



Dynamic Test Center
 Centrum für Dynamische Tests
 Centre de Tests Dynamiques

Crashtest gebrauchter Fahrzeuge mit Airbag

Version 001

Auftragsnummer: 214MRR66

In Zusammenarbeit mit:



Touring Club Schweiz



Basler Versicherungen



Beratungsstelle für Unfallverhütung



Vereinigung der Strassenverkehrsämter

Inhalt:	1 Zusammenfassung.....	2
	2 Ziel und Zweck	4
	3 Versuchsvorgaben und Normen	5
	4 Versuchseinrichtung	7
	5 Versuchsablauf.....	11
	6 Resultate & Analysen	12
	7 Auswertung & Interpretationen	29

Anzahl Seiten im Bericht: 30 Anhang: nur im Originalausdruck

Dokument	Name	Unterschrift	Datum
Autor	Patrick Kamber		28. Oktober 2005
Geprüft	Raphael Murri		28. Oktober 2005
Freigegeben	Bernhard Gerster		28. Oktober 2005

1 Zusammenfassung

In der ersten breitabgestützten Studie dieser Art wurde die Insassensicherheit von Gebrauchtwagen mit Airbag untersucht. Die Dynamic Test Center AG, der TCS und die Partner – Basler Versicherungen, Beratungsstelle für Unfallverhütung und Vereinigung der Strassenverkehrsämter – haben sechs Vertreter der unteren Mittelklasse einem Frontalcrash unterzogen. Das Ergebnis: Drei Modelle schnitten mit vergleichbaren Ergebnissen wie die entsprechenden Neuwagen von 1993 ab. Die anderen wiesen verschiedene Mängel auf, wobei alle Airbags zündeten.

Die Fahrzeugsicherheit wurde in den letzten Jahren deutlich verbessert. Wie gebrauchte Fahrzeuge nach über zehn Jahren harten Autolebens beim Frontalaufprall mit 55 km/h abschneiden, soll der Test mit Fiat Tipo, Ford Escort, Honda Civic, Opel Astra, Toyota Corolla und VW Golf zeigen. Bei dieser breitabgestützten Untersuchung, die erste dieser Art, wurden die Insassenbelastungen der alten Fahrzeuge mit denen der Neufahrzeuge aus dem Jahre 1993 verglichen. Ziel war herauszufinden, ob die Insassen auch in diesen alten Fahrzeugen noch sicher sind. Die Fahrzeuge wurden, wie im Neuzustand vor 12 Jahren, mit 55 km/h bei halber Überdeckung in eine starre 15° Stahlbarriere gefahren.



Abb. 1 Die 6 Fahrzeuge vor dem Versuch.

Alt, aber immer noch sicher

Bei allen untersuchten Fahrzeugen wurden die Frontairbags durch den Anprall ausgelöst und die Insassen geschützt. Die Ergebnisse zeigen, dass Fahrzeuge mit Airbag auch nach 12 Jahren immer noch sicherer sind, als Fahrzeuge ohne Airbag. Die Begründung liegt darin, dass Fahrzeughersteller in der Regel nicht nur Airbags in ihre Fahrzeuge einbauten, sondern diese Massnahme im Rahmen einer grösseren Investition in die Verbesserung der passiven Sicherheit, oder für neue Modelle, vorgesehen haben.

Beim Zusammenwirken der Sicherheitskomponenten wurden zwischen den untersuchten Fahrzeugen jedoch Unterschiede festgestellt. Die Alterungs- und Abnutzungseinflüsse wirkten sich unterschiedlich aus.

Gut abgeschnitten

Der Insassenschutz war beim Opel Astra, dem Ford Escort und beim Honda Civic gleich hoch oder besser als im Neuzustand. Alle Frontairbags wurden bei diesen Fahrzeugen praktisch zeitgleich zum Zündzeitpunkt in den Neufahrzeugen gezündet und zeigten ihre volle Schutzwirkung. Die Gurte haben trotz Abnutzung und Alterung den sehr hohen Belastungen standgehalten. Aufgrund der Ausprägung der Deformationen kann auf vergleichbar gute Karosseriesteifigkeiten geschlossen werden.

Honda hatte aufgrund des Konsumentenschutztests vor 12 Jahren, welcher Mängel beim Insassenschutz aufgezeigt hatte, bei der Modellüberarbeitung die Karosseriesteifigkeit des Civic verbessert. Dadurch waren die Insassenbelastungen für den Fahrer eindeutig tiefer als beim vor 12 Jahren untersuchten Neufahrzeug im unmodifizierten Zustand.

Abnutzungs- und Alterungserscheinungen

Die Insassenbelastungen beim VW Golf waren sowohl für Fahrer wie Beifahrer mit denen des Neufahrzeuges vergleichbar. Die Karosseriesteifigkeit war trotz sehr hoher Fahrleistung immer noch gut. Die Airbags wurden zeitgleich mit denjenigen im Neuzustand ausgelöst und der fahrerseitige Gurtkraftbegrenzer hat funktioniert. Der Kunststoffüberzug der Umlenkbeschläge der Schultergurte waren den Kräften im gealterten Zustand nicht mehr gewachsen, so dass beide gebrochen sind. Auf der Beifahrerseite entstand aufgrund des stärker ausgeprägten Bruchs eine scharfe Kante, mit welcher der Schultergurt während des Anprallversuchs durchgetrennt wurde. Dank des grossen Beifahrerairbags wurde der Aufprall des Beifahrers auf dem

Armaturenbrett aufgefangen. Die biomechanischen Belastungsgrenzwerte wurden lediglich im Brustbereich erreicht, aber nicht überschritten.

Im Toyota Corolla lagen die Insassenbelastungen höher als im Neuzustand. Das untersuchte Fahrzeug hatte eine sehr hohe Fahrleistung und die passiven Sicherheitskomponenten wie Sitze, Sitzpolster und Gurte zeigten starke Alterungs- und Abnutzungserscheinungen. Während des Anprallversuchs wurde eine starke Vorverlagerung und ein starkes Abtauchen der Insassen festgestellt. Die Ausprägung der Deformation lässt auf eine kleinere Widerstandsfähigkeit der Karosserie schliessen. Dies hatte ein starkes Eindringen der Lenksäule zur Folge. Die Insassenbelastungen im Fiat Tipo lagen ebenfalls über denjenigen im Neuzustand. Von den sechs untersuchten Fahrzeugen bürsteten im Tipo die Sicherheitsgurte am meisten an Wirkung und die Sitze und deren Verankerungen am meisten an Stabilität ein. Der Gurtstraffer auf der Fahrerseite hat nicht oder nur ungenügend ausgelöst. Eine möglicher Grund dafür könnte in der stark deformierten Bodenstruktur des Fahrzeugs und der Sitzbefestigungen liegen, wodurch sich die Seile des Gurtstraffers verklemmt haben könnten. Der Airbag wurde gegenüber dem Neuzustand später gezündet.

Fiat Tipo und Toyota Corolla waren mit einem mechanischen Airbag ausgerüstet, welche unter den marktüblichen Airbags als Exoten gelten. Die Filmanalyse der aktuellen Versuchs mit demjenigen vor 12 Jahren hat für beide Versuchsträger den Verdacht, dass die Airbags nicht genügend stark aufgeblasen waren, nicht erhärtet.



Abb. 2 Die 6 Fahrzeuge nach dem Versuch.

Sicherheit alter Fahrzeuge

Neue Fahrzeuge sind sicherheitstechnisch deutlich weiter entwickelt, als ältere Fahrzeugmodelle. Auch wenn die passiven Sicherheitskomponenten durch Alterung und Abnutzung an Schutzwirkung einbüssten, ist der Insassenschutz noch vorhanden. Die Schutzwirkung eines Airbags ist nur solange gegeben, wie er funktionsfähig ist. Um die Frage zu beantworten, ob eine pyrotechnische Einrichtung aufgrund von Alterungsprozessen eine Lebensdauer unterhalb der Lebensdauer des Grundfahrzeuges hat, müssten für eine statistisch erhärtete Aussage weit mehr Anprallversuche gefahren werden können.

Stark abgenutzte Gurte oder gealterte Kunststoffe bieten ein erhöhtes Risiko für ein Versagen der Komponenten im Ernstfall. Durch eine seriöse Fahrzeugwartung können defekte Komponenten erkannt und ersetzt werden.

Ersatz von Sicherheitskomponenten

Empfehlungen der Fahrzeughersteller bezüglich Prüfung der Systeme sowie allfälliger Ersatz nach gewissen Jahren, sollten ernst genommen werden. Beim Ersatz von Airbags und Gurtstraffern muss der Hersteller ein aktuelleres Produktionsdatum der neuen Komponenten garantieren. Dies ist besonders beim Ersatz der Komponenten infolge abgelaufener Lebensdauer von Bedeutung. Wenn beispielsweise ein alter Airbag durch ein ähnlich altes System ersetzt wird, wäre dies sinnlos.

Bezüglich Auswirkungen auf den Insassenschutz hat der Anprallversuch des Fiats gezeigt, dass ein Ersatz des Airbags gemäss Herstellervorschrift alleine das Schutzpotential nicht auf das Niveau des Neufahrzeugs gebracht hätte.

