

# Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Fahrzeugtechnik Heft F 50

**bast**

# Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme

von

Christian Gehre  
Simon Kramer  
Volker Schindler

ILS - Kraftfahrzeuge  
Technische Universität Berlin

in Zusammenarbeit mit dem ADAC  
und dem Institut für Fahrzeugsicherheit des GDV

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 50

**bast**

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

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

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

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

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

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

## **Impressum**

**Bericht zum Forschungsprojekt 82.176/2000:**  
Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme

### **Projektbetreuung**

Roland Schäfer  
Britta Schnottale  
Bernd Lorenz

### **Herausgeber**

Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 - 0  
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

### **Redaktion**

Referat Öffentlichkeitsarbeit

### **Druck und Verlag**

Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven  
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0  
Telefax: (04 71) 9 45 44 77  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

ISSN 0943-9307

ISBN 3-86509-157-1

Bergisch Gladbach, September 2004

## Kurzfassung – Abstract

### Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme

Neben den Airbags für den Frontalaufprall haben sich auch Seitenairbags in allen Fahrzeugklassen etabliert. Diese sind für viele Fahrzeugmodelle auch auf den äußeren Fondsitzen, dem typischen Sitzplatz für Kinder im Auto, erhältlich. Seitenairbags können das Verletzungsrisiko für erwachsene Pkw-Insassen in einem Seitenaufprall reduzieren. Doch der Einfluss dieser Airbagsysteme auf Kinder, die mit Kinderrückhaltesystemen im Fahrzeug gesichert sind, war bislang weitgehend unbekannt. In dieser Studie wurden die Wechselwirkungen zwischen Seitenairbags und gesicherten Kindern experimentell untersucht.

Zunächst wurden die Unfalldatenbanken der Medizinischen Hochschule Hannover und des GDV abgerufen. Dort waren jedoch keine Fälle registriert, bei denen ein Seitenairbag auf einem Sitzplatz mit installiertem Kinderrückhaltesystem ausgelöst wurde. Da nicht auf Unfalldaten zurückgegriffen werden konnte, wurde zunächst versucht, die Häufigkeit von Seitenairbagsystemen im deutschen Straßenverkehr so exakt wie möglich zu quantifizieren. Dabei sollten auch die konzeptionellen Unterschiede der Airbagsysteme berücksichtigt werden. Darüber hinaus wurden die möglichen Sitzpositionen von Kinderdummys in gebräuchlichen Kinderrückhaltesystemen untersucht. Ziel war es, Aufschluss über möglicherweise gefährliche Sitzpositionen zu erlangen.

Basierend auf diesen Untersuchungen wurden fünf Konfigurationen für die experimentellen Untersuchungen festgelegt. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf so genannten Risiko-OoP-Situationen, bei denen sich das richtig gesicherte Kind im Rahmen seiner Bewegungsmöglichkeiten innerhalb des Sitzes dem Airbagmodul nähert. Aufgrund der in Deutschland herrschenden Pflicht, Kinder entsprechend ihrem Alter im Fahrzeug zu sichern, blieben die in den entsprechenden Richtlinien (ISO, 1999; LUND, 2000) definierten OoP-Konfigurationen unberücksichtigt. Auch gefährliche Misuse-Situationen, in denen das Kind aufgrund falsch installierter Rückhaltesysteme in den direkten Entfaltungsbereich des Seitenairbags gelangen kann, wurden nicht betrachtet. Da diese Sitzpositionen generell das Verletzungsrisiko für Kinder in einem

Unfall erhöhen können, wurde sich in dieser Studie auf den Normalfall, das korrekt gesicherte Kind, konzentriert. Letztendlich sind fünf Fahrzeuge für die experimentellen Untersuchungen ausgewählt worden. Diese wurden in Stand- und Full-scale-Versuchen mit verschiedenen Dummys der Hybrid-III-Serie und Kinderrückhaltesystemen getestet.

Ausgehend von den Resultaten der Airbagstandversuche wurden in den Full-scale-Versuchen die Systeme mit dem vermeintlich geringsten Schutzz Potenzial sowie der am meisten gefährdete Kinderdummy mit verschiedenen Seitenairbags kombiniert. Von jedem Fahrzeugmodell wurden zwei Fahrzeuge des gleichen Baujahres sowie mit gleicher Ausstattung beschafft. Jeweils ein Fahrzeug wurde mit Seitenairbag und das andere ohne Seitenairbag getestet. So konnten positive oder negative Effekte des Airbags im Seitenaufprall überprüft werden. Zur Beurteilung der Messwerte wurden die Belastungsgrenzen und Schutzkriterien der „Side Airbag Out-of-Position Injury Technical Working Group“ (LUND, 2000) verwendet.

Die in den Standversuchen ermittelten Dummybelastungen blieben zum Teil deutlich unter den Limits. In den Full-scale-Versuchen konnte der Seitenairbag die Kopf- und Brustkorbbelastungen teilweise reduzieren. Jedoch führt der Seitenairbag zu einer starken Drehung des Dummykopfes um die z-Achse. Der Grenzwert von 17 Nm wurde jeweils überschritten.

Die durchgeführten Analysen und Versuche lassen den Schluss zu, dass Seitenairbags gesicherte kindliche Insassen nicht außerordentlich gefährden. In bestimmten Situationen bieten sie dem Kind zusätzlichen Schutz. Dennoch ist ein Airbag kein harmloses System. Treffen ungünstige Randbedingungen zusammen, so kann der Seitenairbag das Verletzungsrisiko auch für gesicherte Kinder erhöhen. Als besonders sensibel erwies sich der Hals der Dummys. Hier kann ein ungünstiges Airbagdesign zu erhöhten Belastungen führen.

Der Originalbericht enthält als Anlagen den verwendeten Fragebogen zu den Entwicklungstendenzen bei Seitenairbags (Anlage A) und die Ergebnisse der Geometrieuntersuchungen (Anlage B). Auf die Wiedergabe dieser Anlagen wurde in der vorliegenden Veröffentlichung verzichtet. Sie liegen

bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vor und sind dort einsehbar. Verweise auf die Anlagen im Berichtstext wurden beibehalten.

### **Side airbags and child restraint systems**

In addition to airbags for head-on collisions, side airbags have now also become established in all vehicle categories. Side airbags are also available in many models for the rear seats as well, which are the seats typically used by children. Side airbags can reduce the risk of injury to adult car occupants in a side collision. But it was not hitherto known what influence these airbags had on children secured in the vehicle with a child restraint system. This study investigates the interaction between side airbags and secured children.

Firstly, the accident databases at the Medical University of Hanover and at the GDV were analysed. However, there were no registered cases of a side airbag being released next to a seat with an installed child restraint system. As it was not possible to use accident data, an attempt was made to quantify the frequency of side airbag systems in German road traffic as exactly as possible. The differences in airbag designs were also to be taken into account. An investigation was also made into the possible sitting positions of child dummies in common child restraint systems. The aim was to obtain information on possibly dangerous sitting positions.

Using these investigations as a basis, a decision was made to use five different test configurations. Attention was focused on the so-called risk-OoP situations in which the correctly secured child's range of movement in the seat brings it into the vicinity of the airbag module. On account of the obligation in Germany to secure children differently according to their age, the relevant regulations did not take into account OoP situations (ISO, 1999; LUND, 2000). The regulations also did not consider situations of dangerous misuse where the child, due to an incorrectly installed restraint system, can come within the side airbag's inflation zone. As, generally speaking, such sitting positions can increase the risk of injury to children in accidents, this study concentrated on the normal case, where the child is correctly secured. Five vehicles were chosen for the investigations. They were subjected to creep tests and full-scale tests with different dummies from the Hybrid III series and with different child restraint systems.

The results of the airbag creep tests were used as a basis to decide which of the systems provided the least protection and which of the child dummies were at the greatest risk; these were then used in the full-scale tests in combination with different side airbags. Two of each of the selected vehicle models were procured; in each case the models had the same features and were made in the same year. One of each of the models was tested with a side airbag and one without. This made it possible to test positive and negative effects produced by airbags in side collisions. The load limits and protection criteria drawn up by the "Side Airbag Out-of-Position Injury Technical Working Group" (LUND, 2000) were used to evaluate the readings.

Some of the dummy loads determined in the creep tests were significantly lower than the limit values. In the full-scale tests, the side airbag reduced head and ribcage loads in some cases. However, the side airbag causes considerable rotation of the dummy head around the z axis. The limit value of 17 Nm was exceeded in every case.

The analyses and tests conducted suggest that side airbags do not greatly endanger secured child occupants. In certain situations they offer the child additional protection. However, an airbag is not a harmless system. If several unfavourable factors are present the side airbag may increase the risk of injury, even for secured children. The dummy's neck proved to be particularly susceptible. An unfavourable airbag design may lead to increased loads.

Appendices to the original report contain the questionnaires used to survey the development trends in side airbags (appendix A) and the results of the geometric investigations (appendix B). These appendices have been omitted from the present publication. They can be consulted at the Federal Highway Research Institute. References to the appendices have been retained in the report text.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Literaturrecherche</b> .....	7	3.4.11 Peugeot .....	22
1.1	Seitenairbags – Stand der Technik .....	7	3.4.12 Porsche .....	22
1.1.1	Türintegrierte Systeme .....	7	3.4.13 Renault .....	22
1.1.2	Sitzintegrierte Systeme .....	8	3.4.14 Saab .....	23
1.1.3	Dach- und Säulenintegrierte Systeme .....	8	3.4.15 Skoda .....	23
1.2	Seitenairbags und Erwachsene .....	9	3.4.16 Toyota .....	23
1.3	Seitenairbags und Kinder .....	10	3.4.17 Volvo .....	23
1.3.1	Gesicherte Kinder .....	11	3.4.18 Volkswagen .....	23
1.3.2	Ungesicherte Kinder .....	11		
1.4	Beifahrerairbags und Kinder .....	12	<b>4</b>	<b>Analyse relevanter Sitzpositionen von Kindern in Pkw</b> .....
1.4.1	Gesicherte Kinder .....	12	4.1	Klassifizierung von Kinderrückhaltesystemen .....
1.4.2	Ungesicherte Kinder .....	12	4.2	Analyse des Marktes von Kinderrückhaltesystemen .....
<b>2</b>	<b>Analyse des Unfallgeschehens</b> .....	12	4.3	Geometrie gebräuchlicher Kinderrückhaltesysteme .....
2.1	Unfalldaten aus der Literatur .....	13	4.4	Sitzpositionen von Kindern in Kinderrückhaltesystemen .....
2.2	Unfalldaten aus Deutschland .....	13	<b>5</b>	<b>Definition von OoP-Situationen</b> .....
2.3	Unfalldaten aus dem deutschsprachigen Ausland .....	13	5.1	Definition von Risiko-OoP-Situationen .....
2.4	Häufigkeit von Unfällen mit Seitenairbags und Kinderrückhaltesystemen .....	13	5.1.1	Rückwärts gerichtete Sitzschale .....
<b>3</b>	<b>Marktanalyse von Seitenairbags</b> .....	14	5.1.2	Vorwärts gerichtete Sitzschale .....
3.1	Verbreitung von Seitenairbagsystemen in Pkw .....	15	5.1.3	Sitzerhöhung mit Lehne .....
3.2	Geometrie von Seitenairbags .....	17	5.1.4	Sitzerhöhung ohne Lehne .....
3.3	Entwicklungstendenzen bei Seitenairbagsystemen .....	19	5.2	Definition der Versuchskonfigurationen .....
3.3.1	Audi .....	19	5.2.1	Windowbags .....
3.3.2	Mercedes-Benz .....	19	5.2.2	Rückwärts gerichtete Sitzschalen .....
3.3.3	Mitsubishi .....	20	5.2.3	Vorwärts gerichtete Sitzschalen .....
3.3.4	Subaru .....	20	5.2.4	Sitzerhöhung mit Lehne .....
3.4	Bedienungsanleitungen von Pkw .....	20	5.2.5	Sitzerhöhung ohne Lehne .....
3.4.1	Audi .....	20	5.3	Versuchskonfigurationen .....
3.4.2	BMW .....	21	<b>6</b>	<b>Experimentelle Analyse</b> .....
3.4.3	Fiat .....	21	6.1	Konzeption eines Prüfstandes für einen generischen Innenraum .....
3.4.4	Ford .....	21	6.2	Auswahl und Instrumentierung der Dummies .....
3.4.5	Honda .....	21	6.3	Standversuche .....
3.4.6	Lancia .....	21	6.3.1	Konfiguration 1 .....
3.4.7	MCC Smart .....	21	6.3.2	Konfiguration 2 .....
3.4.8	Mercedes-Benz .....	22	6.3.3	Konfiguration 3 .....
3.4.9	Nissan .....	22		
3.4.10	Opel .....	22		

6.3.4	Konfiguration 4	35
6.3.5	Konfiguration 4b	36
6.3.6	Konfiguration 5	37
6.4	Full-scale-Versuche	38
6.4.1	Versuchsaufbau	39
6.4.2	Mitsubishi SpaceStar	39
6.4.3	Renault Twingo	43
6.5	Geräuschmessungen	45
<b>7</b>	<b>Kombination von Seitenairbags und Kinderrückhaltesystemen in Pkw</b>	<b>46</b>
7.1	SAB und KRS auf dem Beifahrersitz	46
7.2	SAB und KRS im Fond	47
7.3	SAB und KRS auf dem Beifahrersitz und im Fond	47
7.4	Separater Kopfairbag und KRS auf dem Beifahrersitz	48
7.5	Separater Kopfairbag und KRS im Fond	48
7.6	Head-Thorax-Bag und KRS auf dem Beifahrersitz	48
7.7	SAB und ISOFix-Verankerung auf dem Beifahrersitz	48
7.8	SAB und ISOFix-Verankerung im Fond	48
7.9	SAB und ISOFix-Verankerungen auf dem Beifahrersitz und im Fond	48
7.10	In der Werkstatt deaktivierbarer Seitenairbag auf dem Beifahrersitz	49
7.11	In der Werkstatt deaktivierbarer Seitenairbag im Fond	49
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>49</b>
8.1	Ergebnisse	49
8.1.1	Sitzerhöhungen	49
8.1.2	Rückwärts gerichtete Sitzschalen	50
8.1.3	Vorwärts gerichtete Sitzschalen	50
8.2	Anforderungen an Seitenairbags	51
8.2.1	Seitenairbags und Sitzerhöhungen	51
8.2.2	Seitenairbags und schalenartige Kindersitze	51
8.3	Anforderungen an Kinderrückhaltesysteme	52
8.4	Grenzen der Studie	52
<b>9</b>	<b>Literatur</b>	<b>52</b>

## Abkürzungen

°	Winkeleinheit
bar	Einheit für den Druck
dB	Einheit für den Schallpegel
g	Einheit für die Beschleunigung, 1 g = 9,81 m/s
HIC	Head Injury Criteria, Schutzkriterium für den Kopf
KRS	Kinderrückhaltesystem
kg	Masseneinheit
F <sub>C</sub>	Kompressionskraft am Hals
F <sub>T</sub>	Zugkraft am Hals
m/s	Einheit für die Geschwindigkeit
M <sub>E</sub>	Extensionsmoment am Hals
M <sub>F</sub>	Flexionsmoment am Hals
ms	Zeiteinheit
N <sub>ij</sub>	Schutzkriterium für den Hals
Nm	Einheit für das Drehmoment
N	Einheit für die Kraft
OoP	„Out of Position“, Insasse befindet sich nicht in der vorgesehenen Position zum Airbag
SAB	Seitenairbag

## 1 Literaturrecherche

Im Rahmen der Literaturrecherche wurde folgende Datenbanken durchsucht:

- TEMA Technik und Management des FIZ Technik e. V. mit über 900.000 Quellen
- DKFL Dokumentation Kraftfahrwesen e. V. mit über 140.000 Quellen
- VWWW der Volkswagen AG (ETZN-Fachinformation) mit über 150.000 Quellen

Zusätzlich sind die Konferenzberichte der STAPP Car Crash Conference, der Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV) sowie der IROCBI gesichtet worden, soweit sie nicht bereits in den Literaturdatenbanken enthalten waren.

Es zeigte sich, dass das Thema „Kinder und Seitenairbags“ erst seit Ende der neunziger Jahre in verschiedenen Veröffentlichungen diskutiert wird. Den in diesem Forschungsprojekt zu untersuchenden Wechselwirkungen zwischen Seitenairbags und Kindern in Kinderrückhaltesystemen ist in der Literatur bisher wenig Beachtung geschenkt worden.

### 1.1 Seitenairbags – Stand der Technik

Seitenairbags sind ein relativ neues Sicherheitssystem in modernen Personenkraftwagen. Mitte der neunziger Jahre wurden die ersten Fahrzeuge mit diesen Schutzsystemen ausgerüstet. Inzwischen sind in Deutschland mehr als 80 % aller angebotenen Fahrzeugmodelle serienmäßig oder optional mit Seitenairbags ausgestattet (Kapitel 3.1).

