

Prüfverfahren zur Seitenkollision Versuche mit der Krebsgangbarriere

**Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen
Bereich Unfallforschung**

Prüfverfahren zur Seitenkollision Versuche mit der Krebsgangbarriere

Tests on the Crabbed Barrier

Ernst Pullwitt
Wolfgang Sievert
unter Mitarbeit von:
Eduard Brück

Bundesanstalt für Straßenwesen
Bereich Unfallforschung
Bergisch Gladbach, Mai 1986

Herausgeber:

Bundesanstalt für Straßenwesen

Bereich Unfallforschung

5060 Bergisch Gladbach 1, Brüderstr. 53

Tel. 02204/430, Telex 8878483 bas d

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

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, bedürfen der Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen.

Druck: Fotodruck J. Mainz, 5100 Aachen

Lfd. Nr. 137

ISSN 0173 - 7066

Versuche zur Krebsgangbarriere

K u r z f a s s u n g

Das Gebiet des Insassenschutzes von Pkw bei Seitenkollisionen wird bei der BAST seit einigen Jahren bearbeitet. In mehreren Forschungsprojekten mit unterschiedlichen Zielsetzungen wurden als seitlich auftreffende Fahrzeuge neben Pkw auch die unterschiedlichsten Barrierenformen verwendet. Wesentlichen Anteil hat die BAST auch an der Konzeptionierung und Validierung des EEVC-Barrierenvorbaues.

Bestrebungen in Europa und den USA den Schutz des Pkw-Insassen beim Seitenstoß zu verbessern, führten zur getrennten Entwicklung von Seitenaufprallverfahren. Die europäischen Lösungen (CCMC und EEVC) sind in Bezug auf Prüfwerkzeug, Versuchsparameter und Bewertung sehr ähnlich, sie stellen anwendbare Prüfverfahren dar. Der amerikanische Vorschlag unterscheidet sich nicht nur in der Auslegung des Prüfwerkzeuges (Masse und Breite der Barrierenfront) von den europäischen Lösungen, sondern berücksichtigt auch die Eigenbewegung des seitlich getroffenen Fahrzeuges durch einen schrägen Aufprall. In dem Bestreben die Zahl der Prüfungen im Typgenehmigungsverfahren für neue Pkw-Modelle gering zu halten, wurde von der europäischen Automobilindustrie ein Harmonisierungsvorschlag, der Elemente sowohl der europäischen als auch der amerikanischen Lösung beinhaltet, ausgearbeitet und zur Diskussion gestellt.

In dieser Untersuchung wurden neben Daten aus Versuchen zur Beurteilung der europäischen Prüfvorschläge zwei Versuchsreihen zur Beurteilung des Quergeschwindigkeitseinflusses mit Fahrzeugen europäischer Größenverhältnisse (VW Golf, DB W 123) durchgeführt sowie eine Serie mit einer Versuchskonfiguration, die für die Harmonisierung vorgeschlagen wurden.

Die Versuche wurden hinsichtlich der Belastung der Fahrzeuge (Beschleunigungs- und Deformationsmessung) und der Dummies (Beschleunigungsmessung in Kopf, Brust und Becken) ausgewertet und untereinander verglichen.

Die Versuche mit den bewegten Fahrzeugen ergaben gegenüber den Versuchen mit stehendem Fahrzeug eine geringere Deformation und in Abhängigkeit der Massenunterschiede eine stärkere Belastung des Fahrerdummy's beim seitlich getroffenen Fahrzeug.

Der direkte Vergleich der Versuche mit der EEVC-Barriere mit 90° und mit 63° Aufprallwinkel ergab deutliche Unterschiede im kinematischen Verhalten der Fahrzeuge, ähnliche Deformationen am getroffenen Fahrzeug und eine deutlich geringere Belastung des Frontdummy's.

Unter Berücksichtigung der herausgestellten Unterschiede und Ergebnisse kann festgestellt werden, daß die Kombination einer mobilen deformierbaren Barriere mit den Bewegungsparametern zur Simulation eines Querbewegungseinflusses durch die kinematische Umkehrung an gestoßenen Fahrzeug nur zu einem geringen Teil die gleiche Belastung bewirkt, wie bei der Kollision mit zwei bewegten Fahrzeugen.

Um die Besonderheiten der realen Seitenkollision zu berücksichtigen, d.h. das Prüfverfahren anzupassen, muß nicht unbedingt eine Simulation der Querbewegung stattfinden, dies kann auch durch die Änderung anderer Parameter erreicht werden. Als einfachste und sinnvolle Maßnahme kann die Erhöhung der Bodenfreiheit genannt werden. Die Prüfung kann auch durch die Erhöhung der Prüfgeschwindigkeit oder -masse oder einer partiell steiferen Auslegung der Deformationselemente "härter" gemacht, also auf die höheren Dummybelastungen bei dem seitlichen Aufprall zweier bewegter Fahrzeuge eingestellt werden. Die Notwendigkeit, die Prüfung "härter" zu gestalten, müßte allerdings - da für die hier beschriebenen Versuche Hybrid II-Dummies verwendet wurden - mit dem zur Zeit in der Erprobung befindlichen EUROSID in vergleichbaren Versuchen nachgewiesen werden.

Inhaltsübersicht

	Seite
1. Einleitung	1
2. Beschreibung der Versuchsreihen	2
3. Ergebnisse	5
3.1 Versuche mit zwei bewegten Fahrzeugen	6
3.2 Versuche mit der Krebsgangsbarriere	14
3.3 Beurteilung der "crabbed"-Versuchskonstellation	19
4. Zusammenfassung und Schlußfolgerung	23
5. Literatur	28

1. Einleitung

Das Gebiet des Insassenschutzes von Pkw bei Seitenkollisionen wird bei der BAST seit einigen Jahren bearbeitet. In mehreren Forschungsprojekten mit unterschiedlichen Zielsetzungen wurden als seitlich auftreffende Fahrzeuge neben Pkw auch die unterschiedlichsten Barrierenformen verwendet. Wesentlichen Anteil hat die BAST auch an der Konzeptionierung und Validierung des EEVC*-Barrierenvorbaues.

Aufgrund der bisher gewonnenen Erkenntnisse konnte die BAST eine fachliche Empfehlung an den BMV geben, im Arbeitskreis der Group of Rapporteurs on Crashworthiness (GRCS) der Economic Commission for Europe (ECE), der Einführung einer Regelung auf der Basis des EEVC-Berichtes [4] zum Insassenschutz bei Seitenkollisionen zuzustimmen.

In Erwartung der Diskussion, die das Bestreben hatte, die Aktivitäten zur Vorbereitung von gesetzlichen Vorschriften zum Seitenschutz von Pkw-Insassen in den USA und Europa zu harmonisieren (siehe auch [1,6,7]), führte die BAST die in diesem Bericht beschriebenen Versuchsreihen durch. Das Ziel dieser Arbeit war es, erstens, den Einfluß der Eigenbewegung des seitlich getroffenen Fahrzeuges auf die Fahrzeug- und Insassenbelastung festzustellen, zweitens, das amerikanische Modell, bei dem ein stehendes Fahrzeug durch eine bezüglich ihrer Hauptstoßrichtung schräg aufprallende Barriere angestoßen wird, auf die Simulationsgüte des Querbewegungseinflusses zu untersuchen und drittens, die Ergebnisse aus diesen zwei Versuchsreihen mit Ergebnissen aus Versuchen entsprechend dem EEVC-Vorschlag zu vergleichen. Die Daten dieser Vergleichsversuche wurden in früheren Projekten [2,3] ermittelt. Zur Beurteilung eines Querbewegungseinflusses bei Seitenaufprallen mußten nur Versuchsreihen mit zwei bewegten Fahrzeugen und mit der "crabbed-barrier" (Krebsgangbarriere) neu durchgeführt werden.

* European Experimental Vehicles Committee

2. Beschreibung der Versuchsreihen

Allen Versuchen gemeinsam war die meßtechnische Ausrüstung der Fahrzeuge und Dummies sowie die Besetzung im seitlich getroffenen Fahrzeug, das stets ein VW Golf (Typ 17) 2-türig, war. Der für die europäischen Seitenaufprallprüfverfahren vorgesehene Seitendummy "EUROSID" befindet sich noch in der Erprobung und konnte nicht eingesetzt werden. Daher wurden, um die Vergleichbarkeit auch weiter auseinanderliegender Versuche sicherzustellen, wie in den Vergleichsversuchen, Hybrid II-Dummies verwendet. Die Anordnung der Deformationsmeßpunkte war nur in zwei Versuchen mit 45 km/h Versuchsgeschwindigkeit von der in Bild 1 dargestellten verschieden. Die Versuchsgeschwindigkeiten orientierten sich an einem realen Unfall, bei dem sich das seitlich auffahrende Fahrzeug mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h bewegt. Während bei den Versuchen mit 90° Kollisions- und Aufprallwinkel der R-Punkt der Treffpunkt war, bezogen sich die Treffpunkte und auch andere Versuchsparameter bei den Versuchen mit einem Geschwindigkeitseinfluß auf die Versuchsvorgaben der Untersuchung der VW AG [1,7].

Bei den hier erstmals durchgeführten Versuchsreihen wurden von jeder Konfiguration drei Versuche gefahren zur Sicherung der Ergebnisse und zur Beurteilung der Reproduzierbarkeit der Versuche.

Zur Verdeutlichung der Vorgehensweise bei der Beurteilung der Prüfungen sind im folgenden Bild 2 die unterschiedlichen Versuchsreihen dargestellt.

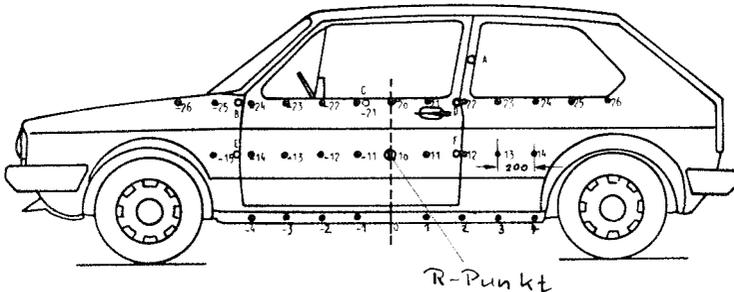
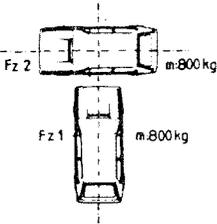


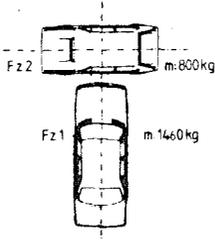
Bild 1: Lage der Deformationsmeßpunkte

I. Versuche zur Seitenkollision mit zwei bewegten Fahrzeugen

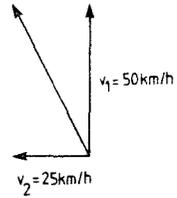
Versuchsreihe Ia



Versuchsreihe Ib

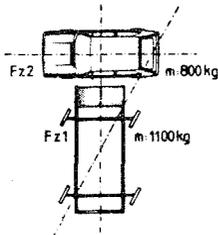


Geschwindigkeitsvektoren

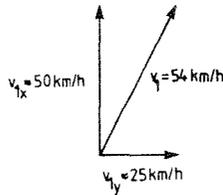


II. Versuche zur Seitenkollision mit dem Ersatzmodell "crabbed-barrier"

Versuchsreihe II

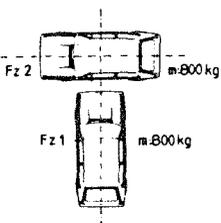


Geschwindigkeitsvektoren

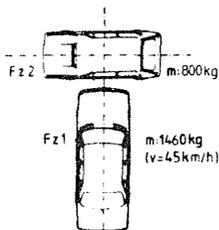


III. Versuche mit vereinfachtem Aufbau zur Seitenkollision

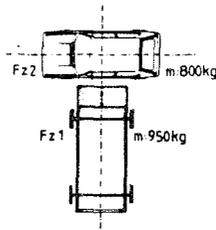
Vergleichsversuche IIIa



Vergleichsversuche IIIb



Vergleichsversuche IIIc



Geschwindigkeitsvektor

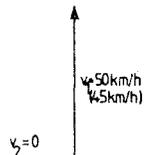


Bild 2: Übersicht der zur Bewertung verwendeten Versuchskonstellationen

Versuche mit zwei bewegten Fahrzeugen:

Der Vorteil dieser Versuchsanordnung ist die große Realitätsnähe zum wirklichen Unfall, bei dem sich die Fahrzeuge -in der Regel- ebenfalls in Bewegung befinden. Da zu den Versuchen normale Serien-Pkw und keine Pkw-Ersatzmodelle (mobile deformierbare Barrieren) eingesetzt wurden, sind die Ergebnisse geeignet, um als maßgebende Grenzwerte bei der Beurteilung des Prüfverfahrens mit der "crabbed barrier" verwendet zu werden. Es wurden je drei Versuche mit einem repräsentativen kleinerem Fahrzeug (VW Golf) sowie einem größeren Fahrzeug (DB W 123) als seitlich auftreffendes Fahrzeug (Fz 1) gefahren. Da Prüfverfahren zur Beurteilung der passiven Sicherheit stets Fahrzeuge unterschiedlichster Bauformen und Massen als Stoßkörper berücksichtigen müssen, konnte so eine obere und eine untere Grenze der Belastung am gestoßenen Fahrzeug ermittelt werden.

In der Tabelle 1 sind die Versuchsparameter zu allen Versuchen aufgeführt.

Kollisionspartner Versuchsparameter	Fz1	VW Golf	DB W 123	EEVC- "crabbed" Barriere	EEVC- Barriere	VW Golf	DB W 123	
	Fz2	VW Golf	VW Golf	VW Golf	VW Golf	VW Golf	VW Golf	
Kollisionsgeschwindigkeit [km/h]	Fz1	50	50	54	50	50	45	
	Fz2	25	25	0	0	0	0	
Kollisionswinkel (Winkel der Längsmittenebenen)		90° links	90° links	90° links	90° links	90° links	90° links	
Aufprallwinkel (Stoßrichtung)		63°	63°	63°	90°	90°	90°	
Aufprallstelle		linke Außenkante von Fz2 trifft 37" vor der Mitte Radstand von Fz2			Projektion der Längsmittenebene auf R-Punkt von Fz2 ± 50 mm Mitte Radstand von Fz2 ± 50 mm			
Versuchsgewicht der Fahrzeuge [kg]*	Fz1	800	1460	1100	950	800	1460	
	Fz2	800	800	800	800	800	800	
Dummybesetzung in Fz2		2 Hybrid II-Dummies auf der angestoßenen Seite					Hybrid II auf S ₁ , S ₂ und S ₃	
Rückhaltesysteme		Frontinsassen 3-Pkt-Automatikgurt, Fondinsassen nicht geschützt						
Orte der Fahrzeugbeschleunigungsmessung	Fz1	um Fahrzeugschwerpunkt (dreiaxial)						
	Fz2	2 x Tunnel (dreiaxial) 2 x linke Seite (y-Richtung)					2 x Tunnel (dreiaxial)	

* Versuchsgewicht = Leergewicht mit technischen Einrichtungen ohne Dummies

** S₁ = Fahrersitz, S₂ = Beifahrersitz, S₃ = Fondsitze (Fahrer)

Tabelle 1: Versuchsbedingungen

Versuche mit der "crabbed-barrier":

Ziel der Versuche mit Krebsgang-Barriere ist es, die Belastungen bei einer Seitenaufprallprüfung in einem größeren Maß dem realen Unfall anzugleichen, als das bei den bisher bekannten Prüfverfahren der Fall ist.

Erreicht wurde dies dadurch, daß durch die Stellung der Fahrzeuge zu Beginn des Aufpralls deren Längsmittenebenen einen Winkel von 90° bilden - den Kollisionswinkel - die Stoßrichtung der Barriere jedoch, durch eine parallele Schrägstellung der Räder von Vorder- und Hinterachse eine Bewegungsrichtung und damit Hauptkraftrichtung der Barriere ermöglichen, die im Winkel von 63° zur Längsmittenebene des gestoßenen Fahrzeuges verläuft - dem Aufprallwinkel (Def. nach DIN/ISO 6813).

Die durch die beiden Winkel beschriebene Aufprallsituation gleicht damit eher dem Aufprall mit zwei bewegten Fahrzeugen - zumindest zu Beginn des Aufpralls.

Die für die Versuche benutzte Barriere entspricht in den geometrischen Abmessungen der EEVC-Barriere, die Masse wurde laut [1] auf 1100 kg erhöht. Als Deformationselement wurde das in [2] beschriebene EEVC-Element verwendet. Um das in [1] beschriebene Verfahren beurteilen zu können, wurden die meisten der dort vorgegebenen Versuchsparameter eingehalten. So z.B. der Treffpunkt, der für die linke vordere Ecke der Barriere ein Punkt ist, der $37'' = 940$ mm vor der Radstandsmitte liegt. Der Abstand der Barrierenmitte zum R-Punkt beträgt bei dieser Treffpunktlage ca. 200 mm. Als Geschwindigkeit wurden 34 mph = 54 km/h ± 1 km/h vorgegeben, um so die aus 30 mph und 15 mph resultierende Geschwindigkeit zu simulieren.

Weitere Versuchsparameter sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.

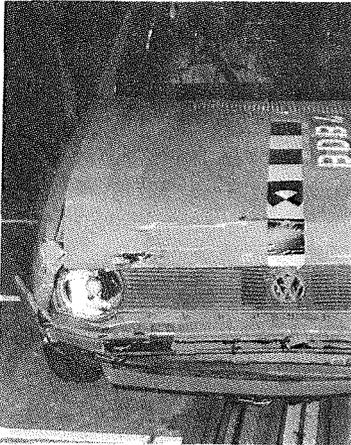
3. Ergebnisse

Die Versuchsreihen mit zwei bewegten Fahrzeugen, die jeweils drei Versuche mit einem VW Golf und einem DB W 123 als stoßendes Fahrzeug beinhalten, konnten unter Berücksichtigung der Komplexität der Versuche gut im Rahmen der Anforderungen an die Treffgenauigkeit (± 50 mm) und die Geschwindigkeits-toleranz ($\pm 1\%$), durchgeführt werden.