2 Ziel und Zweck

Als die ersten Fahrzeuge der unteren Mittelklasse serienmässig mit Airbags und Gurtstraffern ausgerüstet wurden, vertrauten die Automobilhersteller auf verschiedene Lieferanten von Gasgeneratoren und auf verschiedene Auslegungen der Sicherheitssysteme. Manche Automobilhersteller verwendeten ein Airbagsteuergerät an der Fahrzeugkarosserie, andere setzten rein mechanische Airbagmodule ein. Genau so vielfältig wie die Sicherheitssysteme, präsentierten sich auch die Funktionsgarantien der Airbags. Einige Hersteller gaben ihrer Pyrotechnik eine unbeschränkte Lebensdauer, andere beschränkten sie auf 6, 10 oder mehr Jahre. Nach Ablauf dieser garantierten Lebensdauer war ein Austausch der entsprechenden Module geplant. In den letzten Jahren ist nun die ursprünglich definierte Lebensdauer der ersten serienmässig in Strassenfahrzeugen eingebauten Airbags und Gurtstraffer abgelaufen. Darauf haben die betroffenen Automobilhersteller zum Teil reagiert. Die garantierte Lebensdauer wurde verlängert oder eine Beschränkung sogar gänzlich aufgehoben. Bei wenigen Modellen ist die ursprüngliche Lebensdauerbeschränkung noch heute gültig. In der Praxis werden Airbags bis heute jedoch kaum ersetzt. Die Frage ist, wird ein aus der Garantie kommender Airbag gefährlich, oder ist dies eine buchhalterische Massnahme zur Limitierung des Risikoportfolios des Herstellers.

Realitätsnahe Wirkungsprüfung der gesamten Sicherheitskette

Mit einer Frontalanprall-Serie von 6 Fahrzeugen soll die Wirksamkeit der gealterten Airbags und Gurtstraffer untersucht werden. Die Messdaten der zehnjährigen Fahrzeuge werden mit den Messdaten der Neufahrzeuge aus dem Jahre 1993 verglichen. Dadurch lassen sich neben Folgerungen zur Funktion der Airbags sowie der Gurtstraffer auch Aussagen über den Insassenschutz im gealterten Zustand machen. Durch die realitätsnahen Versuchsbedingungen kann die gesamte Sicherheitskette von der Karosserie über die Sensorik und die Steuergeräte bis hin zu den pyrotechnischen Aktoren auf ihr Zusammenspiel untersucht werden. Das Schutzpotential wird anhand der Insassenbelastung beurteilt.

Alterung pyrotechnischer Einrichtungen

Es stellt sich die Frage, ob pyrotechnische Einrichtungen aufgrund von Alterungsprozessen eine Lebensdauerbeschränkung unterhalb der Lebensdauer des Grundfahrzeuges haben müssen. Im Bereich der Airbags wurden seit Beginn der Serienreife grosse Fortschritte erzielt. Die Alterungseinflüsse wurden bis anhin lediglich durch eine Funktionsprüfung untersucht, indem der Entfaltungsvorgang mit Highspeedkameras aufgenommen und ausgewertet wurde. Die Wirksamkeit und, ob das Sicherheitspotential durch Alterungsprozesse beeinträchtigt wird, sind nicht untersucht worden. Zudem werden die Alterungsprozesse aus Zeitgründen simuliert. Fehler in der Simulation der Alterungsprozesse können durch den Einsatz real gealterter Airbags ausgeschlossen werden.

Der Nachweis der uneingeschränkten Funktionsfähigkeit gealterter Airbags und Gurtstraffer hätte positive Auswirkungen auf den Fahrzeughandel, indem eine gewisse Werterhaltung von Fahrzeugen mit Airbags erreicht wird. Als letzter, aus sicherheitstechnischer Sicht wichtigster Punkt, wird erreicht, dass Airbags und Gurtstraffer den Fahrzeugpark durchdringen. Somit werden diese wichtigen Elemente der passiven Sicherheit auch für Dritt- und Vierthandhalter Nutzen bringen.

3 Versuchsvorgaben und Normen

Der Vergleich der Messdaten der hier beschriebenen Versuche mit gealterten Fahrzeugen mit den Daten der Versuche mit neuen Fahrzeugen ist ein wichtiger Pfeiler der Auswertung und der Beurteilung des Insassenschutzes. Deshalb müssen die Anprallversuche nach den genau gleichen Vorgaben durchgeführt werden, wie dies bei den Versuchen von Auto, Motor & Sport 1993 der Fall war. Das heisst, es kommt der früher verwendete Dummy Hybrid II zum Einsatz, der Anprall erfolgt auf eine starre 15°-Barriere, der Offset beträgt 50 % und die Fahrzeuggewichte sowie die Aufprallgeschwindigkeiten müssen so eingestellt werden, dass sie denjenigen der Auto, Motor & Sport Tests entsprechen. Die Fahrzeuge werden somit nicht aufgelastet um das Maximal- oder Garantiegewicht zu erreichen, sondern damit genau dasselbe Fahrzeuggewicht wie vor 12 Jahren dargestellt wird. Die Crashgeschwindigkeit wurde ebenfalls den Verhältnissen anlässlich der AMS-Tests angepasst. Ferner wurden die gleichen Fahrzeugmodelle verwendet. Daraus haben sich die 6 untenstehenden Versuche mit Soll-Fahrzeuggewicht und Soll-Anprallgeschwindigkeit ergeben. Die ausführlichen Daten zu den Versuchsfahrzeugen befinden sich im Anhang.

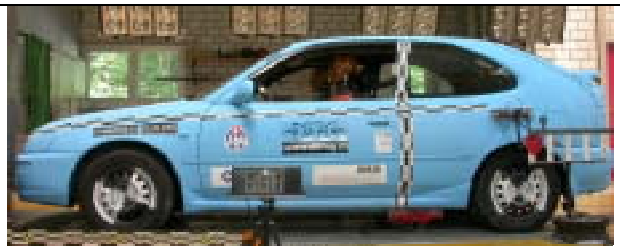
Versuchsnummer	214MRR66-06	
Datum	24.09.2005	
Fahrzeug	VW Golf III 2.0 GTI	
Versuchsgewicht	1239 kg	
Anprallgeschwindigkeit	55.3 km/h	

Versuchsnummer	214MRR66-04	
Datum	20.09.2005	
Fahrzeug	Opel Astra F 1.4i	
Versuchsgewicht	1214 kg	
Anprallgeschwindigkeit	54.9 km/h	

Versuchsnummer	214MRR66-03	
Datum	16.09.2005	
Fahrzeug	Ford Escort 1.6i 16V	
Versuchsgewicht	1281 kg	
Anprallgeschwindigkeit	54.5 km/h	

Versuchsnummer	214MRR66-02	
Datum	09.09.2005	
Fahrzeug	Fiat Tipo 2.0 16V	
Versuchsgewicht	1410 kg	
Anprallgeschwindigkeit	54.8 km/h	

Versuchsnummer	214MRR66-01
Datum	05.09.2005
Fahrzeug	Toyota Corolla 1.6Si Plus
Versuchsgewicht	1263 kg
Anprallgeschwindigkeit	55 km/h



Versuchsnummer	214MRR66-05
Datum	22.09.2005
Fahrzeug	Honda Civic VEi
Versuchsgewicht	1172 kg
Anprallgeschwindigkeit	54.9 km/h



Die rigide Barriere besteht aus einer sehr steifen Metallkonstruktion. Die Fronplatte steht in der Vertikalen senkrecht und weist gegenüber der Fahrtrichtung einen Winkel von 105° auf. Die Anprallplatte verfügt über eine Antirutschleiste, damit ein Abrutschen der Fahrzeuge nach rechts verhindert werden kann.



Abb. 3 Barriere.

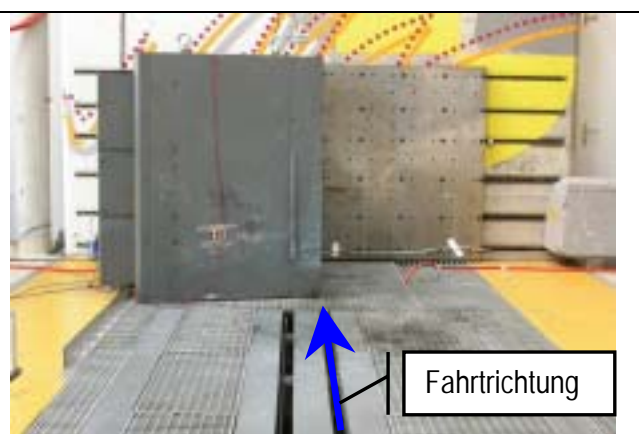


Abb. 4 Fahrtrichtung der Fahrzeuge auf die Barriere.

Der Offset, oder die Überdeckung, beträgt 50%, wobei der Anprall an der Fahrerseite erfolgt.



Abb. 5 50 % Überdeckung, Ansicht von hinten.



Abb. 6 50 % Überdeckung, Ansicht von vorne.

Dummypositionierung nach ECE-R94

Die Vorbereitung der Fahrzeuge, die Einstellung der Sitze und des Lenkrades, die Bestimmung der H-Punkte sowie die Positionierung der Dummies erfolgte nach der ECE Regelung 94: „Insassenschutz bei Frontaufprall“. Damit ist gewährleistet, dass die Versuche nach einem einheitlichen, vergleichbaren und reproduzierbaren Standard vorbereitet wurden.

4 Versuchseinrichtung

Crashanlage

Die Versuche wurden auf der DTC-Crashanlage durchgeführt. Die Fahrzeuge wurden über einen im Boden laufenden Schlitten beschleunigt und geführt. Kurz vor dem Anprall wird zuerst die Längs- und danach die Querverführung aufgehoben, damit die Fahrzeuge frei in die Barriere rollen. Die einzelnen Anprallgeschwindigkeiten wurden von der Anlagensteuerung elektronisch geregelt angefahren. Die Fahrzeuge wurden mit laufendem Motor untersucht, damit die Spannungsversorgung der Sicherheitselektronik gewährleistet war. Auch war damit dem Anspruch Rechnung getragen, dass der Crash realitätsnah sein sollte.

Dummy

Für alle Versuche kam zur Bestimmung der Fahrerbelastung ein 50 % Hybrid III male Dummy zum Einsatz, welcher auf Hybrid II Stufe umgerüstet wurde. Die Belastungen der Beifahrerseite wurde mit einem 50 % Hybrid III male Dummy ermittelt. Beide Dummies sind mit den in der untenstehenden Tabelle ersichtlichen Messgebern ausgestattet.