Im Gegensatz zu Frontairbags, die in der Regel im Lenkrad und im Armaturenbrett untergebracht sind, variieren die Einbauposition und damit auch die Bauform der Seitenairbags erheblich.

Allen Seitenairbagsystemen ist jedoch gemein, dass die Auslöseentscheidung innerhalb von ungefähr sieben Millisekunden erfolgen muss. Nach weiteren zehn bis 25 Millisekunden muss der Luftsack aufgeblasen sein, um dem Insassen noch ausreichend Schutz bieten zu können.

Im Vergleich zu Frontairbags ist das Luftsackvolumen von Seitenairbags relativ klein.

#### 1.1.1 Türintegrierte Systeme

Airbags, die in die Türinnenverkleidung integriert sind, werden u. a. bei Mercedes, Porsche und

BMW eingesetzt. Dabei handelt es sich in der Regel um Thorax-Bags mit einem Volumen von zirka 12 bis 15 Litern. Wie Bild 1-1 zeigt, reichen sie im vollständig aufgeblasenen Zustand bis auf Schulterhöhe. Wird die Fahrzeugflanke schräg von vorn getroffen, können türintegrierte Systeme dem Insassen aufgrund der Einbaulage noch Schutz bieten (KOMPASS, 1995).

Die Abdeckung des Luftsackes, die Bestandteil der Türinnenverkleidung ist, öffnet sich in den meisten Fällen in Richtung des Insassen.

Türintegrierte Thorax-Bags werden inzwischen auch im Fahrzeugfond eingesetzt.

Neben reinen Thorax-Bags werden auch Head-Thorax-Bags verwendet. Sie schützen im Seitenaufprall auch den Kopf und bieten sich deshalb für den Einsatz in Cabriolets an, bei denen der Einsatz eines Windowbags aus konstruktiven Gründen nicht möglich ist.

Head-Thorax-Bags haben ein Volumen von zirka 30 Litern und benötigen ungefähr 18 Millisekunden, bis sie vollständig gefüllt sind.

Bild 1-2 zeigt das POSIP-System (Porsche Side Impact Protection) der Firma Porsche. Der 30 Liter fassende Zweikammerluftsack wird von einem Hybridgasgenerator befüllt (HEINZ, 1998).

Sieben Millisekunden nach Beginn des Crashes wird der Airbag, der keine Ausströmöffnung besitzt, gezündet. Acht bis neun Millisekunden später ist er bereits bis auf Schulterhöhe aufgeblasen. Nach weiteren sieben bis neun Millisekunden hat er seine endgültige Position erreicht. Der Luftsack ist dabei so geformt, dass er in jeder Sitzstellung den Insassen ausreichend abdeckt.



**Bild 1-1:** Türintegrierte Thorax-Bags in Verbindung mit Windowbags (Spiegel online, 2001)



### 1.1.2 Sitzintegrierte Systeme

Einer der ersten Automobilhersteller, die einen Seitenairbag anboten, war Volvo. Bild 1-3 zeigt den Thorax-Bag, der in die Lehne des Sitzes integriert ist.



Bild 1-2: Head-Thorax-Bag der Firma Porsche (Porsche, 2001)

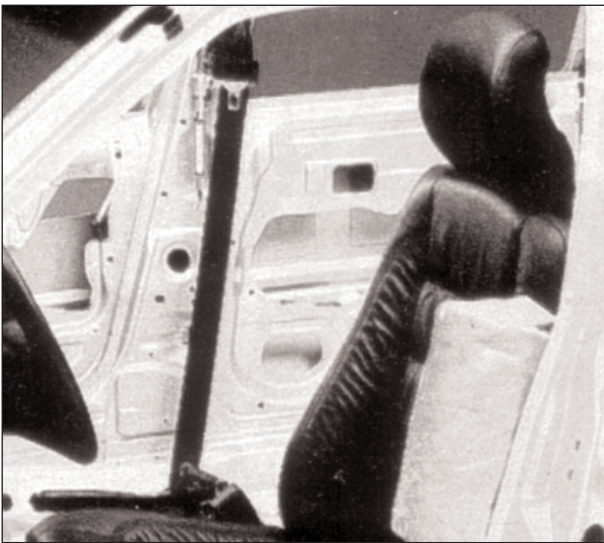


Bild 1-3: Seitenairbag der Firma Volvo (HACK, 1995)

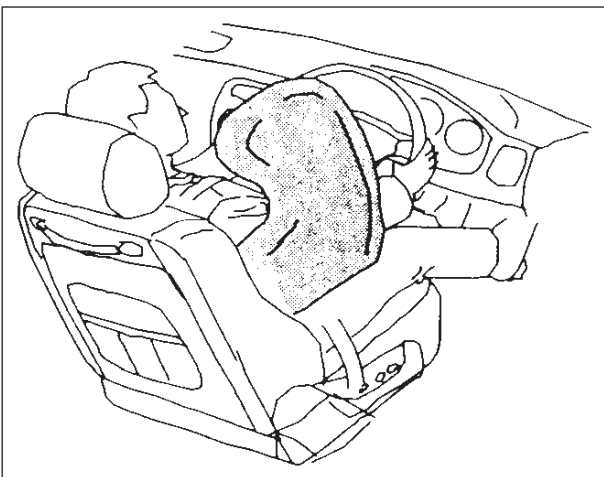


Bild 1-4: Sitzintegrierter Head-Thorax-Bag (IGARASHI, 1998)

Auch die relativ voluminösen Head-Thorax-Bags können in der Sitzlehne untergebracht werden (Bild 1-4). Der Luftsack schiebt sich nach der Auslösung zunächst nach vorn und entfaltet sich anschließend nach oben in seine endgültige Position.

Als dritte Bauform der sitzintegrierten Seitenairbags kommen auch Thorax-Pelvis-Bags, wie sie zum Beispiel die Firma Autoliv produziert, zum Einsatz. Der Luftsack wurde dabei nach unten verlängert, so dass er auch das Becken schützen kann.

Sitzintegrierte Airbags bieten den Vorteil, dass sich der Luftsack in jeder Sitzstellung immer in einer nahezu gleichen Position zum Insassen befindet. Das Luftsackvolumen kann gegenüber vergleichbaren türintegrierten Systemen um zirka 25 Prozent verringert werden (TSCHÄSCKE, 2000).

Bei den meisten Bauformen befindet sich an der Lehnenflanke eine Reißnaht, durch die sich der Luftsack drückt. Nur einige wenige Hersteller verwenden Airbags, bei denen sich der Bag über eine zur B-Säule hin öffnende Abdeckklappe entfaltet.

In beiden Fällen ist die Gefahr von Insassenverletzungen durch die Öffnung der Airbagabdeckung praktisch ausgeschlossen.

Die sitzintegrierten Systeme müssen in der Regel schneller aufgeblasen werden als Seitenairbags, die in der Tür montiert sind. Denn der Luftsack muss sich zwischen die eindringende Fahrzeugstruktur und den Insassen schieben, damit der Airbag seine Schutzwirkung entfalten kann. Oft sind damit höhere Gasgeneratorleistungen notwendig, die prinzipiell gefährlicher für den Insassen sein können, der eine ungünstige Sitzhaltung einnimmt. Im Gegensatz dazu befindet sich das türintegrierte System immer zwischen dem Insassen und der Tür.

### 1.1.3 Dach- und Säulenintegrierte Systeme

Die ersten Seitenairbags schützten in einer seitlichen Kollision zunächst nur Oberkörper und Becken der Insassen. Die Gefahr für schwere Kopfverletzungen aufgrund von Kontakten mit dem Kollisionsgegner blieb weiterhin bestehen.

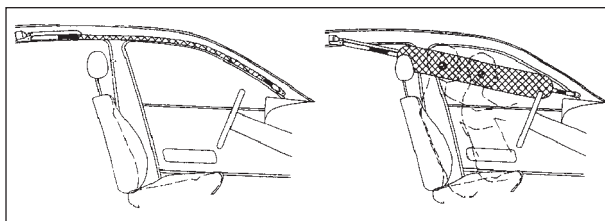
Neben den Head-Thorax-Bags wurden spezielle Systeme entwickelt, die nur den Kopf schützen sollen. Eines der ersten serienreifen Kopfschutzsysteme war die Inflatable Tubular Structure (ITS), die von BMW und Rover eingesetzt wird (Bild 1-5).

Die ITS ist ein schlauchartiger Luftsack aus einem gasdichten thermoplastischen Elastomer, der von einem Gewebe umgeben ist (GÜTLEIN, 1998). Der Airbag ist am oberen Ende der B-Säule und in der A-Säule auf Höhe der Fensterunterkante befestigt. Im Ruhezustand liegt der Schlauch in der A-Säule und dem vorderen Dachrahmen. Nach Zündung des Gasgenerators wird der Luftsack innerhalb von etwa 30 Millisekunden von einer Seite her gefüllt. Durch das Aufblasen verkürzt sich der Schlauch, wird aus seiner Ruheposition gedrückt und spannt sich diagonal über die vordere Seitenscheibe auf. Der mit Hilfe des hohen Innendrucks stabilisierte Luftsack behält über einen längeren Zeitraum seine Form.

Im aktuellen BMW Mini sowie neueren BMW-Fahrzeugen kommt eine Weiterentwicklung des ITS zum Einsatz (AMS, 2001a). Beim Advanced Head Protection System (AHPS) spannt sich der schlauchartige Luftsack zwischen A- und C-Säule auf. Er hängt dabei in einer schlaufenförmigen Gewebbahn, deren Enden am Dachrahmen befestigt sind. So wird die obere Hälfte der Seitenscheiben vom AHPS abgedeckt.

Die meisten Fahrzeughersteller setzen jedoch auf den Windowbag beziehungsweise Inflatable Curtain (IC), der speziell zum Schutz des Kopfes in lateralen Kollisionen eingesetzt wird (Bild 1-1).

Der IC spannt sich zwischen A- und C-Säule auf und ist im voll entfalteten Zustand zirka 70 Millimeter dick (ÖHLUND, 1998; BOHMAN, 1998). Im Falle eines Unfalls wird der Airbag vom Gasgenerator, der meistens in der C-Säule liegt, in Richtung A-Säule gefüllt. Alternativ werden auch Lanzen eingesetzt, die den Airbag über seine gesamten Länge gleichmäßig füllen. Das einströmende Gas drückt den gefalteten Luftsack aus dem Dachrahmen. Er spannt sich vor den Seitenscheiben auf. Das silikonbeschichtete Luftsackgewebe hält den mittleren Innendruck von zirka 1,5 bar über einen längeren Zeitraum, so dass das System dem Insassen auch nach dem Primärstoß noch Schutz bieten kann.



**Bild 1-5:** ITS-System im Ruhezustand und aktiviert (FOGRASCHER, 1998)

Der Airbag benötigt etwa 25 Millisekunden, um sich vollständig zu entfalten. Die vertikale Entfaltungsgeschwindigkeit beträgt zirka 50 km/h. (TSCHÄSCKE, 2000). Vierzig Millisekunden nach Airbagauslösung wird der maximale Luftsackinnendruck erreicht.

Die Auslöseentscheidung für den IC muss sehr früh erfolgen, da sich der Luftsack bei seitlichen Kollisionen in der Regel 30 Millisekunden nach Crashbeginn voll entfaltet neben dem Insassenkopf befinden muss.

## 1.2 Seitenairbags und Erwachsene

Aufgrund der relativ überschaubaren Anzahl an Veröffentlichungen zum Thema „Kinder und Seitenairbags“ wurde auch Literatur ausgewertet, die sich mit Verletzungen von Erwachsenen, verursacht durch Seitenairbags, auseinandersetzt. Hauptsächlich wird darin auf mögliche Gefahren des Airbags für Arm, Schulter und Hals der 5-%-Frau eingegangen.

DUMA (1999) beschreibt eine Versuchsreihe mit einem Small Female Dummy sowie mehreren Post-Mortal-Test-Objects (PMTO), mit dessen Hilfe das Gefährdungspotenzial eines sitzintegrierten Thorax-Bags für Kopf und Hals bei Variation des Gasgenerators abgeschätzt werden sollte. Die Versuchsobjekte lagen quer auf dem Sitz, der Kopf lag auf der Türlehne und somit direkt vor dem Seitenairbag. Diese extreme „Out of Position“-Situation (OoP) sollte in Deutschland aufgrund der Gurtpflicht ausgeschlossen sein.

An den PMTO wurden keine Verletzungen, hervorgerufen durch den Airbag, festgestellt. Auch die Dummybelastungen blieben unkritisch. Die am PMTO gemessenen Belastungen lagen deutlich unter den Messwerten am Dummy.

In einer weiteren Versuchsreihe untersuchte DUMA (1998a) die Interaktionen zwischen Seitenairbag und Arm einer 5-%-Frau. Es wurden wiederum PMTO sowie ein Small Female Dummy mit instrumentiertem Arm verwendet.

Die benutzten sitzintegrierten Thorax-Bags unterschieden sich in ihrer Gasgeneratorleistung.

Drei so genannte „Worst case“-Sitzpositionen sind untersucht worden. Dabei variierte der seitliche Abstand zwischen Insasse und Tür. Die Dummies be-

ziehungsweise PMTO saßen auf einem Pkw-Sitz und der Unterarm lag auf der Türlehne.

Die Versuchsauswertungen zeigen, dass der sitzintegrierte Thorax-Bag während des Entfaltungsvorganges den Arm nach vorn drückt. Schulter- und Ellenbogengelenk ermöglichen diese Bewegung, so dass sich das Verletzungsrisiko für die oberen Extremitäten dadurch möglicherweise reduziert. Auch die relativ kleine Kontaktfläche zwischen Luftsack und Arm führt eher zum Wegdrücken des Armes.

Trotz dieser prinzipiellen Vorteile wurden an einigen PMTO Brüche des Ellenbogengelenks festgestellt.

Der verwendete Dummy bildete Kontaktverletzungen, verursacht durch den Airbag, relativ gut ab. Das Schultergelenk des Dummys ist jedoch im Hinblick auf seine Bewegungsfreiheit zu ungenau.

DUMA (2001) wies ebenfalls nach, dass der Seitenairbag Armverletzungen hervorrufen kann, wenn sich der Insasse im Augenblick der Airbagauslösung am Türinnengriff festhält.

KALLIERIS (1997) untersuchte Verletzungsmechanismen für Schulter und Oberarm von Pkw-Insassen, die primär durch den Seitenairbag verursacht werden. Es wurden PMTO sowie ein am Arm modifizierter Hybrid-III-Dummy verwendet.

In dieser Studie kamen sitzintegrierte 15-Liter-Thorax-Bags und 28-Liter-Head-Thorax-Bags zum Einsatz.

An den PMTO wurden zum Teil deutlich höhere Belastungen, vor allem Biegemomente, gemessen als am Dummy. Dieses Phänomen ist auch auf die andere Kinematik des Dummys im Vergleich zum PMTO zurückzuführen. Der Airbag drückt den Dummy-Arm nach innen, während der PMTO-Arm nach oben geschoben wird.

Insgesamt blieb das Verletzungsrisiko, hervorgerufen durch die Luftsackentfaltung für Arme und Schulter, gering. Versuchsreihen von TSCHÄSCKE (2000) bestätigen diese Aussagen.

ÖHLUND (1998) untersuchte im Rahmen der Entwicklung des Inflatable Curtain auch das Verletzungsrisiko für nicht korrekt sitzende Insassen. In einer Testreihe mit unterschiedlichen Dummys, zu denen auch Kinderdummys gehörten, konnte gezeigt werden, dass vom IC keine Gefahr ausgeht.

In einem Vorschlag der International Organization of Standardization (ISO) werden zwei OoP-Konfigurationen mit einem kleinen Adult Dummy definiert (ISO, 1999).

Wenn das Fahrzeug mit einem türintegrierten Seitenairbag ausgerüstet ist, soll sich der Dummy gegen die Tür lehnen. Der Arm liegt dabei auf der Türlehne. Kommt andererseits ein sitzintegrierter Airbag zum Einsatz, soll sich der Dummy, der dann quer auf dem Sitz sitzt, gegen das Airbagmodul lehnen.

Auch der Vorschlag der Side Airbag OoP Technical Working Group (TWG), die von verschiedenen Organisationen unter der Führung des Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) ins Leben gerufen wurden, sieht entsprechende Prüfprozeduren vor (LUND 2000).

### 1.3 Seitenairbags und Kinder

In einem Technical Report (NHTSA, 1999) äußert die NHTSA die Ansicht, dass das Verletzungsrisiko für Kinder durch Seitenairbags als relativ gering einzuschätzen ist, sofern das Kind in einem passenden Kinderrückhaltesystem untergebracht ist. Gleichzeitig werden die Eltern in einem Informationsblatt (NHTSA, 2001a) darauf hingewiesen, sich im Handbuch des Autos, beim Händler oder Hersteller genau darüber zu informieren, wie das Kind in einem Auto mit Seitenairbags transportiert werden soll.