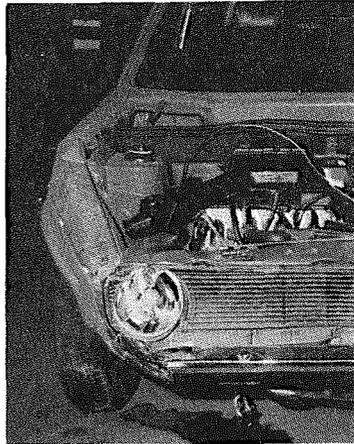
3.1 Versuche mit zwei bewegten Fahrzeugen

Die Deformations-Meßwerte der Versuche mit zwei bewegten VW Golf waren für die meisten Meßpunkte untereinander sehr ähnlich. So konnte z.B. das Überschreiten der Toleranz der Treffgenauigkeit um 4 cm bei einem Versuch auch anhand einer geringeren Deformation im Bereich der vorderen Tür und einer geringeren Türeindringgeschwindigkeit festgestellt werden.

Während sich die Beschädigungen am getroffenen Fahrzeug nicht von denen in den Versuchen mit dem stehenden Fahrzeug unterscheiden, zeigt die Beschädigung am auffahrenden Fahrzeug deutlich den Einfluß der Querbewegung. Die Unterschiede in der Deformation bei Versuchen, in denen das getroffene Fahrzeug steht bzw. sich bewegt, waren an dem seitlichen Versatz des Vorderwagens bis etwa in Höhe des Stoßdämpferdomes deutlich festzustellen, wie Bild 3 zeigt.



stehendes Fz



bewegtes Fz

Bild 3: Vergleich der Vorderwagendeformation (Fz 1) bei Versuchen mit stehendem und bewegtem seitlich getroffenen Fahrzeug (Fz 2)

Bei der Beurteilung der seitlichen Deformation an den getroffenen VW Golf ist zu berücksichtigen, daß die Treffpunktlage bei den Versuchen mit stehendem bzw. bewegtem Fahrzeug nicht gleich ist. Wie vorher beschrieben, beträgt der Unterschied ungefähr 200 mm in Richtung Vorderwagen. Trotzdem sind die Deformationen nicht wesentlich anders. Deutlich sind jedoch - wie in Bild 4 zu sehen ist - bei dem bewegten Fahrzeug die größere Deformation bei den Meßpunkten -15 und -25, die fehlende Deformationsspitze (Pkt: -24, -23 und -13, -12) im Bereich der A-Säule und die im hinteren Fahrzeugbereich etwas geringere Deformation. Bei beiden Versuchsarten sind die Schwellerdeformation und die für die Insassenbelastung wichtige Deformation im Bereich des R-Punktes (Pkt. 10, 20) etwa gleich.

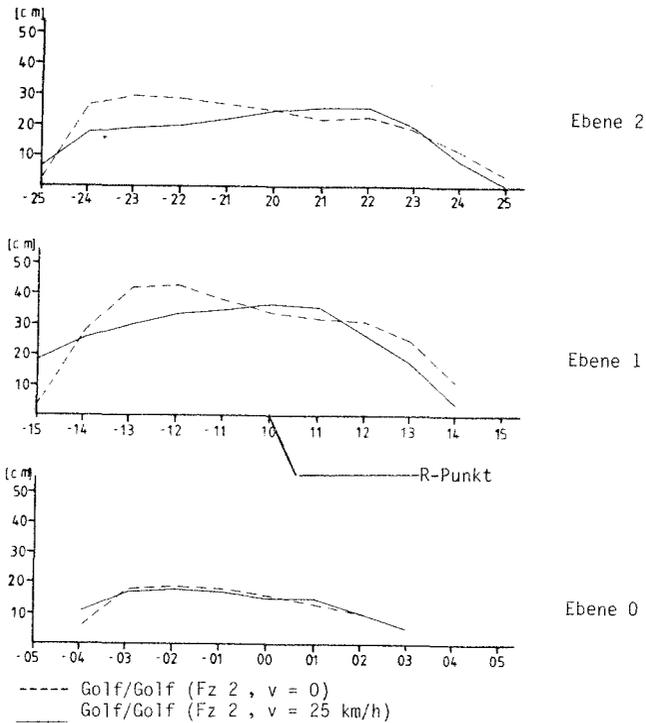


Bild 4: Vergleich der Deformationsmittelwerte aus Versuchen Golf/Golf, bei denen einmal das getroffene Fahrzeug steht, zum anderen mit 25 km/h fährt

Der Einfluß der Eigenbewegung des gestoßenen Fahrzeuges (Fz 2) und der daraus resultierenden nicht rechtwinkligen Stoßrichtung, macht sich in der Phase der gegenseitigen Deformation durch eine zusätzliche Relativbewegung zwischen den Fahrzeugen bemerkbar. Die im Vergleich zu den Versuchen mit einem stehenden Fahrzeug andere Stoßrichtung macht sich auch in den größeren Anteilen der nicht in der Hauptwirklinie verlaufenden Komponenten der Stoßkräfte und der davon abhängigen Dummyreaktion bemerkbar. Der Einfluß der nicht rechtwinkligen Stoßrichtung kann deutlich bei den Fahrzeugbeschleunigungen gemessen werden; in der Tabelle 2 sind die entsprechenden Komponenten der Geschwindigkeit der Fahrzeuge aufgeführt.

So ist die y-Komponente des auffahrenden Fahrzeuges bei Versuchen mit stehendem Fahrzeug 2 auf niedrigem Beschleunigungsniveau durch unterschiedliche Schwerpunktlagen und Steifigkeiten der Fahrzeuge zum Zeitpunkt gleicher Geschwindigkeit beider Fahrzeuge relativ hoch, ca. 4 km/h; jedoch wird in Versuchen mit zwei bewegten Fahrzeugen eine fast doppelt so hohe Geschwindigkeit gemessen. Die Geschwindigkeitsänderung in x-Richtung am stehenden Fz 2 ist dagegen nahe null, während in den Versuchen mit Quergeschwindigkeit diese nur langsam abgebaut wird.

Die Dummymeßwerte sind im Vergleich zwischen stehendem und bewegtem Fz 2 für letzteres im Fall des Frontinsassen höher. Der Fahrerdummy wird durch die unter einem Winkel von ca. 63° wirkende Stoßkraft früher durch den Sicherheitsgurt gehalten und in x-Richtung fixiert. Dadurch ergibt sich eine neben einer etwas höheren Beschleunigung in x-Richtung auch eine höhere Spitzenbelastung in y-Richtung. Die Fixierung der Insassen durch den Beckengurt wird durch die Schloßbefestigung am Sitz während des Aufprallvorgangs infolge einer Verschiebung der Sitzfläche noch verstärkt. Auch wird das Becken am Anfang des Stoßvorgangs mit dem Sitz zur Fahrzeugmitte bewegt, wodurch der Kontakt des Beckens mit der Seitentür später als der der Brust stattfindet. Infolgedessen ergibt sich ein zeitlich kürzeres Beschleunigungssignal mit höheren Spitzenwerten.

Während der Fahrerdummy bei geringeren Fahrzeugbelastungswerten aufgrund der Kinematik beim Schrägstoß höhere Belastungen in Brust und Becken erleidet, beeinflußt die hohe x-Komponente den Fonddummy so, daß bei diesem ein Kopfaufschlag auf C-Säule oder Dachrand vermieden wird, Daten siehe Tabelle 2.

Tabelle 2: Mittelwerte der Fahrzeug- und Dummybelastung in Versuchen mit VW Golf und DB W 123 als aufprallendes Fahrzeug

Auftreffendes Fahrzeug		Fz 1	VW Golf	VW Golf	DB W 123	DB W 123
Fahrzeugmasse		(kg)	800 ^(v + 50)	800 ^(v + 50)	1460 ^(v + 50)	1460 ^(v + 45)
getroffenes Fahrzeug		Fz 2	VW Golf	VW Golf	VW Golf	VW Golf
Fahrzeugmasse		(kg)	800 ^(v + 25)	800 ^(v + 0)	800 ^(v + 25)	800 ^(v + 0)
Aufprallgeschwindigkeit		v_{res} (km/h)	55	50	55	45
Aufprallwinkel			63° links	90° links	63° links	90° links
Parameter der Fahrzeugbelastung	<u>Fahrzeug 1</u>					
	Fz-Beschleunigung	a_{max} (g)	17,2	16,8	11,3	9,6 ***
	mittlere Fz-Beschleunigung	\bar{a} (g)	8,2	10,4	5,8	6,1
	Quergeschwindigkeits-Änderung nach der Zeit $t \Delta v$	Δv_x (km/h)	7,4	3,6	5,9	--- ****
	Geschwindigkeitsänderung	Δv (m/s)	30,2	28,1	21,4	18,7
	Zeitdauer für	$t_{\Delta v}$ (ms)	104	77	105	88
	<u>Fahrzeug 2</u>					
	Fz-Beschleunigung	a_{max} (g)	20,5	28,5	19,6	21,5 ***
	mittlere Fz-Beschleunigung	\bar{a} (g)	7,0	8,2	9,3	8,5
	Längsgeschwindigkeits-Änderung nach der Zeit $t \Delta v$	Δv_x (km/h)	6,2	0,7	7,8	--- ****
	Geschwindigkeitsänderung	Δv (m/s)	25,6	22,0	34,4	26,3
	Beschleunigung der linken Seitentür (y-Komp.)	a_{max} (g)	104	151	155	120
	Geschwindigkeit der linken Seitentür	v_{max} (m/s)	33,1	44,6	47,5	39,2
	Zeitpunkt für v_{max} (Tur)	(ms)	20	25	22	20
Parameter der Dummybelastung	<u>Frontinsasse - aufprallseitig -</u>					
	Kopf	a_{max}/a_{3ms} (g)	43/40	38/37	52/49	75/51 **
		HIC	116	122	218	216 **
	Thorax	a_{max}/a_{3ms} (g)	86/66	58/50	88/77	60/53
		SI	401	256	566	322
	Becken	a_{max}/a_{3ms} (g)	168/114	91/82	273/174	142/115
	<u>Fondinsasse - aufprallseitig -</u>					
	Kopf	a_{max}/a_{3ms} (g)	45/39	86/66	100/81	75/66
		HIC	107	223	422	416
	Thorax	a_{max}/a_{3ms} (g)	27/23	27/22	49/43	47/34
		SI	29	70	204	192
	Becken	a_{max}/a_{3ms} (g)	49/37	70/60	63/50	61/57

* Leergewicht plus meistechnische Ausrüstung, ohne Dummies

** Werte aus nur einem Versuch

*** Werte nur für x- bzw. y-Komponente

**** keine Werte gemessen

Somit kann festgestellt werden, daß die Fahrzeug- und Dummybelastungen sich bei den Versuchen mit zwei bewegten Fahrzeugen gleicher Masse durch folgende Merkmale von den Versuchen, bei denen ein Fahrzeug steht, unterscheiden:

- Durch den Einfluß der hohen x-(Fz 2) bzw. y-(Fz 1)-Komponenten der Stoßkräfte wird bei einer geringeren resultierenden Fahrzeugbeschleunigung und einer deutlich längeren Stoßdauer eine größere Geschwindigkeitsänderung bewirkt.
- Die Deformation am getroffenen Fahrzeug ist ähnlich wie in Versuchen mit einem stehenden Fz 2, besonders im Bereich des R-Punktes.
- Die gemessenen Thorax- und Beckenbeschleunigungen sind beim Fahrerdummy deutlich höher und nicht auf ungünstige Fahrgastzellenbelastungen, sondern auf die durch die Querbewegung andere Dummykinematik zurückzuführen. Die Belastungskriterien werden in den Versuchen mit zwei bewegten Fahrzeugen für Brust und Becken des Fahrerdummy's überschritten.

Die Versuchsergebnisse der Versuche mit zwei bewegten Fahrzeugen unterschiedlicher Masse sind von gleicher Konsistenz bezüglich Durchführung und Meßwerten wie die Versuche mit massegleichen Fahrzeugen. Auch bei diesen Versuchen konnte am auffahrenden Fahrzeug der Querbewegungseinfluß deutlich festgestellt werden, wie Bild 5 in einem Vergleich mit einem nicht deformierten DB W 123 zeigt.

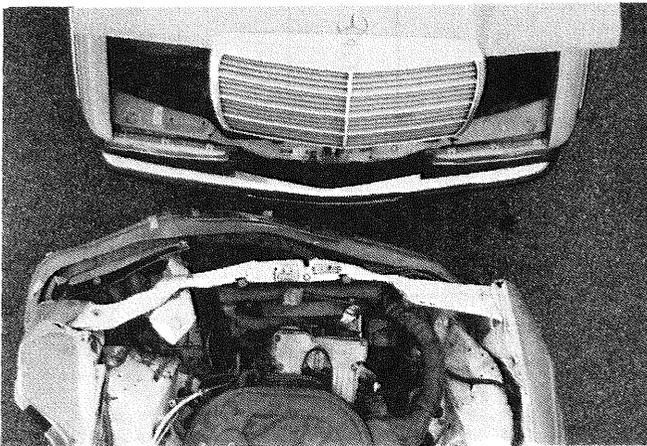


Bild 5: Deformation der Frontstruktur des auffahrenden DB W 123 nach einem Seitenaufprall auf einen bewegten VW Golf

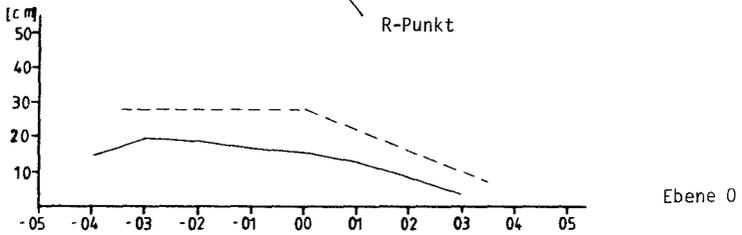
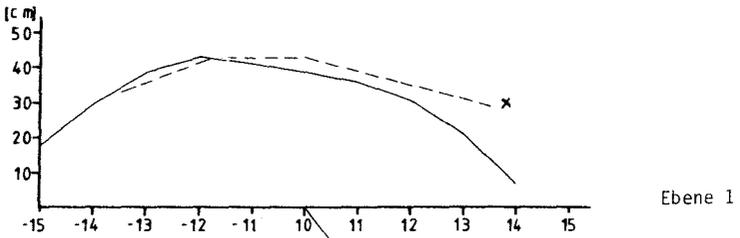
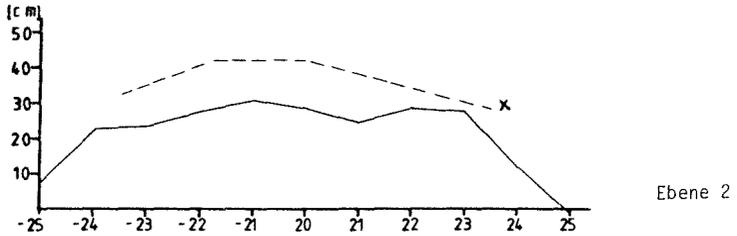
Die seitliche Deformation des bewegten Fahrzeuges (VW Golf) war im Türbereich von etwa gleicher Größe wie bei Versuchen mit einem DB W 123 und einem stehenden VW Golf. Beim Vergleich der Daten muß allerdings beachtet werden, daß die früheren Versuche mit dem stehenden VW Golf nur mit einer Aufprallgeschwindigkeit des DB W 123 von 45 km/h gefahren wurden.

Weiterhin wurde die seitliche Deformation der Tür nur in einer Ebene, die ungefähr in der Mitte zwischen den in den neueren Versuchen gemessenen Ebenen liegt, gemessen. Da die Messungen nicht exakt vergleichbar sind, ist dennoch ein entscheidender Unterschied festzustellen, der die Schwellerdeformation betrifft. Bei stehendem VW Golf deformiert der auffahrende DB W 123 den Schweller mit seiner Frontstruktur, besonders im Bereich der Seitentür. Bei bewegtem VW Golf gleitet der DB W 123 über den Schweller (im Türbereich) und verursacht dadurch am Schweller selbst eine geringere Deformation, aber deformiert dafür den unteren Türbereich stärker, siehe Bild 6. Das Aufgleiten auf den Schweller des VW Golf wird durch eine Bewegung des DB W 123 um die Wankachse möglich, die durch die Eigenbewegung des VW Golf verursacht wird.



Bild 6: Seitliche Deformation des bewegten VW Golf nach dem Aufprall eines DB W 123

In der nachstehenden Grafik sind die Deformationslinien der Versuchsreihen mit bewegtem und stehendem Fz 2 gezeigt, Bild 7.



----- DB W 123 $v_1 = 45 \text{ km/h}$ / VW Golf $v_2 = 0$
——— DB W 123 $v_1 = 50 \text{ km/h}$ / VW Golf $v_2 = 25 \text{ km/h}$
x Meßebene liegt zwischen Ebene 1 und 2

Bild 7: Vergleich der Deformationsmittelwerte aus Versuchen DB W 123 gegen VW Golf, bei denen einmal das getroffene Fahrzeug steht, zum anderen mit 25 km/h fährt

Wie bei den Versuchen mit zwei bewegten massegleichen Fahrzeugen sind auch bei dem DB W 123 die Einflüsse der Querbewegung auf die Belastung und Kinematik der Fahrzeuge meßbar. Wie erwartet werden diese durch die Masseunterschiede im Fall des auffahrenden Fahrzeuges (DB W 123) abgeschwächt und beim getroffenen Fahrzeug (VW Golf) verstärkt. Aus der Tabelle 2 läßt sich weiterhin die aufgrund der Deformationsbilder getroffene Feststellung des Gleitens von Fz 1 auf den Schweller von Fz 2 feststellen. Die Beschleunigung und Geschwindigkeitsänderung der Seitentür ist im Fall des bewegten Fz 2 dadurch deutlich höher als bei stehendem Fz 2.

Bei der festgestellten, fast gleichen Fahrzeugkinematik wie in den Versuchen mit den massegleichen Fahrzeugen, ist auch eine ähnliche Dummykinematik zu erwarten. Die Filmanalyse und die Dummymeßwerte zeigen, daß dies für den Fahrerdummy zutrifft. Auch bei diesen Versuchen sind die Belastungen in den Versuchen mit den zwei bewegten Fahrzeugen höher als bei stehendem Fz 2 - auch unter Berücksichtigung der etwas geringeren Versuchsgeschwindigkeit von 45 km/h. Durch die unterschiedlichen Massen der Fahrzeuge stellte sich im Stoßvorgang eine andere Richtung der resultierenden Fahrzeugbewegung ein, die in diesen Versuchen nicht dazu führte, daß der hintersitzende Dummy von der Seitenwand abgelenkt wird, dadurch sind die Belastungen von gleicher Größe wie bei Versuchen mit stehendem Fz 2.

