65	70,0 %	110	64,3 %	21	39,2 %
<u>in-patient treatment</u>								
up to 3 days	16	5,0 %	7	7,7 %	5	3,2 %	3	6,4 %
4 - 7 days	12	3,7 %	5	5,1 %	6	3,7 %	0	0,7 %
8 -14 days	6	2,0 %	-	-	4	2,3 %	2	4,6 %
more than 14 days								
14 days	28	8,8 %	2	2,0 %	16	9,4 %	10	19,1 %
died	2	0,7 %	-	-	0	0,3 %	2	3,5 %
unknown	57	17,9 %	14	15,1 %	29	16,9 %	14	26,5 %

Table 8:

Pedestrian casualties struck by car fronts in the speed range 0 to 40 km/h Length of in-patient initial care by age group (Accidents in the greater Hanover area, 1985 - 91, statistically weighted)

length of initial care	total		age groups					
			up to the age of 14		15 - 65		65 and over	
total	250	100,0 %	82	100,0 %	127	100,0 %	41	100,0 %
out-patient treatment	174	69,7 %	62	75,2 %	93	73,2 %	20	47,7 %
<u>in-patient treatment</u>								
up to 3 days	12	4,7 %	6	6,8 %	4	3,0 %	2	5,9 %
4 - 7 days	8	3,1 %	4	4,5 %	4	2,9 %	0	1,0 %
8 -14 days	5	2,0 %	-	-	3	2,0 %	2	5,9 %
more than 14 days								
14 days	19	7,7 %	2	2,3 %	9	7,2 %	8	20,1 %
died	0	0,2 %	-	-	-	-	0	1,2 %
unknown	32	12,6 %	9	11,7 %	15	11,7 %	8	18,4 %

Data source: [10]

Table 9: Injury reduction (due to parts of the car front subject to the test procedure) according to MAIS injury severity

Injury severity	Distribution of casualties struck at 0 - 40 km/h		Impact speeds up to 20 km/h Injury reduction due to			Impact speed from 21 to 40km/h Injury reduction due to			Sum total reduction*
			bumper	front edge	bonnet	bumper	front edge	bonnet	
uninjured	0	0 %	+ 9,6	0	+ 5,8	+ 5,8	+ 5,5	+ 2	+ 28,7
MAIS 1	159	62,8 %	- 6,9	+ 0,6	- 3,6	- 1,6	- 4	+ 1,3	- 14,2
MAIS 2	64	25,3 %	- 0,6	- 0,6	- 1,7	+ 2,2	+ 4	- 2	+ 1,3
MAIS 3	25	9,9 %	- 2,1	0	-0,5	- 6,4	- 5,5	- 0,6	- 15,1
MAIS 4	2	0,8 %	0	0	0	0	0	- 0,7	- 0,7
MAIS 5	3	1,2 %	0	0	0	0	0	0	0
MAIS 6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	253	100 %							

Data source [10]

* The decimal places are due to weighting done in the Hanover study for reasons of representativeness

Table 10: Conversion of MAIS injury severities into serious and slight pedestrian casualties struck by car fronts at 0 - 40 km/h

Injury severity		Number of reductions											True distribution		
		Reduction			Increase				Balance				Number		
MAIS	Reference code	MAIS	SV	LV	MAIS	SV	LV	UV	MAIS	SV	LV	UV	MAIS	SV	LV
uninjured		-	-	-	+29	-	-	+29	29	-	-	29	-	-	-
MAIS 1	100% LV	-29	-	-29	+15		11+4	-	-14	-	-14	-	156	-	156
MAIS 2	28% LV 72% SV	-15	-11	-4	+16	+12	+4	-	+ 1	+ 1	0	-	64	46	18
MAIS 3	100% SV	-16	-16	-	+ 1	+ 1	-	-	-15	-15	-	-	25	25	-
MAIS 4	100% SV	- 1	- 1	-	-	-	-	-	- 1	- 1	-	-	2	2	-
MAIS 5	100% SV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	0
MAIS 6	100% SV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	
Total		-61	-28	-33	61	13	19	29	0	-15	-14	+29	250	76	174

Abbreviations:

LV = slight casualties

SV = serious casualties

UV = uninjured casualties

Result:

uninjured; would have been slight casualties before = 29

slight casualties; would have been serious casualties before = 15

(11 = MAIS 2; 4 = MAIS 3)

Casualties whose MAIS code could be downgraded by 1: 61

SV " " " " " : 28

LV " " " " " : 33

Data source: [10]

11 Annexed Summary Survey

Potential benefits from casualties saved by introducing the proposed EEVC WG 10 pedestrian impact test procedure

Area	Federal Republic of Germany
Time period	1 year
Data basis	Official German Road Accident Statistics (without estimation of underreporting); pedestrians and cyclists killed or injured in car crashes
Range of effectiveness	Fatalities and injured accident victims, struck at 0 - 40 km/h, the injuries being caused by the car front parts subject to the test procedure
Percentage of effectiveness	According to on-scene accident evaluations in the greater Hanover area [10], it can be assumed that the factors which had been effective in Hanover, especially the distribution of impact speeds, would also apply to the whole of Germany. Reduction potential assessed in monetary terms: 3.3 % - 7.3 % of all pedestrians killed inside built-up areas 7.9 % of all serious ped. casualties 7.0 % of all slight ped. casualties inside built-up areas 1.6 % of all serious cyclist casualties Reduction potential that could not be assessed in monetary terms: 6.7 % of all serious casualties
Assessment of potential benefits	What is assessed is the reduction of fatalities, the number of serious casualties that might have been slight casualties, and the number of slight casualties that might have remained uninjured if all cars had fully complied with the EEVC test requirements.
Evaluation rates used in the assessment of potential benefits	German cost unit rates: fatalities 1.390.000 DM = 677.355 ECU* serious casualties 63.000 DM = 30.700 ECU slight casualties 5.600 DM = 2.729 ECU (* average exchange rate in 1990) average European cost unit rates: fatalities 681.928 ECU serious casualties 42.779 ECU slight casualties 2.274 ECU
No. of new car registrations in 1990	3 million
Benefits/newly registered car	46 to 63 DM (= 22 to 31 ECU) based on German cost unit rates or 28 to 36 ECU based on average European cost unit rates [12]
Translation of results to other EC countries	This is assumed not to be possible since effectiveness is greatly a function of the distribution of car impact speeds and the front structure of cars in the various EC countries. Conditions in all EC countries cannot be assumed to be the same.
Validity of results till the year 2010	A change in effect is not expected from the development of the population or car registrations, but from the development of pass. car speeds and pass. car fronts.

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

116 Seiten, 1993 DM 30,50

F 5: Nutzen durch fahrzeugseitigen Fußgängerschutz

von R. Bamberg und H. Zellmer

56 Seiten, 1994 DM 21,00

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