Toyota (NHTSA, 1999) äußerte sich dahin gehend, dass Kinder auf dem sichersten Platz im Auto, der Rücksitzbank, transportiert werden sollen. Deshalb werden von Toyota dort keine Seitenairbags angeboten.

In einem Merkblatt des Verkehrsministeriums Kanadas (TC, 2001) werden Eltern auf die Gefahren von Seitenairbags für Kinder hingewiesen. Sitzen korrekt gesicherte Kinder außerhalb des Entfaltungsbereichs des Luftsacks, besteht demnach für sie kein erhöhtes Verletzungsrisiko. Dennoch sollen folgende Punkte beachtet werden:

- Zwischen Tür und Kinderrückhaltesystem dürfen sich keine Gegenstände befinden
- Rückwärts gerichtete und vorwärts gerichtete Sitzschalen sollen in der Mitte des Sitzplatzes positioniert werden, die Gurtlose soll weniger als ein Inch betragen

- Der Abstand zwischen Booster-Sitz und Tür soll so groß wie möglich sein
- Es muss sichergestellt werden, dass das Kind im Booster-Sitz immer aufrecht sitzt

### 1.3.1 Gesicherte Kinder

IGARASHI (1998) beschreibt die Entwicklung eines sitzintegrierten Head-Thorax-Bags. Neben drei OoP-Situationen wurde auch eine Konfiguration mit einem Kindersitz experimentell untersucht. Die von ihm verwendeten Belastungsgrenzen für Kopf, Hals und Brust sind in allen untersuchten Konfigurationen zum Teil deutlich unterschritten worden. Am gesicherten Kinderdummy wurden dabei die geringsten Belastungen ermittelt.

KHADILKA, (1998) führte verschiedene numerische Simulationen mit türintegrierten Thorax-Bags und Dummymodellen durch. In einigen Simulationen wurde ein dreijähriger Kinderdummy verwendet, der auf einer Sitzerrhöhung (Booster mit Gurt) saß. Der Kopf lehnte an der Seitenscheibe. Die Belastungen des Oberkörpers lagen zum Teil über den Werten einer ebenfalls untersuchten 5%-Frau. Daraufhin wurde der Seitenairbag so modifiziert, dass die Belastungen für ein dreijähriges Kind reduziert werden. Der Thorax Trauma Index (TTI) blieb aber weiterhin relativ hoch.

Da aus dem Feld bislang keine Erkenntnisse über das Gefährdungspotenzial von Seitenairbags für Kinder vorlagen, entschloss sich Transport Canada, in Stand- und Full-scale-Versuchen die Wechselwirkungen zwischen Seitenairbags und gesicherten Kindern zu untersuchen (TYLKO, 2000; TYLKO, 2001). Repräsentativ wurden ein rückwärts gerichteter, ein vorwärts gerichteter und ein Booster-Sitz für die Versuchreihen ausgewählt.

Die Auswertung der Ergebnisse ergab, dass der Seitenairbag in den untersuchten Fällen kein Risiko für korrekt gesicherte Kinder darstellt. Laut TYLKO kann es möglich sein, dass die verwendeten Dummies (Hybrid III, Q3) nicht biofidel genug sind, um das Verletzungsrisiko durch Seitenairbags identifizieren zu können. So ist es zum Beispiel nicht möglich, den Dummykopf in die Lage eines schlafenden Kindes zu bringen.

In einer Konfiguration beschädigte der verwendete Head-Thorax-Bag die Sitzschale. Diese bietet dem Kind möglicherweise nicht mehr ausreichend Schutz, wenn sich in einem realen Unfall die Fahr-



**Bild 1-6:** Kinderdummy in einem Mercedes-Benz (FISITA, 2000)

zeugseite deformiert. Windowbags sind zu hoch angebracht, um den Kinderkopf und den Hals zu verletzen (Bild 1-6).

### 1.3.2 Ungesicherte Kinder

In der Literatur werden hauptsächlich die als weit- aus gefährlicher angesehenen „Out of Position“-Situationen von ungesicherten Kindern diskutiert. Viele Studien basieren auf den im ISO-Draft 14933 (ISO, 1999) definierten Konfigurationen für Kinderdummies. Zum Einsatz kommen Dummies der Hybrid-III-Serie.

Folgende Konfigurationen wurden vorgeschlagen:

- Kind sitzt in Fahrtrichtung auf einer Sitzerrhöhung und lehnt sich gegen die Türinnenverkleidung (drei- und sechsjähriger Dummy)
- Kind kniet entgegen der Fahrtrichtung auf dem Sitz und lehnt sich gegen die Tür/Scheibe und Sitzlehne (dreijähriger Dummy)
- Kind kniet quer auf dem Sitz und lehnt sich gegen die Tür/Scheibe (dreijähriger Dummy)
- Kind sitzt quer auf dem Sitz und lehnt sich gegen die Tür (dreijähriger Kinderdummy bei türintegriertem Airbag, sechsjähriger Dummy bei dach- bzw. säulenintegriertem Airbag)
- Kind liegt quer auf dem Sitz, der Kopf liegt an der Türinnenverkleidung (dreijähriger Dummy bei türintegriertem Airbag)
- Kind liegt quer auf dem Sitz und lehnt sich mit dem Kopf gegen die Tür, der Oberkörper ist dabei teilweise aufgerichtet (drei- und sechsjähriger Dummy bei sitz- und türintegriertem Airbag)

Parallel zur ISO definierte TWG Prüfprozeduren für verschiedene Seitenairbagsysteme (LUND, 2000). Ähnlich dem ISO-Draft 14933 werden speziell die Sitzpositionen geprüft, bei denen sich der Insasse im Entfaltungsbereich des Seitenairbags befindet. Es kommen der SID IIs sowie Dummys der Hybrid-III-Serie (5%-Frau, drei- und sechsjähriges Kind) zur Anwendung. In den Tests dürfen festgelegte Belastungsgrenzen nicht überschritten werden.

Die NHTSA führte mit verschiedenen Seitenairbagsystemen Standversuche in Anlehnung an die TWG-Richtlinie durch (PRASAD, 2001). Allerdings wurden die Testbedingungen dahin gehend verschärft, dass in den einzelnen Konfigurationen der Abstand zwischen Dummy und Airbag verringert wurde. Neben den drei- und sechsjährigen Kinderdummys wurde auch ein 12 Month CRABI-Dummy benutzt. Mehr als die Hälfte aller verwendeten Fahrzeuge bestand die Tests. Dennoch zeigte sich, dass die in dieser Testserie verwendeten türintegrierten Systeme eine Gefahr für Brust, Hals und Kopf des dreijährigen Dummys darstellen können.

PINTAR (1999) untersuchte die Belastungen, die in ISO-ähnlichen „Out of Position“-Situationen auf einen dreijährigen Kinderdummy wirken. Es wurden zum Teil hohe Halskräfte, Winkelbeschleunigungen des Kopfes sowie HIC-Werte ermittelt. Der Seitenairbag kann laut dieser Testreihe in extremen OoP-Stellungen durchaus zum Risiko für Kinder werden.

DUMA (1998b) führte mehrere Versuche mit einem dreijährigen Hybrid-III-Kinderdummy in ISO-ähnlichen OoP-Stellungen durch, um die Gefahr von Seitenairbags für Kopf und Hals eines Kindes identifizieren zu können. Dabei wurde festgestellt, dass ein enger Zusammenhang zwischen Gasgeneratorleistung beziehungsweise -charakteristik und den Belastungen des Dummys besteht.

## 1.4 Beifahrerairbags und Kinder

Für die Definition der Versuchskonfigurationen ist es sinnvoll, zunächst die Wechselwirkungen zwischen Beifahrerairbags und Kinderrückhaltesystemen zu betrachten. So können möglicherweise Parallelen zum Seitenairbag aufgezeigt werden und kritische Faktoren identifiziert werden.

### 1.4.1 Gesicherte Kinder

Der Beifahrerairbag benötigt ein relativ großes Volumen, um den Raum zwischen Armaturenbrett und Beifahrer im Falle eines Unfalls ausfüllen zu

können. Zudem wurden die ersten Airbags so ausgelegt, dass sie einen ungesicherten Beifahrer schützen können (SCHERBA, 2001). Deshalb muss der Luftsack schnell seine volle Größe erreichen, um sein Schutzz Potenzial entfalten zu können. Die damit verbundene hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit kann zu Problemen mit rückwärts gerichteten Kindersitzen führen, die sich im Entfaltungsbereich des Airbags befinden. Trifft nun der Luftsack den Kindersitz, so erfährt der eine starke Beschleunigung und dreht sich um sein Fußende zur Lehne des Beifahrersitzes. Das kann zu schweren Kopf- und Halsverletzungen am Kind führen. Verschiedene Unfalldaten und Untersuchungen belegen diese Effekte (MOUCHAHOIR, 1994; WEBER, 1993; TURBELL, 1991; AUGENSTEIN, 1997; WINSTON, 1996).

Nach den negativen Erfahrungen mit kindlichen Beifahrern und Airbags sind inzwischen rückwärts gerichtete Kinderrückhaltesysteme auf dem Beifahrersitzplatz verboten, wenn sich dort der Airbag nicht deaktivieren lässt. Die amerikanische National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) empfiehlt generell, Kinder in geeigneten Rückhaltesystemen auf den Rücksitzen zu transportieren (NHTSA, 2001b). Größere Kinder, die den Fahrzeuggurt als Sicherungssystem verwenden können, dürfen auf dem Beifahrersitzplatz transportiert werden, wenn dort ein Airbag installiert ist. Unfalldaten zeigen, dass auch in solchen Fällen der Airbag zu Verletzungen des Kindes führen kann (GOTSCHALL, 1997; HUELKE, 1997).

### 1.4.2 Ungesicherte Kinder

Kinder, die ungesichert auf dem Beifahrersitz sitzen oder vor der Schalttafel stehen, werden durch die Verzögerung des Fahrzeuges im Unfall gegen das Armaturenbrett geschleudert und treffen dabei auf den sich entfaltenden Airbag (TAKEDA, 1981). Aufgrund der dabei auftretenden schweren Verletzungen wurden einige Crash-Normen um entsprechende Prüfkongfigurationen erweitert.

## 2 Analyse des Unfallgeschehens

Die Unfallanalyse sollte als Grundlage für alle weiteren Untersuchungen dienen. Mit Hilfe von entsprechenden Daten aus dem Feld könnten sich erste Anhaltspunkte für positive und negative Wechselwirkungen von Seitenairbags und Kinderrückhaltesystemen ergeben.

Zur Gewinnung von Daten wurden neben der Analyse der Literatur sowie verschiedener Unfalldatenbanken auch Autofahrer in Europa befragt.

## 2.1 Unfalldaten aus der Literatur

Im Rahmen des Special Crash Investigations Program (SCI) der NHTSA wurden bis zum Ende des Jahres 2000 insgesamt 48 Unfälle aufgenommen, in denen es zu einer Seitenairbagauslösung kam (CHIDESTER, 2001; DALMOTAS, 2001). Seit Februar 2000 werden nur noch die Fälle registriert und ausgewertet, bei denen der Seitenairbag auf einem belegten Sitzplatz ausgelöst wurde.

Die nachfolgenden Unfallzahlen und Daten wurden dem SCI entnommen.

Die Tabelle 2-1 zeigt, dass hauptsächlich Seitenkollisionen aufgenommen wurden. In zwei Fällen kam es zu Fehlauflösungen der Seitenairbags. Dort befanden sich beim Schließen der Tür Gegenstände zwischen Karosserie und Tür. Der mechanische Sensor interpretierte das dadurch veränderte Türverhalten als Unfall.

Entsprechend ihrer Einsatzhäufigkeit in Pkw sind Thorax-Bags auch in der Unfallstatistik überproportional häufig vertreten (Tabelle 2-2).

Dreizehn Insassen erlitten AIS<sup>1</sup>-3+-Verletzungen, die jedoch nicht auf den Luftsack zurückgehen. Es zeigte sich, dass die Airbagwirkung bei kollabieren der Seitenstruktur des Fahrzeugs sehr gering ist.

<sup>1</sup> Abbreviated Injury Scale: Bewertungsskala für die Verletzungsschwere

Anstoßrichtung	Fallanzahl
Links	26
Rechts	11
Überschlag	5
Front	4
Kein Anstoß	2

**Tab. 2-1:** Anzahl der Fälle mit Auslösung von Seitenairbags nach Anstoßrichtung

Einbauort	Airbagtyp	Fallanzahl
Sitz	Thorax	22
Tür	Thorax	19
Sitz	Head-Thorax	2
Dach	Windowbag	1
Dach	ITS	4

**Tab. 2-2:** Fallanzahl nach Airbagtyp und Einbauort

In einem der aufgenommenen Fälle erlitt der Fahrer eines Pkw eine AIS-3-Verletzung, verursacht durch die Airbagabdeckklappe.

Ein VW Passat (Modelljahr 1999) wurde in einem anderen Fall an der rechten Vorderseite gestoßen. Auf dem Beifahrersitz saß ein zwölfjähriges Kind, das mit dem Dreipunktgurt gesichert war. Vom Seitenairbag ging keine Gefahr aus. Das Kind erlitt nur leichte Verletzungen durch den ebenfalls ausgelösten Beifahrerairbag. Weitere Fälle mit Kindern wurden nicht registriert.

## 2.2 Unfalldaten aus Deutschland

Der ADAC startete im Februar 2001 in der Zeitschrift „Motorwelt“ (Bild 2-1) sowie auf seiner Internetseite einen Aufruf, in dem die Leser gebeten wurden, Erfahrungen mit ausgelösten Airbags und Kinderrückhaltesystemen zu schildern. Um einen umfassenden Überblick über eventuelle vorhandene Probleme von Kinderrückhaltesystemen und Airbags zu erhalten, wurde der Aufruf auch auf Frontairbags ausgedehnt.

Der Aufruf stieß nicht auf die erwartete Resonanz. Airbagunfälle wurden nicht gemeldet. Stattdessen kam es zu Anfragen besorgter Eltern, die sich aufgrund verschiedener Meldungen in der Presse verunsichert fühlten.

Neben dem Aufruf des ADAC wurden auch die Unfalldatenbanken des GDV und der Medizinischen Hochschule Hannover abgerufen. Dort wurden jedoch keine Fälle registriert, bei denen ein Seitenairbag in Verbindung mit einem Kinderrückhaltesystem ausgelöst wurde.

## 2.3 Unfalldaten aus dem deutschsprachigen Ausland

Die Automobilclubs der Schweiz (TCS) und Österreichs (ÖAMTC) veröffentlichten ebenfalls den ADAC-Aufruf. Auch diese Aktionen blieben ohne die erhoffte Resonanz.

## 2.4 Häufigkeit von Unfällen mit Seitenairbags und Kinderrückhaltesystemen

Aufgrund der unbefriedigenden Ergebnisse der Unfallanalyse wurde die Häufigkeit der gesuchten Seitenairbagunfälle anhand von Statistiken abgeschätzt.



**Das Kind kippt schlafend aus dem Gurt: beim Unfall nicht ungefährlich**

## Ihre Erfahrung hilft uns!

**UMFRAGE.** Hatten Sie einen Unfall mit einem Airbag-Auto, in dem auch ein Kind auf einem Platz mit Airbag saß? Dann interessiert uns Ihre Erfahrung. In einem Forschungsprojekt im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) wollen der ADAC, das Institut für Fahrzeugsicherheit im GDV sowie die TU Berlin Schutzfunktion und Wirkungsweise heutiger Airbag-Systeme erforschen. Wenn Sie dabei mithelfen wollen, bitten wir Sie, uns Autotyp und Baujahr zu nennen, mit welchen Airbags es ausgestattet war, ob es Verletzungen gab, ob das oder die Kinder (bitte jeweils das Alter angeben) in einem Kindersitz gesichert saßen und welche Plätze belegt waren. Ebenfalls hilfreich wären eine kurze Unfallschilderung und Foto des Unfallwagens. Unsere Adresse: ADAC Zentrale, FTK, Stichwort: AIRBAG, Am Westpark 8, 81373 München. Falls noch weitere Informationen erforderlich sind, melden sich die Unfallforscher schriftlich bei Ihnen.



**Gute Lösung auch bei Seitenairbags: Schlafstütze hält das Kind senkrecht**

**Bild 2-1:** Aufruf in der „Motorwelt“ (ADAC, 2001)

Diese theoretische Abschätzung lässt keinen Rückschluss auf positive und negative Wirkungen des Seitenairbags zu. Sie soll nur die Anzahl derjenigen Unfälle zeigen, bei denen die Randbedingungen Seitenkollision, Seitenairbag und Kinderrückhaltesystem gleichzeitig zutreffen.