Der Vergleich der Fahrzeug- und Dummybelastungen zwischen den Versuchen mit einem massegrößeren Fz 1 und stehendem bzw. bewegtem Fz 2 zeigt somit folgende Unterschiede:

- Wie bei den Versuchen mit massegleichen Anprallpartnern bewirkt die lange Dauer des Stoßvorgangs bei zwei bewegten Fahrzeugen eine Erhöhung der Geschwindigkeitsänderung bei geringerem Beschleunigungsniveau; aufgrund der unterschiedlichen Massen sind die Einflüsse jedoch für Fz 1 und Fz 2 verschieden groß.
- Soweit dies bei den unterschiedlichen Versuchsgeschwindigkeiten und Meßstellen der Deformationsmessung feststellbar ist, sind bei zwei bewegten Fahrzeugen die Deformationen kleiner - besonders in dem Schwellerbereich. Im Türbereich ist die Deformation trotz des Aufgleitens des auffahrenden Fahrzeugs eher geringer als in den Vergleichsversuchen ($v_2 = 0$), insbesondere bei Berücksichtigung der etwas niedrigeren Geschwindigkeit (45 km/h) der Vergleichsversuche.

- Die Unterschiede in der Kinematik und der Belastung der Dummies sind in diesen Versuchen durch den geringeren Einfluß der Querbewegung auf die Stoßrichtung nicht groß. Bei den Versuchen mit zwei bewegten Fahrzeugen werden jedoch die Belastungskriterien für die 3 ms-Beschleunigungswerte deutlich bei Brust und Becken überschritten.

Verglichen mit den Versuchen mit bewegten, massegleichen Fahrzeugen muß zum einen die durch unterschiedliche Massen zu beeinflussende Stoßrichtungsänderung und zum anderen das Aufgleiten des stoßenden Fahrzeuges auf den Schweller von Fz 2 als Resultat beeinflusster Fahrzeugkinematik genannt werden.

3.2 Versuche mit der Krebsgangbarriere

Nachdem im Vorangegangenen die Einflüsse der Eigenbewegung des seitlich angestoßenen Fahrzeuges festgestellt werden konnten, werden in einem nächsten Schritt Versuche entsprechend dem Prüfvorschlag für Seitenaufprallprüfungen des EEVC [4] und solche nach dem amerikanischen Vorschlag mit einer "crabbed"-EEVC-Barriere* miteinander verglichen. Die Versuche mit der Krebsgang-Barriere konnten trotz des ungewöhnlichen Versuchsaufbaus gut in dem geforderten Versuchsrahmen durchgeführt werden. Es gab keine Abweichungen bei den vorgeschriebenen Versuchsparametern wie Geschwindigkeit, Treffpunkt und Aufprallwinkel.

Das Verhalten der Deformationselemente während des Aufpralls entsprach dem bei rechtwinkligen Aufprallen. Nach dem Versuch war die vordere Reihe der Einzelblöcke in viele Bruchstücke aufgelöst und von der hinteren Reihe getrennt, die im wesentlichen - bis auf erwünschte Längsdeformation - ihre Form beibehielt. In Bild 8 ist der Zustand des Deformationselementes nach dem crabbed-Aufprall gezeigt.

Wie die Versuche mit der normalen EEVC-Barriere, waren auch die mit der "crabbed"-EEVC-Barriere durchgeführten untereinander sehr ähnlich. So ergaben sich zum Beispiel stets gleiche Endlagen; das hintere Seitenfenster wurde zum stets gleichen Zeitpunkt aus dem Rahmen gedrückt und zerschellte am gleichen Barrierenpfosten. Diese Gleichmäßigkeit des Aufprallvorgangs konnte auch bei den Meßwerten beobachtet werden. Die Reproduzierbarkeit der Versuche mit der "crabbed"-EEVC-Barriere ist damit entsprechend der normalen EEVC-Barriere, und sie ist diesbezüglich als Prüfwerkzeug geeignet. Anders sieht der Vergleich der Deformationen und der gemessenen Beschleunigungen aus, die im Fall der "crabbed"-Konfiguration zum Teil niedriger sind.

* hierunter wird die im Krebsgang eingesetzte Barriere mit den Spezifikationen des EEVC verstanden

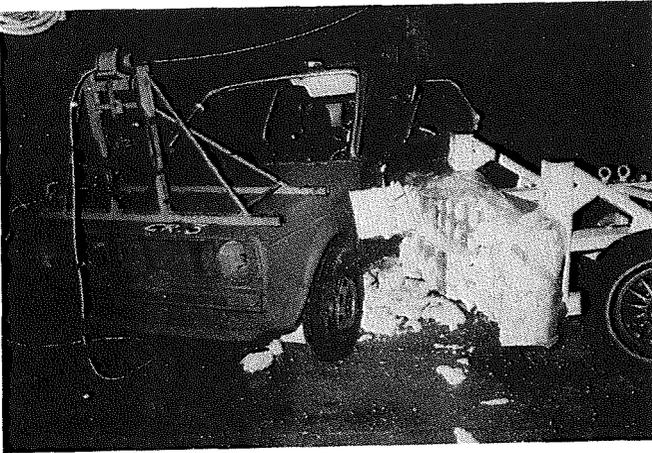
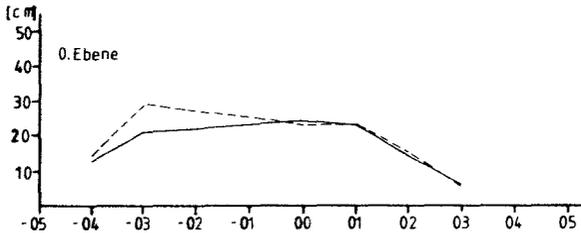
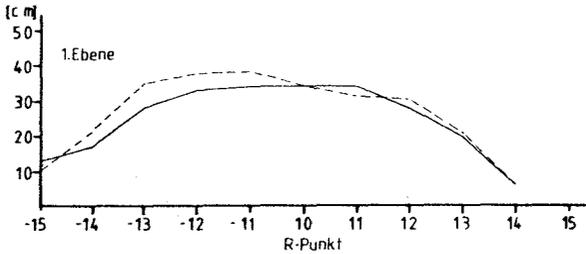
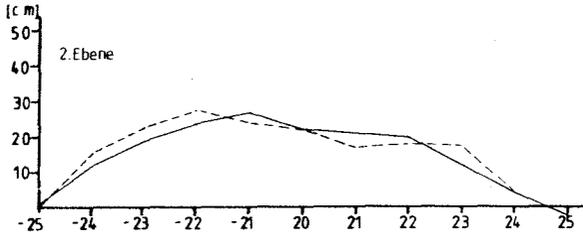


Bild 8: Ruhelage nach einem Aufprall der "crabbed"-EEVC-Barriere

Die grafische Darstellung der gemittelten Deformationsmeßwerte in Bild 9 zeigt für beide Versuchsreihen ein ähnliches Profil, jedoch etwas geringere Deformationstiefe durch die crabbed-barrier. Dies ist umso bemerkenswerter als die Treffpunktlage (EEVC: R-Punkt, "crabbed"-EEVC: 37" vor Mitte Radstand) und der Winkel der Stoßrichtung (90^0 bzw. 63^0) in beiden Versuchsreihen unterschiedlich sind. Der Einfluß der wohl wichtigeren Stoßrichtungsänderung bewirkt im Falle der "crabbed"-Barriere vermehrte Rotation der Fahrzeuge und eine relative Bewegung beider Fahrzeuge zueinander. Durch diese vermehrte Bewegung und der damit einhergehenden zusätzlichen Deformationen quer zur Stoßrichtung wird Energie verbraucht, die für die Belastung am gestoßenen Fahrzeug in Stoßrichtung nicht mehr zur Verfügung steht und dadurch die Aufprallfolgen mildert. Die über den seitlichen Bereich leicht geringere Deformation läßt auch eine geringere Dummybelastung erwarten.



----- EEVC-Barriere, 90°
—— "crabbed"-EEVC-Barriere, 63°

Bild 9: Deformationsprofile aus den gemittelten Meßwerten der Versuche mit der normalen EEVC-Barriere ($n = 2$) und der crabbed Version ($n = 3$)

Die durch die Schrägstellung der Barriere verursachten zusätzlichen Wege und Deformationen bewirkten in dem auffahrenden und dem getroffenen Fahrzeug geringere Beschleunigungsspitzen als in den Versuchen mit 90° Aufprallwinkel. Die mittleren Beschleunigungen sind aber auf ungefähr gleichem Niveau. Dadurch, und aufgrund einer längeren Dauer des Stoßvorganges, wird beim getroffenen VW Golf eine deutlich höhere Geschwindigkeitsänderung gemessen. Der Einfluß der Schrägstellung ist auch an den Komponenten der Geschwindigkeit festzustel-

len. So ist der Anteil der Geschwindigkeit im gestoßenen Fahrzeug in Längsrichtung nahezu Null in den Versuchen mit 90° Aufprallwinkel; in den Versuchen mit der "crabbed"-barrier beträgt der Anteil ca. 6,5 km/h. Ebenfalls niedriger, und damit für die Insassenbelastung milder, ist die Beschleunigung und Eindringgeschwindigkeit der Seitentür bei Versuchen mit der "crabbed"-barrier. Ob dies durch den geringen Anteil der Stoßwirkung rechtwinklig zur Fahrzeuglängsachse verursacht wird oder auch auf den mehr zur Vorderachse hin liegenden Treffpunkt zurückzuführen ist, kann nicht klar entschieden werden. Da die Deformationsprofile jedoch gleich sind, wird ersteres der Fall sein.

Die Belastung des aufprallseitig sitzenden Frontinsassen ist bei Versuchen mit der "crabbed"-barrier deutlich niedriger, lediglich die Brustbelastungswerte liegen noch vergleichsweise nahe an den Werten mit der 90° -Barriere (s. Tab. 3). Die Filmauswertung zeigte keine für die schräge Aufprallrichtung spezifische Änderung der Dummykinematik. Die Bewegung der Innentür in den Fahrgastraum und die Bewegung der Sitze und des Dummy's gleichen sich in beiden Versuchsreihen.

Besonders bedeutsam bei der Beurteilung der Wirksamkeit der Versuche mit einer "crabbed"-barrier ist die geringe Beschleunigung von Brust und Becken, die bei Versuchen mit normaler EEVC-Konfiguration bereits auch als eher zu gering im Vergleich mit realen Fahrzeugen zu beurteilen ist (s. Kap. 3.1). Gegenüber diesen Ergebnissen fällt die "crabbed"-barrier noch ab, siehe Tabelle 3. Bei Verwendung einer "crabbed"-Barrierenkonfiguration wird beim aufprallseitigen Frontdummy im VW Golf kein Belastungskriterium überschritten.

Die Belastung des hinten sitzenden Dummy's hat in den bisherigen Versuchsreihen mit 90° -Aufprallwinkel eine Abhängigkeit von der Masse und der Frontstruktur des aufprallenden Fahrzeuges gezeigt; d.h. mit steigender Masse und damit verbundener Breite der Aufprallfläche stieg die Belastung des Fonddummy's. In den Versuchen mit der "crabbed"-Barriere kollidiert der Fonddummy aufgrund der schrägen Stoßrichtung und des vor dem R-Punkt liegenden Auftreffpunktes um ca. 15 ms früher mit der Innenseite des Fahrzeuges und erleidet durch die zu diesem Zeitpunkt größere Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Dummy und Fahrzeug in der Tendenz eine höhere Belastung - vornehmlich beim Kopfaufprall auf die C-Säule und den inneren Dachrahmen.

Tab. 3: Meßwerte der Fahrzeug- und Dummybelastung in Versuchen mit einer EEVC-Barriere gegen einen VW Golf unter einem Aufprallwinkel von 90° und 63°

Auftreffendes Fahrzeug		Fz 1	EEVC-Barriere		"crabbed" EEVC-Barriere		
Fahrzeugtestgewicht*		(kg)	950	(v. 50)	1100	(v. 50)	
getroffenes Fahrzeug		Fz 2	VW Golf		VW Golf		
Fahrzeugtestgewicht*		(kg)	800	(v. 0)	800	(v. 0)	
Aufprallgeschwindigkeit			50		54		
Aufprallwinkel			90° links		63° links		
Parameter der Fahrzeugbelastung	<u>Fahrzeug 1</u>						
	Fz-Beschleunigung	a_{max} (g)	15,6	15,9	12,9	12,9	13,0
	mittlere Fz-Beschleunigung	\bar{a} (g)	10,5	10,2	9,2	8,6	8,5
	Quergeschwindigkeits-Änderung nach der Zeit t Δv	Δv_x (km/h)	7,0	7,2	5,4	7,9	7,6
	Geschwindigkeitsänderung	Δv (km/h)	24,1	23,1	23,4	22,7	21,6
	Zeitdauer für	$t_{\Delta v}$ (ms)	65	64	72	75	72
	<u>Fahrzeug 2</u>						
	Fz-Beschleunigung	a_{max} (g)	26,5	32,8	21,3	22,1	22,4
	mittlere Fz-Beschleunigung	\bar{a} (g)	11,3	12,0	12,0	11,8	12,7
	Längsgeschwindigkeits-Änderung nach der Zeit t Δv	Δv_x (km/h)	0,0	0,2	5,0	6,5	7,6
	Geschwindigkeitsänderung	Δv (km/h)	25,9	27,0	30,6	31,3	32,4
	Beschleunigung der linken Seitentür (y-Komp.)	a_{max} (g)	170	163	150	145	149
	Geschwindigkeit der linken Seitentür	v_{max} (km/n)	46,4	42,8	38,8	37,8	43,6
	Zeitpunkt für v_{max} (Tür)	(ms)	22	23	20	17	17
Parameter der Dummybelastung	<u>Frontinsasse - aufprallseitig -</u>						
	Kopf	a_{max}/a_{3ms} (g)	51/42	65/45	29/29	35/33	35/34
		HIC	245	255	118	100	152
	Thorax	a_{max}/a_{3ms} (g)	55/49	67/55	53/49	47/43	53/45
		SI	278	405	326	298	286
	Becken	a_{max}/a_{3ms} (g)	115/105	98/91	81/74	86/72	80/77
	<u>Fondinsasse - aufprallseitig -</u>						
	Kopf	a_{max}/a_{3ms} (g)	94/78	90/69	117/95	101/86	97/82
		HIC	420	345	567	392	467
	Thorax	a_{max}/a_{3ms} (g)	44/43	46/42	52/50	42/41	37/35
		SI	228	209	289	196	159
	Becken	a_{max}/a_{3ms} (g)	68/62	83/76	71/69	72/71	58/57

* Leergewicht plus meßtechnische Ausrüstung ohne Dummies

Der Vergleich zwischen den Versuchen mit einer normalen unter 90° aufprallenden EEVC-Barriere und einer schräglaufenden unter 63° aufprallenden EEVC-Barriere ergibt somit folgende Unterschiede:

- Der Schräglauf der Barriere bewirkte beim angestoßenen VW Golf eine Längsgeschwindigkeitsänderung von durchschnittlich 6,5 km/h, beim Aufprall der normalen EEVC-Barriere ist diese zum vergleichbaren Zeitpunkt praktisch Null.
- Bei ähnlichem Deformationsprofil bewirkt die "crabbed"-EEVC-Barriere eine etwas geringere Deformationstiefe.
- Deutlich geringere Belastung für den Frontdummy beim Aufprall der "crabbed"-barrier als Folge der geringeren Deformation und Türeindringgeschwindigkeit sowie des früheren Seitenkontakts infolge geänderter Fahrzeugkinematik.

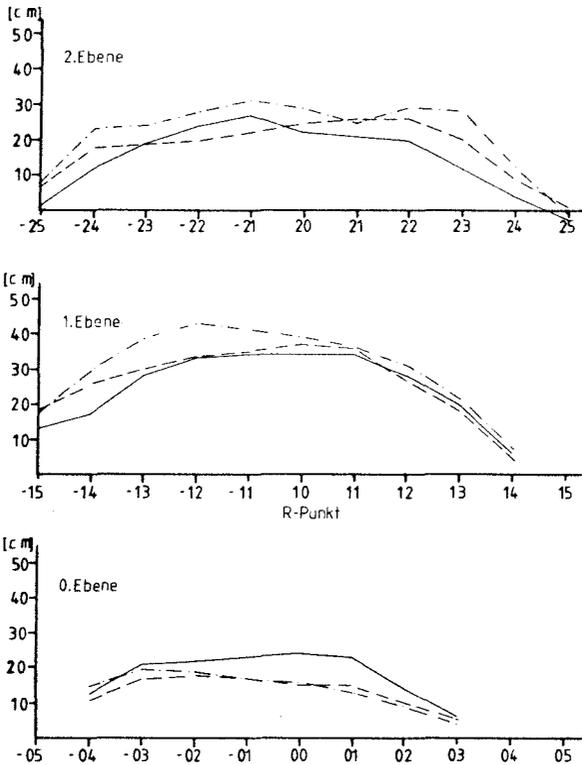
3.3 Beurteilung der "crabbed"-Versuchskonstellation

Die Ergebnisdarstellungen der Versuche mit Querbewegungseinfluß (Versuche mit zwei bewegten Fahrzeugen und mit der "crabbed"-barrier) werden im weiteren genutzt, um die Simulationsgüte der "crabbed"-barrier zu bestimmen. Dazu werden die durch die Querbewegung deutlich beeinflussten Merkmale wie die Deformation, die Beschleunigung und die Geschwindigkeitsänderung sowie die davon abhängige Dummybelastung miteinander verglichen.

Die Deformationsverläufe dieser Versuche in den verschiedenen Meßebenen, siehe Bild 10, zeigen einen unterschiedlichen Übereinstimmungsgrad. In den Fahrzeug/Fahrzeug-Versuchen ist die Schwellerdeformation untereinander ähnlich und ihre Charakteristik das Ergebnis eines Aufgleitens des Vorderwagens auf den Schweller (siehe Bild 6). Die Barriere deformiert den Schweller tief ohne aufzugleiten. Die Deformation der Türmitte zeigt im Bereich des R-Punktes eine gute Übereinstimmung; jedoch ist die Deformation durch die crabbed-EEVC Barriere etwas zu gering. Auch wird der Bereich der oberen Tür durch das fehlende Aufgleiten des Verformungselements in den Barrierenversuchen nicht ausreichend tief verformt. Der Vergleich zeigt, daß die "crabbed"-barrier ähnliche Deformationsprofile produziert wie die bewegten Fahrzeuge, jedoch durch die geringe Bodenfreiheit von nur 250 mm, im Schwellerbereich prinzipiell ein anderes Verhalten zeigt. Würde die Bodenfreiheit erhöht und dadurch ein gleiches Schwellerdeformationsverhalten wie bei realen Fahrzeugen erreicht, würde in den oberen Meßebenen eine tiefere Deformation verursacht [5]. Die ideale Deformation, nämlich einen Verlauf zwischen den Kennlinien des leichten Pkw (VW Golf) und des schweren Pkw

(DB W 123) wurde nicht erreicht.