	Fahrerdummy	Beifahrerdummy	Filter
Kopfbeschleunigungen	Endevco Triax (X, Y, Z)	Endevco Triax (X, Y, Z)	CFC 1000*
Brustbeschleunigungen	3 a-Sensoren JTF (X, Y, Z)	3 a-Sensoren JTF (X, Y, Z)	CFC 180*
Brusteindrückung	Potentiometer	Potentiometer	CFC 600*
Wirbelsäulenkraft	Lumbar Force	-	CFC 180*
Beckenbeschleunigungen	3 a-Sensoren JTF (X, Y, Z)	3 a-Sensoren JTF (X, Y, Z)	CFC 1000*
Halskräfte	3 RAD Sensoren (X,Y,Z)	-	CFC 1000*
Halsmomente	3 RAD Sensoren (X, Y, Z)	-	CFC 600*

* Messfrequenz: 20 kHz

Detailliertere Angaben finden sich im Anhang.

Fahrzeuge

Alle Fahrzeuge wurden zur Ermittlung der Fahrzeugverzögerungswerte mit drei Beschleunigungssensoren ausgerüstet. Detailliertere Angaben befinden sich im Anhang.

	Beschleunigungssensor	Filter
X-Richtung	Entran 100g	CFC 60*
Y-Richtung	Entran 50g	CFC 60*
Z-Richtung	Entran 50g	CFC 60*

* Messfrequenz: 20 kHz

Detailliertere Angaben finden sich im Anhang.

Sämtliche fahrzeugseitige Beschleunigungsgeber waren auf einem Triax-Würfel angeordnet, der seinerseits mit Hilfe einer Stahlplatte auf Höhe der B-Säule hinter dem Fahrersitz fest auf den Fahrzeugboden geschraubt wurde. In dieser Position lag der Beschleunigungssensor in der Verlängerung des Auftreffpunktes des Fahrzeuges auf die Barriere. Er befand sich in einem Bereich, in dem höchstens kleine Fahrzeugdeformationen vorhanden waren. Die gewählte Position erlaubte die Erfassung der Fahrzeugbeschleunigungen im Bereich des Fahrers.

Als redundantes System kam ein Unfalldatenschreiber (UDS) zum Einsatz, der auf derselben Platte montiert war.

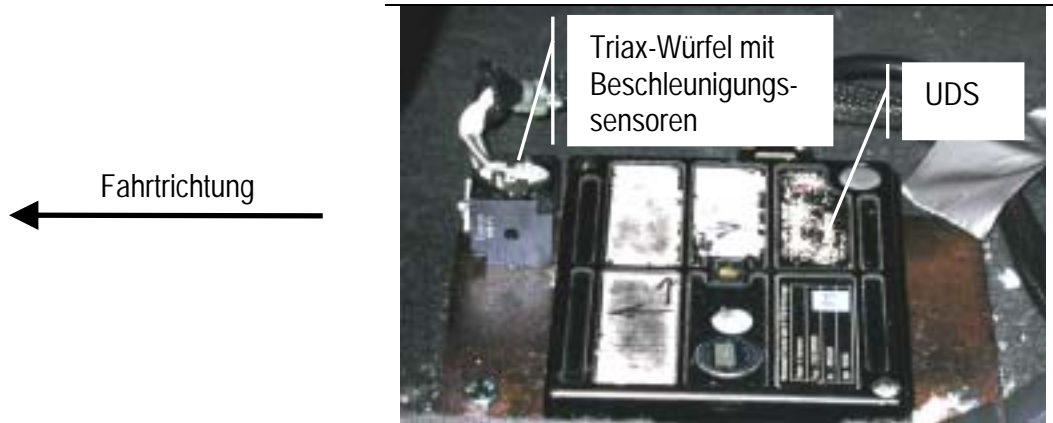


Abb. 7 Beschleunigungsgeber und UDS.

Zur Bestimmung der Versuchsgeschwindigkeit wurde auf Höhe des linken Hinterrades eine Lichtschranke befestigt. Nach dem Durchfahren des Rasters wurde aus dem digitalen Signal die präzise Anprallgeschwindigkeit ermittelt.



Abb. 8 Lichtschrankengabel und Raster.

Gurtkräfte

Die Gurtkräfte wurden während des Versuchs mit Gurtkraftmessern erfasst. Für Schulter- und Beckengurt kam auf der Fahrer- und Beifahrerseite je ein eigener Gurtkraftmesser zum Einsatz.

	Gurtkraftmesser	Filter
Schulter Fahrer	Gurtkraft EL20-16kN	CFC 180*
Becken Fahrer		
Schulter Beifahrer		
Becken Beifahrer		

* Messfrequenz: 20 kHz

Detailliertere Angaben zu den Gurtkraftmessern finden sich im Anhang.



Abb. 9 Gurtkraftmesser.

Messdatenerfassung

Ein Trigger am ersten Kontaktpunkt der Stossstange mit der Barriere diente zur Messauslösung und zur Bestimmung von t_0 . Die Messwerte der Sensoren in den Dummies, diejenigen der Gurtkraftmesser und der Beschleunigungsgeber im Fahrzeug sowie das Signal des Geschwindigkeitsgebers und der Auslöseimpuls des Triggers wurden vom Datenrecorder NA-32 gespeichert. Die Spannungsversorgung des Datenrecorders kann auf zwei Arten erfolgen. Die eine ist, die Spannungsversorgung wird über ein Schleppkabel sicher gestellt. Bei der zweiten wird neben dem Datenrecorder zusätzlich ein Akkupaket ins Fahrzeug eingebaut, welches die Spannungsversorgung übernimmt. In den vorliegenden Versuchen kam das Akkupaket zum Einsatz, weil das Schleppkabel den Bewegungsablauf des Fahrzeuges stören kann, und weil durch das Abdrehen des Fahrzeuges nach dem Anprall das Risiko besteht, dass das Schleppkabel überfahren oder gequetscht wird. Dies könnte einen Unterbruch der Spannungsversorgung und dadurch einen Verlust der Daten verursachen.

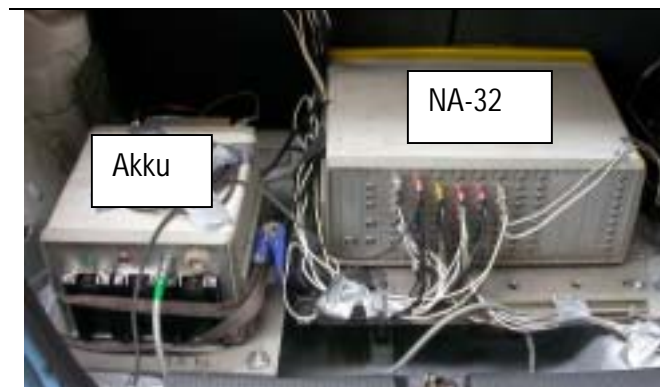


Abb. 10 Akkupaket und Datenrecorder NA-32

Messdatenauswertung

Die gespeicherten Rohdaten der NA-32 wurden mit Hilfe des Programms CrashSoft der Firma Messring aus dem Datenrecorder gelesen und weiterverarbeitet. Zusätzlich hat das Programm folgende Werte errechnet:

- Ausgangsgeschwindigkeit
- Geschwindigkeit $v(a_x(t))$ und dynamischer Deformationsweg $s(a_x(t))$
- Resultierende Beschleunigungen
- Head Injury Criteria (HIC)
- 3 ms-Spitzenwerte der Beschleunigungen

Ausgangsgeschwindigkeit:	Die Geschwindigkeit unmittelbar vor dem Anprall wird aus dem digitalen Signal der Lichtschrankengabel errechnet.
$v(t)$ und $s(t)$:	Der Geschwindigkeitsverlauf während des Crashes $v(t)$ und der dynamische Deformationsweg $s(t)$ wird ausgehend von der Ausgangsgeschwindigkeit durch Integration der Fahrzeugbeschleunigung $a_x(t)$ errechnet.
Resultierende Beschleunigung:	Die resultierende Beschleunigung ergibt sich durch Vektoraddition der Beschleunigungen in X-, Y- und Z-Richtung.
HIC ₃₆ :	Verletzungsschwere für den Kopf, oder Head Injury Criteria, wird aus der gewichteten resultierenden Kopfbeschleunigung errechnet. Der HIC wird für ein Zeitfenster von 36 ms errechnet, wobei der Maximalwert gesucht wird.
3 ms-Spitzenwert:	Der 3 ms-Spitzenwert ist diejenige Maximalbeschleunigung, die während mindestens 3 ms vorherrscht.