Die Fälle, bei denen es aufgrund der Schutzwirkung des Seitenairbags zu keiner Verletzung des Kindes gekommen ist, können in diese Rechnung nicht einfließen.

Laut Unfallstatistik (STATIS-BUND, 2001) ereigneten sich im Jahr 2000 150.945 Unfälle mit Pkw, bei denen Insassen verletzt oder getötet wurden. Es wurden nur Alleinunfälle mit Pkw und Pkw-Pkw-Unfälle berücksichtigt. Bei diesen Kollisionen wurden insgesamt 9.130 Kinder bis zum Alter von 10 Jahren verletzt oder getötet.

Wird nun davon ausgegangen, dass pro Unfall nur ein Kind verletzt oder getötet wurde und dass ungefähr 27 % aller Pkw-Unfälle Seitenkollisionen sind (SEIFFERT, 1997), so sind nur 1,6 % der 150.945 Unfälle Seitenkollisionen mit Kindern im Fahrzeug. Detaillierte Aufschlüsselungen nach Stoßseite, Sitzposition des Kindes und tatsächlicher Verwendung eines Kinderrückhaltesystems würden diese Quote nochmals reduzieren.

Im Jahr 2000 waren in Deutschland etwa 48,8 Millionen Pkw zugelassen (BMVBW, 2002). Seit 1995 sind Seitenairbags in Fahrzeugen für den deutschen Markt lieferbar. Ausgehend von den Ergebnissen der Marktanalyse (Kapitel 3.1) wurde abgeschätzt, dass im Jahr 2000 in Deutschland 3,6 Millionen Pkw zugelassen waren, bei denen ein Kinderrückhaltesystem mit einem Seitenairbag kombi-

niert werden konnte. Das sind 8,4 % des gesamten Pkw-Bestandes.

Wird nun angenommen, dass diese Fahrzeuge gleichmäßig in Unfälle verwickelt wurden, dann reduziert sich die Anzahl von relevanten Unfällen nochmals. So sind nach dieser Abschätzung nur 207 (0,14 %) der 150.940 Pkw-Unfälle in Deutschland Seitenkollisionen, bei denen Kinder geschädigt wurden und deren Sitzplatz mit einem Seitenairbag ausgerüstet war. Diese geringe Anzahl ist sicherlich ein Grund, weshalb die Suche in deutschen Unfalldatenbanken erfolglos blieb.

Mit dem abzusehenden Anstieg der Ausrüstungsquote von Seitenairbags, auch auf den hinteren Sitzplätzen, ist mit einer Veränderung der Situation zu rechnen. Unfälle, in denen es zu Wechselwirkungen zwischen kindlichen Fahrzeuginsassen und Seitenairbags kommt, nehmen zu und erlangen so auch eine statistische Relevanz. Eine Untersuchung dieser Wechselwirkungen ist zum jetzigen Zeitpunkt dringend geboten, um Entwicklungen vorzubeugen, die für gesicherte Kinder nachteilig sein könnten.

### 3 Marktanalyse von Seitenairbags

Zunächst wurde versucht, die Häufigkeit von Seitenairbagsystemen im deutschen Straßenverkehr so exakt wie möglich zu quantifizieren. Dabei sollten auch die konzeptionellen Unterschiede der Airbagsysteme berücksichtigt werden. Mit Hilfe dieser Erkenntnisse konnten fünf Fahrzeuge für die experimentellen Untersuchungen ausgewählt werden.

Die Ergebnisse dieses Arbeitspaketes basieren weitgehend auf den Untersuchungen von ADAC und GDV.

### 3.1 Verbreitung von Seitenairbag-systemen in Pkw

Der ADAC erstellte in Zusammenarbeit mit dem GDV eine Datenbank, die 340 der im Juni 2001 in Deutschland angebotenen Kraftfahrzeugtypen bis 3,5 Tonnen Gesamtgewicht enthält. Werden alle verfügbaren Ausstattungslinien und Karosserievarianten berücksichtigt, so konnten zur diesem Zeitpunkt ca. 4.800 unterschiedliche Fahrzeugmodelle gekauft werden.

Bereits 173 der 340 Basistypen wurden serienmäßig mit Seitenairbags auf den vorderen Sitzplätzen angeboten (Tabelle 3-1). In weiteren acht Fahrzeugtypen war der Seitenairbag als Option erhältlich, und 22 Fahrzeugtypen konnten mit Seitenairbags im Fond geliefert werden.

Auch der seitliche Airbag für den Kopf fand zunehmend Verbreitung. Da sich Windowbag und Inflatable Curtain über die gesamte Länge der Fahrgastzelle ausbreiten, genießen auch die äußeren Fondpassagiere den Schutz dieses Systems.

Türintegrierte Seitenairbags wurden in 25 Fahrzeugtypen auf den vorderen Sitzplätzen und in 16 Fahrzeugen im Fond eingesetzt. Nur die Fahrzeuge von Porsche, Mercedes-Benz und BMW sind mit dieser Airbagbauart ausgestattet.

In Tabelle 3-2 sind lediglich die Fahrzeuge berücksichtigt worden, bei denen der entsprechende Seitenairbag auch mit einem Kinderrückhaltesystem kombiniert werden darf. Die Modelle, bei denen der Fahrzeughersteller ein besonderes Rückhaltesystem mit Transponder für die Deaktivierung des Seitenairbags vorschreibt, wurden nicht aufgeführt.

Bei 14 Fahrzeugtypen kann der Seitenairbag auf der Beifahrerseite vom Werkstattpersonal deaktiviert werden und bei weiteren 12 Typen ist das auch im Fond möglich.

ISOFix-Systeme und Seitenairbags können in acht Fahrzeugen auf dem Beifahrersitz, in drei Fahrzeugen auf den äußeren Fondsitzen und bei zwei Typen sowohl vorn als auch hinten kombiniert werden.

In Kapitel 7 sind alle ausgewerteten Fahrzeugtypen ausführlich aufgelistet.

Bauart des Seitenairbags	Serie	Option
Seitenairbag, vorn	173	8
Seitenairbag, hinten	7	15
Kopfairbag, vorn, separat	35	12
Kopfairbag, hinten, separat	24	12
Kopfairbag, vorn, integriert	27	1
Kopfairbag, hinten, integriert	-	-

**Tab. 3-1:** Anzahl von Seitenairbags nach Bauart unter allen angebotenen Fahrzeugtypen (Stand: Juni 2001)

Bauart des Seitenairbags	Serie und Option
Seitenairbag, vorn	111
Seitenairbag, hinten	20
Seitenairbag, vorn und hinten	15
Kopfairbag, vorn, separat	30
Kopfairbag, hinten, separat	16
Head-Thorax-Bag, vorn	14
Head-Thorax-Bag, hinten	-

**Tab. 3-2:** Anzahl der Fahrzeugtypen, die eine Kombination von Seitenairbag und Kinderrückhaltesystem zulassen (Stand: Juni 2001)

Die Untersuchung der Pkw-Neuzulassungen sollte helfen, die Marktrelevanz der Fahrzeugtypen und Seitenairbagbauformen zu ermitteln. Im ersten Halbjahr 2001 wurden in Deutschland laut Kraftfahrtbundesamt (KBA) 1.762.397 Kraftfahrzeuge bis 3,5 Tonnen Gesamtgewicht neu zugelassen (KBA, 2001).

Da das KBA die Fahrzeugtypen anders aufschlüsselt als der ADAC in seiner Datenbank, kommt es bei einem Abgleich beider Datenquellen zwangsläufig zu Differenzen. In der ADAC-Datenbank sind für den Zeitraum Januar bis Juni 2001 nur 1.701.279 Neuzulassungen erfasst worden. Das entspricht einer Abweichung von lediglich 3,5 % gegenüber den KBA-Zahlen. Diese Abweichung wird vernachlässigt, alle weiteren Angaben zur Gesamtanzahl der Neuzulassungen beziehen sich auf den KBA-Wert.

Die Daten in Tabelle 3-4 zeigen, dass mindestens 80,1 % aller neu zugelassenen Kraftfahrzeuge mit Seitenairbags ausgerüstet sind. Bei weiteren 6,3 % aller Neuzulassungen hatte der Käufer die Wahl, Seitenairbags zu ordern.

Der Anteil neuer Fahrzeuge mit Seitenairbags für die Fondpassagiere beträgt zwischen 1,1 % (Serie) und 18,0 % (Serie und Option).

Werden die Ergebnisse der Herstellerumfrage berücksichtigt (Kapitel 3.3), dann sind mindestens



Bauart <sup>a</sup>	Audi A4	BMW 3er-Reihe	BMW 5er-Reihe	Ford Focus	Ford Mondeo	MB C-Klasse	MB E-Klasse	VW Golf	VW Passat	VW Polo
Neuzulassungen 01/2001 - 06/2001	54.333	80.068	34.083	57.396	35.999	78.855	36.307	151.822	74.465	39.847
SAB, vorn	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
SAB, hinten	ja	ja	ja	-	-	ja	ja	-	-	-
Kopfairbag, vorn	separat	separat	separat	-	separat	separat	separat	separat	separat	-
Kopfairbag, hinten	separat	-	separat <sup>b</sup>	-	separat	separat	separat	separat	separat	-
Einbauort SAB	Sitz	Tür	Tür	Sitz	Sitz	Tür	Tür	Sitz	Sitz	Sitz
SAB und KRS vorn	ja	-	-	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
SAB und KRS hinten	ja	ja	ja	-	-	ja	ja	-	-	-
SAB und ISOFix, vorn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SAB und ISOFix, hinten	-	-	-	-	-	ja	-	-	-	-
SAB und ISOFix, vorn und hinten	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>a</sup> Serie und Option										
<sup>b</sup> außer Touring-Modell										

Tab. 3-3: Airbagausrüstung der Top-10-Fahrzeuge

	Serie	Option	Gesamt
Seitenairbag, vorn	1.412.257	110.435	1.522.692
Seitenairbag, hinten	19.473	317.254	336.727
Kombination von Seitenairbag und Kinderrückhaltesystem	1.061.952	64.520	1.126.472

Tab. 3-4: Anzahl der zwischen Januar und Juni 2001 neu zugelassenen Fahrzeuge nach Airbagausrüstung

2,6 % aller neu zugelassenen Fahrzeuge mit hinteren Seitenairbags ausgerüstet. Bei 60,3 % (Serie) aller Neuzulassungen ist die Kombination von Seitenairbags mit einem Kinderrückhaltesystem gestattet.

Ungefähr 8,5 % aller Fahrzeuge (Serie und Option), bei denen Seitenairbags mit Kinderrückhaltesystemen kombiniert werden können, sind mit Head-Thorax-Bags ausgerüstet. Das entspricht einem Anteil von 2,8 % aller neu zugelassenen Pkw.

Die Resonanz auf die Fragebogenaktion bei den Automobilherstellern war nur gering (Kapitel 3.3). Es sind deshalb unterschiedliche Fahrzeugtypen vermessen worden, um für die Fahrzeugflotte in Deutschland relevante geometrische Randbedingungen für Sitzplätze mit Seitenairbags zu erhalten.

Dazu wurden zunächst die zehn am häufigsten verkauften Pkw in Deutschland (Top 10) herangezogen, bei denen ein Kinderrückhaltesystem mit einem Seitenairbag kombiniert werden darf. Rund 36,5 % (643.175 Fahrzeuge) aller Neuzulassungen von Januar bis Juni 2001 entfallen auf diese zehn Modelle (Tabelle 3-3). Vier der Top-10-Fahrzeuge sind mit türintegrierten Seitenairbags ausgerüstet.

Beim Audi A4 und beim BMW 3er/5er können die Seitenairbags im Fond von einer Fachwerkstatt deaktiviert werden.

Da unter den Top-10-Fahrzeugen kein Modell mit Head-Thorax-Bags ist, wurden zusätzlich sechs der insgesamt vierzehn möglichen Fahrzeugtypen mit diesem Schutzsystem (Kapitel 7.1) ausgewählt. Neben der Anzahl der Neuzulassungen wurde auch die Fahrzeuggröße bei der Auswahl der Modelle berücksichtigt (Tabelle 3-5).

Kleinere Pkw sind bei der Auswahl bevorzugt worden, da dort die seitlichen Platzverhältnisse erfahrungsgemäß beengter sind als bei Mittelklassefahrzeugen. Insgesamt decken diese Fahrzeugmodelle 6,9 % aller Neuzulassungen ab, bei denen ein Kinderrückhaltesystem mit dem Seitenairbag auf dem Beifahrersitz kombiniert werden kann. Unter diesen sechs Pkw ist jedoch kein Fahrzeug mit türintegrierten Head-Thorax-Bags. Der Mercedes SL ist das einzige Modell, bei dem Kinderrückhaltesysteme mit diesem Schutzsystem kombiniert werden dürfen. Aufgrund der geringen Verbreitung der SL-Baureihe wurde dieses Fahrzeug nicht bei der Auswahl berücksichtigt.

Mitsubishi steuerte als einziger Hersteller ausführliche Geometrieangaben seiner Fahrzeuge bei. Deshalb wurden diese Fahrzeuge mit in die Auswertungen einbezogen.

Mit einem Marktanteil von 1,6 % aller Neufahrzeuge, bei denen ein Seitenairbag mit einem Kinderrückhaltesystem kombiniert werden kann, spielen diese sieben Mitsubishi-Fahrzeuge in Deutschland nur eine untergeordnete Rolle.

Bauart <sup>a</sup>	Audi TT	Nissan Micra	Nissan Almera	Peugeot 206	Peugeot 406	Renault Twingo
Neuzulassungen 01/2001 - 06/2001	6.627	9.116	8.974	24.280	6.431	22.247
SAB, vorn	ja	ja	ja	ja	ja	ja
SAB, hinten	-	-	-	-	-	-
Kopfairbag, vorn	integriert	integriert	integriert	integriert	integriert	integriert
Kopfairbag, hinten	-	-	-	-	-	-
Einbauort SAB	Sitz	Sitz	Sitz	Sitz	Sitz	Sitz
SAB und KRS vorn	ja	ja	ja	ja	ja	ja
SAB und ISOFix, vorn	ja	-	-	ja	-	-

<sup>a</sup> Serie und Option

**Tab. 3-5:** Airbagausrüstung der vermessenen Fahrzeuge mit Head-Thorax-Bag

Bauart <sup>a</sup>	Mitsubishi Carisma	Mitsubishi Colt	Mitsubishi Galant	Mitsubishi Pajero	Mitsubishi Pajero Pinin	Mitsubishi SpaceStar	Mitsubishi SpaceWagon
Neuzulassungen 01/2001 - 06/2001	3.310	1.478	1.247	2.974	1.852	6.387	597
SAB, vorn	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
SAB, hinten	-	-	-	-	-	-	-
Kopfairbag, vorn	-	-	-	-	-	-	-
Kopfairbag, hinten	-	-	-	-	-	-	-
Einbauort SAB	Sitz	Sitz	Sitz	Sitz	Sitz	Sitz	Sitz
SAB und KRS vorn	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
SAB und ISOFix, vorn	-	-	-	-	-	-	-

<sup>a</sup> Serie und Option

**Tab. 3-6:** Airbagausrüstung der Mitsubishi-Fahrzeuge

Abgesehen vom SpaceWagon können die Seitenairbags bei allen in Tabelle 3-6 aufgeführten Mitsubishi-Fahrzeugen in einer Vertragswerkstatt abgeschaltet werden.

### 3.2 Geometrie von Seitenairbags

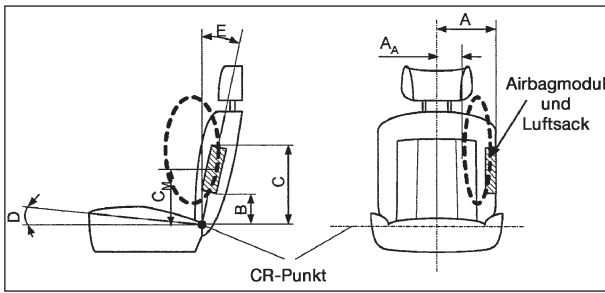
Mit Hilfe einer einfachen Messvorrichtung (Bild 3-1) wurden die Seitenairbagsitzplätze der 16 ausgewählten Fahrzeuge vermessen.

Für die Messungen wird die Holzplatte mittig auf dem Sitz positioniert. Dabei liegt die Hinterkante der Vorrichtung im CR-Punkt. Mit Hilfe einer Wasserwaage müssen die vertikalen Vierkantprofile in die senkrechte Position gebracht werden. Das hintere Profil steht dann senkrecht über dem CR-Punkt. Über die auf den Vierkantprofilen aufgeklebten Skalen können mit einem Maßband seitliche Abstände in unterschiedlichen Höhen ermittelt werden.

Diese Messvorrichtung erlaubt schnelle und reproduzierbare Messungen mit einer Toleranz kleiner als 10 Millimeter.