Wie der vorhergehende Vergleich mit den Versuchen ohne Querbewegungseinfluß zeigt, wird mit der "crabbed"-barrier keine bessere Simulation der Deformation erzielt - in den belastungsrelevanten Bereichen eine zu geringe.



- "crabbed" EEVC-Barriere / VW Golf (54 km/h / 0)
- - - VW Golf / VW Golf (50 km/h / 25 km/h)
- · - DB W 123 / VW Golf (50 km/h / 25 km/h)

Bild 10: Gemittelte Deformationsverläufe bei Versuchen mit Querbewegungseinflüssen

Die am stoßenden Fahrzeug gemessenen Beschleunigungen und die daraus abgeleiteten Werte sind in den Versuchen mit zwei bewegten Fahrzeugen ähnlich und differieren in etwa gleicher Weise wie die Fahrzeugmassen. Der Stoßvorgang ist jedoch bei der "crabbed"-barrier deutlich kürzer.

Die Beschleunigungswerte der Frontdummies in den zu vergleichenden Versuchen, siehe Tabelle 4, sind in den Versuchen mit zwei bewegten Fahrzeugen stets höher als in den Versuchen mit der "crabbed"-Barriere - im Fall der Versuche mit dem DB W 123 war das erwartet worden, jedoch hätten die Werte aus den Barrierenversuchen höher sein müssen als die aus den Versuchen mit den VW Golf.

Beim Aufprall der "crabbed"-Barriere bleibt die Frontdummy-Belastung stets unterhalb der Belastungskriterien. In den Versuchen mit zwei bewegten Fahrzeugen werden die Belastungskriterien für die Brust (60 g über 3 ms) und das Becken (80 g über 3 ms) in beiden Versuchsreihen überschritten. Die Belastungssituation ist anders bei den hinten sitzenden Dummies. In den Versuchen mit der "crabbed"-Barriere erleiden diesen die höheren Belastungen.

Wie bereits bei Versuchen mit einem stehenden Fahrzeug [5] ist der wichtigste Grund für die gemessenen Abweichungen bei der Dummybelastung in Barrierenversuchen das Deformationsverhalten des Schwellers durch die zu geringe Bodenfreiheit des Deformationselementes. Wie vergleichende Untersuchungen mit größerer Bodenfreiheit (bei Versuchen ohne Querbewegungseinfluß) [5] ergaben, wird die Belastung von Brust und Becken durch eine Bodenfreiheit von 300 mm (statt wie hier 250 mm) um durchschnittlich 10 - 15 g erhöht. Wie bereits vorher ausgeführt, konnte bei Versuchen mit zwei bewegten Fahrzeugen durch die seitliche Gleitbewegung der Fahrzeuge während der Kollision, ein verstärktes Aufgleiten des auffahrenden Fahrzeugs auf den Schweller des getroffenen Fahrzeuges beobachtet werden. Besonders deutlich war dies bei den Versuchen mit dem DB W 123 als stoßendes Fahrzeug. Dieser Einfluß tritt dagegen bei den Versuchen mit der "crabbed"-Barriere nicht spürbar auf.

Tabelle 4: Mittelwerte der Fahrzeug- und Dummybelastung in den vergleichenden Versuchen mit Querbewegungseinfluß

Auftreffendes Fahrzeug		Fz 1	VW Golf	"crabbed" SEVC-Barrriere	DE W 123
Fahrzeugtestgewicht*		(kg)	800	1100	1460
getroffenes Fahrzeug		Fz 2	VW Golf	VW Golf	VW Golf
Fahrzeugtestgewicht*		(kg)	800	800	800
Aufprallgeschwindigkeit		(km/h)	55	54	55
Aufprallwinkel			63°	63°	63°
Parameter der Fahrzeugbelastung	Fahrzeug 1				
	Fz-Beschleunigung	a_{max} (g)	17,2	12,9	11,3
	mittlere Fz-Beschleunigung	\bar{a} (g)	8,2	8,8	5,8
	Quergeschwindigkeits- änderung nach der Zeit $t_{\Delta v}$	(km/h)	7,4	7,0	5,9
	Geschwindigkeitsänderung	Δv (m/s)	30,2	22,6	21,4
	Zeitdauer für	$t_{\Delta v}$ (ms)	104	73	105
	Fahrzeug 2				
	Fz-Beschleunigung	a_{max} (g)	20,5	21,9	19,6
	mittlere Fz-Beschleunigung	\bar{a} (g)	7,0	12,2	9,3
	Längsgeschwindigkeit	(km/h)	6,2	6,4	7,8
Geschwindigkeitsänderung	Δv (m/s)	25,6	31,4	34,4	
Beschleunigung der linken Seitentür (y-Komp.)	a_{max} (g)	104	148	155	
Geschwindigkeit der linken Seitentür	v_{max} (km/h)	33,1	40,1	47,5	
Zeitpunkt für v_{max} (Tür)	(ms)	20	18	22	
Parameter der Dummybelastung	Frontinsasse - aufprallseitig -				
	Kopf	a_{max}/a_{3ms} (g)	43/40	33/32	52/49
		HIC	116	123	218
	Thorax	a_{max}/a_{3ms} (g)	86/66	51/46	88/77
		SI	401	303	566
	Becken	a_{max}/a_{3ms} (g)	168/114	82/74	273/174
	Fondinsasse - aufprallseitig -				
	Kopf	a_{max}/a_{3ms} (g)	45/39	105/88	100/61
		HIC	107	475	422
	Thorax	a_{max}/a_{3ms} (g)	27/21	44/41	49/43
	SI	29	215	204	
Becken	a_{max}/a_{3ms} (g)	49/37	67/66	63/50	

* Leergewicht plus meßtechnischer Ausrüstung ohne Dummies

Die zur Beurteilung der Simulationsgüte der "crabbed"-EEVC-Barriere herangezogenen Versuche mit zwei bewegten Fahrzeugen erlauben folgende Feststellungen:

- das Deformationsverhalten zeigt im Schwellerbereich eine schlechte, im Türbereich ein genügende Übereinstimmung.
- Die Fahrzeugbeschleunigungen und die daraus abgeleiteten Größen zeigen ein im wesentlichen passendes Verhalten.
- Die Dummybelastung ist für den Frontinsassen - gemessen allerdings am Hybrid II - viel zu gering - für den hinten sitzenden in der Höhe vergleichbar, jedoch Ergebnis einer anderen Kinematik.

4. Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Bestrebungen in Europa und den USA den Schutz des Pkw-Insassen beim Seitenaufprall zu verbessern, führten zur getrennten Entwicklung von Seitenaufprallverfahren. Die europäischen Lösungen (CCMC und EEVC) sind in Bezug auf Prüfwerkzeug, Versuchsparameter und Bewertung ähnlich, sie stellen anwendbare Prüfverfahren dar. Der amerikanische Vorschlag unterscheidet sich nicht nur in der Auslegung des Prüfwerkzeuges (Masse und Breite der Barrierenfront) von den europäischen Lösungen, sondern sieht auch eine Berücksichtigung der Eigenbewegung des seitlich getroffenen Fahrzeuges vor. In dem Bestreben die Zahl der Prüfungen im Typpengehmigungsverfahren für neue Pkw-Modelle gering zu halten, wurde von der europäischen Automobilindustrie ein Harmonisierungsvorschlag, der Elemente sowohl der europäischen als auch der amerikanischen Lösung beinhaltet, ausgearbeitet und zur Diskussion gestellt [1].

In dieser Untersuchung wurden neben Daten aus Versuchen zur Beurteilung der europäischen Prüfverfahren [2, 3] zwei Versuchsserien zur Beurteilung des Quergeschwindigkeitseinflusses mit Fahrzeugen europäischer Größenverhältnisse (VW Golf, DB W 123) durchgeführt, sowie eine Serie mit einer

Versuchskonfiguration ("crabbed"), die für die Harmonisierung vorgeschlagen wurden.

Die Versuchsserien waren:

- Seitenkollisionen mit 2 bewegten Fahrzeugen
Golf gegen Golf bzw. DB W 123 gegen Golf,
Geschwindigkeiten 50 bzw. 25 km/h.
- Seitenkollisionen mit der EEVC-Barriere als
"crabbed barrier" mit 54 km/h gegen Golf
- Vergleichsversuche mit jeweils einem Golf, DB W 123
und der nicht modifizierten EEVC-Barriere gegen einen
stehenden Golf.

Die Versuche wurden hinsichtlich der Belastung der Fahrzeuge (Beschleunigungs- und Deformationsmessung) und der Dummies (Beschleunigungsmessung in Kopf, Brust und Becken) ausgewertet und untereinander verglichen.

Die Versuche zur Ermittlung des Quergeschwindigkeitseinflusses ergaben im Vergleich zu den Versuchen mit stehendem Fahrzeug:

- Der Eigengeschwindigkeitsanteil bewirkt eine höhere Geschwindigkeitsänderung bei beiden Fahrzeugen und einen längeren Stoßvorgang - die maximalen Fahrzeugbeschleunigungen sind in Versuchen mit zwei bewegten Fahrzeugen geringer.
- Die Deformation am getroffenen Fahrzeug ist, bei Versuchen mit zwei bewegten Golf, ähnlich wie in den Versuchen mit einem stehenden Golf, besonders im Bereich des R-Punktes.

War das auffahrende Fahrzeug ein DB W 123, ergaben sich große Unterschiede zwischen den Versuchen mit einem stehenden und einem bewegten Golf. Bei den Versuchen mit einem stehenden VW Golf wird durch die relativ tiefe und massive vordere Schürze der Schweller des VW mit in die Verformung einbezogen; bei den Versuchen mit einem bewegten Golf erfolgt eine Wankbewegung des DB, die dazu führt, daß der DB im Türbereich auf den Schweller aufgleitet und eine geringere Deformation des Schwellers bewirkt.

- Die Belastungen des Fahrerdummy's sind bei Versuchen mit zwei bewegten Golf deutlich höher und auf den Einfluß der Querbewegung auf die Dummykinematik zurückzuführen. Die Belastungskriterien für Brust (60 g/3 ms)

und Becken (80 g/ 3 ms) werden überschritten. Der Fonddummy wird dabei eher geringer belastet.

Beim Aufprall des schwereren DB W 123 sind die Unterschiede in der Front-Dummybelastung zwischen den Versuchen mit bewegtem und stehendem VW Golf nicht groß (wenn man die um 5 km/h geringere Aufprallgeschwindigkeit bei den Versuchen mit stehendem Golf berücksichtigt). Bei den Versuchen mit zwei bewegten Fahrzeugen werden die Belastungskriterien deutlich überschritten. Die Belastung des Fonddummy's ist ähnlich.

Die Versuche mit den bewegten Fahrzeugen ergaben also gegenüber den Versuchen mit stehendem Fahrzeug eine geringere Deformation und in Abhängigkeit der Massenunterschiede stärkere Belastung des Fahrerdummy's beim seitlich getroffenen Fahrzeug.

Der direkte Vergleich der Versuche mit der EEVC-Barriere mit 90° und mit 63° Aufprallwinkel ergab:

- Die Dauer des Stoßvorgangs erhöhte sich um ca. 10%, dies führte auch hier bei niedrigeren Fahrzeugbeschleunigungsspitzen zu größeren Geschwindigkeitsänderungen beim gestoßenen VW Golf - bei der Betrachtung der Geschwindigkeitsänderung von Fz 1 und Fz 2 muß auch die von 950 kg auf 100 kg erhöhte Barrierenmasse bei den Versuchen mit der "crabbed"-barrier beachtet werden. Der Schräglauf der Barriere bewirkt beim angestoßenen VW Golf eine Längsgeschwindigkeitsänderung von ca. 6 km/h - beim Aufprall der nicht modifizierten EEVC-Barriere ist diese zum vergleichbaren Zeitpunkt praktisch null.
- Bei ähnlichem Deformationsprofil bewirkt die "crabbed"-barrier eine etwas geringere Deformationstiefe. Eine tiefe Schwellerdeformation wird von beiden Versuchsarten verursacht.
- Deutlich geringere Belastung des Fahrerdummy's beim Aufprall der "crabbed"-barrier als Folge einer geringeren Deformation, niedrigerer Türeindringgeschwindigkeit und anderer Fahrzeugkinematik.

Unter Berücksichtigung der herausgestellten Unterschiede und Ergebnisse kann festgestellt werden, daß die Kombination einer mobilen deformierbaren Barriere mit den Bewegungsparametern zur Simulation eines Querbewegungseinflusses durch die kinematische Umkehrung am gestoßenen Fahrzeug nur zu einem geringen Teil die gleiche Belastung bewirkt, wie bei der Kollision mit zwei bewegten Fahrzeugen.

Insbesondere zeigt die Dummybelastung eine schlechte Übereinstimmung im Vergleich mit den Versuchen mit zwei bewegten Fahrzeugen, und zudem produziert die "einfache" Simulation der Seitenkollision (EEVC-Barrieren-Versuch mit einem Aufprallwinkel von 90^0 und einem stehenden Fahrzeug 2) bereits für die Fahrzeugbelastung ähnlich gute und für die Dummybelastung realistischere Ergebnisse. Wie das folgende zusammenfassende Bild 11 deutlich zeigt, sind die Belastungen bei der "crabbed"-barrier bezüglich der Beschleunigungswerte über 3 ms am niedrigsten.

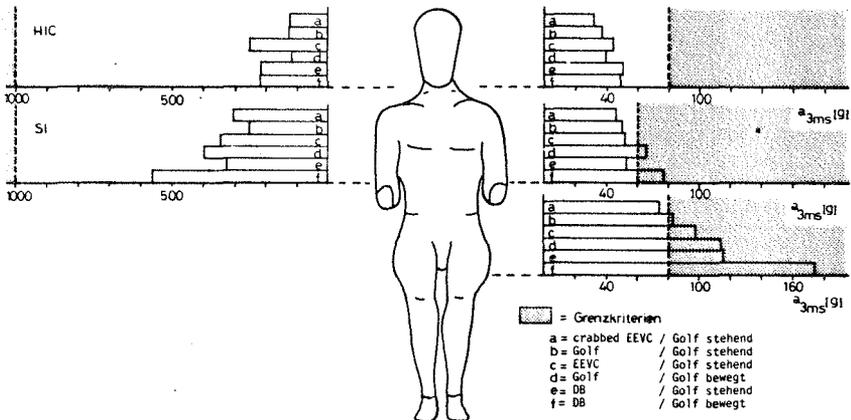


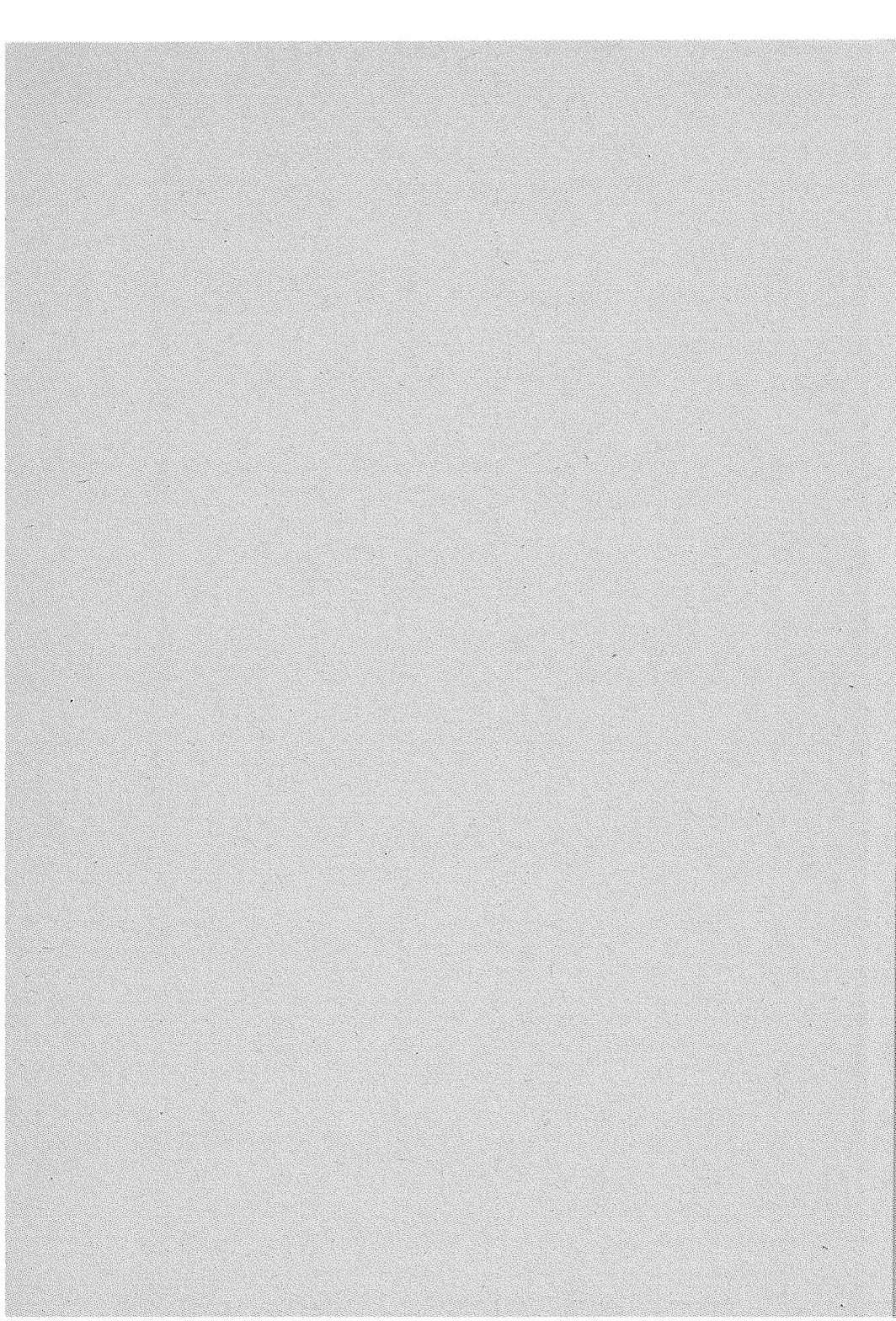
Bild 11: Gemessene Belastungen des Frontdummy's, Vergleich aller zur Beurteilung genutzten Versuchsreihen (Hybrid II)

Als eine weitere Besonderheit kann das Aufgleiten des DB W 123 auf den Schweller des Golfs in Versuchen mit zwei bewegten Fahrzeugen gelten. Um diese Besonderheiten in einer Seitenaufprallprüfung zu berücksichtigen, d.h. das Prüfverfahren anzupassen, muß nicht unbedingt eine Simulation der Querbewegung stattfinden, dies kann auch durch die Änderung anderer Parameter erreicht werden. Als einfachste und sinnvolle Maßnahme kann die Erhöhung

der Bodenfreiheit genannt werden. Dies wurde schon in [2, 5] für wichtig gehalten, um eine bessere Realitätsnähe zu erreichen. Zusätzlich kann die Prüfung durch die Erhöhung der Prüfgeschwindigkeit oder -masse oder einer partiell steiferen Auslegung der Deformationselemente "härter" gemacht, also auf die höheren Dummybelastungen bei dem seitlichen Aufprall zweier bewegter Fahrzeuge eingestellt werden. Die Notwendigkeit, die Prüfung "härter" zu gestalten, müßte allerdings in Versuchen mit dem zur Zeit in der Erprobung befindlichen EUROSID nachgewiesen werden.