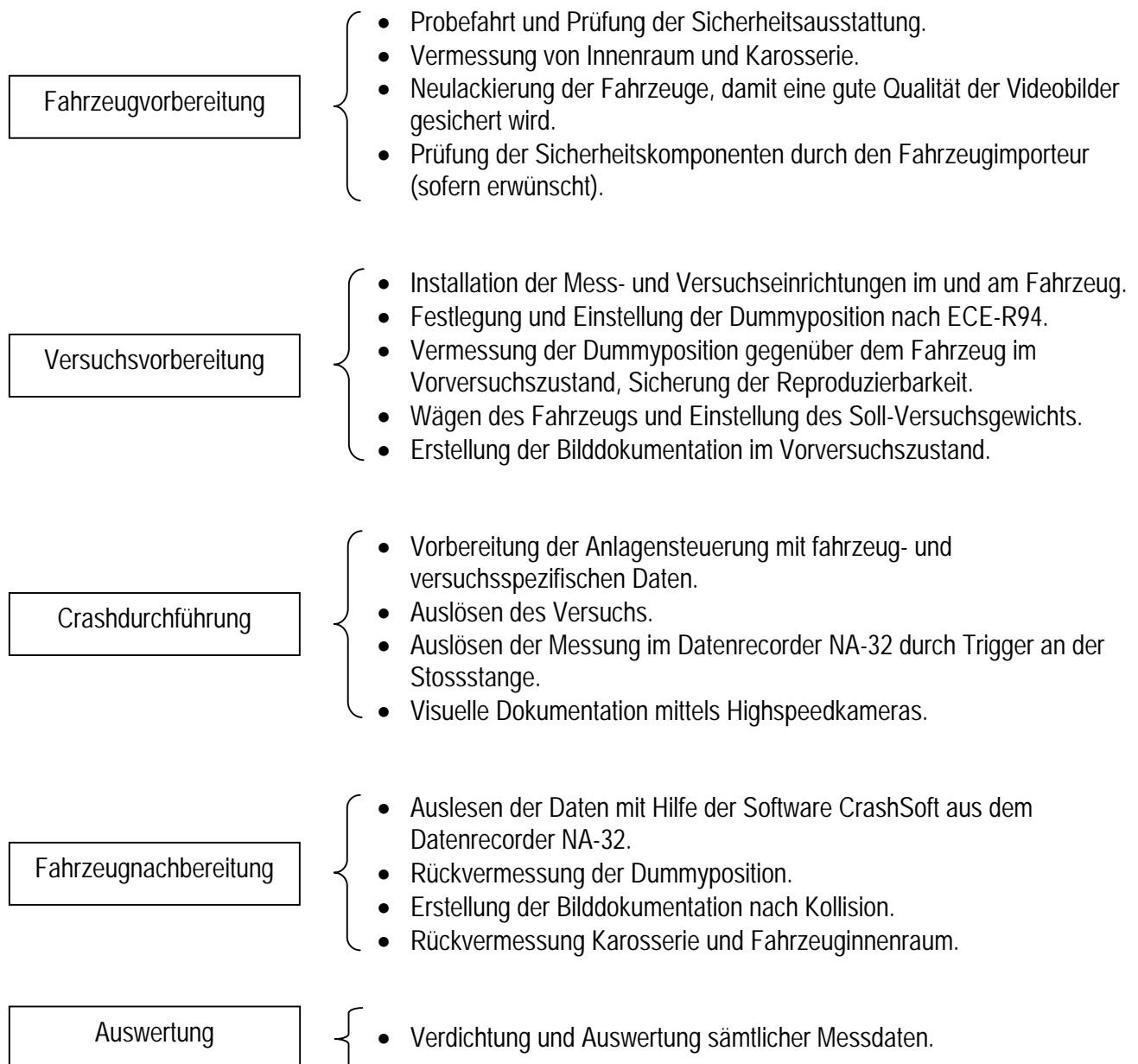
Bildauswertung und Bilddokumentation

Die Versuche wurden zudem visuell dokumentiert. Von jedem Versuch besteht eine ausführliche Sammlung an digitalen Bildern, welche das Fahrzeug vor und nach dem Versuch zeigen. Zudem besteht eine Vielzahl an Bildern, welche die wichtigsten Problemzonen der Dummies und der Fahrzeuge zeigen.

Jeder Versuch wurde mit 4 Highspeedkameras, und einer Bildfrequenz von 500 Bilder je Sekunde (500 fps), gefilmt. Drei analoge Highspeedkameras kamen für die Seitenansicht von links, die Seitenansicht von rechts und die Draufsicht zum Einsatz. Die vierte Kamera ist eine digitale Highspeedkamera, die ebenfalls für die Seitenansicht von links (Fahrerseite) verwendet wurde. Für die Zeitsynchronisation wurde im Kollisionspunkt (t_0) auf der Fahrerseite eine Highspeeduhr, und für die restlichen Ansichten ein Blitz ausgelöst. Die Videos wurden vor allem für die Analyse der Airbagentfaltung, der Dummykinematik und der Fahrzeugdeformation verwendet.

5 Versuchsablauf

Alle Versuche wurden nach dem gleichen Vorgehen durchgeführt. Ergänzend zu den vorhergehenden Kapiteln wird der Versuchsablauf nachfolgend schematisch dargestellt.



6 Resultate & Analysen

Alle Messresultate sind als Übersicht zusammengefasst in einer Tabelle und in Form von Vergleichsgrafiken im Anhang aufgelistet. Die Ausdrücke der einzelnen Dummy-, Gurtkraft- und Fahrzeugmessdaten befinden sich ebenfalls im Anhang.

6.1 VW Golf III

Fahrzeugzustand

Der Golf erbrachte in den letzten 12 Jahren eine Kilometerleistung von 360'000 km. Die Sitzbezugsstoffe zeigen entsprechende Abnutzungserscheinungen. Die Sitze fühlen sich immer noch gleichmässig straff an. Auch die Sicherheitsgurte weisen vor allem auf der Fahrerseite Gebrauchsspuren auf. Jedoch sind keine wirklichen Mängel erkennbar.

Der Golf verfügt über einen Fahrer- und einen Beifahrerairbag, die von einem Airbagsteuergerät an der Karosserie gesteuert werden. Das Gurtsystem verfügt nur auf der Fahrerseite über einen Gurtkraftbegrenzer in Form einer genähten Gurtschlaufe. Fahrerseitig ist zudem ein Gurtklemmer vorhanden. Gurtstraffer sind keine eingebaut.

Feststellungen nach dem Versuch

Karosserie

Der Golf verfügt über eine steife Struktur, welche die Energie auf einem hohen Kraftniveau abbaut. Die ersten 20 % der Geschwindigkeitsänderung entsprechen 36 % der kinetischen Energie. Diesen Geschwindigkeitsanteil baut nur der Ford Escort ebenso schnell ab. Der Golf erreicht den Stillstand am schnellsten. Die Karosserie verformt sich erheblich, doch die Türschlösser funktionieren noch immer und die Fahrertür lässt sich mit einem Ruck öffnen. Das Armaturenbrett wandert kaum nach innen. Die Filmanalyse zeigt eine dynamische Verschiebung der Lenksäule in den Innenraum. Die Lenksäule wird gegen Versuchende wieder zurückgedrückt. Die statische Eindringtiefe ist daher gering. Die Brust und später der Kopf des Fahrerdummys berühren während des Versuchs das Lenkrad und schieben diesen wieder zurück, ohne dabei erhebliche Beschleunigungen zu erfahren. Im Fussbereich zeigen sich mittelschwere Intrusionen. Kritisch müssen die Pedalverschiebungen (Abb. 12) beurteilt werden.



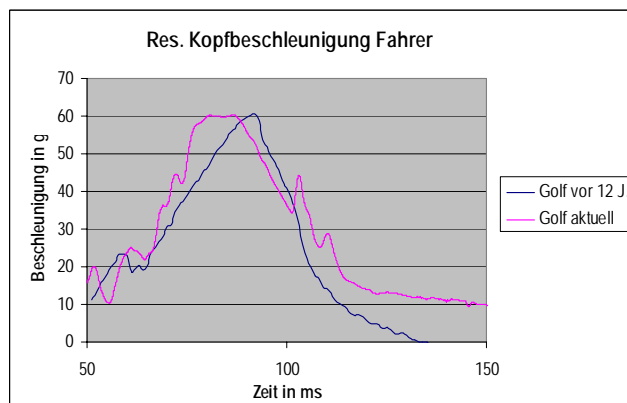
Abb. 11 Seitenansicht Golf nach dem Versuch.



Abb. 12 Fussraum nach dem Versuch.

Insassenbelastungen

Das Sicherheitssystem bestehend aus Gurt, mit Gurtklemmer und Gurtkraftbegrenzer sowie Airbag ist gut abgestimmt. Die Fahrerrückhaltung funktioniert auf der Fahrerseite sehr harmonisch und effizient. Die Vorverlagerung ist gering, der Kopf trifft zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort auf den Airbag. Das Lenkrad bewegt sich nach innen, wird aber von der Dummybrust nur moderat getroffen. Auch im Golf prallt der Dummy mit den Knien an das untere Armaturenbrett. Die Beckenbeschleunigungen liegen auf einem mittleren Niveau. Das massive Eindringen der Pedale stellt im Fussbereich ein erhebliches Verletzungsrisiko dar. Insgesamt zeigen die Kopfbeschleunigungen, der HIC und die Brustbeschleunigungen für den Fahrer leicht bessere Werte als vor 12 Jahren. Absolut betrachtet, werden keine biomechanischen Grenzwerte überschritten.



Anders sieht die Realität auf der Beifahrerseite aus. Beim Beifahrer wurde die Sicherheitsgurte bei 71 ms nach Anprall auf der Barriere am Umlenkbeschlag an der B-Säule abgerissen. Durch die hohen Zugkräfte ist die Kunststoffummantelung am Umlenkbeschlag gebrochen. Die vordere Hälfte ist abgefallen, wodurch die verbleibende hintere Hälfte eine scharfe Kante gebildet hat. Über diese Kante wurde die Sicherheitsgurte eingeschnitten und danach abgetrennt. Die Ummantelung auf der Fahrerseite ist nicht komplett durchgebrochen, zeigt aber den identischen Riss im Kunststoff. Der spröde Kunststoff hat den hohen Crashbelastungen nicht mehr stand gehalten. Im Vergleich zu den anderen Fahrzeugen wurden beim Golf infolge der steifen Frontstruktur die grössten Gurtkräfte gemessen. Das Versagen des Sicherheitsgurtes zeigt sich in der Brustbeschleunigung der Dummymesswerte mit einem um 20 % höheren Wert. Die Brustbeschleunigung beläuft sich auf 51 g und liegt damit immer noch unterhalb des biomechanischen Grenzwertes. Der grosse Beifahrerairbag im Golf hat den Dummy gut abgefangen und einen starken Anprall an starren Fahrzeugstrukturen wie dem Armaturenbrett verhindert.



Abb. 13 Dummyposition nach dem Versuch.



Abb. 14 Eingeschnittener und abgetrennter Beifahrergurt.



Abb. 15 Fahrer- und beifahrerseitigen Umlenkbeschläge.



Abb. 16 Riss in der Ummantelung fahrerseitig.