**Bild 3-1:** Fahrzeugsitz mit Messvorrichtung



**Bild 3-2:** Messpunkte bei Fahrzeugen mit sitzintegrierten Seitenairbags

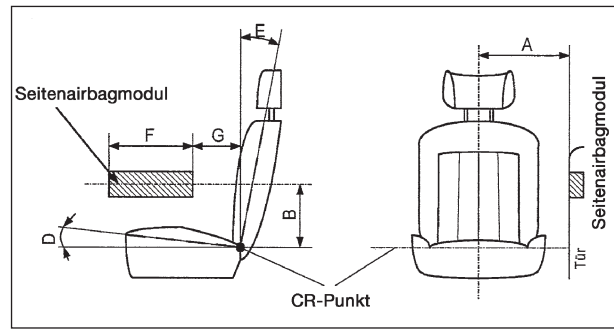
Fahrzeug	A, A <sub>A</sub> <sup>a</sup> [mm]	B [mm]	C, C <sub>M</sub> <sup>b</sup> [mm]	D [°]	E [°]
Audi A4, vorn	230 <sup>c</sup> 250 <sup>d</sup>	176	440	14	20
Audi A4, hinten	250	190	420	7	22
Ford Focus	240	287	539	10	20
Ford Mondeo	250	171	382	11	20
VW Polo	240	272	429	13	20
VW Golf	250	181	403	12	20
VW Passat	250	200	410	14	20
Audi TT	250	315	550	11	20
Nissan Micra	235 260	260	490	15	20
Nissan Almera	255	230	520	17	20
Peugeot 206	230 250	170	450	14	20
Peugeot 406	250	140	350	14	20
Renault Twingo	255	80	350	7	20
Mitsubishi Carisma	210	-	155	-	20
Mitsubishi SpaceStar	220	-	255	-	20
Mitsubishi Pajero	214	-	190	-	20
Mitsubishi Pajero Pinin	205	-	245	-	20
Mitsubishi SpaceWagon	215	-	221	-	20
Mitsubishi Colt	204	-	228	-	20
Mitsubishi Galant	201	-	149	-	20

<sup>a</sup> Bei Mitsubishi-Fahrzeugen: A<sub>A</sub>  
<sup>b</sup> bei Mitsubishi-Fahrzeugen: C<sub>M</sub> (Mitte der Austrittsöffnung des Gasgenerators)  
<sup>c</sup> Oberkante des Airbagmoduls  
<sup>d</sup> Unterkante des Airbagmoduls

**Tab. 3-7:** Geometrie der Fahrzeuge mit sitzintegrierten Seitenairbags

Fahrzeug	A [mm]	B [mm]	F [mm]	G <sup>a</sup> [mm]	D [°]	E [°]
BMW 3er-Reihe, hinten	400	300	230	100	15	13
BMW 5er-Reihe hinten	380	290	210	60	15	25
Mercedes C-Klasse, vorn	325	310	410	130	9	19
Mercedes C-Klasse, hinten	350	330	420	40	13	25
Mercedes E-Klasse, vorn	345	350 - 385	430	80 - 160	12	19
Mercedes E-Klasse, hinten	365	325	530	0	11	25

**Tab. 3-8:** Geometrie der Fahrzeuge mit türintegrierten Seitenairbags



**Bild 3-3:** Messpunkte bei Fahrzeugen mit türintegrierten Seitenairbags

Für alle Fahrzeuge mit sitzintegrierten Seitenairbags sind die in Bild 3-2 aufgeführten Werte gemessen worden.

In der ECE-R44 (ECE-R44, 1998) ist die Lehne der Standardsitzbank um 20° aus der Senkrechten nach hinten geneigt. Die in Tabelle 3-7 aufgeführten Messwerte B und C für Beifahrersitze wurden auf diese 20°-Lehneneinstellung umgerechnet. Im Audi A4, der Seitenairbags im Fond anbietet, kann die Lehnenneigung der Fondsitzbank nicht verstellbar werden. Die Messwerte für die Position des Seitenairbags wurden dementsprechend nicht umgerechnet.

Da Herstellerangaben nicht beschafft werden konnten (Kapitel 3.3), wurde bei der Vermessung der Lage der Airbagmodule in den Sitzlehnen versucht, die Ober- und Unterkante des Moduls durch das Polster der Lehne zu ertasten. Die Messergebnisse unterliegen deshalb einer gewissen Toleranz.

Die in Bild 3-3 dargestellten Messpunkte wurden bei den Fahrzeugen mit türintegrierten Airbags aufgenommen.

Die Messwerte für die Größe und Position des Airbagmoduls (Tabelle 3-8) konnten wieder aufgrund fehlender Herstellerangaben nur anhand der Gestaltung der Türinnenverkleidung abgeschätzt werden.

Der seitliche Abstand zwischen Airbag und Sitzmitte ist bei diesen Fahrzeugmodellen mindestens 100 mm größer als bei den Fahrzeugen mit sitzintegrierten Systemen.

Die Messwerte belegen, dass in Fahrzeugen mit türintegrierten Airbags die Position des Luftsacks zum Insassen abhängig von der Sitzeinstellung ist.

Alle aufgenommenen Messwerte sind in Anlage B grafisch dargestellt worden. Die vom deutschen Mitsubishi-Importeur zur Verfügung gestellten

Daten orientieren sich am Fragebogen des GDV (Anlage A). Diese Werte konnten nicht auf die Messpunkte der in Eigenregie vermessenen Fahrzeuge überführt werden (Bild 3-2). Auf eine grafische Darstellung der Airbag- und Kindersitzgeometrie ist deshalb verzichtet worden.

### 3.3 Entwicklungstendenzen bei Seitenairbagsystemen

Der in Anlage A aufgeführte Fragebogen wurde in einer deutschen und in einer englischen Version vom GDV an 30 Fahrzeughersteller und Importeure versandt.

Dreizehn angeschriebene Unternehmen reagierten auf die Umfrage (Tabelle 3-9). Aber nur vier Hersteller, die Audi AG, die DaimlerChrysler AG, MMC<sup>2</sup>-Auto Deutschland sowie die Subaru Deutschland GmbH, beantworteten die gestellten Fragen zumindest teilweise.

Nachfolgend sind die Ergebnisse der vier eingegangenen Fragebögen zusammengefasst worden.

#### 3.3.1 Audi

Audi beantwortete den Fragebogen lückenhaft. Es wurde auf verschiedene Veröffentlichungen zum neuen Modell A4 hingewiesen, dessen Seitenairbags auch in Hinblick auf die OoP-Richtlinien der Technical Working Group (LUND, 2000) und des ISO Technical Report 14933 (ISO, 1999) ausgelegt sind. Des Weiteren wurde auf die Bedienungsanleitung des Audi A4 verwiesen (Kapitel 3.4.1).

Die als Option angebotenen Seitenairbags im Fond der Modelle A6 und A4 werden von 19 % bzw. 5 % der Käufer bestellt. Nur 5 % aller Käufer des A2 bestellen den optionalen Windowbag. Bei A3 liegt diese Quote bei 12,4 %.

Die Seitenairbags der Audi-Modelle sind mit einstufigen Gasgeneratoren ausgerüstet. Die Auslöseentscheidung wird mit Hilfe mehrerer Sensoren getroffen.

Zur Geometrie der Airbagsysteme wurden keine Angaben gemacht.

#### 3.3.2 Mercedes-Benz

DaimlerChrysler füllte den Fragebogen für die C-Klasse (Limousine) teilweise aus. Die Angaben zu

Hersteller/Importeur	Antwort	Ergebnisse
Alfa Romeo Automobil AG	nein	nein
Audi AG	ja	ja
BMW Group	ja	nein
Chrysler Deutschland	ja	nein
Citroen Deutschland GmbH	nein	nein
Daewoo Automobile Deutschland GmbH	nein	nein
Daihatsu Deutschland GmbH	nein	nein
Fiat Automobil AG	ja	nein
Ford Werke AG	nein	nein
Honda Deutschland GmbH	nein	nein
Jaguar Deutschland GmbH	ja	nein
Hyundai Motor Deutschland GmbH	ja	nein
Kia Motors Deutschland GmbH	nein	nein
Lancia Automobil AG	nein	nein
Lexus Automobil Deutschland GmbH	nein	nein
Mazda Motors Deutschland GmbH	nein	nein
Daimler-Chrysler AG	ja	ja
MMC-Auto Deutschland	ja	ja
Nissan Motor Deutschland GmbH	nein	nein
Adam Opel AG	nein	nein
Peugot Deutschland GmbH	nein	nein
Deutsche Renault AG	nein	nein
Rover Deutschland GmbH	ja	nein
Saab Deutschland GmbH	nein	nein
Seat Deutschland GmbH	nein	nein
Skoda Automobile Deutschland GmbH	ja	nein
Subaru Deutschland GmbH	ja	ja
Suzuki Auto GmbH	nein	nein
Toyota Deutschland GmbH	ja	nein
Volkswagen AG	ja	nein

Tab. 3-9: Ergebnisse der Herstellerbefragung

den Funktionsmerkmalen der verwendeten Seitenairbags sind bereits in die Auswertungen im Kapitel 3.1 eingeflossen.

In der C-Klasse werden die Seitenairbags von Hybridgasgeneratoren befüllt. Die Auslöseentscheidung vorn wird von einem Zentral- und einem Sa-tellitensensor getroffen. Für die Airbags im Fond wird nur das Signal des Zentralsensors verwendet.

Die Daten zur Airbaggeometrie sind in die Tabelle 3-8 eingeflossen.

Dreißig Prozent aller C-Klasse Limousinen und 25 % aller Sportcoupes werden mit Seitenairbags im Fond geordert.

Weiterhin wurden SINCAP-Crashtests (Test nach FMVSS 214, jedoch mit 38 mph) beschrieben, die mit und ohne Seitenairbag durchgeführt wurden.

<sup>2</sup> Mitsubishi Motors Corporation

Auf dem Beifahrersitz saß jeweils ein sechsjähriger Dummy und im Fond ein Dreijähriger im Kindersitz.

Sitzen beide Dummies aufrecht, dann schützen die Seitenairbags die Köpfe der Testpuppen vor Kontakten mit der Türbrüstung. Der HIC sinkt um zehn Prozent.

Lehnen sich die Dummies gegen die Tür und liegt der Kopf auf der Türbrüstung, dann hebt der Airbag den Kopf aus der Deformationszone. Die Halskräfte und -momente werden „deutlich“ reduziert.

DaimlerChrysler ergänzte den Fragebogen mit Bildern aus internen Versuchsreihen, die Seitenairbags und verschiedene Dummies zeigen.

### 3.3.3 Mitsubishi

Mitsubishi füllte den Fragebogen für sieben der acht mit Seitenairbags angebotenen Modelle vollständig aus. Die Ergebnisse sind in Auswertungen eingeflossen.

In den Handbüchern (englische Versionen) der Mitsubishi-Modelle wird auf die Gefahren für falsch sitzende Insassen durch den Seitenairbag eingegangen. Die Insassen sollen sich nicht gegen die Tür lehnen oder den Arm aus dem Fenster halten. In der Nähe der vorderen Sitzlehne dürfen sich keine Gegenstände befinden, da sie sonst die Luft-sackentfaltung behindern können.

### 3.3.4 Subaru

Subaru Deutschland leitete den Fragebogen direkt zum Hersteller nach Japan weiter. Dort wurde er für die Modelle Legacy, Forester und Impreza ausgefüllt. Subaru hat jedoch keine Fahrzeuge im Angebot, bei denen Seitenairbags mit Kinderrückhaltesystemen kombiniert werden dürfen.

## 3.4 Bedienungsanleitungen von Pkw

Aufgrund des unbefriedigenden Rücklaufs der Fragebögen wurden zusätzlich die Bedienungsanleitungen einiger Fahrzeugmodelle auf die Problematik „Kinder und Seitenairbags“ hin untersucht. Dazu sind im Raum Berlin Vertragshändler aufgesucht und um Einsicht in die Bedienungsanleitungen der Fahrzeuge gebeten worden. Waren am Fahrzeug spezielle Kennzeichnungen zum Thema Seitenairbag, wie z. B. Aufkleber, vorhanden, so wurden sie, wenn es genehmigt wurde, fotografiert. Es zeigte sich, dass nicht für jedes Fahrzeugmodell

Handbücher verfügbar waren. Laut den Aussagen des Verkaufspersonals werden die Fahrzeuge erst bei Auslieferung an den Kunden mit allen erforderlichen Dokumentationen bestückt.

Die Mehrzahl der Händler war kooperationsbereit und unterstützte die Rechercharbeiten.

Insgesamt wurden Autohäuser 18 verschiedener Hersteller aufgesucht, die mit ihren Fahrzeugen im Zeitraum Januar bis Juni 2001 einen Marktanteil von 77,3 % (AMS, 2001b) aller Neuzulassungen hatten.

Drei Hersteller verbieten die Kombination von Seitenairbags und Kinderrückhaltesystemen (Opel, Saab, Volvo). Weitere drei Hersteller schreiben für einige Modelle spezielle Kindersitze vor, die den Seitenairbag automatisch deaktivieren (Mercedes, Smart, Porsche). Mit Hinweisen in der Fahrzeugdokumentation oder speziellen Aufklebern zum Thema „Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme“ sind die Modelle von sieben Automobilherstellern ausgerüstet (Audi, BMW, Honda, Mercedes, Nissan, Toyota, VW). Lancia hebt als einziger Hersteller die positive Wirkung des Seitenairbags für Kinder hervor. Fiat, Ford, Peugeot, Renault und Skoda gehen in den Manuals nicht weiter auf Kinderrückhaltesysteme und Seitenairbags ein.

Nachfolgend wird nur auf die Modelle eingegangen, für die Bedienungsanleitungen verfügbar waren oder die spezielle Kennzeichnungen aufwiesen.

### 3.4.1 Audi

Im Handbuch des Audi A4 wird erklärt, dass die Seitenairbags im Fond auf Wunsch deaktiviert werden können. Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass von Seitenairbag und Windowbag eine Gefahr für den Insassen ausgehen kann, sofern er die falsche Sitzposition einnimmt. Welche Sitzpositionen das im Einzelnen betrifft und welche speziellen Gefahren damit verbunden sind, wird nicht erläutert.

Ein Aufkleber im Bereich des hinteren Türausschnitts (Bild 3-4) des Audi A6, beobachtet in einem schwedischen A6, warnt vor den Gefahren für Kinder durch den Seitenairbag. Der Kopf des Kindes sollte laut Audi niemals im Entfaltungsbereich des Luftsacks liegen. Außerdem sollen Kinder im Fahrzeug immer gesichert werden.



Bild 3-4: Warnhinweis im Audi A6



Bild 3-5: Warnhinweis in einem Honda Civic

### 3.4.2 BMW

In Fahrzeugen der 3er und 5er Baureihe dürfen keine Kinder auf dem Beifahrersitzplatz mitgenommen werden. Im zweisitzigen Z8 ist nur die Verwendung von rückwärts gerichteten Systemen untersagt.

BMW empfiehlt, „... Kinder nicht in Richtung Seitenverkleidung aus dem Kindersitz lehnen (zu) lassen, da sonst erhebliche Verletzungen bei Airbag-Auslösung entstehen können“. Zusätzlich wird gefordert, dass „Kindersitze korrekt und mit größtmöglichem Abstand zu den Airbags in der Seitenverkleidung montiert sind“. (BMW, 2001a; BMW, 2001b; BMW, 2001c).

### 3.4.3 Fiat

In den Unterlagen zum Punto und Doblo wird nicht auf Kinder und Seitenairbags eingegangen.

### 3.4.4 Ford

Im Ford Mondeo werden Seiten- und Frontairbag des Beifahrersitzes automatisch deaktiviert, wenn das Gurtschloss geschlossen ist und auf der Sitzfläche nur eine geringe Masse registriert wird.

Im Ford Focus und Mondeo dürfen vorwärts gerichtete Kinderrückhaltesysteme auf dem Beifahrersitz eingesetzt werden. Auf mögliche Risiken für die Insassen durch den Seitenairbag wird nicht hingewiesen.

### 3.4.5 Honda

Für die Untersuchungen standen keine Bedienungsanleitungen zur Verfügung. An der B-Säule der Modelle Civic (Bild 3-5) und Stream sind jedoch Aufkleber angebracht, die den Transport von Kindern auf Sitzplätzen mit Seitenairbags verbieten.

### 3.4.6 Lancia

Im Lancia Lybra wird auf die besondere Schutzfunktion des Seitenairbags hingewiesen, von der auch Kinder profitieren.

### 3.4.7 MCC Smart

MCC widmet dem Thema Kinder ein eigenes Handbuch. Darin wird darauf hingewiesen, immer Kindersitze aus dem Smart-Zubehörprogramm zu verwenden. Diese deaktivieren den Front- und Seitenairbag auf der Beifahrerseite.