5. Literatur

- [1] Klaus, G. et al.:
"Mobile Deformable Barrier for Lateral Collision Testing"
SAE Technical Paper Series, Washington, D.C., May 1984
- [2] Pullwitt, E., Sievert, W.:
"Feasibility of Side Impact Test Procedure Proposed by EEVC"
Research Report of the Federal Highway Research Institute
(BAST), Oct. 1984
- [3] Sievert, W., Pullwitt, E.:
"Lateral Protection of Passenger Cars - Comparison Tests by
Means of Different Barrier Configurations"
27th Stapp Car Crash Conference, San Diego, Oct. 1983
- [4] European Experimental Vehicles Committee (EEVC)
"Structures Improved Side Impact Protection in Europe"
9th ESV-Conference, Kyoto, Nov. 1982
- [5] Sievert, W., Pullwitt, E.:
"Validierung der mobilen deformierbaren EEVC-Barriere"
Forschungsbericht der Bundesanstalt für Straßenwesen,
Bergsich Gladbach, Okt. 1985



Tests on the Crabbed Barrier

Tests on the Crabbed Barrier

A b s t r a c t

For some years now, the Federal Highway Research Institute (BAST) has been carrying out work on the protection of private car passengers in lateral collisions. In addition to private cars, various barrier forms have been used as side-striking vehicles in a number of research projects with various objectives. The BAST has also played a considerable role in the development and validation of the EEVC barrier face.

Efforts in Europe and the U.S.A. to improve the protection of private car passengers in lateral collisions have led to the separate development of lateral collision test procedures. The European solutions (CCMC and EEVC) are very similar with respect to the test tool, test parameters and evaluation and represent practicable test procedures. The American proposal not only differs from the European solutions with respect to the design of the test tool (mass and width of the barrier front), but it also considers the proper motion of the side-struck vehicle during an angular collision. In an effort to keep down the number of tests in the type approval test procedure for new private cars, a proposal for harmonisation which contains elements of both the European and American solutions has been elaborated and put up for discussion by the European car industry.

In addition to considering data from tests to evaluate the European test proposals, this investigation also conducted two series of tests with vehicles of the size driven in Europe (VW Golf, DB W 123) to determine the influence of transversal velocity, and a series with a test configuration suggested for the harmonisation process.

The tests were evaluated with regard to the load on the vehicles (measurement of acceleration and deformation) and on the dummies (measurement of the acceleration in the head, chest and pelvis) and the results then compared with one another.

II

Compared with the tests with a stationary vehicle, the tests with moving vehicles produced a lower deformation and, as a function of the differences in mass, a higher load on the driver dummy in the side-struck vehicle.

A direct comparison of the tests with the EEVC barrier with impact angles of 90° and 63° revealed considerable differences in the kinematic behaviour of the vehicles, similar deformations to the struck vehicle and a considerably lower load on the front dummy.

If one considers the results and the differences which came to light, it is possible to establish that combining a mobile deformable barrier with the movement parameters for simulating the influence of transversal movement by kinematic inversion (Umkehrung) on the struck vehicle produces the same load as a collision between two moving vehicles in only a few cases.

Simulation of the transversal movement is not essential for taking into account the peculiarities of a real lateral collision, i.e. for adapting the test procedure; this can also be achieved by altering other parameters. A useful - and the easiest - measure involves increasing the ground clearance. The test can also be made "harder" by increasing the test velocity or mass or by partially increasing the rigidity of the deformation elements, i.e. the test can be adjusted to the higher dummy loads experienced during a lateral collision between two moving vehicles. The necessity to make the tests "harder" has to be proofed in comparable tests with the EUROSID which is now in development because in the here described tests Hybrid II-dummies were used.

List of Contents

	Page
1. Introduction	1
2. Description of the Test Series	2
3. Results	5
3.1 Tests with Two Moving Vehicles	6
3.2 Tests with the Crabbed Barrier	14
3.3 Assessment of the Crabbed Test Constellation	19
4. Summary and Conclusions	23
5. Literature	28

1. Introduction

For some years now, the Federal Highway Research Institute (BAST) has been carrying out work on the protection of private car passengers in lateral collisions. In addition to private cars, various barrier forms have been used as side-striking vehicles in a number of research projects with various objectives. The BAST has also played a considerable role in the development and validation of the EEVC* barrier face.

On the basis of the findings made to date, the BAST was able to make an expert recommendation to the Federal Ministry of Transport that, within the working party of the Group of Rapporteurs on Crashworthiness (GRCS) of the Economic Commission for Europe (ECE), the Ministry should endorse the introduction of a regulation based on the EEVC report [4] on the protection of private car passengers in lateral collisions.

In anticipation of the discussion aimed at harmonising the preparation of legal regulations on the lateral protection of private car passengers in the U.S.A. and Europe (see also [1, 6, 7]), the BAST conducted the series of tests described in this report. The aim of this work was, firstly, to determine the influence of the proper motion of the side-struck vehicle on the vehicle and occupant loads, secondly to investigate the quality of simulation of the influence of transversal movement provided by the American model where a stationary vehicle is hit by a barrier and where impact occurs at an angle with respect to the main direction of motion of the colliding vehicle, and thirdly, to compare the results from these two series of tests with results from tests based on the EEVC proposal. The data for these comparative tests were obtained from earlier projects [2, 3]. In order to assess the influence of transversal movement in lateral collisions it was only necessary to conduct new series of tests with two moving vehicles and with the crabbed barrier.

* European Experimental Vehicles Committee

2. Description of the Test Series

The measuring equipment of the vehicles and dummies was the same for all tests, as was the number and position of the occupants in the side-struck vehicle, which was always a two-door VW Golf (Type 17). "EUROSID", the side dummy intended for use in the European lateral collision test procedure, is still undergoing trials and could therefore not be used. Thus, as in the comparative tests, Hybrid II dummies were used in order to ensure comparability even between tests conducted at different times. The arrangement of the deformation measurement points only differed from those shown in Fig. 1 in two tests with a test velocity of 45 km/h. The test velocities were adapted to those of a real accident in which the side-striking vehicle travelled with a velocity of 50 km/h. Whereas the R point was the impact point for the tests conducted with a 90° collision and impact angle, the impact points and other test parameters for the tests involving a velocity effect were obtained from the test specifications of the investigation conducted by VW AG [17].

In the case of test series conducted here for the first time, three tests were conducted for each configuration in order to ensure the validity of the results and to assess the reproducibility of the tests.

Fig. 2 illustrates the various test series and serves to clarify the method of procedure to be used when assessing the tests.

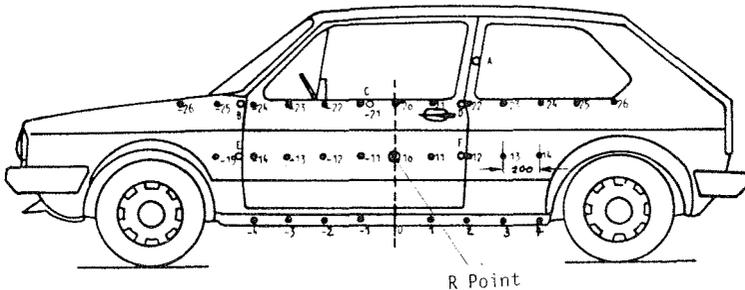
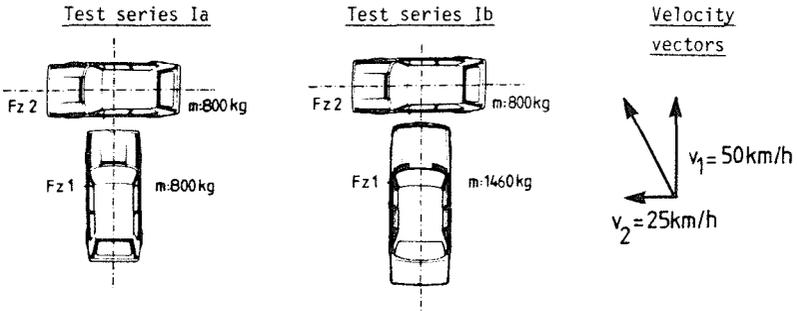
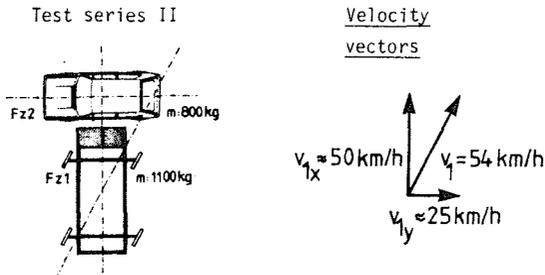


Fig. 1: Position of the deformation measurement points

I. Lateral Collision Tests with Two Moving Vehicles



II. Lateral Collision Tests with the "Crabbed Barrier" Alternative Model



III. Simplified Design for Lateral Collision Tests

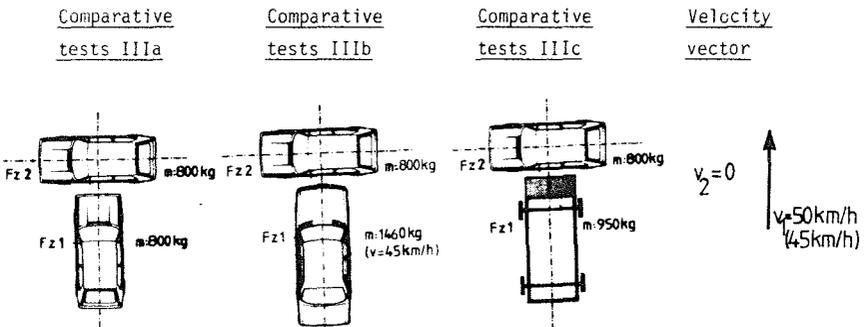


Fig. 2: Diagrams of the test constellations used for evaluation

Tests with two moving vehicles:

The advantage of this test arrangement lies in its close resemblance to a real accident, when both vehicles are - as a rule - moving. As normal series cars were used in the test as opposed to passenger car models (mobile deformable barriers), the results can be used as authoritative limit values when assessing the test procedure using a "crabbed barrier". In each case, three tests were conducted with a typical smaller vehicle (VW Golf) and a larger vehicle (DB W 123) as the side-striking vehicle (Veh. 1). This made it possible to determine an upper and a lower limit for the load on the struck vehicle, an important factor since test procedures for assessing passive safety must always consider vehicles of various construction types and masses for the colliding vehicle.

Table 1 lists the test parameters for all tests.

Collision-partner Test-parameter	Veh1	VW Golf	DB w 123	EEVC-"crabbed" barrier	EEVC-barrier	VW Golf	DB W 123
	Veh2	VW Golf	VW Golf	VW Golf	VW Golf	VW Golf	VW Golf
Collision-velocity /km/h /	Veh1	50	50	54	50	50	45
	Veh2	25	25	0	0	0	0
Collision angle (Angle of the central longitudinal planes)		90° left	90° left	90° left	90° left	90° left	90° left
Impact angle (Direction of impact)		65° left	65° left	65° left	90° left	90° left	90° left
Impact location		Outer left edge of Veh1 makes impact 57" from the centre wheel base of Veh 2			Projection of the central longitudinal plane of Veh 2 to R. Point of Veh2 - 50 mm Centre wheel base of Veh2 - 50mm		
Test weight of the vehicles [kg]	Veh1	800	1460	1100	950	800	1460
	Veh2	800	800	800	800	800	800
Dummy occupation in Vehicle 2		2 Hybrid II dummies on the nearside					Hybrid II on S ₁ , S ₂ and S ₃ **
Restraint systems		Front occupants, 3-point automatic belt Rear occupants unprotected					
Point of vehicle acceleration measurement	Veh1	around the vehicle's centre of gravity (triaxial)					
	Veh2	2 x tunnel (triaxial) 2 x left side (y-direction)				2 x tunnel (triaxial)	

* unladen weight plus measuring equipment, without dummies

** S₁ - driver's seat, S₂ - front right seat, S₃ - rear left seat

Table 1: Test conditions

Tests with the "crabbed barrier":

The aim of the tests with the crabbed barrier is to simulate the loads during a lateral collision test more closely to those of a real accident than has previously been possible with earlier test procedures.

This was achieved by setting the vehicles at the beginning of the collision in such a way that their central longitudinal planes formed an angle of 90° (the collision angle), although by parallel angling of the wheels of the front and rear axles, the direction of impact of the barrier produced a direction of motion, and therefore the main direction of force of the barrier, which ran at an angle of 63° to the central longitudinal plane of the struck vehicle (the impact angle) (Def. according to DIN/ISO 6813).

The impact situation described by the two angles thus approximates more closely to an impact with two moving vehicles - at least at the beginning of the impact.

The geometric dimensions of the barrier used for the tests corresponded to those of the EEVC barrier, the mass was increased to 1100 kg in accordance with [1]. The deformation element used was the EEVC element described in [2]. In order to be able to assess the procedure described in [1], the majority of test parameters described in this work were retained. An example is the impact point which, for the front left corner of the barrier, is a point $37" = 940$ mm in front of the wheel base. With this point of impact, the distance from the centre of the barrier to the R point is approx. 200 mm. The specified velocity was 34 mph = 54 km/h ± 1 km/h in order to simulate the velocity resulting from 30 mph and 15 mph.

Additional test parameters can be found in Table 1.

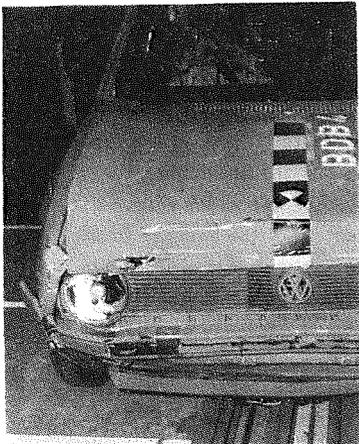
3. Results

Given the complexity of the tests, it was possible to conduct the series of tests with two moving vehicles - each consisting of three tests with a VW Golf and a DB W 123 as the striking vehicle - well within the framework of the requirements for impact accuracy (± 50 mm) and velocity tolerance ($\pm 1\%$).

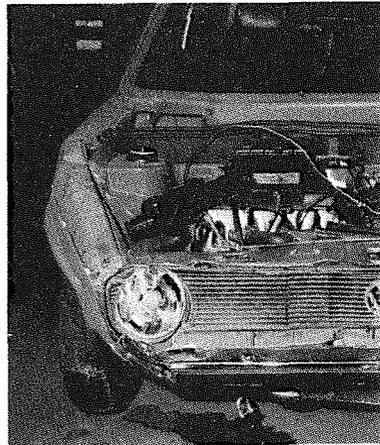
3.1 Tests with Two Moving Vehicles

For the majority of measurement points, the deformation measurement values obtained from the tests with two moving VW Golfs were very similar. Thus, a lower deformation in the area of the front door and a lower door penetration velocity in one test made it possible to establish that the accuracy of impact tolerance level had been exceeded by 4 cm.

Whereas the damage to the struck vehicle did not differ to that sustained in the tests with the stationary vehicle, the damage to the striking vehicle clearly showed the influence of the transversal motion. The differences in deformation in tests in which the struck vehicle was either stationary or moving could be clearly determined from the lateral displacement of the front of the vehicle to approximately the height of the shock absorber, as shown in Fig. 3.



stationary vehicle



moving vehicle

Fig. 3: Comparison of the front deformation (Veh. 1) in tests with a stationary and moving vehicle struck from the side (Veh. 2)

When assessing the lateral deformation of the struck VW Golf, note should be taken of the fact that the point of impact for tests with a stationary vehicle differs from that for tests with a moving vehicle. As mentioned above, this difference is approximately 200 mm towards the front of the vehicle. However, the deformations do not differ to a great extent. As can be seen in Fig. 4, however, it is clear that, with the moving vehicle, the greater deformation occurs at the measuring points -15 and -25, the absence of any deformation peak (Point: -24, -23 and -13, -12) in the region of the A pillar and the somewhat lower deformation towards the rear of the vehicle. For both types of test, the doorsill deformation and the deformation in the region of the R point (Point 10, 20), which is important for the load on the occupants, are approximately equal.