Airbag

Der Airbag reißt die Sollbruchstelle am Lenkraddeckel bei 46 ms nach der Erstberührung auf. Vor 12 Jahren waren es 47 ms. Auch auf den Highspeedfilmen ist zwischen dem aktuellen und dem Versuch vor 12 Jahren kein Unterschied auszumachen. Überraschend ist die verhältnismässig späte Auslösezeit. Das Zusammenwirken aller am Insassenschutz beteiligten Elemente ist gut und der Airbag wird sehr schnell aufgeblasen. Der Airbag hat trotz der späten Zündung genügend Zeit, seine volle Schutzwirkung zu entfalten.



Abb. 17 Zeitpunkt des Aufreissens des Lenkraddeckels.



Abb. 18 Zeitpunkt der Berührung von Kinn auf Airbag.



Abb. 19 Zeitpunkt der 3 ms-Spitzenbeschleunigung.



Abb. 20 Zeitpunkt der maximalen Eindringtiefe.

Bei 65 ms trifft das Kinn des Fahrerdummy auf dem Airbag auf. Zu diesem Zeitpunkt ist der Luftsack bereits voll entfaltet und aufgeblasen. Bei 83 ms wird am Kopf die 3 ms-Spitzenbeschleunigung erreicht. Erst bei 107 ms ist die Eindringung abgeschlossen.

6.2 Opel Astra F 1.4i

Fahrzeugzustand

Der 10-jährige Astra ist mit seinen 100'000 km in einem guten Zustand. Lediglich der Fahrersitz zeigt leichte Gebraucherscheinungen durch ungleichmässig straffe Sitzpolster links und rechts. Die Sicherheitsgurte weisen keine erkennbare Mängel auf.

Der Astra verfügt über einen Fahrer- und einen Beifahrerairbag. Beide sind von einem Airbagsteuergerät an der Karosserie gesteuert. Die Sicherheitsgurte sind mit mechanischen Gurtschlossstraffern für den Fahrer, wie auch für den Beifahrer, ausgerüstet.

Feststellungen nach dem Versuch

Karosserie

Die Karosserieverformungen am Astra sind im aktuellen Versuch fast identisch mit denjenigen vor 12 Jahren. Die Fahrzeugstruktur baut die kinetische Energie schnell und gleichmässig ab. Die Fahrgastzelle bleibt trotz den extrem hohen Belastungen intakt. Der Überlebensraum bleibt von den Oberschenkeln an aufwärts gesichert. Auch die Sitze haben der Belastung standgehalten, sie lassen sich weiterhin nach vorne und zurück schieben. Die Lenksäule ist um 100 mm in den Fahrgastraum eingedrungen. Im Fussraum muss hingegen von einem mittleren Verletzungsrisiko für die Füße ausgegangen werden, weil starke Intrusionen vorhanden sind. Das Verletzungsrisiko ist durch die geringen Pedalverschiebungen im Vergleich zu den anderen untersuchten Fahrzeugen weniger hoch. Die Steife der Fahrgastzelle zeigt sich auch an der geringen Verkürzung des Abstandes von A- zu B-Säule. Der Türschlossmechanismus ist noch völlig funktionsfähig. Das Türschloss öffnet unter einem leicht erhöhtem Kraftaufwand. Die Türe lässt sich nach dem Versuch mit einem Ruck problemlos öffnen.



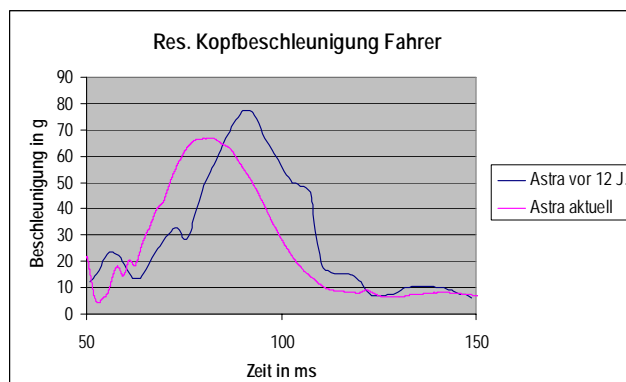
Abb. 21 Seitenansicht Astra nach dem Versuch.



Abb. 22 Fussraum nach dem Versuch.

Insassenbelastungen

Die Sicherheitsgurte bauen dank der Gurtschlossstraffer früh Kraft auf. Die Gurtkräfte steigen nicht so schnell an, wie bei den anderen untersuchten Fahrzeugen. Gurt, Gurtschlossstraffer und Airbag sind gut aufeinander abgestimmt, so dass eine grosse Vorverlagerung ermöglicht wurde, was zu den geringsten Brustbeschleunigungen führte. Der voluminöse Airbag fängt den Fahrerkopf ideal ab. Die Kopfbeschleunigungen und der HIC sind für den Fahrer fast identisch zu den Vergleichswerten.



Die Filmanalyse zeigt, dass der Fahrer beim aktuellen Versuch deutlich weniger abtauchte, als beim Versuch vor 12 Jahren. Der Dummy ist beim aktuellen Versuch weniger aus der ursprünglichen Sitzposition gerutscht. Daraus lässt sich erklären, warum der Knieanprall und somit die Beckenbeschleunigung geringer ausgefallen sind. Die Brustbeschleunigungen fallen ebenfalls deutlich geringer aus.

Der Dummy auf dem Beifahrersitz ist dank des grossen Airbags noch besser geschützt als vor 12 Jahren. Der damals untersuchte Astra verfügte über keinen Beifahrerairbag.



Abb. 23 Dummyposition nach dem Versuch.

Airbag

Der Airbag bricht mit 30 ms den Lenkraddeckel auf, was rund 5 ms später ist, als beim Test vor 12 Jahren. Daraus entsteht kein Nachteil. Die Analyse der Videobilder zeigt, dass beide Aufblasvorgänge etwa gleich viel Zeit in Anspruch nehmen und abgeschlossen sind, wenn der Kopf des Dummies in den Airbag eintaucht.



Abb. 24 Zeitpunkt des Aufreissens des Lenkraddeckels.



Abb. 25 Zeitpunkt der Berührung von Kinn auf Airbag.



Abb. 26 Zeitpunkt der 3 ms-Spitzenbeschleunigung.



Abb. 27 Zeitpunkt der maximalen Eindringtiefe.

Das Kinn des Fahrerdummy trifft bei 58 ms auf den Airbag. Am Kopf wird 20 ms später die 3 ms-Spitzenbeschleunigung gemessen. Bei 93 ms ist die maximale Eindringtiefe erreicht.

6.3 Ford Escort 1.6i 16V

Fahrzeugzustand

Der 11-jährige Escort ist aufgrund seiner geringen Kilometerleistung von rund 81'000 km in einem gutem Zustand. Der Innenraum sieht gepflegt aus und die Sitze und die Sicherheitsgurte weisen keine erkennbare Mängel auf.

Das Fahrzeug ist mit einem Fahrerairbag ausgerüstet. Der Airbag wird von einem Steuergerät gesteuert, welches an der Karosserie befestigt ist. Die Sicherheitsgurte verfügen fahrer- und beifahrerseitig neben mechanischen Gurtschlossstraffern auch über Gurtklemmer.

Feststellungen nach dem Versuch

Karosserie

Der Unterboden des Escorts zeigt bis auf Höhe der B-Säule starke Deformationen in Form von querlaufenden Wellen auf. Im Fussbereich des Fahrers ist der Unterboden aus der Schwelle ausgerissen. Der Abbau der kinetischen Energie ist aber sehr gut. Rasch baut die Fahrzeugstruktur viel Energie ab und hält das Niveau gleichmässig bis zum Schluss bei. Negativ muss die Verkürzung des Überlebensraumes im Brustbereich beurteilt werden. Das Lenkrad und das Armaturenbrett dringen weit in den Fahrgastraum ein. Der Fahrdummy drückt mit der Brust das Lenkrad nach vorne. Die Intrusionen des Fussraumbodenblechs halten sich zwar in Grenzen, die Pedalverschiebung ist jedoch gross.

Die starken Deformationen im Unterboden zeigen sich auch beim Öffnen der Fahrertür. Über die Fahrertür wurden grosse Kräfte abgeleitet. Der Abstand A-B-Säule verkürzte sich um 12 cm. Der Türschlossmechanismus lässt sich nur noch von innen betätigen. Mit einem Ruck lässt sich die Türe öffnen.



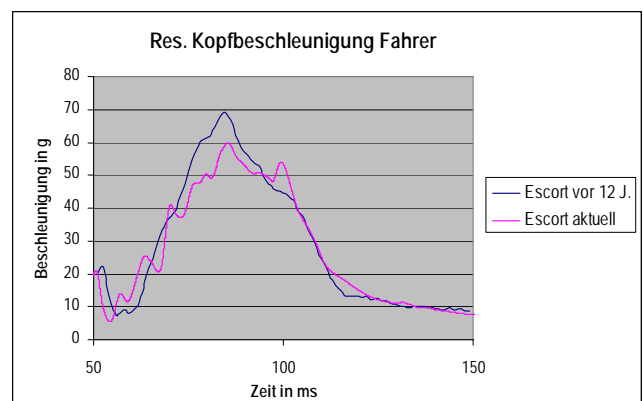
Abb. 28 Seitenansicht Escort nach dem Versuch.



Abb. 29 Fussraum nach dem Versuch.

Insassenbelastungen

Im Escort haben die Sicherheitsgurte zusammen mit den Gurtklemmern und den Gurtstraffern sowie den formstabilen Sitzen sehr gut funktioniert. Die Daten der Gurtkraftmesser zeigen, dass die Gurten sehr früh Kraft aufbauen und das Kräfte maximum früh erreicht wird. Eine optimale Beckengurtführung in Kombination mit den straffen Sitzen verhindert das Abtauchen der Insassen effektiv. Der Erfolg dieses aufwändigen Gurtsystems zeigt sich in der geringen Vorverlagerung der Insassen. Dadurch konnte beifahrerseitig ein Kopfaufschlag auf dem Armaturenbrett auch ohne Beifahrerairbag verhindert werden.