Bild 3-6: Warnhinweise in Mercedes-Fahrzeugen

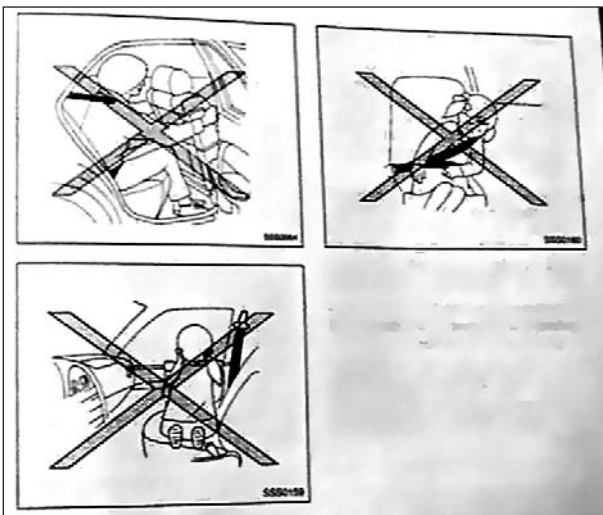


Bild 3-7: Warnhinweise in den Handbüchern verschiedener Nissan-Modelle (Nissan, 2001)



Bild 3-8: Warnhinweis im Nissan Primera

### 3.4.8 Mercedes-Benz

In der Mercedes A-Klasse wird der Seitenairbag in der Beifahrertür zusammen mit dem Beifahrerairbag deaktiviert, sofern ein Kinderrückhaltesystem mit Transponder aus dem Zubehörprogramm von Mercedes verwendet wird. Der Windowbag kann nicht deaktiviert werden.

In den umfangreichen Handbüchern einer S-Klasse sowie eines ML 55 wurden keine Hinweise zum Umgang mit Seitenairbags und Kinderrückhaltesystemen gefunden. Aufkleber im Türausschnitt weisen in M-Klasse und Sportcoupe auf mögliche Risiken des Seitenairbags hin (Bild 3-6). Insassen sollten sich demnach nie im Entfaltungsbereich des Airbags befinden und immer aufrecht sitzen. Kinder sollten mit passenden Rückhaltesystemen gesichert werden.

### 3.4.9 Nissan

In Handbüchern des Micra, Almera, Almera Tino und Primera wird vor den Gefahren für Kinder gewarnt, die sich an der Airbagöffnung abstützen oder davor einschlafen (Bild 3-7).

Das Bild 3-8 zeigt den im Nissan Primera angebrachten Aufkleber im Bereich des vorderen rechten Türausschnitts.

### 3.4.10 Opel

Im Astra und Vectra sind Seitenairbags nur für die vorderen Sitze lieferbar. Ist in der Beifahrersitzlehne ein Airbag installiert, dann dürfen auf dem Sitzplatz keine Kinder transportiert werden.

### 3.4.11 Peugeot

In den Bedienungsanleitungen der Modelle 206 und 307 wird nicht auf die Kombination von Kinderrückhaltesystemen und Seitenairbags eingegangen.

### 3.4.12 Porsche

Soll im Porsche 911 ein Kindersitz aus dem Porsche-Zubehörprogramm verwendet werden, wird von der Werkstatt vor dem Beifahrersitz ein spezielles Schloss installiert, in das der Kindersitz einrastet. Dieses System deaktiviert automatisch die beiden Airbags auf der Beifahrerseite.

### 3.4.13 Renault

Die Handbücher der Modelle Twingo, Clio und Laguna gehen nicht auf Seitenairbags und Kin-

derrückhaltesysteme ein. Alle Beschreibungen beziehen sich auf den Beifahrerairbag.

In der Bedienungsanleitung eines Twingo des Baujahrs 1999 (Renault, 1998) wird darauf hingewiesen, dass Kinder nicht auf dem Beifahrersitzplatz transportiert werden dürfen, wenn ein Beifahrerairbag montiert ist. Der entsprechende Aufkleber stellt jedoch nur einen rückwärts gerichteten Sitz dar.

Renault änderte für den 2001er Twingo die Bedienungsanleitung (Renault, 2001). Demnach sind nur noch rückwärts gerichtete Systeme auf dem Beifahrersitz verboten. Im Gegensatz zum 1999er Modell ist beim aktuellen Twingo der Beifahrerairbag mit einem Schlüssel abschaltbar. Ansonsten sind die 1999er und 2001er Modelle laut Aussage eines Händlers baugleich.

In der Datenbank der Kreisverkehrswacht Mannheim e. V. (KVV-MHM, 2001) wurde darauf hingewiesen, dass in allen Renault-Fahrzeugen auf Sitzplätzen mit Seitenairbags keine Kinder transportiert werden dürfen. Diese Aussage konnte mit den untersuchten Handbüchern nicht bestätigt werden.

#### 3.4.14 Saab

Im Saab 9-5 dürfen Kinder nicht auf dem mit einem Seitenairbag ausgerüsteten Beifahrersitzplatz transportiert werden. Ein Handbuch für das gleiche Modell aus dem Jahr 1999 schreibt vor, dass Kinder immer angeschnallt sein müssen, damit sie nicht durch den Seitenairbag gefährdet werden.

#### 3.4.15 Skoda

In den Unterlagen zum Skoda Octavia wird nicht auf Kinder und Seitenairbags eingegangen.

#### 3.4.16 Toyota

In der Bedienungsanleitung des Toyota Yaris wird gefordert, es „... niemals (zu) zulassen, dass ein Kind den Kopf oder einen anderen Körperteil gegen die Vordertür oder den Bereich des Sitzes lehnt, aus dem sich der Seitenairbag entfaltet, selbst wenn das Kind im Kinderrückhaltesystem untergebracht ist“. (Toyota, 2001)

#### 3.4.17 Volvo

Im Volvo V40/S40 dürfen Kinder nur auf den hinteren Sitzplätzen mitgenommen werden. Dort sind keine Seitenairbags installiert.

#### 3.4.18 Volkswagen

Im Manual des Passat wird darauf hingewiesen, „wenn Kinder sich während der Fahrt nach vorne oder bei Seitenairbags zur Seite lehnen bzw. eine falsche Sitzposition einnehmen, setzen sie sich im Falle eines Unfalls einem erhöhten Verletzungsrisiko aus“ (Volkswagen, 2001).

## 4 Analyse relevanter Sitzpositionen von Kindern in Pkw

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes wurden die möglichen Sitzpositionen von Kinderdummys in verschiedenen Kinderrückhaltesystemen untersucht. Ziel war es, Aufschluss über möglicherweise gefährliche Sitzpositionen zu bekommen.

Die Ergebnisse dieses Arbeitspaketes basieren auf den Untersuchungen des GDV.

### 4.1 Klassifizierung von Kinderrückhaltesystemen

Die europäische Richtlinie ECE-R44 (ECE-R44, 1998) beschreibt die Mindestanforderungen an Kinderrückhaltesysteme in einem Unfall. Dafür werden die Schutzsysteme in fünf verschiedene Gewichtsklassen unterteilt (Tabelle 4-1).

Weiterhin sind in der Richtlinie Dummys beschrieben, die für die Prüfung der Kinderrückhaltesysteme verwendet werden müssen. Die Tabelle 4-2 zeigt die Zuordnung der Dummymasse zum Alter der Kinder.

Gruppe	Gewicht des Kindes
0	kleiner 10 kg
0+	kleiner 13 kg
I	9 kg bis 18 kg
II	15 kg bis 25 kg
III	22 kg bis 36 kg

Tab. 4-1: Klassifizierung der Kinderrückhaltesysteme nach ECE-R44

Alter des Kindes	Gewicht
9 Monate	9 kg
3 Jahre	15 kg
6 Jahre	22 kg
10 Jahre	32 kg

Tab. 4-2: Alter und Gewicht der in der ECE-R44 beschriebenen Kinderdummys



Der dreijährige Dummy ist dabei am vielseitigsten einsetzbar. Mit einem Gewicht von 15 kg fällt er in die Kindersitzgruppe II und kann somit mit einem einfachen Booster-Sitz kombiniert werden. Diese Kombination eignet sich in dieser Studie gut als „Worst case“-Szenario.

#### 4.2 Analyse des Marktes von Kinderrückhaltesystemen

Der GDV untersuchte in zwei Studien die Art und Weise, wie Kinder in Pkw gesichert werden. Dazu wurden im Großraum München Eltern vor Kindergärten, Schulen, Einkaufszentren sowie Freizeiteinrichtungen beobachtet und befragt. Die Untersuchungen wurden sowohl während der Ferienzeit als auch während der Schulzeit durchgeführt. Wurden 1995 noch 292 Fälle aufgenommen, so stieg die Zahl im Jahr 2000 auf 430. Von den 430 Kindern waren immerhin 351 gesichert.

Sitzplatz	Anzahl	Anteil
Beifahrer	21	6,0 %
Fond, links	130	37,1 %
Fond, rechts	176	50,1 %
Fond, Mitte	24	6,8 %
Gesamt	351	

**Tab. 4-3:** Verteilung der Sitzposition gesicherter Kinder in Pkw im Jahr 2000

Die Studie aus dem Jahr 2000 zeigt (Tabelle 4-3), dass 87,2 % aller gesicherten Kinder auf den äußeren Fondsitzen transportiert wurden. Nur sechs Prozent der Kinder nahmen auf dem Beifahrersitz platz. Ältere Studien aus den neunziger Jahren bestätigen diese Beobachtungen weitgehend (GULDE, 1994; LANGWIEDER, 1991).

Die Tabelle 4-4 zeigt die Ergebnisse beider Studien des GDV. Dabei wurden die einzelnen Fälle nach den verschiedenen Kindersitzgruppen aufgeschlüsselt. Fangkörper- und Vierpunktgurt-Systeme der Gruppe I verloren gegenüber den Beobachtungen aus dem Jahr 1995 an Bedeutung. In den Gruppen I, II und III kommen zunehmend Systeme zum Einsatz, bei denen der Dreipunktgurt des Fahrzeuges verwendet werden muss. Die Kindersitzgruppe III wird weiterhin von Sitzerhöhungen (Booster-Sitz) dominiert.

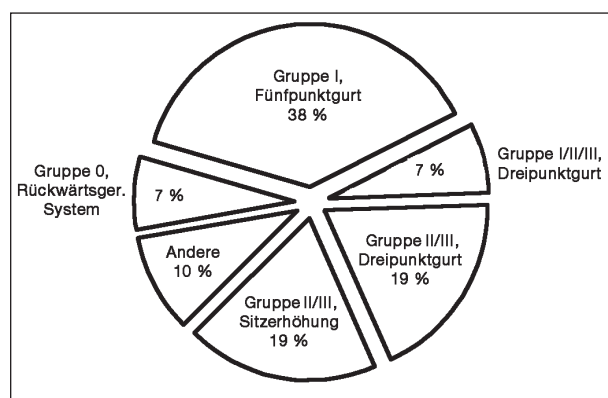
Alle weiteren Auswertungen beziehen sich ausschließlich auf die Studie aus dem Jahr 2000.

Aus den zwölf in Tabelle 4-4 aufgeführten Kinderrückhaltesystemen wurden die fünf Bauarten ausgewählt, die Marktrelevanz besitzen. Das Bild 4-1 zeigt, dass 317 von 351 Kindern mit einem dieser fünf Bauarten gesichert waren.

Diesen fünf am häufigsten verwendeten Bauarten wurden wiederum die in der Untersuchung ge-

Kinderrückhaltesystem	Anzahl (1995)	Anteil (1995)	Anzahl (2000)	Anteil (2000)
Gruppe 0				
Rückwärts gerichtetes System	18	5,36 %	25	5,81 %
Gruppe 0+				
Rückwärts gerichtetes System	-	-	7	1,63 %
Gruppe 0/I				
Rückwärts gerichtetes System	-	-	2	0,47 %
(Summe)	(18)	5,36 %	(34)	(7,91 %)
Gruppe I				
Vierpunktgurt	63	17,80 %	12	2,79 %
Fünfpunktgurt	62	17,51 %	134	31,16 %
Fangkörper	13	3,67 %	8	1,86 %
Gruppe I/II				
Dreipunktgurt	24	6,78 %	-	-
Gruppe I/II/III				
Dreipunktgurt	-	-	24	5,58 %
Gruppe II				
Fangkörper	5	1,41 %	5	1,16 %
Gruppe II/III mit Dreipunktgurt				
Sitzerhöhung mit Führhilfe	-	-	47	10,93 %
Sitzerhöhung ohne Führhilfe	-	-	20	4,65 %
(Summe Sitzerhöhung)	(107)	(30,22 %)	(67)	(15,58 %)
Ungesichert bzw. nur Fahrzeuggurt	59	16,66 %	79	18,37 %

**Tab. 4-4:** Benutzung von Kinderrückhaltesystemen nach Bauart



**Bild 4-1:** Verbreitung von Kinderrückhaltesystemen

Kindersitzmodell	Anzahl	Anteil
Gruppe 0	25	
Maxi Cosi plus	8	32,0 %
Andere	17	68,0 %
Gruppe I, Fünfpunktgurt	134	
Römer King	46	34,3 %
Maxi Cosi Priori	12	9,0 %
Concord Fixmax	5	3,7 %
Andere	71	53,0 %
Gruppe I/II/III, Dreipunktgurt	24	
Storchenmühle Airseat 1, 2, 3	13	51,2 %
Andere	11	48,8 %
Gruppe II/III, Dreipunktgurt	67	
Römer Zoom + Comfy	31	46,3 %
Römer Star Riser + Comfy	9	13,4 %
Concord Lift	6	9,0 %
Kiddy Mega Base	6	9,0 %
Andere	15	22,3 %
Gruppe II/III (Booster ohne Lehne), Dreipunktgurt	67	
Römer Zoom	7	10,4 %
Nuova	7	10,4 %
No name	5	7,5 %
Andere	48	71,7 %

**Tab. 4-5:** Verbreitete Kindersitzmodelle nach Bauart

bräuchlichsten Kindersitzmodelle zugeordnet (Tabelle 4-5). In 34 % aller untersuchten Fälle wurde eines dieser sieben Kindersitzmodelle verwendet.

Einige der aufgeführten Modelle sind zwischenzeitlich nicht mehr erhältlich beziehungsweise wurden von den Herstellern durch neuere Produkte ersetzt.

Insgesamt sind in Deutschland 246 verschiedene Kindersitze und Rückhaltesysteme nach ECE-R44.03 zugelassen.

### 4.3 Geometrie gebräuchlicher Kinderrückhaltesysteme

Die Messungen wurden mit Dummies der P-Serie durchgeführt. Die Daten sind auf andere Dummy-Baureihen übertragbar, da Größe und Gewicht der verschiedenen Altersstufen zwischen den diversen Dummyfamilien vergleichbar sind.

Da die in Tabelle 4-5 aufgeführten populären Kinderrückhaltesysteme teilweise nicht mehr erhältlich sind und eine Vermessung alter Systeme wenig sinnvoll erschien, wurde die Sitzauswahl korrigiert. Die ausgewählten Kinderrückhaltesysteme wurden in den aktuellen Testreihen von ADAC und Stiftung Warentest auf ihr Crashverhalten hin überprüft. Die Erfahrung zeigt, dass Systeme, die in diesen Publikationen gute Noten erhielten, sich auch am Markt durchsetzen.

Für die detaillierten Geometrieuntersuchungen wurden deshalb folgende Kindersitze verwendet:

- Römer Babystar (rückwärts gerichtetes System, Gruppe 0+)
- Maxi Cosi Citi (rückwärts gerichtetes System, Gruppe 0+)
- Römer Duo ISOFix (Gruppe I)
- Maxi Cosi Priori (Gruppe I)
- Römer Star Riser + Comfy (Gruppe II/III)

Der verwendete Römer Duo ISOFix ist in Deutschland bislang nur durchschnittlich weit verbreitet. Die Geometrie seiner Sitzschale ist jedoch vergleichbar mit anderen weit verbreiteten Kindersitzen von Römer. So steht er auch stellvertretend für die populären Modelle King und Lord von Römer.

In Anlage B sind die Ergebnisse der Fahrzeugvermessung sowie der Kindersitze dargestellt. Dabei wurden OoP-Stellungen berücksichtigt, soweit sie ohne Misuse möglich sind. Die Fahrzeugsitzeinstellung wurde so gewählt, dass das Kinderrückhaltesystem so weit wie möglich vom Airbag überdeckt wird.

In den Fahrzeugen mit sitzintegrierten Airbags (Anlage B.1) liegt in keinem der untersuchten Fälle der Kopf des Kindes direkt vor der Airbagöffnung. Auch die Schulter der verwendeten P3 und P6 liegt, wenn sie schräg im Römer Star Riser + Comfy sitzen, nicht vor der Austrittsöffnung.