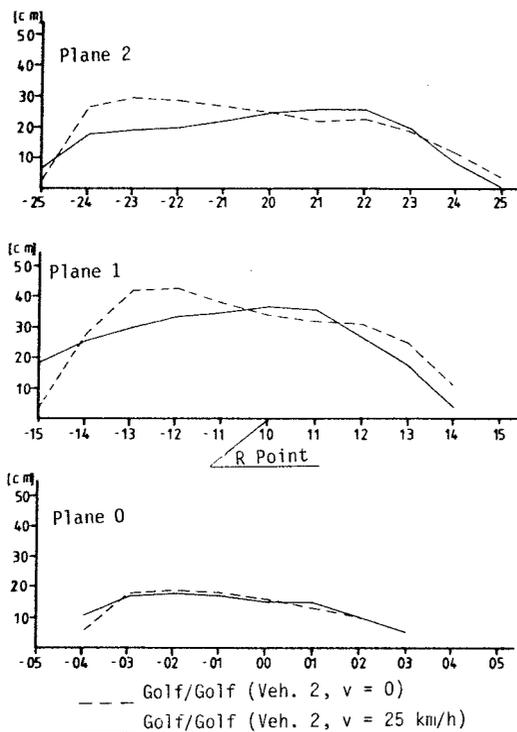


Fig. 4 Comparison of the mean deformation values from Golf/Golf tests in which the struck vehicle was stationary in one test series and travelling at a velocity of 25 km/h in another

The influence of the proper motion of the struck vehicle (Veh. 2) and the resultant non-right-angled direction of impact becomes noticeable during the mutual deformation phase through an additional relative movement between the vehicles. The direction of impact is different to that in tests involving a stationary vehicle and can also be seen in the greater proportion of impact force components which do not run in the main direction of the impact force and in the dummy reaction resulting from these. The influence of the non-right-angled direction of impact can be clearly measured from the vehicle accelerations: Table 2 lists the corresponding velocity components of the vehicles. Thus the y-component of the striking vehicle in tests conducted with a stationary vehicle 2 at a low acceleration level is relatively high - approx. 4 km/h - due to different centres of gravity and vehicle rigidity at the time both vehicles are moving with the same velocity. However, in tests with two moving vehicles, the measured velocity was almost double. On the other hand, the change in velocity in the x-direction for the stationary vehicle 2 is almost zero, whereas it is only reduced slowly in the tests with transversal velocity.

A comparison of the dummy measurement values for tests with a stationary and moving vehicle 2 reveals that the values for the front occupants are higher in the case of the moving vehicle 2. The impact force, acting at an angle of approx. 63°, results in the driver dummy being restrained earlier by the safety belt and fixed in the x-direction. In addition to a somewhat higher acceleration in the x-direction, this also results in a higher peak load in the y-direction. During the impact process, a displacement of the seating area results in the occupants being restrained more by the lap belt which is secured to the seat. At the beginning of the impact process the pelvis is also moved along with the seat towards the centre of the vehicle, thereby resulting in the side door making contact with the pelvis after contact has been made with the chest. This produces a shorter acceleration signal with higher peak values.

Whereas, in the case of lower vehicle load values, the driver dummy suffers higher loads on the chest and pelvis as a result of the kinematics during the angular collision, the high x-component influences the rear dummy in such a way that a collision of the head with the C pillar or roof frame is avoided. Refer to Table 2 for data.

Table 2: Mean values of the vehicle and dummy loads in tests with a VW Golf and DB W 123 as the striking vehicle

Striking vehicle	Veh 1	VW Golf	VW Golf	DB W 123	DB W 123
Vehicle mass *	(kg)	800 ^(v * 50)	800 ^(v * 50)	1460 ^(v * 50)	1460 ^(v * 45)
Struck vehicle	Veh 2	VW Golf	VW Golf	VW Golf	VW Golf
Vehicle mass *	(kg)	800 ^(v * 25)	800 ^(v * 0)	800 ^(v * 25)	800 ^(v * 0)
Impact speed	v_{res} (km/h)	55	50	55	45
Impact angle		63° left	90° left	63° left	90° left
PARAMETERS FOR VEHICLE LOADING					
<u>VEHICLE 1</u>					
Vehicle acceleration	a_{max} (g)	17,2	16,8	11,3	9,6 ***
Mean Veh. acceleration	\bar{a} (g)	8,2	10,4	5,8	6,1
Change in transversal velocity after time $t_{\Delta v}$	Δv_y (km/h)	7,4	3,6	5,9	--- *****
Velocity change	Δv (m/s)	30,2	28,1	21,4	18,7
Time for	$t_{\Delta v}$ (ms)	104	77	105	88
<u>VEHICLE 2</u>					
Vehicle acceleration	a_{max} (g)	20,5	28,5	19,6	21,5 ***
Mean Veh. acceleration	\bar{a} (g)	7,0	8,2	9,3	8,5
Change in longitudinal velocity after time $t_{\Delta v}$	Δv_x (km/h)	6,2	0,7	7,8	--- *****
Velocity change	Δv (m/s)	25,6	22,0	34,4	26,3
Left side door acceleration (y-dir.)	a_{max} (g)	104	151	155	120
Velocity of left side door	v_{max} (m/s)	33,1	44,6	47,5	39,2
Time for v_{max} (door)	(ms)	20	25	22	20
PARAMETERS FOR DUMMY LOADING					
<u>FRONT OCCUPANT - nearside</u>					
Head	a_{max}/a_{3ms} (g)	43/40	38/37	52/49	75/51 **
	HIC	116	122	218	216 **
Thorax	a_{max}/a_{3ms} (g)	86/66	58/50	88/77	60/53
	SI	401	256	566	322
Pelvis	a_{max}/a_{3ms} (g)	168/114	91/82	273/174	142/115
<u>REAR OCCUPANT -nearside</u>					
Head	a_{max}/a_{3ms} (g)	45/39	86/66	100/81	75/66
	HIC	107	223	422	416
Thorax	a_{max}/a_{3ms} (g)	27/23	27/22	49/43	47/34
	SI	29	70	204	192
Pelvis	a_{max}/a_{3ms} (g)	49/37	70/60	63/50	61/57

* Unloaden weight plus measuring equipment, without dummies

** Values from only one test

*** Values only for x- and y-components

**** No values measured

From this it can be established that the vehicle and dummy loads for the tests with two moving vehicles of the same mass differ from the tests in which one vehicle is stationary in the following ways:

- A lower resultant vehicle acceleration and a considerably longer impact time produce a greater velocity change due to the influence of the high x-component (Veh. 2) or y-component (Veh. 1) of the impact force.
- The deformation to the struck vehicle is similar to that in tests where vehicle 2 is stationary. This is particularly true for the R point region.
- The measured thorax and pelvis accelerations are considerably higher for the driver dummy and are not the result of unfavourable passenger cell loads but of the different dummy kinematics produced by the transversal motion. The load criteria for the chest and pelvis of the driver dummy are exceeded in the tests with two moving vehicles.

The results of the tests with two moving vehicles of different masses are consistent - with regard to execution and measurement values - with those involving vehicles of equal mass. In these tests it was also possible to clearly establish the influence of transversal motion on the striking vehicle. This can be seen from Fig. 5, which shows a comparison with a non-deformed DB W 123.

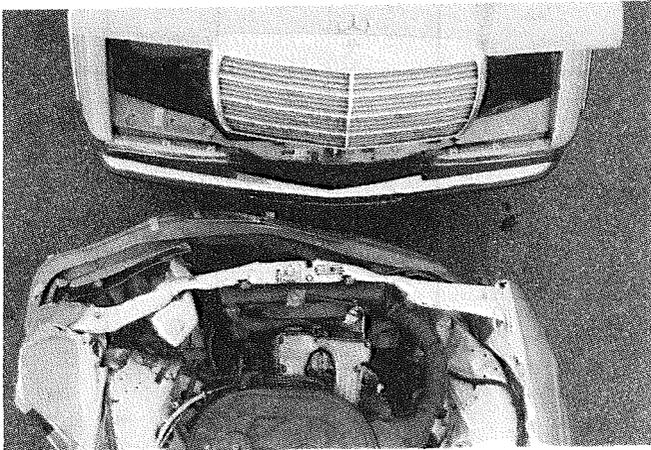


Fig. 5: Deformation of the front structure of the striking DB W 123 after a lateral collision with a moving VW Golf

The lateral deformation of the moving vehicle (VW Golf) in the door region was of approximately the same magnitude as that caused in tests with a DB W 123 and a stationary VW Golf. However, when comparing the data, it must be noted that the earlier tests with a stationary VW Golf were only conducted with an impact velocity of 45 km/h for the DB W 123.

In addition, the lateral deformation of the door was only measured in one plane, located approximately in the centre of the planes measured in the more recent tests. Even though the measurements cannot be compared exactly, it is nevertheless possible to determine a decisive difference with regard to the sill deformation. In the case of the stationary VW Golf, the front structure of the striking DB W 123 deforms the sill of the VW Golf, particularly in the region of the side door. In the case of the moving VW Golf, the DB W 123 slides over the sill (in the door region), thereby causing lower deformation to the sill itself, but producing greater deformation to the lower door region (see Fig. 6). This sliding movement over the doorsill of the VW Golf is made possible by a movement of the DB W 123 around its roll axis, caused by the proper motion of the VW Golf.



Fig. 6: Lateral deformation of the moving VW Golf after being struck by a DB W 123

The following graphs show the deformation lines of the test series with a moving and stationary vehicle 2 (Fig. 7).

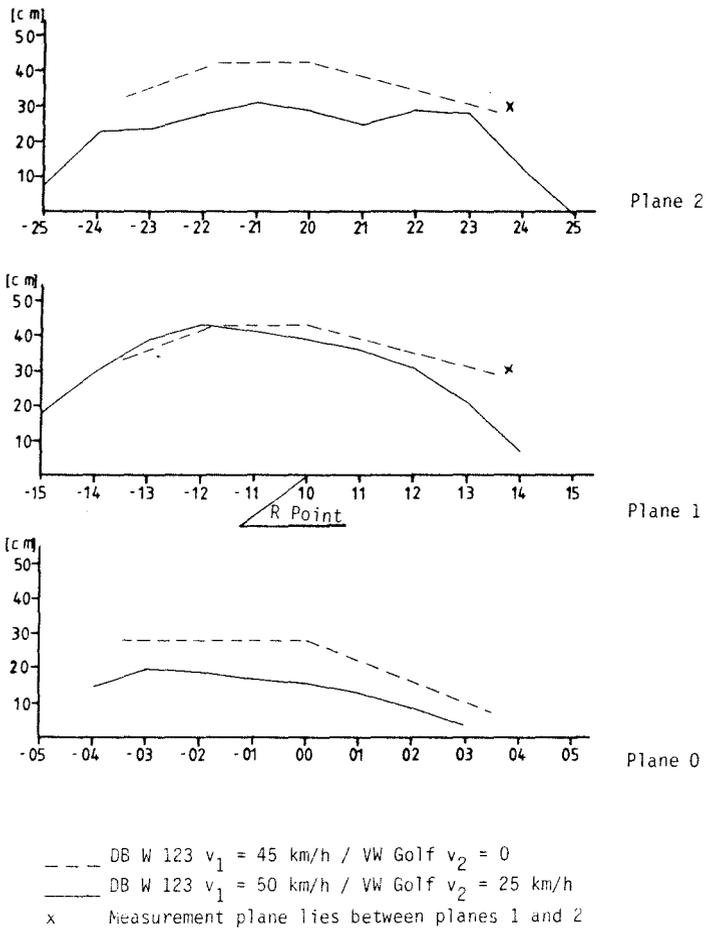


Fig. 7: Comparison of the mean deformation values from DB W 123 v. VW Golf tests, in which the struck vehicle is stationary in one series and travelling with a velocity of 25 km/h in the other

As in the tests with two moving vehicles of the same mass, it is also possible to measure the influence of transversal motion on the load and kinematics of the vehicles for the tests with the DB W 123. As expected, the differences in mass lead to a reduction of these influences in the case of the striking vehicle (DB W 123) and to an increase in the case of the struck vehicle (VW Golf). In addition, the conclusion arrived at from the deformation characteristics, namely that Veh. 1 slides over the sill of Veh. 2, can be determined from Table 2. The acceleration and change in velocity of the side door is considerably higher for the moving Veh. 2 than for the stationary Veh. 2.

Given that it has been established that the vehicle kinematics are almost the same as those in tests with vehicles of equal mass, similar dummy kinematics can also be expected. Film analysis and the dummy measurement values show that this is true for the driver dummy. In these tests, too, the loads in the tests with two moving vehicles are higher than those with a stationary Veh. 2 - even taking into account the somewhat lower test velocity of 45 km/h. As a result of the different vehicle masses, the resultant vehicle motion changed direction during the impact process which, in these tests, did not lead to the rear dummy being deflected from the side panel. The loads are thus of the same magnitude as those for tests with a stationary Veh. 2.

A comparison of vehicle and dummy loads for tests with a larger vehicle 1 and a stationary or moving vehicle 2 thus reveals the following differences:

- As in the tests with collision partners of equal mass, the long duration of the impact process between two moving vehicles produces an increase in the velocity change with a lower acceleration level; however, the effect on vehicles 1 and 2 varies because of the different masses.
- As far as can be established with the different test velocities and deformation measurement points, the deformation - particularly in the sill region - is smaller in the case of two moving vehicles. Despite the fact that the striking vehicle slides over the sill, the deformation to the door region is less than in the comparative tests ($v_2 = 0$), particularly when one considers the somewhat lower velocity (45 km/h) of the comparative tests.

- Due to the smaller influence of transversal motion on the direction of impact, there are no great differences in the kinematics and dummy load in these tests. However, in the tests with two moving vehicles, the load criteria for the 3 ms acceleration values were clearly exceeded for the chest and pelvis.

When comparing these tests with the tests involving moving vehicles of equal mass, mention must firstly be made of the change in impact direction caused by the different masses and secondly of the fact that the striking vehicle slides over the sill of vehicle 2 since the vehicle kinematics are affected.

3.2 Tests with the Crabbed Barrier

After having determined the influence of the proper motion of the side struck vehicle in the previous section, the next step is to compare tests conducted in accordance with the Side Impact Test Procedure Proposed by EEVC [4] and those conducted with a "crabbed" EEVC barrier* in accordance with the American proposal. Despite the unusual test construction, it was possible to conduct the tests with the crabbed barrier well within the framework required for the tests. There were no deviations from the described test parameters such as velocity, impact point and impact angle.

The behaviour of the deformation elements during the impact corresponded to those of a right-angled collision. After the test, the front row of individual blocks had been broken into many fragments and separated from the rear row, which, in general, maintained its form, apart from undergoing the desired longitudinal deformation. Fig. 8 shows the state of the deformation element after the crabbed collision.

As with the tests with the normal EEVC barrier, those conducted using the "crabbed" EEVC barrier produced very similar results. For example, the final positions were always the same; the rear side window was always pressed out of its frame at the same moment and was always smashed against the same post of the barrier. This regularity in the collision process could also be observed from the measured values. The reproducibility of the tests with the "crabbed" EEVC barrier thus corresponds to that of the normal EEVC barrier. In this respect, therefore, it is suitable as a "test tool". A comparison of the deformations and mea-

* this is taken to mean the crabbed barrier corresponding to the specifications of the EEVC

sured accelerations produces a quite different result, since these are in some cases lower for the "crabbed" configuration.



Fig. 8: Rest position after a collision with the "crabbed" EEVC barrier

The graphic representation of the mean deformation measurement values in Fig. 9 displays a similar profile for both series of tests, although a somewhat smaller deformation depth is produced by the crabbed barrier. This is all the more remarkable since the point of impact (EEVC: R point, "crabbed" EEVC: 37" in front of the centre wheel base) and the angle of the impact direction (90° and 63° respectively) are different for both series of tests. In the case of the "crabbed" barrier, the change in the impact direction - which is probably a more important factor - produces an increased rotation of the vehicles and a relative movement of both vehicles towards one another. This increased movement and the resultant additional deformations produced at right angles to the impact direction consume energy which would otherwise act on the struck vehicle, thereby making the effects of the impact less severe. The slightly lower deformation to the side region also means that a lower dummy load can be expected.

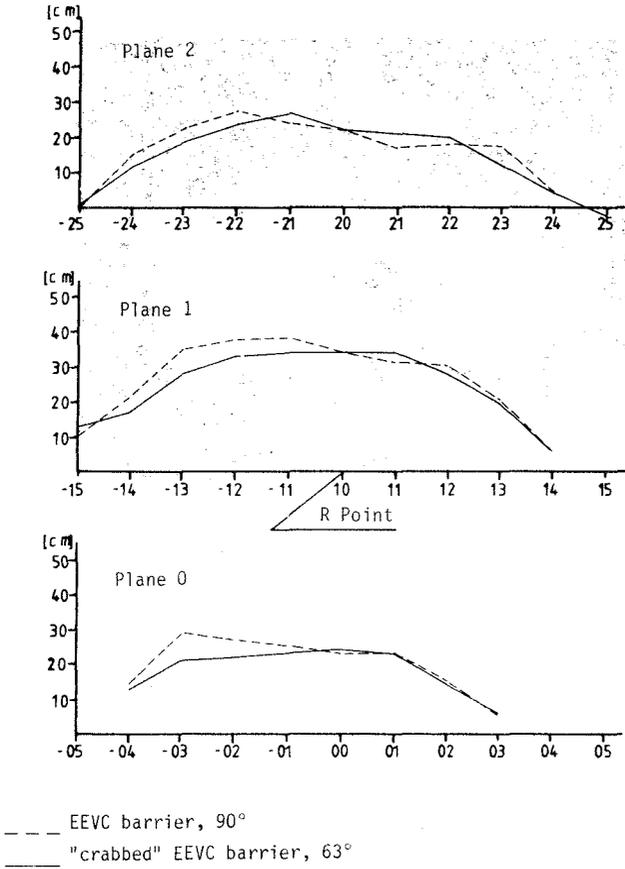


Fig. 9: Deformation profiles from the mean measured values of the tests with the normal EVC barrier (n = 2) and the crabbed version (n = 3)

The additional displacements and deformations caused by the angling of the barrier produced lower acceleration peaks in the striking and struck vehicles than in the tests with a 90° angle of impact. However, the mean accelerations were approximately the same. This, together with the longer duration of the impact process, produced a considerably higher velocity

Table 3: Measured values of the vehicle and dummy loads in tests with an EEVC barrier versus a VW Golf with impact angles of 90° and 63°

Striking vehicle		Veh 1	EEVC-barrier		"crabbed" EEVC-barrier		
Vehicle mass *		(kg)	950	(v * 50)	1100	(v * 54)	
Struck vehicle		Veh 2	VW Golf		VW Golf		
Vehicle mass*		(kg)	800	(v * 0)	800	(v * 0)	
Impact speed		v_{res} (km/h)	50		54		
Impact angle			90° left		63° left		
PARAMETERS FOR VEHICLE LOADING	<u>VEHICLE 1</u>						
	Vehicle acceleration a_{max} (g)		15,6	15,9	12,9	12,9	13,0
	Mean Veh. acceleration \bar{a} (g)		10,5	10,2	9,2	8,6	8,5
	Change in transversal velocity after time $t_{\Delta v}$ Δv_y (km/h)		7,0	7,2	5,4	7,9	7,6
	Velocity change Δv (m/s)		24,1	23,1	23,4	22,7	21,6
	Time for $t_{\Delta v}$ (ms)		65	64	72	75	72
	<u>VEHICLE 2</u>						
	Vehicle acceleration a_{max} (g)		26,5	32,8	21,3	22,1	22,4
	Mean Veh. acceleration \bar{a} (g)		11,3	12,0	12,0	11,8	12,7
	Change in longitudinal velocity after time $t_{\Delta v}$ Δv_x (km/h)		0,0	0,2	5,0	6,5	7,6
Velocity change Δv (m/s)		25,9	27,0	30,6	31,3	32,4	
Left side door acceleration (y-dir.) a_{max} (g)		170	163	150	145	149	
Velocity of left side door v_{max} (m/s)		46,4	42,8	38,8	37,8	43,6	
Moment for v_{max} (door) (ms)		22	23	20	17	17	
PARAMETERS FOR DUMMY LOADING	<u>FRONT OCCUPANT - nearside</u>						
	Head a_{max}/a_{3ms} (g)		51/42	65/45	29/29	35/33	35/34
	HIC		245	255	118	100	152
	Thorax a_{max}/a_{3ms} (g)		55/49	67/55	53/49	47/43	53/45
	SI		278	405	326	298	286
	Pelvis a_{max}/a_{3ms} (g)		115/105	98/91	81/74	86/72	80/77
	<u>REAR OCCUPANT -nearside</u>						
	Head a_{max}/a_{3ms} (g)		94/78	90/69	117/95	101/86	97/82
	HIC		420	345	567	392	467
	Thorax a_{max}/a_{3ms} (g)		44/43	46/42	52/50	42/41	37/35
SI		228	209	289	196	159	
Pelvis a_{max}/a_{3ms} (g)		68/62	83/76	71/69	72/71	58/57	

* Unloaden weight plus measuring equipment without dummies

A comparison of the tests with a normal EEVC barrier impacting at an angle of 90° and an EEVC barrier travelling at an angle and impacting at an angle of 63° thus reveals the following differences:

- The angled barrier produced an average change in longitudinal velocity of 6.5 km/h in the struck VW Golf, whereas this figure is almost zero for the impact with the normal EEVC barrier at the same point in time.
- The "crabbed" EEVC barrier produces a somewhat smaller deformation depth with a similar deformation profile.
- During a collision with the "crabbed" barrier, there was a considerably lower load on the front dummy as a result of the lower deformation, the lower door penetration velocity, and the fact that contact with the side occurred earlier due to the changed vehicle kinematics.