Fahrerseitig verhindert der Airbag einen Kopfaufschlag am Lenkrad, obwohl dieses in den Innenraum gedrückt wird. Der Fahrer erfährt die kleinsten Kopfbeschleunigungen dieser Versuchsreihe und steht bezüglich Kopfbeschleunigungen, HIC und Brustbeschleunigungen leicht besser da als vor 12 Jahren. Die Messwerte für den Beifahrer sind ebenfalls gut. Mit einem mittleren Verletzungsrisiko muss für die unteren Extremitäten gerechnet werden. Der Dummy stösst mit den Knien gegen das Armaturenbrett, dabei erreicht die Beckenbeschleunigung 58 g.



Abb. 30 Dummykopf schlägt beifahrerseitig nicht auf.



Abb. 31 Lenkrad dringt in den Innenraum.



Abb. 32 Dummyposition nach dem Versuch

Airbag

Das Aufreissen der Sollbruchstelle am Lenkrad findet mit 28 ms nach Anprall an der Barriere und damit nur 3 ms später als beim Test vor 12 Jahren statt. Die Filmanalyse ergibt gegenüber dem Test vor 12 Jahren keinen Unterschied im Aufblas- und Entfaltungsvorgang des Airbags.



Abb. 33 Zeitpunkt des Aufreissens des Lenkraddeckels.



Abb. 34 Zeitpunkt der Berührung von Kinn auf Airbag.



Abb. 35 Zeitpunkt der 3 ms-Spitzenbeschleunigung.



Abb. 36 Zeitpunkt der maximalen Eindringtiefe.



Bei 59 ms trifft das Kinn des Fahrerdummy auf den bereits voll aufgeblasenen Airbag auf. Am Kopf wird die 3 ms-Spitzenbeschleunigung bei 85 ms gemessen. Die geringe Vorverlagerung durch das straffe Sicherheitsgurtsystem ist gut ersichtlich. Bei 99 ms ist die volle Eindringtiefe erreicht.

6.4 Fiat Tipo 2.0 16V

Fahrzeugzustand

Der Tipo, in der Ausführung mit Fahrerairbag, ist auf dem Gebrauchtwagenmarkt schwer zu finden, weil der Airbag nur als Option und nur während kurzer Zeit erhältlich war. Das untersuchte Fahrzeug zeigt altersbedingte Gebrauchsspuren an den Sicherheitsgurten und an den Sitzen, es sind jedoch trotz 12 Jahren Betriebsdauer fahrerseitig keine offensichtlichen Mängel ersichtlich. Beifahrerseitig war der Gurtschlossstraffer bereits vor dem Kauf des Fahrzeugs ausgelöst. Der mechanische Gurtschlossstraffer kann beim Fiat durch unfachmännische Arbeiten am Sitz ausgelöst werden. Die Sitze fühlen sich immer noch straff an.

Der Tipo verfügt über einen mechanisch ausgelösten Fahrerairbag sowie mechanischen Gurtschlossstraffern. Am Beifahrerplatz ist kein Airbag eingebaut und der Gurtschlossstraffer wurde bereits ausgelöst. Gurtklemmer sind beidseitig keine vorhanden.

Feststellungen nach dem Versuch

Karosserie

Die Fahrzeugdeformationen am Tipo sind erheblich. Der Dachholm stellt sich auf und die Schweissnaht am hinteren Bereich platzt auf. Über die Fahrtüre werden so grosse Kräfte abgeleitet, dass das innere Türblatt einknickt. Dabei wird der Schlossöffnungsmechanismus blockiert. Die Türe kann nur noch mit schwerem Gerät geöffnet werden. Die Verkürzung des Abstandes von A- zu B-Säule beträgt auf 13 cm. Im Vergleich zum Versuch vor 12 Jahren mit 12 cm Deformation ist dies nur geringfügig mehr. Im Fussbereich zeigt sich die Fahrzeugstruktur nach wie vor als eine der besten. Die Fussraumintrusionen und die Pedalverschiebungen sind im Vergleich zu den anderen Probanden gering.

Der Geschwindigkeitsabbau während des Versuchs zeigt im Vergleich zu den anderen Versuchen, dass der Fiat in den ersten 30 ms nach Berühren der Barriere zu wenig Energie abbaut. Die Fahrzeugfront ist für die extremen Belastungen beim Anprall zu weich. Das Lenkrad und das Armaturenbrett werden durch die starken Deformationen nach oben in den Fahrgastraum gedrückt. Dies verkleinert den Überlebensraum im Tipo erheblich. Die Kinematik der Lenkradverschiebung, in Kombination mit den erheblichen Deformationen der Fahrgastzelle, verursacht zusätzliche Kopf- und Halsbelastungen durch Rotationen. Die Sitze und vor allem die Sitzverankerungspunkte waren den grossen Beschleunigungen nicht gewachsen, wodurch an beiden erhebliche Deformationen stattfanden.



Abb. 37 Seitenansicht des Tipos nach dem Versuch



Abb. 38 Lenksäule wandert nach innen.



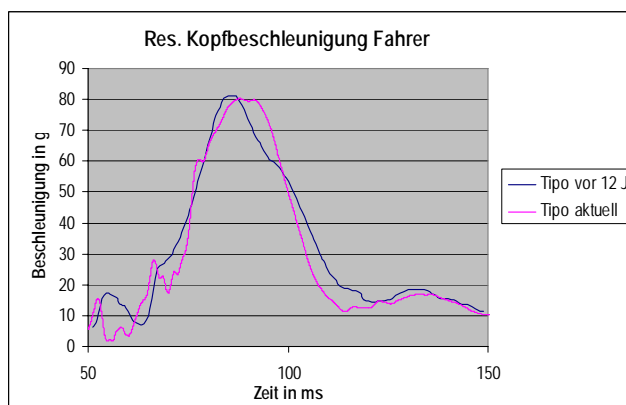
Abb. 39 Deformierter Fahrersitz.



Abb. 40 Deformierter und verdrehter Beifahrersitz.

Insassenbelastungen

Der Gurtschlossstraffer auf der Fahrerseite wurde ausgelöst, hat aber nicht gewirkt. Die Gründe dafür sind nicht abschliessend benennbar. Da der Gurtschlossstraffer beim Ausbau des Fahrersitzes für die Analyse nach dem Versuch auslöste, liegt die Vermutung nahe, dass sich die Drahtseile des Gurtschlossstraffers wegen der massiven Deformationen verklebmt haben. Dagegen spricht, dass zum Zeitpunkt der Auslösung bei Anprallbeginn die Deformationen noch nicht erheblich waren. Der Gurtschlossstraffer auf der Beifahrerseite war bereits vor dem Versuch ausgelöst. Der Gurtkraftverlauf zeigt eine späte Kopplung der Insassen an die Fahrzeugverzögerung. Dadurch ergeben sich beachtliche Vorverlagerungen beider Dummies. Mit Hilfe der Filmanalyse der Versuche vor 12 Jahren, kann eine grössere Vorverlagerung nachgewiesen werden. Die Konsequenz daraus ist, dass der Fahrer einen härteren Kontakt mit Lenkrad und Airbag erfährt und der HIC höher liegt als vor 12 Jahren. Die Kopfbeschleunigungen haben einen ähnlichen Verlauf. Beim aktuellen Versuch mit dem Tipo werden die biomechanischen Grenzwerte teilweise überschritten. Dies trifft für das Halsmoment zu, welches im HIC keinen Niederschlag findet. Am Fahrerdummy wurde ein Nickmoment (M_y) von 85.9 Nm gemessen, welches über dem biomechanischen Grenzwert von 57 Nm liegt. Der Beifahrer schlägt mit dem Kopf hart auf dem Armaturenbrett auf. Die Kopfbeschleunigungen und der HIC fallen hier 50 % höher aus als im Neuzustand. Die Kopfbeschleunigung liegt mit 102 g über dem biomechanischen Grenzwert. Die massiven Deformationen am Fahrersitz und der Sitzverankerungen verursachen einen heftigen Knieanprall des Fahrerdummys. An der Beifahrerseite ist die Sitzverformung und dessen Verschieben nach vorne noch ausgeprägter, weshalb der Beifahrerdummy mit den Knien ebenfalls heftig am Armaturenbrett anprallt.





Nicht eingezogener Gurtschlossstraffer.



Abb. 41 Gurtschlosspeitsche nach dem Versuch.

Abb. 42 Dummyposition nach dem Versuch.

Airbag

Bei 49 ms bricht der Airbag im Tipo die Sollbruchstelle auf, 15 ms später als beim Test vor 12 Jahren. Der Airbag hat weniger Zeit, sich voll zu entfalten und ist beim Auftreffen des Dummykopfes noch nicht voll aufgeblasen. Der Aufblasvorgang an sich geht aber genau so schnell vonstatten wie beim Versuch vor 12 Jahren. Die geringe Eindringtiefe des Kopfes weist auf einen bereits im Neuzustand schlecht abgestimmten Airbag. Der Luftsack hat nur eine einzige kleine Öffnung für den Austritt der Airbagfüllung, was hohe Drücke im Airbag und eine gewisse Elastizität ermöglicht.



Abb. 43 Zeitpunkt des Aufreissens des Lenkraddeckels.



Abb. 44 Zeitpunkt der Berührung von Kinn auf Airbag.



Abb. 45 Zeitpunkt der 3 ms-Spitzenbeschleunigung.



Abb. 46 Zeitpunkt der maximalen Eindringtiefe.

Bei 63 ms trifft das Kinn des Fahrerdummy auf den noch nicht vollständig aufgeblasenen Airbag auf. Bei 89 ms wird am Kopf die 3 ms-Spitzenbeschleunigung gemessen. Bereits 8 ms später ist die grösste Eindringtiefe erreicht. Die Bilder (Abb. 45 & 46) zeigen die sehr grosse Vorverlagerung des gesamten Fahrerdummy. Der Fahrerkopf wird durch die Lenkradeindringung nach hinten gedrückt.