Ist der Seitenairbag in der Tür montiert (Anlage B.2), so befindet sich bei rückwärts gerichteten



**Bild 4-2:** Vierjähriges Mädchen in einem Kindersitz



**Bild 4-3:** Kind in Schlafstellung (airbagabgewandt), gesichert in einer Sitzerrhöhung mit Lehne

Systemen die Airbagabdeckung auf gleicher Höhe mit dem Dummykopf. Bei einer Breite der Sitzschale von zirka 440 Millimetern (Römer Babystar) bleibt genügend Spielraum für die ungehinderte Airbagentfaltung.

#### 4.4 Sitzpositionen von Kindern in Kinderrückhaltesystemen

Neben der aufrechten Sitzposition wurden die P-Dummys, soweit es ihre Bewegungsfreiheit zuließ, in eine OoP-Situation innerhalb des Sitzes gebracht und vermessen. Diese Ergebnisse sind auch in der Anlage B aufgeführt.

Die Untersuchungen des GDV zeigen, dass sich Kinder, die in schalenartigen Sitzen transportiert werden, nur unter größeren Anstrengungen aus dem Sitz lehnen können. Die seitliche Führung der Sitzschale dient oft als Schlafstütze (Bild 4-2). Vier- und Fünfpunktgurtsysteme helfen ebenfalls, das OoP-Risiko zu senken.

Werden Kinder mit dem Fahrzeuggurt und einer Sitzerrhöhung im Fahrzeug gesichert, so erhöht sich das OoP-Risiko erheblich. Sitzerrhöhungen bieten dem Kind deutlich mehr Bewegungsfreiheit als Sitzschalen. Zusätzliche Lehnen können OoP-Situationen nur verhindern, wenn sie mit großen seitlichen Wangen ausgerüstet sind (Kapitel 5.1.3).

Dabei sind zwei Extrempositionen möglich. Zum einen, das Kind lehnt sich gegen die Tür, und zum anderen, es kippt aus dem Gurt (Bild 4-3). Während die erste Position relevant für die Airbaguntersuchungen ist, kann die zweite Stellung in dieser Studie unberücksichtigt bleiben.

Untersuchungen mit dem P3 zeigen, dass bei allen gängigen vermessenen Kindersitzen der Kopf unterhalb eines Windowbags liegt. Für einen Dreijährigen dürfte er also keine Gefahr darstellen.

Für größere Dummys, wie zum Beispiel den sechs- und zehnjährigen, besteht zwar theoretisch eine Gefahr für den Kopf durch den Windowbag, entsprechende Konfigurationen werden jedoch schon in OoP-Richtlinien (LUND, 2000) definiert. Sie blieben deshalb in dieser Arbeit unberücksichtigt.

## 5 Definition von OoP-Situationen

Basierend auf den Analysen der vorangegangenen Arbeitspakete wurden die Konfigurationen für die experimentellen Untersuchungen festgelegt. Das

Hauptaugenmerk lag dabei auf so genannten Risiko-OoP-Situationen, bei denen sich das gesicherte Kind im Rahmen seiner Bewegungsmöglichkeiten innerhalb des Sitzes dem Airbagmodul nähert.

Gefährliche Misuse-Situationen, in denen das Kind aufgrund falsch installierter Rückhaltesysteme in den direkten Entfaltungsbereich des Seitenairbags gelangen kann, blieben unberücksichtigt. Untersuchungen zu diesem Themengebiet hätten den Rahmen der Studie gesprengt.

## 5.1 Definition von Risiko-OoP-Situationen

Mit den derzeit verfügbaren Kinderdummys kann hauptsächlich das Verletzungsrisiko für Kopf, Hals und Torso bewertet werden. Gesicherte Aussagen über die Verletzung der Extremitäten sind nicht möglich. In den Versuchsreihen wurden deshalb nur die instrumentierten Körperregionen berücksichtigt. Konstellationen, in denen ein Bein oder Arm aus dem Kindersitz lehnt, schienen deshalb wenig zielführend. Weiterhin sind Verletzungen der Extremitäten in den meisten Fällen nicht lebensbedrohend.

Priorität genossen deshalb die Positionen, bei denen Kopf, Hals und Torso direkt gefährdet sind.

Im Rahmen der Vorversuche wurden sieben Standversuche mit sitzintegrierten Airbags durchgeführt. Es wurde beobachtet, dass sich die sitzintegrierten Airbags auch in Richtung des Insassen entfalten. Die Seitenairbags eines Ford Mondeo und eines VW Golf überdeckten zeitweise ein Viertel der Sitzbreite.

Viele Automobilhersteller weisen die Nutzer ihrer Fahrzeuge an, immer dafür zu sorgen, dass Kinder stets aufrecht im Auto sitzen und sich nicht an die Tür lehnen (Kapitel 3.4). Diese Forderung ist, besonders wenn der Fahrer allein mit einem Kind unterwegs ist, nicht praktikabel. Bei der Definition der Risiko-OoP-Situation für die Versuchsreihen wurden diese Forderungen deshalb ignoriert.

Für die vier gebräuchlichsten Kinderrückhaltesysteme wurden nachfolgende Risiko-OoP-Situationen definiert.

### 5.1.1 Rückwärts gerichtete Sitzschale

Die Vermessung der Kinderdummys in den Sitzschalen zeigte, dass die OoP-Möglichkeiten für

das Kind sehr eingeschränkt sind. So ist es einem Kind nicht möglich, den Kopf oder Oberkörper aus dem Sitz zu lehnen.

Bei der Montage des Sitzes im Auto ist der seitliche Spielraum für die Sitzbefestigung aufgrund der ausgeprägten Mulde in den Sitzkissen begrenzt. Der Kindersitz kann lediglich leicht um die Hochachse verdreht befestigt werden. Sinnvolle OoP-Situationen sind deshalb nicht definierbar.

### 5.1.2 Vorwärts gerichtete Sitzschale

Größere Kinder überragen zwar in den untersuchten Sitzschalen mit dem Kopf die Sitzoberkante, es ist jedoch unmöglich, den Kopf vollständig aus dem Sitz zu lehnen. Es kann nur versucht werden, den Dummy so schräg wie möglich einzusetzen, damit der Kopf auf der airbagzugewandten Seite Kontakt zur Schale hat. Trifft der Luftsack den Sitz genau in diesem Bereich, so dürften die Belastungen für Kopf und Hals am höchsten sein.

Die Variationsmöglichkeiten beim Einbau vorwärts gerichteter Sitzschalen sind begrenzt. Lediglich eine leicht nach links gedrehte Position, bei der die Kindersitzlehne näher zur B-Säule rückt, ist realisierbar.

### 5.1.3 Sitzerrhöhung mit Lehne

Der Dummy kann seitlich nach außen bis an die Kopfstütze gelehnt werden. Das würde einer Ruheposition des Kindes entsprechen. Es ist ebenfalls möglich, den Oberkörper leicht nach schräg vorn zu lehnen. So kann der Kopf näher zum Airbag gebracht werden.

Die wahrscheinlichste Schlafposition, der Oberkörper kippt nach innen aus dem Gurt (Bild 4-3), ist für Untersuchungen an Seitenairbags nicht interessant.

### 5.1.4 Sitzerrhöhung ohne Lehne

Mit einer einfachen Sitzerrhöhung sind im Prinzip die gleichen OoP-Stellungen möglich, wie sie mit Sitzerrhöhungen mit Lehne machbar sind. Aufgrund der fehlenden Lehne und Gurtführung ist es viel einfacher für ein Kind, den Oberkörper an die Tür zu lehnen. Ist das Kind groß genug, dann kann es den Kopf auf die Türbrüstung legen.

## 5.2 Definition der Versuchskonfigurationen

Sowohl in Stand- als auch in Full-scale-Versuchen wurden die in Tabelle 5-1 gezeigten Kombinationen unterschiedlicher Airbags und Kindersitze von anderen Instituten bereits untersucht. In diesen In-Position-Tests wurden keine airbagbedingten kritischen Belastungen registriert.

Für die fünf Standversuche sollten zum einen die Konfigurationen ausgewählt werden, die vermeintlich gefährlich sind, sowie die, die bislang noch nicht getestet wurden.

Basierend auf den Erkenntnissen der vorangegangenen Untersuchungen wurden in Tabelle 5-2 den verschiedenen Kombinationen von Seitenairbags und Rückhaltesystemen eine Priorität zugewiesen. Neben dem zu erwartenden Verletzungsrisiko für das Kind wurden auch die Ergebnisse aus Tabelle 5-1 berücksichtigt.

Zur Wichtung der Konfigurationen ist eine vierstufige Skala verwendet worden. Diese beschreibt die Priorität der Konfigurationen von A (sehr hoch) bis D (gering). Von den 20 möglichen Kombinationen wurden acht mit der geringeren Priorität „D“ bewertet; zum einen, weil bereits Testergebnisse aus anderen Versuchsreihen vorlagen, und zum anderen, weil die Wechselwirkungen zwischen Kindersitz und Airbag aufgrund der geometrischen Randbedingungen als gering eingeschätzt wurden.

Der Mercedes SL ist das bislang einzige Fahrzeug mit türintegrierten Head-Thorax-Bags. Aufgrund

der geringen Marktrelevanz blieb dieser Airbagtyp bei der weiteren Auswahl unberücksichtigt.

Nachfolgend werden die einzelnen Wichtungen erläutert.

### 5.2.1 Windowbags

Für Kinder, die in Sitzschalen transportiert werden, stellt der Windowbag (Inflatable Curtain) keine Gefahr dar. Kopf und Hals reichen bei Verwendung dieser Sitzsysteme nur bis maximal zur Türbrüstung, während der Windowbag knapp darüber endet. Außerdem ist der seitliche Abstand zwischen Luftsack und Kindersitz relativ groß.

Werden Kinder mit der Größe eines Dreijährigen auf einer Sitzhöhung untergebracht, so reichen auch hier Kopf und Hals nicht bis zum Windowbag hinauf.

Größere Kinder (z. B. Sechsjährige), die mit Dreipunktgurt und Sitzhöhung gesichert sind, überragen mit dem Kopf durchaus die Türbrüstung. Sie könnten bei einer ungünstigen Sitzposition vom Airbag getroffen werden. In einer der OoP-Richtlinien für Seitenairbags (LUND, 2000) ist für den Sechsjährigen ein deutlich gefährlicherer Versuchsaufbau definiert worden. Wird dieser Test bestanden, so dürfte die in dieser Studie relevante leicht zur Tür geneigte Sitzposition kein Problem darstellen.

Aufgrund der zu erwartenden geringen Risiken für Kinder durch Windowbagsysteme bleiben diese bei der Definition der Versuchskonstellationen unberücksichtigt.

Bauart des Seitenairbags	rückwärts gerichtete Sitzschalen	vorwärts gerichtete Sitzschale	Sitzerhöhung mit Lehne	Sitzerhöhung
Türintegrierter Seitenairbag	-	ja	ja	-
Sitzintegrierter Seitenairbag	ja	ja	ja	-
Türintegrierter Head-Thorax-Bag	-	-	-	-
Sitzintegrierter Head-Thorax-Bag	-	-	-	-
Windowbag	-	-	-	-

Tab. 5-1: In der Literatur dokumentierte In-Position-Tests (TYLKO, 2001)

Bauart des Seitenairbags	rückwärts gerichtete Sitzschalen	vorwärts gerichtete Sitzschale	Sitzerhöhung mit Lehne	Sitzerhöhung
Türintegrierter Seitenairbag	D	D	C	B
Sitzintegrierter Seitenairbag	D	D	C	B
Türintegrierter Head-Thorax-Bag	D	C	B	A
Sitzintegrierter Head-Thorax-Bag	D	C	B	A
Windowbag	D	D	C	C

Tab. 5-2: Priorität der möglichen Kindersitz-Airbag-Kombinationen

### 5.2.2 Rückwärts gerichtete Sitzschalen

Der Kombination von rückwärts gerichteter Sitzschale und Seitenairbag wurde unabhängig von der Airbagbauform die geringste Priorität zugewiesen.

Kinder sind in rückwärts gerichteten Sitzschalen gut vor dem direkten Einfluss des Seitenairbags geschützt.

In Fahrzeugen mit sitzintegrierten Systemen reicht der Airbag nicht an die sensiblen Körperbereiche Kopf und Hals heran, so dass unmittelbare Gefahren durch den Airbag auszuschließen sind.

Ist der Airbag in der Tür integriert, so besteht die Möglichkeit, dass der Kindersitz direkt vom Luftsack getroffen wird. Das Kind würde dann über die seitliche Schale einen Stoß auf den Kopf bekommen. Moderne Sitzschalen sind jedoch seitlich gepolstert, so dass auch hier das Verletzungsrisiko wahrscheinlich gering bleibt.

Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass der Airbag die Sitzschale, besonders bei fest verankerten Sitzsystemen, beschädigt. Dieses Gefährdungspotenzial wurde am Beispiel eines vorwärts gerichteten ISOFix-Sitzes in einem Fahrzeug mit sitzintegriertem Airbag untersucht.

### 5.2.3 Vorwärts gerichtete Sitzschalen

Bereits veröffentlichte Versuchsergebnisse (TYLKO, 2001) zeigen, dass von sitz- und türintegrierten Seitenairbags keine erhöhte Gefahr für Kinder in vorwärts gerichteten Sitzschalen ausgeht. Die seitlichen Polster der Schale bieten demnach ausreichend Schutz. Deshalb wird nur den Kombinationen mit Head-Thorax-Bag eine mittlere Priorität zugewiesen. Aufgrund des größeren Volumens könnten sie eine Gefahr darstellen.

Weiterhin besteht die Gefahr, dass der Luftsack den Kindersitz beschädigt. Während Sitzschalen, die über den Gurt mit dem Fahrzeug befestigt sind, in gewissen Grenzen dem Luftsack ausweichen können, sind ISOFix-Systeme lateral starr verankert. Die Schale muss den Stoß durch den Airbag absorbieren können. In die Versuchskonfigurationen wurde deshalb ein ISOFix-System aufgenommen.

### 5.2.4 Sitzerhöhung mit Lehne

Sitzerhöhungen, die mit einer Lehne versehen sind, schützen Kinder in der Regel weniger wirksam vor

aggressiven Seitenairbags als Sitzschalen. Deshalb wurden diesen Konfigurationen durchweg mittlere bis hohe Prioritäten zugewiesen, wobei die voluminösen Head-Thorax-Bags wahrscheinlich gefährlicher sind als kleinere Thorax-Bags.

In der Literatur wurden bereits In-Position-Tests mit diesem Kindersitztyp dokumentiert. Es konnte kein erhöhtes Risiko für die Kinder durch den Seitenairbag festgestellt werden. Befindet sich das Kind in einer der beschriebenen Risiko-OoP-Stellungen, könnten die Ergebnisse deutlich schlechter ausfallen.

### 5.2.5 Sitzerhöhung ohne Lehne

Sitzen Kinder ohne seitliche Führung von Kopf und Torso auf einem Airbagsitzplatz, so ist mit Interaktionen zwischen Kind und Airbag bereits bei geringen Abweichungen von der Normsitzposition zu rechnen. Besonders die großvolumigen Head-Thorax-Bags könnten dann zur Gefahr für Kinder werden.

Diesen Konstellationen wurden deshalb hohe und höchste Prioritäten zugewiesen.

## 5.3 Versuchskonfigurationen

Für die Definition der Versuchskonfigurationen spielte die Verbreitung der jeweiligen Kindersitze nur eine untergeordnete Rolle. Zunächst wurde auf für Kinder potenziell gefährliche Konstellationen geachtet. Die Ergebnisse der Marktanalysen (Kapitel 4.2) zeigen, dass die gewählten Kinderrückhaltesysteme, mit Ausnahme des ISOFix-Systems, weit verbreitet sind.

Die Tabelle 5-3 zeigt die für die Standversuche ausgewählten Konstellationen. Wurden einem Kinderrückhaltesystem bei verschiedenen Airbagtypen unterschiedliche Prioritäten zugewiesen (Tabelle 5-2), so sind für die Versuchsreihen nur die mit der jeweils höheren Priorität ausgewählt worden (Tabelle 5-3).

Da ISOFix-Sitze für jedes Fahrzeug speziell zugelassen sein müssen, ist für Konfiguration 5 ein vom Fahrzeughersteller verkaufter ISOFix-Sitz verwendet worden. Für anderen Versuche wurden die No-name-Sitzerhöhung Baby Sunny Touring sowie ein Römer Star Riser + Comfy benutzt.