3.3 Assessment of the "Crabbed" Test Constellation

The findings of the tests involving transversal movement (tests with two moving vehicles and with the "crabbed" barrier) can also be used to assess the simulation quality of the "crabbed" barrier. This requires a comparison between the factors which are clearly influenced by the transversal movement, e.g., the deformation, acceleration, change in velocity and the dummy load which is dependent on these factors.

As can be seen from Fig. 10, the deformations caused in these tests in the different measurement planes exhibit varying degrees of correspondence. In the vehicle/vehicle tests, the sill deformation is similar and results from the front of the vehicle sliding over the doorsill (see Fig. 6). The barrier causes a deep deformation of the sill without sliding over it. In the region of the R point, the deformation to the centre of the door shows a good degree of correspondence; however, the deformation caused by the crabbed EEVC barrier is a little too low. In addition, the deformation to the upper door area is not sufficiently deep in the barrier tests due to the fact that the deformation element does not slide over the doorsill. A comparison shows that the "crabbed" barrier produces similar deformation profiles to those produced with moving vehicles but that, because of the low ground clearance of only 250 mm, the behaviour of the barrier is fundamentally different in the sill region. If the ground clearance were to be increased, thereby achieving the same sill deformation behaviour as for tests with real vehicles, this would produce a deeper deformation in the upper measurement planes 5. The ideal de-

formation, i.e. a course between the characteristics of the smaller passenger car (VW Golf) and the larger vehicle (DB W 123), was not achieved.

As shown by the above comparison with the tests without any transversal movement, the "crabbed" barrier does not result in an improved simulation of deformation - indeed, in the areas subject to loading, the simulation is not adequate.

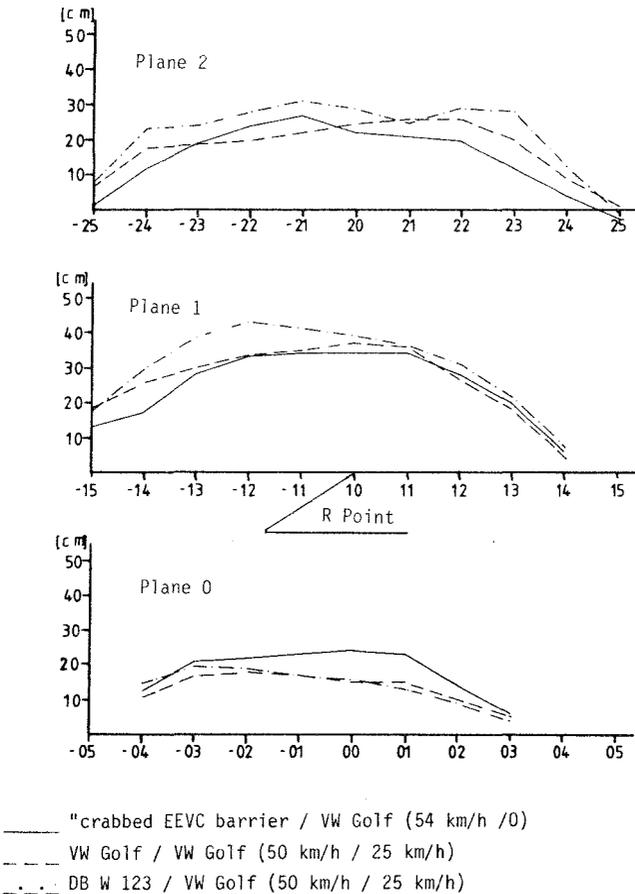


Fig. 10: Mean deformation for tests involving transversal movement

In the tests with two moving vehicles, the accelerations measured for the striking vehicle and the values derived from these are similar and differ to approximately the same extent as the vehicle masses. However, the collision process is considerably shorter in the case of the "crabbed" barrier.

In the tests with two moving vehicles, the acceleration values of the front dummies (cf. Table 4) are always higher than those obtained with the "crabbed" barrier. This was expected for the tests with the DB W 123, but the values from the barrier tests should have been higher than those from the tests with the VW Golf.

With the "crabbed" barrier collision, the front dummy load never exceeds the load criteria. In the tests with two moving vehicles, the load criteria for the chest (60 g over 3 ms) and the pelvis (80 g over 3 ms) are exceeded for both series of tests. The situation regarding load is different for the rear dummies, which suffer the higher loads in the tests with the "crabbed" barrier.

As already established in tests with a stationary vehicle [5], the most important reason for the dummy load deviations measured in barrier tests is the deformation behaviour of the doorsill as a result of the insufficient ground clearance of the deformation element. Comparative tests with a larger ground clearance (in tests without any transversal movement) [5] revealed that the load on the chest and pelvis is increased by an average of 10 - 15 g with a ground clearance of 300 mm (instead of 250 mm as here). As already mentioned, an increase in the sliding motion of the striking vehicle onto the doorsill of the struck vehicle was observed in tests with two moving vehicles as a result of the lateral sliding motion of the vehicles during the collision. This was particularly marked in tests with the DB W 123 as the striking vehicle. However, this influence was not noticeable in the tests with the "crabbed" barrier.

Table 4: Mean values of the vehicle and dummy loads in the comparative tests involving transversal motion

Striking vehicle	Veh 1	VW Golf	"crabbed" EEVC-barrier	DB W 123
Vehicle mass	(kg)	800 (v = 50)	1100 (v = 54)	1460 (v = 50)
Struck vehicle	Veh 2	VW Golf	VW Golf	VW Golf
Vehicle mass	(kg)	800 (v = 25)	800 (v = 0)	800 (v = 25)
Impact speed	v_{rps} (km/h)	55	54	55
Impact angle		63° left	63° left	63° left
<u>VEHICLE 1</u>				
Vehicle acceleration	a_{max} (g)	17,2	12,9	11,3
Mean Veh. acceleration	\bar{a} (g)	8,2	8,8	5,8
Change in transversal velocity after time $t_{\Delta v}$	Δv (km/h)	7,4	7,0	5,9
Velocity change	Δv (m/s)	30,2	22,6	21,4
Time for	$t_{\Delta v}$ (ms)	104	73	105
<u>VEHICLE 2</u>				
Vehicle acceleration	a_{max} (g)	20,5	21,9	19,6
Mean Veh. acceleration	\bar{a} (g)	7,0	12,2	9,3
Change in longitudinal velocity after time $t_{\Delta v}$	(km/h)	6,2	6,4	7,8
Velocity change	Δv (m/s)	25,6	31,4	34,4
Left side door acceleration (y-dir.)	a_{max} (g)	104	148	155
Velocity of left side door	v_{max} (m/s)	33,1	40,1	47,5
Moment for v_{max} (door)	(ms)	20	18	22
<u>FRONT OCCUPANT - nearside</u>				
Head	a_{max}/a_{3ms} (g)	43/40	33/32	52/49
	HIC	116	123	218
Thorax	a_{max}/a_{3ms} (g)	86/66	51/46	88/77
	SI	401	303	566
Pelvis	a_{max}/a_{3ms} (g)	168/114	82/74	273/174
<u>REAR OCCUPANT -nearside</u>				
Head	a_{max}/a_{3ms} (g)	45/39	105/88	100/81
	HIC	107	475	422
Thorax	a_{max}/a_{3ms} (g)	27/23	44/42	49/43
	SI	29	215	204
Pelvis	a_{max}/a_{3ms} (g)	49/37	67/66	63/50

* Unloaden weight plus measuring equipment without dummies

The tests conducted with two moving vehicles to assess the simulation quality of the "crabbed" EEVC barrier enable the following conclusions to be drawn:

- The degree of correspondence in the deformation behaviour in the sill area is insufficient, but it is adequate in the door region.
- On the whole, the vehicle accelerations and the values derived from these are satisfactory.
- The dummy load - measured with Hybrid II dummies - is much too low for the front occupant and, although the load is comparable for the rear dummy, it is the result of different kinematics.

4. Summary and Conclusions

Efforts in Europe and the U.S.A. to improve the protection of private car passengers in lateral collisions have led to the separate development of lateral collision test procedures. The European solutions (CCMC and EEVC) are similar with respect to the test tool, test parameters and evaluation and represent practicable test procedures. The American proposal not only differs from the European solutions with respect to the design of the test tool (mass and width of the barrier front), but also considers the proper motion of the side-struck vehicle. In an effort to keep down the number of tests in the type approval test procedure for new private cars, a harmonisation proposal which contains elements of both the European and American solutions has been elaborated and put up for discussion by the European car industry [1].

In addition to considering data from tests to evaluate the European test proposals [2, 3], this investigation also conducted two series of tests with vehicles of the size driven in Europe (VW Golf, DB W 123) to determine the influence of transversal velocity, and a series with a test configuration ("crabbed") suggested for the harmonisation process.

The test series were:

- Lateral collisions with two moving vehicles
Golf versus Golf and DB W 123 versus Golf,
velocities of 50 km/h and 25 km/h
- Lateral collisions with the EEVC barrier as a
"crabbed barrier" travelling at a velocity of 54 km/h
and colliding with a Golf
- Comparative tests with a Golf, a DB W 123 and the
unmodified EEVC barrier versus a stationary Golf.

The tests were assessed with respect to the load on the vehicles (measurement of acceleration and deformation) and on the dummies (measurement of the acceleration in the head, chest and pelvis) and were then compared with one another.

Compared with the tests using a stationary vehicle, the tests to determine the influence of transversal velocity produced the following results:

- The proper speed component produces a greater velocity change for both vehicles and a longer impact process - the maximum vehicle accelerations are lower for tests with two moving vehicles.
- For tests with two moving Golfs, the deformation to the struck vehicle is similar to that caused in the tests with a stationary Golf, particularly in the region of the R point.

With a DB W 123 as the striking vehicle, considerable differences in results were obtained from the tests with a stationary and a moving Golf. In the tests with a stationary VW Golf, the relatively deep and solid front apron of the DB W 123 results in the doorsill of the VW also being deformed; in the tests with a moving VW Golf, a rolling movement of the DB occurs which results in the DB sliding onto the doorsill in the door region, thereby producing a lower deformation of the doorsill.

- The loads on the driver dummy are considerably higher in the tests with two moving Golfs and can be attributed to the influence of transversal motion on the dummy kinematics. The load criteria for the chest

(60 g/3 ms) and pelvis (80 g/3 ms) are exceeded. The load on the rear dummy is somewhat lower.

In the case of a collision with the heavier DB W 123, there is no great difference in the front dummy load between the tests with a moving and a stationary VW Golf (if one considers that the impact velocity is around 5 km/h lower for the tests with a stationary Golf). The load criteria are clearly exceeded in the tests with two moving vehicles. The load on the rear dummy is similar.

Thus, compared with the tests with a stationary vehicle, the tests with moving vehicles produced a lower deformation and, given the differences in mass, a greater load on the driver dummy in the case of the side-struck vehicle.

A direct comparison of the tests using EEVC barriers with impact angles of 90° and 63° produced the following results:

- The duration of the impact process increased by approx. 10%. Even with lower vehicle acceleration peaks, this led to larger changes in velocity for the struck VW Golf - when considering the velocity change of vehicles 1 and 2, note must also be taken of the fact that the mass of the barrier in the tests with the "crabbed" barrier was increased from 950 kg to 1100 kg. The angled barrier produced an average change in longitudinal velocity of approx. 6 km/h in the struck VW Golf, whereas this figure is almost zero for the collision with the unmodified EEVC barrier at the same point in time.
- The "crabbed" EEVC barrier produces a similar deformation profile with a somewhat smaller deformation depth. Both types of test produce a deep sill deformation.
- During a collision with the "crabbed" barrier, there was a considerably lower load on the front dummy as a result of the lower deformation, lower door penetration velocity and different vehicle kinematics.

If one considers the differences and results obtained, it is possible to establish that combining a mobile deformable barrier with the movement parameters for simulating the influence of transversal motion by kinematic inversion on the struck vehicle only creates to a certain extent the same load as that created during a collision between two moving vehicles.

In particular, the dummy load exhibits a poor degree of correspondence when compared with the tests with two moving vehicles. In addition, the "simple" simulation of a lateral collision (EEVC barrier test with an impact angle of 90° and with vehicle 2 stationary) already produces sufficiently good results with regard to vehicle load, and more realistic ones with regard to the load on the dummies. Fig. 11 clearly illustrates that the loads with the "crabbed barrier" are the lowest with respect to acceleration values over 3 ms.

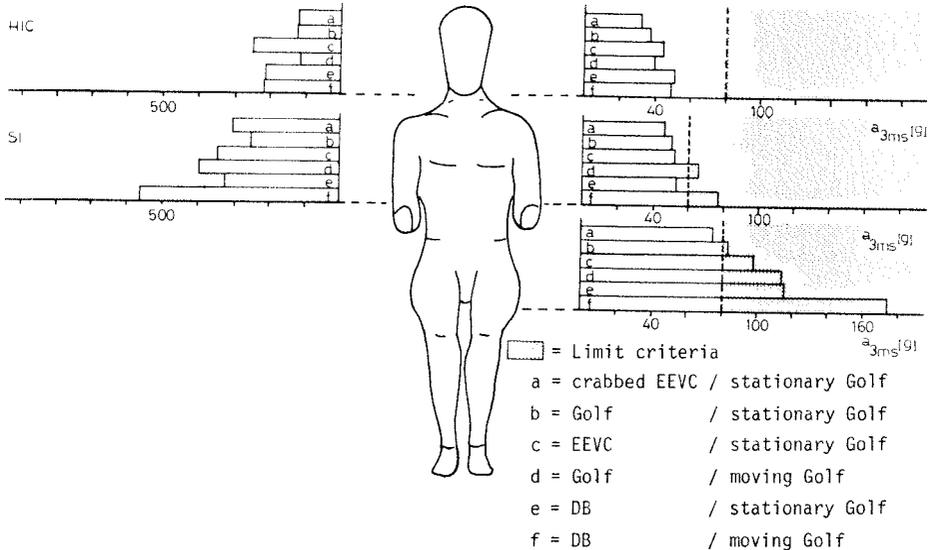


Fig. 11: Measured loads on the front dummy, comparison of all test series used for the assessment (Hybrid II)

The action of the DB W 123 sliding onto the sill of the Golf in tests with two moving vehicles can be considered a special further feature.

Simulation of the transversal movement is not essential for taking into account the peculiarities in a lateral collision test, i.e., in order to adapt the test procedure; this can also be achieved by altering other parameters. A useful - and the easiest - measure involves increasing the ground clearance. [2] and [5] have already mentioned this as being important in achieving a closer resemblance to reality. The test can also be made "harder" by increasing the test velocity or mass or by partially increasing the rigidity of the deformation elements, i.e. the test can be adjusted to the higher dummy loads experienced during a lateral collision between two moving vehicles. However, the need to make the test "harder" would have to be proved in tests conducted with the EUROSID dummy which is currently undergoing trials.