6.5 Toyota Corolla 1.6Si Plus

Fahrzeugzustand

Dem Corolla sind die 10 Jahre Betriebsdauer und seine fast 230'000 km anzumerken. Die Rückenlehnen zeigen Spiel und die Sitze fühlen sich weich an und sind durchgesehen. Die Sicherheitsgurte weisen Gebrauchsspuren auf. Die Oberfläche ist ein wenig aufgeraut und der Aufrollmechanismus ist schwach.

Das Fahrzeug verfügt über einen mechanisch ausgelösten Fahrerairbag und ein Gurtsystem ohne Gurtstraffer und ohne Gurtklemmer.

Feststellungen nach dem Versuch

Karosserie

Die Fahrzeugstruktur zeigt erhebliche Deformationen. Der Dachholm knickt und reisst ein. Die Fahrertüre muss grosse Kräfte ableiten, wodurch sich das äussere Türblatt nach aussen wellt. Der Türschlossmechanismus lässt sich dadurch nur noch von innen betätigen und die Tür lässt sich nur unter erhöhtem Kraftaufwand jedoch ohne zusätzliche Hilfsmittel öffnen. Der Sitz lässt sich nach dem Crash noch verschieben und die Fussraumintrusionen und die Pedalverschiebung haben ein mittleres Niveau. Deutlich stärker ausgeprägt ist hingegen die Verringerung des Überlebensraumes auf Brusthöhe. Das Lenkrad und das Armaturenbrett werden markant nach innen gedrückt. Die Lenksäule wird dabei aus ihren Verankerungen gerissen.



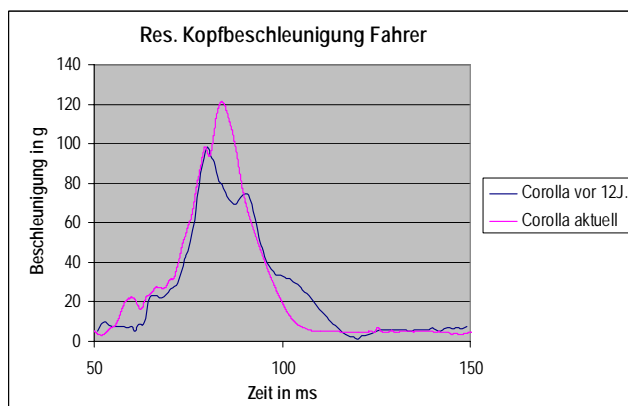
Abb. 47 Seitenansicht des Corollas nach dem Versuch.



Abb. 48 Fussraum nach dem Versuch

Insassenbelastungen

Das Schutzkonzept, bestehend aus Sicherheitsgurten, Sitze, Airbag und Karosseriestruktur, wurde bereits durch den Crashtest vor 12 Jahren an seine Grenzen belastet. Im Kopfbereich sind die Belastungen für Fahrer und Beifahrer durch die gealterten und abgenutzten Sicherheitskomponenten höher ausgefallen. Die Sicherheitsgurte zeigen keinen gleichmässigen Kraftaufbau. Daraus kann eine weitere zusätzliche, leicht vergrösserte Vorverlagerung erklärt werden. Dies führt in Kombination mit dem Eindringen des Lenkrades zu höheren Kopfbeschleunigungen und zu einem höheren HIC für den Fahrer. Ebenso trifft der Fahrerdummy mit der Brust hart auf das Lenkrad auf und biegt dieses nach vorne.



Die Brust- und Beckenbelastungen liegen in der gleichen Grössenordnung wie vor 12 Jahren. Der Fahrer schlägt mit dem rechten Knie wie auf dem Zündschloss auf. Der gleiche Sachverhalt der Sicherheitsgurte kann auch auf der Beifahrerseite festgestellt werden. Die schwache Rückhaltung der Gurte lassen eine zu grosse Vorverlagerung des Beifahrers zu, wodurch er mit dem Kopf hart auf dem Armaturenbrett aufschlägt. Die Kopfbeschleunigungen sowie der HIC fallen für den Beifahrer höher aus, die Brust- und Beckenbelastungen liegen in der gleichen Grössenordnung, wie vor 12 Jahren.



Abb. 49 Dummyposition nach dem Versuch



Abb. 50 Dummabrust biegt Lenkrad nach vorne gebogen.



Abb. 51 Knieanprallpunkt des Beifahrers.



Abb. 52 Zerstörte Verschaltung des Zündschloss.

Airbag

Die nicht optimale Airbag-Abstimmung wurde bereits vor 12 Jahren erkannt. Die Auslösezeit, das heisst das Aufreissen der Sollbruchstelle am Lenkrad lag beim aktuellen Versuch mit 55 ms nach Anprall auf der Barriere verhältnismässig spät, aber nur unwesentlich später als vor 12 Jahren. Der Airbag wurde nicht genügend schnell aufgeblasen, so dass der Fahrerkopf durch den Airbag hindurch auf der Lenksäule aufgeschlagen hat. Aus der Filmanalyse lässt sich keine Verschlechterung des Aufblasvorganges erkennen.



Abb. 53 Zeitpunkt des Aufreissens des Lenkraddeckels.



Abb. 54 Zeitpunkt der Berührung von Kinn auf Airbag.



Abb. 55 Zeitpunkt der 3 ms-Spitzenbeschleunigung.

Abb. 56 Zeitpunkt der maximalen Eindringtiefe.

Bei 60 ms berührt das Kinn des Fahrerdummy den Airbag. Der Airbag befindet sich zu dieser Zeitpunkt noch im Entfaltungs- und Aufblasvorgang. Bei 84 ms wird am Kopf die 3s-Spitzenbeschleunigung gemessen. Bereits 8 ms später ist die maximale Eindringtiefe erreicht, welche gegenüber der Position bei 84 ms nicht mehr wesentlich grösser ist.

Durch das verhältnismässig schwache Sicherheitsgurtsystem erfährt der Oberkörper eine grosse Vorverlagerung. Der Fahrerdummy hat mit Kopf, Brust und Knien Kontakt zu Fahrzeugteilen.

6.6 Honda Civic VEi

Fahrzeugzustand

Der 11-jährige Civic weist eine Kilometerleistung von 150'000 km auf. Er zeigt Gebrauchsspuren an den Sitzen und an den Gurten. Die Sitze fühlten sich leicht unförmig und weich an. Die Sicherheitsgurte weisen an Reibstellen eine aufgeraute Oberfläche auf.

Der Civic ist mit einem Fahrerairbag ausgerüstet. Das Airbagsteuergerät ist im Lenkrad unterhalb des Gasgenerators im Airbagmodul eingebaut. Das Gurtsystem weist fahrer- und beifahrerseitig weder Gurtklemmer noch Gurtstraffer auf.

Feststellungen nach dem Versuch

Karosserie

Nach dem mangelhaften Abschneiden des Civics vor 12 Jahren hat Honda die Fahrzeugstruktur überarbeitet. Der untersuchte Civic verfügte über eine steifere Karosserie, als der Proband vor 12 Jahren. Der Versuch zeigt deutlich, dass die Modifikationen erfolgreich waren. Die Fahrzeugdeformationen konnten in gewissen Bereichen um fast die Hälfte reduziert werden. Der Überlebensraum für den Fahrerdummy ist im Vergleich zu den anderen Fahrzeugen trotzdem geringer. Die steifere Karosserie lässt sich auch optisch anhand der Filmanalysen nachweisen.

Die Karosserie weist nach wie vor erhebliche Deformationen auf. Der Dachholm knickt auf und die Fahrertür wird auseinandergedrückt. Die Lenksäule und das Armaturenbrett werden nach innen gedrückt und verkleinern den Überlebensraum des Fahrers. Die Lenksäule wird dabei aus ihrer Verankerung gerissen. Im Fussbereich sind starke Intrusionen vorhanden, die Pedalverschiebung liegt jedoch auf mittlerem Niveau. Mit 150 mm Verkürzung des Abstandes von A- zu B-Säule wurde beim Civic die grösste Fahrgastzellendeformation gemessen. Der Schlossmechanismus lässt sich nur noch von innen betätigen. Trotz der stark ausgeprägten Deformation lässt sich die Türe mit einem Ruck von Hand öffnen.



Abb. 57 Seitenansicht des Civics nach dem Versuch.



Abb. 58 Fussraum nach dem Versuch.



Abb. 59 Fahrzeugdeformation während des Versuchs vor 12 Jahren.



Abb. 60 Fahrzeugdeformation während des aktuellen Versuchs.

Insassenbelastungen

Der Verlauf des Kraftaufbaus der Sicherheitsgurte liegt im Vergleich zu den anderen Probanden im Mittelfeld. Die Filmanalyse zeigt, dass die Vorverlagerung des Oberkörpers durch die gute Wirkung des Rückhaltesystems nicht sehr stark ausgeprägt ist. Der Oberkörper des Fahrerdummy schlägt auf dem eingedrückten Lenkrad auf. Damit werden wie beim ursprünglichen Versuch vor 12 Jahren die biomechanischen Grenzwerte erreicht. Die Kopfbeschleunigungen, der HIC und die Brustbeschleunigungen fallen für den Fahrerdummy deutlich kleiner aus als noch vor 12 Jahren. Die steifere Karosserie auf der Beifahrerseite führte zu geringfügig erhöhten Insassenbelastungen. Das Fahrzeug erhält beim Anprall früher eine Rotation nach rechts, wodurch der Beifahrer mit dem Kopf auf den harten Kunststoffabdeckungen der Bedienelemente in der Mitte des Armaturenbrettes aufschlägt. Daraus ergibt sich ein leicht höherer HIC für den Beifahrerdummy.