5. Literature

- [1] Klaus, G. et al.:
"Mobile Deformable Barrier for Lateral Collision Testing"
SAE Technical Paper Series, Washington D.C., May 1984
- [2] Pullwitt, E., Sievert, W.:
"Feasibility of Side Impact Test Procedure Proposed by EEVC"
Research Report of the Federal Highway Research Institute
(BAST), Oct. 1984
- [3] Sievert, W., Pullwitt, E.:
"Lateral Protection of Passenger Cars - Comparison Tests by
Means of Different Barrier Configurations"
27th Stapp Car Crash Conference, San Diego, Oct. 1983
- [4] European Experimental Vehicles Committee (EEVC)
"Structures Improved Side Impact Protection in Europe"
9th ESV Conference, Kyoto, Nov. 1982
- [5] Sievert, W., Pullwitt, E.:
"Validation of the Mobile Deformable EEVC Barrier"
Research Report of the Federal Highway Research Institute
(BAST), Bergisch Gladbach, West Germany, Oct. 1985

ÜBERSICHT

der bisher in dieser Reihe erschienenen Berichte

Nr. Thema

- 1 Kurse für auffällige Kraftfahrer**
Statistische Grundlagen für die Zuweisung alkohol-auffälliger Kraftfahrer
Jacobshagen
1977
vergriffen
- 2 Örtliche Unfallerehebungen**
Behrens, Gotzen, Richter, Stürtz, Suren, Wanderer, Weber
1978
vergriffen
- 3 Möglichkeiten zur Verbesserung der Fahrer-ausbildung**
Graf, Keller
1976
- 4 Beseitigung von Unfallstellen**
Band 2
Bewertung von Maßnahmen zur Beseitigung von Unfall-stellen
Klöckner
1977
vergriffen
- 5 Beeinflussung und Behandlung alkohol-auffälliger Kraftfahrer**
PG ALK
1978
vergriffen
- 6 Innerstädtische Planung als Einflußgröße der Verkehrssicherheit**
Band 1
Strack, Streich
1978
vergriffen
- 7 Gesamtwirkung von unfallinduzierten Schäden auf den volkswirtschaftlichen Produktionsprozeß**
Jäger
1977
- 8 Einführung in den motorisierten Straßen-verkehr**
Band IV
Teil 6
Edelmann
1978
- 9 Leistungsmöglichkeiten von Kindern im Straßenverkehr**
Fischer, Cohen
1978
vergriffen
- 10 Kriterien für Gestaltung, Einsatz und Wirksamkeit von Verkehrssicherheitsplakaten**
Graf, Keller
1977
vergriffen
- 11 Der Einfluß des Rauchens auf das Fahr-verhalten und die Verkehrssicherheit**
Pupka V.
1977
vergriffen
- 12 Innerstädtische Planung als Einflußgröße der Verkehrssicherheit**
Band 2
Stengel, Fahnberg, Märschalk
1978
vergriffen
- 12a Innerstädtische Planung als Einflußgröße der Verkehrssicherheit**
Band 2
Anlage 1
Stengel, Fahnberg, Märschalk
1978
vergriffen
- 13 Einbau- und Anlegeverhalten Sicherheitsgurte**
Volks
1978
vergriffen
- 14 Beseitigung von Unfallstellen**
Band 3
Identifikation von Unfallstellen
Benner, Bock, Brühning, Klöckner, Riediger, Siegener
1978
vergriffen
- 15 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 4
Kontrolle des Ausbildungserfolges in "Sofortmaßnahmen am Unfallort"
Jungchen
1978
vergriffen
- 16 Nachtunfälle**
Eine Analyse auf der Grundlage der Daten der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik
Brühning, Hippchen, Weißbrodt
1978
- 17 Belastung und Beanspruchung am Steuer eines Kraftfahrzeuges**
Untersuchungen mit Meßfahrzeugen
JAAP-Kongreß
1978
vergriffen
- 18 Schutzwirkung von Sicherheitsgurten**
Band 2
Literaturanalyse
Rüter
1978
- 19 Untersuchungen von Einzelementen zur Erhöhung der Wirksamkeit von Sicherheitsgurten**
Rüter, Hontschik, Schicker
1977
vergriffen
- 20 Analyse des Entwicklungsstandes des passiven Unfallschutzes für motorisierte Zweiradfahrer**
Jessi, Rüter
1978
vergriffen
- 21 Fahrversuche mit Beta-Rezeptorenblockern**
Braun, Reker, Friedel, Kockelke
1978
vergriffen
- 22 Beseitigung von Unfallstellen**
Band 4
Typologie von Verkehrssicherheitsmaßnahmen
Büschges
1978
- 23 Beseitigung von Unfallstellen**
Band 5
Nutzwertanalytische Bewertung von Unfallstellen mit Linksabbiegeverkehr
Segner, Zangemeister
1978
vergriffen
- 24 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 1
Forschungsstand, Erklärungsansätze und Modell-entwicklung
Karstedt-Henke
1979
vergriffen

- 25 Schutzwirkung von Sicherheitsgurten**
Band 3
Auswertung von Gurtunfällen
Appel, Vu-Han
1979
vergriffen
- 26 Einführung in den motorisierten Straßenverkehr**
Band V
Teil 7
Edelmann, Pfafferott
1979
- 27 Mitführen von Feuerlöschern in Personenkraftwagen**
Nicklisch, Krupp
1979
- 28 Einfluß auf die Verkehrssicherheit infolge nachts ausgeschalteter Signalanlagen**
Kockelke, Haas
1979
vergriffen
- 29 Einfluß der psychophysischen Leistungsfähigkeit der Verkehrsteilnehmer auf das Unfallgeschehen**
Lewrenz
1979
- 30 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 5
Beobachtung des Verhaltens am Unfallort
Metreveli
1979
- 31 Einführung in den motorisierten Straßenverkehr**
Band VI
Teil 8
Koch
1979
- 32 Räumliches Orientierungsverhalten von Kraftfahrern**
Elinghaus
1979
vergriffen
- 33 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 6
Simulation von Rettungssystemen
Rüffer, Schmitt, Siegener
1979
- 34 Schutzwirkung von Sicherheitsgurten**
Band 1
Gurtunfälle
Herzog, Spann
1980
- 35 Experimentelle Evaluation des Tübinger Elterntrainingsprogramms für die Verkehrserziehung von Kindern im Vorschulalter**
Limbourg, Gerber
1979
- 36 Sicht aus Kraftfahrzeugen**
Literaturstudie
Einfluß eingefärbter Scheiben auf die Sicht bei Dunkelheit
Albrecht, Burrow, Tupowa, Engel
1979
- 37 Nutzungskonkurrenz in Verkehrsräumen**
Baier, Switaiski, Westenberger, Zündorf
1979
vergriffen
- 38 Psychologische Erprobungsstudie mit dem Fahrerleistungsmeßfahrzeug**
Echterhoff
1980
- 39 Sammlung und Bewertung ausländischer Maßnahmen zur Erhöhung der innerörtlichen Verkehrssicherheit**
Ruwenstroth, Fleischhauer, Kuller
1979
- 40 Erprobung des Kinder-Verkehrs-Clubs**
Briefs, Lennertz
1978
vergriffen
- 41 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 2
Einfluß der Trinkgewohnheiten bestimmter Fahrergruppen auf die Verkehrssicherheit
Gebauer, Büschges
1976
vergriffen
- 42 Innerstädtische Planung als Einflußgröße der Verkehrssicherheit**
Band 3
Einfluß der Siedlungsentwicklung auf die Verkehrssicherheit
Henning, Uhlenbrock
1980
- 43 Wirksamkeit von Lichtsignalanlagen zur Sicherung von Bahnübergängen**
Erke, Wimber
1980
vergriffen
- 44 Kriterien für Gestaltung, Einsatz und Wirksamkeit von Verkehrssicherheitsplakaten**
Teil 1 - 3
Graf, Keller
1980
- 45 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 3
Analyse der Unfalldaten
Theoretische Konzeption
Bomsdorf, Schmidt, Schwabl
1980
- 46 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 4
Analyse der Unfalldaten
Untersuchungsjahr 1977
Bomsdorf, Schmidt, Schwabl
1980
- 47 Zahl und Struktur der Führerscheininhaber in der Bundesrepublik Deutschland**
Hautzinger, Hunger, Frey
1980
- 48 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 5
Literaturauswertung über Ursachen der Alkoholdelinquenz im Straßenverkehr
Gebauer
1980
vergriffen
- 49 Einfluß von Radwegen auf die Verkehrssicherheit**
Band 1
Untersuchungen von Außerortsunfällen im Landkreis Karlsruhe und im Rhein-Neckarkreis
Köhler, Leutwein
1981
vergriffen

- 74 **Fahrverhalten von Kraftfahrern bei der Begegnung mit Kindern nach der StVO-Änderung**
Kockelke, Ahrens
1982
vergriffen
- 75 **Wirkungszusammenhang Fahrer – Fahrzeug**
Ellinghaus
1982
- 76 **Interaktion von Kraftfahrzeuginsassen**
Färber, Pullwitt, Cichos
1982
vergriffen
- 77 **Umfang und Schwere dauerhafter Personenschäden im Straßenverkehr**
Krupp, Joo
1982
vergriffen
- 78 **Ermittlung der an Fahr-Prüfungsorte zu stellenden Anforderungen**
Hampel, Küppers
1982
vergriffen
- 79 **Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 11
Organisationsformen im Rettungsdienst
Kühner
1983
- 80 **Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 12
Dokumentationsstudie Rettungsdienst und Krankentransport
Bonn
1982
vergriffen
- 81 **Sicherheitsorientierte Ausbildung von Berufskraftfahrern**
Rüter
1983
- 82 **Verhaltensorientierte Verkehrserziehung im Vorschulalter**
Limbourg
1983
vergriffen
- 83 **Einflüsse von Fahrer- und Straßenmerkmalen auf die Fahrgeschwindigkeit in Ortschaften**
Haas, Herberg
1983
- 84 **Medienangebote und Mediennutzung durch Kinder Orientierungsrahmen für Verkehrsaufklärung**
Hagen, Beike, Blothner, Kellner
1983
- 85 **Funktion und Wirkung von Aufklebern an Personenkraftwagen**
Haas
1983
vergriffen
- 86 **Streuung von Schutzkriterien in kontrollierten Aufprallversuchen gegen die starre 30-Grad-Barriere**
Färber
1983
- 87 **Wirksamkeitsuntersuchung zum ADAC-Motorradsicherheitstraining**
Große-Bernd, Niesen
1983
- 88 **Einfluß von Verkehrssicherheitsinformationen auf unfallbeteiligte Kraftfahrer**
Echterhoff
1983
vergriffen
- 89 **Klassifikation und Gefährlichkeit von Straßenverkehrssituationen**
v. Benda, Graf Hoyos, Schaible-Rapp
1983
- 90 **Untersuchung der Vorfahrtregelung "Rechts vor Links" unter dem Aspekt der Verkehrssicherheit**
Kockelke, Steinbrecher
1983
- 91 **Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer**
Band 1
Jesl, Flögl, Hontschik, Rüter
1983
- 92 **Junge Kraftfahrer in Japan**
Renge
1983
- 93 **Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**
Teil 2: Fußgängerzonen
Harder
1983
- 94 **Beeinflussung von Lichtsignalanlagen durch Rettungsfahrzeuge im Einsatz**
Bossert, Hubschneider, Leutzbach, Mott, Swiderski, Zmeck
1983
- 95 **Förderung des sozialen Verständnisses von Grundschulern im Straßenverkehr**
Baumgardt-Elms, Küting, Müller,
1984
- 96 **Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**
Teil 3: Knotenpunkt
Angenendt
1984
- 97 **Verkehrserziehung in der Sekundarstufe I**
Jensch, Schippers, Spoerer
1984
- 98 **Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**
Teil 4: Sicherung in verkehrsberuhigten Straßen
Adelt, Hoffmanns, Kaulen, Richter-Richard
1984
- 99 **Verkehrssicherheit in Wohngebieten**
Einflußgrößen, Bewertung und Planungshinweise
Czerwenka, Henning-Hager
1984
- 100 **Einflußgrößen auf das nutzbare Sehfeld**
Cohen
1984

change for the struck VW Golf. The influence of the angling can also be ascertained from the velocity components. Thus, in the tests with a 90° angle of impact, the velocity component of the struck vehicle in a longitudinal direction is almost zero; in tests with the "crabbed" barrier this component is approx. 6.5 km/h. Equally low - and therefore less severe for the occupant load - is the acceleration and penetration velocity of the side door in tests with the "crabbed" barrier. It is not possible to determine precisely whether this is caused by the lower impact effect at right angles to the longitudinal axis of the vehicle or whether it is a result of the point of impact being situated further towards the front axle. However, as the deformation profiles are the same, it is likely that the former will apply here.

In the tests with the "crabbed" barrier, the load on the nearside front passenger is considerably lower, with only the values for the chest load lying comparatively close to the values obtained with the 90° barrier (cf. Table 3). An analysis of the film showed no specific change in dummy kinematics for the angled direction of impact. The movement of the inner door towards the passenger compartment and the movement of the seats and the dummy were the same for both series of tests.

The low acceleration of the chest and pelvis is particularly important when assessing the effectiveness of tests with a "crabbed" barrier. With tests using a normal EEVC configuration, this acceleration tends to be lower than with real vehicles (cf. Section 3.1). The results obtained with the "crabbed" barrier are even lower, cf. Table 3. No load criteria are exceeded for the nearside front dummy in the VW Golf when using a "crabbed" barrier configuration.

In the previous series of tests with a 90° angle of impact, the load on the rear dummy exhibited a dependency on the mass and front structure of the striking vehicle; i.e. the load on the rear dummy increased as the mass and associated width of the impact area increased. As a result of the angled direction of impact and of the impact point lying in front of the R point, the rear dummy collided with the interior of the vehicle approximately 15 ms earlier in the tests with the "crabbed" barrier, thereby generally resulting in a higher load - primarily with the head hitting the C pillar and inner roof frame - due to the greater difference in velocity between the dummy and the vehicle at this moment.

- 101 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 13
Ablauforganisation in Rettungsleitstellen
Witte
1984
- 102 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 10
Analyse der Unfalldaten
Untersuchungsjahr 1980
Bomsdorf, Schwabl
1984
- 103 Akzeptanz flächenhafter Verkehrsberuhigungsmaßnahmen**
Bechmann, Hofmann
1984
- 104 Fahrzeugwerbung und Verkehrssicherheit**
Inhaltsanalyse und Folgerungen
Pflafferott
1984
- 105 Untersuchungen zu Medikamenten und Verkehrssicherheit**
Norpoth
1984
- 106 Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**
Teil 5: Radwegtrassen
Ruwenströth
1984
- 107 Schutzkleidung für motorisierte Zweiradfahrer**
Danner, Langwieder, Potauke, Spore
1984
- 108 Zum Einfluß zusätzlicher hochgesetzter Bremsleuchten auf das Unfallgeschehen**
Marburger
1984
- 109 Typisierung von Straßen im Innerortsbereich nach dem Nutzerverhalten**
Golle, Molt, Patscha
1985
- 110 Überprüfung des Unfallursachenverzeichnis**
Erke
1985
- 111 Genauigkeit der amtlichen Straßenverkehrs-unfallstatistik**
Barg, Hautzinger, Ottmann, Potderin, Stenger
1985
- 112 Verkehrssicherheit von städtischen Altbaugebieten**
Müller, Stete, Topp
1985
- 113 Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer**
Band 2
Otte, Suren
1985
- 114 Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer**
Band 3
Unfallanalyse
Beier, Helbling, Mattern, Schmidt, Schüler, Schuller, Spann
1985
- 115 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 11
Gesetzgebung, Polizeiliche Überwachung und Strafgerichtsbarkeit in der Bundesrepublik Deutschland
Dornick, Feltes, Kerner, Philipp, Triebler
1985
- 116 Die Häufigkeit von Verkehrssituationen**
von Benda
1985
- 117 Stichproben- und Hochrechnungsverfahren für Verkehrssicherheitsuntersuchungen**
Hautzinger
1985
- 118 Sicherheitsrelevante Ausstattung von Fahrrädern**
von der Osten-Sacken, Schuchard
1985
- 119 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 12
Die Entwicklung des Alkoholkonsums in der Bundesrepublik Deutschland
Perys
1985
- 120 Fußgängersicherheit an Haltestellen**
Rainer R. Haman
1984
- 121 Sicherung liegendebliebener Kraftfahrzeuge**
Willing
1985
- 122 Verletzung durch einen Kraftfahrzeugunfall als Ausgangspunkt für die Verkehrssicherheit**
Echterhoff
1985
- 123 Sichere Gestaltung markierter Wege für Fahrradfahrer**
Band 1
Angenendt, Hausen, Jansen, Wutschka
1985

- 124 Der Einfluß der Anpassungsfähigkeit des Auges auf die visuelle Wahrnehmung**
Hesse, Krueger, Zülch
1985
- 125 Flächenhafte Verkehrsberuhigung Unfallanalyse Berlin-Charlottenburg**
Brilon, Kahrmann, Senk, Thiel, Werner
1985
- 126 Unfälle beim Transport gefährlicher Güter auf der Straße 1982-1984**
Bressin
1985
- 127 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 14
Effektivität der Erste-Hilfe-Ausbildung
Sefrin, Schäfer, Zenk
Januar 1986
- 128 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 13
Orientierungs- und Verhaltensmuster der Kraftfahrer
Kretschmer-Bäumel, Karstedt-Henke
1986
- 129 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 15
Überprüfung von Erste-Hilfe-Kästen in Kraftfahrzeugen
Wobben
1986
- 130 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 16
Literaturanalyse "Wirksamkeit des Rettungswesens"
Garms-Homolová, Schaeffer, Schepers
1986
- 131 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 17
Unfallursachen bei Unfällen von Rettungsfahrzeugen im Einsatz
Schmiedel, Unterkofler
1986
- 132 Bestandsaufnahme von Art und Dauer der Fahrchülerausbildung. Für die Fahrerlaubnisklassen 3, 1 und 1b**
Haas
1986
- 133 Verbrauch psychotroper Medikamente durch Studenten Ergebnis einer Befragung**
Joó
1986
- 134 Analyse von Unfalldarkelziffern**
Lenhart, Siegener
1986
- 135 Flächenhafte Verkehrsberuhigung Methodenstudie zur Gefahrenbewertung für verkehrsberuhigte Bereiche**
Fechtel, Ruske
1986
- 136 Geschwindigkeitsverhalten auf Mischflächen**
Ahrens, Kockelke
1986
- 137 Versuche zur Krebsgangbarriere**
Brück, Pulwitt, Sievert
1986
- 138 Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**
Teil 6: Gemeinsame Verkehrsflächen für Fußgänger und Radfahrer
Eger, Retzko
1986
- 139 Bewertung der Lichtsignalsteuerung mit Hilfe der Verkehrskonflikttechnik**
Hoffmann, Slapa
1986
- 140 Verkehrsspezifische Unfallsituationen und -folgen von Fahrradfahrern**
Alrutz, Otte
1986
- 141 Verbesserung der Sichtbedingungen aus Nutzfahrzeugen**
Henseler, Heuser, Krüger
1986

Ab der lfd. Nr. 93 werden die Forschungsberichte des Bereiches Unfallforschung der Bundesanstalt für Straßenwesen zum Preis von DM 10,— (sehr umfangreiche Berichte DM 15,—) verkauft.

Vorherige Hefte werden, soweit nicht vergriffen, zum Stückpreis von DM 5,— abgegeben. Die vergriffenen Veröffentlichungen können in der BAST eingesehen werden.

Bei Interesse am Dauerbezug besteht die Möglichkeit des Abonnements, gegen Vorauszahlung eines Betrages von DM 100,— jährlich, werden alle im betreffenden Jahr erscheinenden Hefte beider Reihen kostenfrei zugesandt. Einzelhefte und Abonnements sind zu beziehen durch: Verlag G. Mainz, Neupforte 13, 5100 Aachen, Telefon 0241/27305