Für die unteren Extremitäten ist mit einem mittleren Verletzungsrisiko zu rechnen. Die Beckenbeschleunigungen sind nicht sehr hoch, wobei heftige Knieanpralle festgestellt wurden, der fahrerseitig sogar am etwas tief liegenden Zündschloss erfolgte.

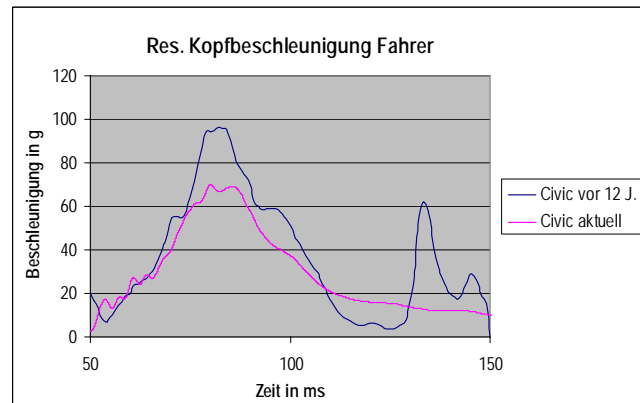


Abb. 61 Dummyposition nach dem Versuch.



Abb. 62 Anprallstelle des Beifahrerdummykopfes.

Airbag

Die Sollbruchstelle am Lenkrad reisst bei 26 ms nahezu zeitgleich auf, wie beim Versuch vor 12 Jahren. Die Filmanalyse zeigt, dass der Entfaltungsvorgang und das vollständige Aufblasen des Airbags genau gleich viel Zeit beanspruchen, wie beim Erstversuch vor 12 Jahren.



Abb. 63 Zeitpunkt des Aufreisens des Lenkraddeckels.



Abb. 64 Zeitpunkt der Berührung von Kinn auf Airbag.



Abb. 65 Zeitpunkt der 3 ms-Spitzenbeschleunigung.



Abb. 66 Zeitpunkt der maximalen Eindringtiefe.

Bei 57 ms trifft das Kinn des Fahrerdummy auf den aufgeblasenen Airbag. Bei 85 ms wird am Kopf der 3 ms-Spitzenwert gemessen. Bereits 10 ms später, bei 95 ms, hat der Kopf die maximale Eindringtiefe erreicht.

7 Auswertung & Interpretationen

7.1 Veränderung der Insassenbelastungen

Die Frage, ob und wie sich der Insassenschutz im Verlaufe der Jahre durch Alterung und Abnutzung verändert hat, lässt sich mit dem Vergleich der aktuellen Insassenbelastungen zu den Belastungen vor 12 Jahren beantworten. Für die Beurteilung der Insassenbelastungen werden lediglich die Dummymesswerte fahrerseitig betrachtet, da die Fahrzeugausstattung zweier Fahrzeuge bezüglich Beifahrerairbag nicht mit dem Testfahrzeug vor 12 Jahren übereinstimmte. Als identisch und damit mit 0 wird Insassenbelastung beurteilt, wenn die Messwerte innerhalb einer Streuung von $\pm 10\%$ liegen. Bei grösseren oder kleineren Abweichungen wird der entsprechende Wert -1 respektive 1 vergeben. Die Beurteilungen sind in den grau hinterlegten Feldern der untenstehenden Tabelle ersichtlich. Diese Beurteilungen werden gewichtet. Massgebend für die Beurteilung des Rückhaltesystems mit Airbag ist die Kopfbelastung (3). Die Wirkung des Airbags ist im Beckenbereich am geringsten (1). Die gewichteten Werte werden gemittelt und mit zwei multipliziert. Dadurch wird eine Beurteilung des fahrerseitigen Insassenschutzes von deutlich schlechter ($-$) bis deutlich besser ($++$) ermöglicht. Die Gesamtbeurteilung für jedes Fahrzeug wird anschliessend durch Rundung in das Schema $++$ bis $-$ gebracht.

Veränderung Insassenschutz fahrerseitig	Gewichtung	VW Golf		Opel Astra		Ford Escort		Fiat Tipo		Toyota Corolla		Honda Civic	
		1	3	0	0	1	3	-0.5	-1.5	-1	-3	1	3
Res. Verzögerung Kopf und Kopfverletzungskriterien (HIC)	3	1	3	0	0	1	3	-0.5	-1.5	-1	-3	1	3
Res. Verzögerung Brust	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2
Res. Verzögerung Becken	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
Summe			3		3		3		-2.5		-2		6
Summe / 3			1.0		1.0		1.0		-0.8		-0.7		2.0
Gesamtbeurteilung			+		+		+		-		-		++

7.2 Veränderung des Schutzpotentials der Fahrzeugstruktur

Die Beurteilung der Veränderung des Schutzpotentials der Fahrzeugstrukturen basiert einerseits auf der Funktionsprüfung der Rückhaltesysteme (Airbag, Gurte, Gurtstraffer etc.) sowie der gemessenen Fahrzeugdeformationen und der Türöffnungskräfte. Die Beurteilung erfolgt analog derjenigen für die Insassenbelastung ($\pm 10\% \rightarrow 0$) der Deformationen und der Türöffnungskräfte. Die zusätzlichen Kriterien für die Rückhaltesysteme werden wie folgt beurteilt. Eine Auslösezeit im Bereich von ± 5 ms des Airbags wird mit 0 beurteilt, darüber mit -1 . Die Funktion von Gurt und Gurtstraffer werden mit 0 beurteilt; -1 erfolgt wenn eine Komponente ausfiel. Die Beurteilungen sind in den grau hinterlegten Felder der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

Veränderung Fahrzeug und -Struktur

	Gewichtung	VW Golf	Opel Astra	Ford Escort	Fiat Tipo	Toyota Corolla	Honda Civic
Gurt und Gurtstraffer	3	-1	-3	0	0	0	0
Auslösezeit Airbag	2	0	0	0	0	0	0
Armaturenbrettverschiebung total	1	1	1	0	0	-1	-1
Pedalverschiebung total	1	-1	-1	0	0	1	1
Radstandsveränderung links	1	1	1	-1	-1	0	0
Veränderung Abstand A/B-Säule links	1	-1	-1	1	1	-1	-1
Türöffnungskraft links	1	1	1	1	1	0	0
Summe			-2	1	-1	-3	-2
Summe / 2.5			-0.8	0.4	-0.4	-1.2	-0.8
Gesamtbeurteilung			-	0	0	-	-
							++

7.3 Zusammenfassung der Gesamtbeurteilungen

Die Gesamtbeurteilung ist in der untenstehenden Tabelle zusammengefasst und mit einem Fazit ergänzt. Zudem wird jedes Fahrzeug mit einer absoluten Bewertung des fahrerseitigen Schutzpotenzials komplettiert.

Bewertungen	VW Golf III 2.0 GTI	Opel Astra F 1.4i	Ford Escort 1.6i 16V	Fiat Tipo 2.0 16V	Toyota Corolla 1.6Si Plus	Honda Civic VEi
Veränderung Fahrzeug und -Struktur	-	0	0	-	-	++
	Unter den Crashbelastungen brach beifahrerseitig die Kunststoff-Abdeckung der Schultergurtführung, wodurch der Beifahrergurt abgetrennt wurde. Dies belastet das Bild des ansich steifen und sicheren Golfs.	Der Astra verfügt noch immer über ein gutes Sicherheitspotential.	Die Insassen im Escort bleiben nach wie vor geschützt.	Der Airbag wurde deutlich später gezündet und der fahrerseitige Gurtstraffer entfaltete seine Wirkung nicht. Die Sitze und deren Verankerungspunkte waren der Belastung teilweise nicht mehr gewachsen.	Die Fahrzeugstruktur und das Rückhaltesystem im Corolla zeigten schlechtere Werte als es aufgrund der Alterung zu erwarten war.	Dank steiferer Struktur erreicht der Civic deutlich bessere Werte als vor 12 Jahren. Er befindet sich nun im Mittelfeld.
Veränderung Insassenschutz fahrerseitig	+	+	+	-	-	++
	Die Belastungen des Fahrers fallen sehr klein aus.	Die Belastungen haben sich über die 12 Jahre nicht verändert.	Durch das gute Sicherheitsgurt-System erfährt der Fahrer noch immer kleine Belastungen.	Die Belastungen sind durch die schwache Sitz-Gurt-Kombination und die schlechte Wirkung des Airbags sowie des fahrerseitigen Gurtschlossstraffers grösser geworden.	Die erhöhten Belastungen sind auf die Alterung des gesamten Fahrzeuges zurückzuführen.	Die Werte sind deutlich besser.
Schutzpotenzial fahrerseitig	Biomechanische Grenzwerte für Kopf-, Brust- und Becken-Beschleunigungen werden gut eingehalten.	Biomechanische Grenzwerte für Kopf-, Brust- und Becken-Beschleunigungen werden gut eingehalten.	Biomechanische Grenzwerte für Kopf-, Brust- und Becken-Beschleunigungen werden gut eingehalten.	Biomechanische Grenzwerte für Kopf-Beschleunigungen werden überschritten, Brust- und Becken-Beschleunigungen werden knapp eingehalten.	Biomechanische Grenzwerte für Kopf-Beschleunigungen werden überschritten, Brust- und Becken-Beschleunigungen werden knapp eingehalten.	Biomechanische Grenzwerte für Kopf-, Brust- und Becken-Beschleunigungen werden teilweise gut eingehalten. Die Werte lagen in der Grössenordnung der besten Mitkonkurrenten.

Legende:

- ++ : Die Werte sind deutlich besser als vor 12 Jahren.
- + : Die Werte sind gleich oder leicht besser als vor 12 Jahren.
- 0 : Die Werte sind im Rahmen der Alterung schlechter als vor 12 Jahren.
- : Die Werte sind schlechter als vor 12 Jahren oder Komponenten haben teilweise versagt.
- : Die Werte sind deutlich schlechter als vor 12 Jahren, Komponenten haben versagt.