Die Auswahl der fünf Fahrzeuge erfolgte zum einen über die prinzipielle Möglichkeit, ein Kinderrückhal-

Konfiguration	Priorität	Kinderrückhaltesystem (Modell)	Bauart des Seitenairbags	Dummy	Sitzposition des Kindes	Fahrzeug
1	B	Sitzerhöhung ohne Lehne (Baby Sunny Touring)	sitzintegrierter Seitenairbag	dreijährig	Oberkörper zur Tür geneigt	Mitsubishi SpaceStar
2	A	Sitzerhöhung ohne (Baby Sunny Touring)	sitzintegrierter Head-Thorax-Bag	sechsjährig	Oberkörper zur Tür geneigt	Nissan Micra
3	B	Sitzerhöhung ohne (Baby Sunny Touring)	türintegrierter Seitenairbag, Windowbag <sup>a</sup>	sechsjährig	Oberkörper zur Tür geneigt	Mercedes C-Klasse
4	B	Sitzerhöhung mit Lehne (Römer Star Riser + Comfy)	sitzintegrierter Head-Thorax-Bag	dreijährig	Oberkörper zur Tür geneigt	Renault Twingo
5	C	vorwärts gerichtete Sitzschale mit ISOFix-Verankerung (Herstellervorgabe)	sitzintegrierter Head-Thorax-Bag	dreijährig	nach außen zur Sitzschale geneigt	Peugeot 206

<sup>a</sup> Es wurde nur der Seitenairbag gezündet

**Tab. 5-3:** Versuchskonfigurationen

tesystem mit einen Seitenairbag kombinieren zu können (Kapitel 3), und zum anderen über die Geometriedaten (Kapitel 4), wobei beengte Platzverhältnisse bevorzugt worden sind.

Die Fahrzeuge für die Konfigurationen 2 und 4 (Nissan Micra und Renault Twingo) wurden anhand der Zulassungszahlen von Januar bis Juni 2001 gesucht.

Für die Konfiguration 5 wurde der Peugeot 206 herangezogen. Er ist eines der drei im Jahr 2001 in Deutschland erhältlichen Fahrzeuge mit Head-Thorax-Bag, die auf dem Beifahrersitzplatz ISOFix-Verankerungen besitzen (Kapitel 7).

Fahrzeuge von Mitsubishi spielen auf dem deutschen Markt zwar nur eine untergeordnete Rolle, doch aufgrund der breiten Seitenairbags wurde der SpaceStar als meistverkaufter Mitsubishi, bei dem Seitenairbags und Kinderrückhaltesysteme kombiniert werden dürfen, ausgewählt.

Mercedes und BMW sind laut den Recherchen die einzigen Hersteller, bei denen türintegrierte Seitenairbags mit Kindersitzen kombiniert werden dürfen. Beim BMW 3er, dem meistverkauften Pkw dieser Gruppe, dürfen Kinderrückhaltesysteme nur auf den hinteren Sitzplätzen montiert werden. Dort ist der Seitenairbag jedoch nur optional erhältlich. Von der Mercedes-C-Klasse wurden im gleichen Zeitraum zwar weniger Fahrzeuge verkauft (Seitenairbags vorn Serie), dafür dürfen dort Kinderrückhaltesysteme auf dem Beifahrersitz verwendet werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass weniger 3er mit hinteren Seitenairbags verkauft

wurden als C-Klassen insgesamt. Für die Versuchsreihen war der Mercedes deshalb die bessere Wahl.

## 6 Experimentelle Analyse

Zur Beurteilung des Risikos für kindliche Fahrzeuginsassen durch den sich entfaltenden Seitenairbag wurden Standversuche sowie Full-scale-Crashtests durchgeführt. Die Standversuche sind vom ADAC und die Full-scale-Tests von der TU Berlin durchgeführt worden.

Da im Rahmen der Airbagstandversuche hohe Geräuschpegel registriert wurden, sind beispielhaft zwei Airbagzündungen mit einem speziellen Messkopf untersucht worden. Diese Untersuchungen sind in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Hörforschung aus Gießen in Berlin durchgeführt worden.

### 6.1 Konzeption eines Prüfstandes für einen generischen Innenraum

Ursprüngliches Ziel war es, einen generischen Innenraum mit verschiedenen Seitenairbags zu bauen. Mit dessen Hilfe sollten allgemein gültige Aussagen über die Wechselwirkungen zwischen Dummy und Airbag gemacht werden. Die Übertragbarkeit der Resultate auf spezielle Fahrzeuge ist bei dieser Vorgehensweise jedoch nur begrenzt möglich. Zudem hätte es für den Aufbau einer Vielzahl von exakten Geometriedaten unterschied-

lichster Fahrzeuge bedurft. Diese waren jedoch über die Herstellerumfrage nicht zu beschaffen. Deshalb wurde auf die Konstruktion eines Prüfstands verzichtet. Stattdessen wurden die Versuche an vorher ausgesuchten Fahrzeugmodellen durchgeführt. Mit dieser Vorgehensweise kann der Einfluss des Entfaltungsverhaltens der Airbags auf die kindlichen Insassen exemplarisch an den fünf Versuchsfahrzeugen gezeigt werden.

Über eine gezielte Fahrzeugauswahl können besonders gute und weniger gute Seitenairbags identifiziert werden. Die Versuchsergebnisse belegen die Richtigkeit dieser Vorgehensweise.

## 6.2 Auswahl und Instrumentierung der Dummies

Es wurden Konstellationen mit drei- und sechsjährigen Kinderdummys definiert. Zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander mussten die Dummies aus einer Familie stammen.

Prinzipiell konnte aus drei Kinderdummyfamilien ausgewählt werden, der P-Serie, der Q-Serie sowie der Hybrid-III-Familie.

Die Dummies der P-Serie sind zwar in der europäischen Gesetzgebung verankert, sie eignen sich jedoch nicht für den Seitenaufprall und Airbaguntersuchungen.

Besser geeignet erschien die Q-Serie, die sowohl im Frontal- als auch im Seitenaufprall eingesetzt werden kann.

Letztendlich wurde auf die Hybrid-III-Familie zurückgegriffen. Diese Dummies wurden zwar nicht primär für den Seitenaufprall entwickelt, werden aber in allen gängigen Regelwerken zur Überprüfung der Wirkung von Airbags eingesetzt. Auch in den beiden Richtlinien zur Überprüfung von „Out of Position“-Situationen mit Seitenairbags kommen Kinderdummys der Hybrid-III-Serie zum Einsatz (ISO, 1999; LUND, 2000). Insofern sind der drei- und sechsjährige Hybrid III für die Versuchsreihen gut geeignet.

Bislang existiert noch keine Seitenaufprallgesetzgebung für Kinderrückhaltesysteme. So konnte nicht auf gesetzlich definierte Belastungsgrenzen für die Dummies zurückgegriffen werden. Zur Beurteilung der Messwerte wurden deshalb die „Dummy Injury Reference Values for Out-of-Position Testing of Side Airbags“ der „Side Airbag Out-

Körperregion	Messgröße (Richtung)
Head	Beschleunigung (x, y, z)
Upper Neck	Kraft (x, y, z) Moment (x, y, z)
Chest	Beschleunigung (x, y, z) Brusteindrückung (x)
Pelvis	Beschleunigung (x, y, z)

Tab. 6-1: Instrumentierung der Hybrid-III-Dummys

of-Position Injury Technical Working Group“ (LUND, 2000) verwendet. Zusätzlich sind die Grenzwerte für die Halsmomente um x- und z-Achse (Lateral Moment und Twist Moment) angegeben worden. Diese sind der Liste der „Dummy Injury Research Values“ derselben Richtlinie entnommen worden.

Die Tabelle 6-1 zeigt die Instrumentierung der verwendeten Kinderdummys. Alle Messsignale beziehen sich auf Koordinatensysteme, wie sie in der Norm SAE J211 definiert sind.

Das in den Ergebnistabellen angegebene  $a_{3ms}$ -Kriterium für Kopf, Brust und Becken ist kontinuierlich berechnet worden.

## 6.3 Standversuche

Jede der fünf Konfigurationen wurde dreimal unter gleichen Randbedingungen getestet, um starke Streuungen in den Resultaten erkennen zu können. Auf diese Weise konnte verhindert werden, dass aus den Ergebnissen eventuell unzulässige Schlüsse gezogen werden.

Die Fahrzeuge wurden von den Herstellern für die Versuchsreihen gestellt. Sie entsprachen dem aktuellen Serienstand. Die Airbagmodule für die Wiederholungstests wurden über Vertragswerkstätten beschafft, so dass die theoretische Möglichkeit einer Manipulation der Module durch die Hersteller ausgeschlossen werden konnte.

### 6.3.1 Konfiguration 1

Diese Versuchskonfiguration wurde beispielhaft in einem Mitsubishi SpaceStar (Modelljahr 2001) getestet (Bild 6-1). Als Kindersitz kam die Sitzerrhöhung ohne Führhilfe Baby Sunny Touring zum Einsatz.

Der Beifahrersitz des Mitsubishi wurde entsprechend den Vorgaben im Handbuch in die hinterste Position geschoben, die Lehne auf die 20° Neigung der ECE-Sitzbank (ECE-R44, 2000) eingestellt.



Um den Abstand zwischen Airbagöffnung und Kinderdummy so gering wie möglich zu halten, wurde der Dummy leicht zur Tür geneigt. Die Sitzposition



Bild 6-1: Mitsubishi: Dummyposition vor dem Versuch



Bild 6-2: Mitsubishi: Entfalteter Seitenairbag



Bild 6-3: Mitsubishi: Dummyposition nach dem Versuch

war aber stabil, so dass die gewählte Stellung durchaus realistisch ist.

In den Versuchen entfaltete sich der Seitenairbag zunächst nach vorn und öffnete so den Sitzbezug. Aufgrund der zusätzlich schnellen Airbagentfaltung in Querrichtung hat er schon nach sechs Millisekunden den ersten Kontakt mit dem Dummy. Der ohne Fangbänder ausgerüstete Thorax-Bag wurde während seiner weiteren Entfaltung sehr breit und rund (Bild 6-2). Das führte zu einem starken Impuls gegen den schräg sitzenden Dummy.

Im Versuch bewegte sich der Dummy vom Airbag weg in Richtung Fahrzeugmitte. Nach dem Versuch hing der Insasse leicht nach vorn gebeugt im Dreipunktgurt (Bild 6-3). Eine Abknickbewegung des Kopfes gegenüber dem Oberkörper war nicht zu beobachten.

Die Kinematik des Insassen lässt den Schluss zu, dass der Seitenairbag relativ aggressiv ist. Trotzdem blieben die am Dummy gemessenen Belastungen gering (Tabelle 6-2). Alle Werte liegen, zum Teil deutlich, unter den Belastungsgrenzen. Lediglich der  $N_{ij}$ -Wert sowie die Halsmomente um x- und z-Achse des Kopfes sind erhöht. Möglicherweise sind diese Effekte auf die Kombination von schnellem Entfalten und runder Formgebung zurückzuführen.

Die Streuung der Messwerte in den drei Versuchen blieb gering.

Messstelle/Schutzkriterium	Limit	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
Head				
HIC <sub>15ms</sub> [-]	570	59	52	35
a <sub>3ms</sub> [g]	-	34,9	31,1	24,2
Upper Neck				
N <sub>ij</sub> [-]	1	0,31	0,47	0,37
F <sub>T</sub> [N]	2.120	199	289	144
F <sub>C</sub> [N]	2.120	251	382	251
M <sub>F</sub> [Nm]	68	4,0	6,5	4,1
M <sub>E</sub> [Nm]	27	6,3	11,1	8,9
Tension [N]	1.130	298	383	288
Compression [N]	1.380	208	293	145
Upper Neck (Injury research values)				
Lateral Moment [Nm]	30	17,8	13,7	18,8
Twist Moment [Nm]	17	6,8	8,8	6,9
Thorax <sup>a</sup>				
Deflection [mm]	39	1 (1)	2 (2)	1 (1)
Deflection rate [m/s]	8,0	2,3 (2,1)	2,2 (1,9)	2,0 (1,9)
a <sub>3ms</sub> [g]	-	12,0	12,6	14,8

<sup>a</sup> Werte in Klammern: Kompression des Brustkorbs

Tab. 6-2: Insassenbelastungen der Mitsubishi-Standversuche

### 6.3.2 Konfiguration 2

Ein Nissan Micra (Modelljahr 2001) sowie ein Baby Sunny Touring wurden in dieser Versuchskonfiguration verwendet. Die Beifahrerlehne wurde wiederum auf 20° Neigung eingestellt und der Beifahrersitz entsprechend Herstellervorgabe ganz nach hinten geschoben.

Der sechsjährige Dummy wurde schräg eingesetzt, so dass sich der Kopf relativ nah an der Öffnung für den Head-Thorax-Bag befand (Bild 6-4).

Nach der Fremdzündung des Airbags entfaltete sich der Luftsack auch hier zunächst nach vorn. Anschließend öffnete sich der obere Teil des Airbags geradlinig in Richtung Dach. Der im Vorfeld befürchtete starke Impuls gegen den Insassen, der zum seitlichen Abknicken der Kopfes führen kann, wurde nicht beobachtet. Kopf und Oberkörper bewegten sich gemeinsam vom Airbag weg.

Bild 6-5 zeigt, dass sich der fangbandlose Airbag des Nissan lateral nicht so weit ausdehnte wie im Mitsubishi SpaceStar. Dennoch kam es zu einer airbagbedingten Pendelbewegung des Oberkörpers. Allerdings kippte er nach dem Versuch wieder in die senkrechte Position zurück (Bild 6-6).

Der Seitenairbag des Nissan ist offensichtlich weniger aggressiv als der Mitsubishi-Airbag. Allerdings ist der sechsjährige Dummy auch schwerer als der Dreijährige im Mitsubishi, so dass die negativen Auswirkungen auf den Insassen abgeschwächt werden.

Im ersten der drei Versuche saß der Dummy etwas stärker geneigt im Fahrzeug. Die Fotomontage Bild 6-7 zeigt den Unterschied.



Bild 6-4: Nissan: Dummyposition vor dem Versuch

In Tabelle 6-3 sind die Ergebnisse der Versuchsserie aufgeführt. Alle Werte liegen deutlich unter den Belastungsgrenzen. Im zweiten und dritten Versuch sind die Streuungen der Werte wieder relativ gering. Der erste Test fällt aufgrund der veränderten Sitzposition aus der Reihe. Vor allem die vertikale



Bild 6-5: Nissan: Entfalteter Seitenairbag



Bild 6-6: Nissan: Dummyposition nach dem Versuch



Bild 6-7: Nissan: Vergleich der Sitzpositionen

Messstelle/Schutzkriterium	Limit	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
Head				
HIC <sub>15ms</sub> [-]	723	50	14	8
a <sub>3ms</sub> [g]	-	29,6	13,4	12,4
Upper Neck				
N <sub>ij</sub> [-]	1	0,29	0,14	0,10
F <sub>T</sub> [N]	2.800	644	175	97
F <sub>C</sub> [N]	2.800	315	280	207
M <sub>F</sub> [Nm]	93	6,6	4,7	3,8
M <sub>E</sub> [Nm]	37	3,4	1,7	2,7
Tension [N]	1.490	314	280	209
Compression [N]	1.820	645	179	106
Upper Neck (Injury research values)				
Lateral Moment [Nm]	42	14,5	8,1	5,3
Twist Moment [Nm]	24	5,5	1,6	2,9
Thorax <sup>a</sup>				
Deflection [mm]	40	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Deflection rate [m/s]	8,5	0,1 (0,1)	0,2 (0,2)	0,1 (0,1)
a <sub>3ms</sub> [g]	-	23,2	16,3	12,1

<sup>a</sup> Werte in Klammern: Kompression des Brustkorbs

Tab. 6-3: Insassenbelastungen der Nissan-Standversuche

Kompressionskraft am Hals (Compression) sowie das Biegemoment des Kopfes um die z-Achse (Lateral Moment) liegen deutlich über den beiden anderen Messungen.

Die Versuchsergebnisse belegen, wie stark die Insassenbelastungen von der Sitzposition des Insassen abhängen. Würde der Kopf auf der Türbrüstung liegen, so wäre das Verletzungsrisiko für ihn wahrscheinlich am größten. Diese, dann schon extreme „Out of Position“-Situation gehört jedoch nicht mehr zur Aufgabenstellung dieser Studie. Außerdem werden solche Stellungen in den entsprechenden OoP-Richtlinien geprüft (LUND, 2000; ISO, 1999).

### 6.3.3 Konfiguration 3

Diese Konfiguration wurde mit einem Mercedes C 200 Kompressor (Modelljahr 2001) durchgeführt. Wie bereits in Konfiguration 2 saß der sechsjährige Kinderdummy leicht zur Tür geneigt auf einer Sitzerhöhung vom Typ Baby Sunny Touring.

Die Neigung der Lehne betrug wieder 20°. Der Beifahrersitz wurde in Längs- und Vertikalrichtung auf die mittlere Position gebracht. Die Sitze besitzen einen sehr großen Einstellbereich. So würde der Dummy in der hintersten Sitzstellung auf Höhe der B-Säule sitzen und wäre damit zu weit vom Seitenairbag entfernt.

Bild 6-8 zeigt die Sitzposition zu Beginn des Versuchs sowie den Entfaltungsvorgang des türintegrierten Seitenairbags. Zunächst entfaltete sich der Bag in Richtung des Insassen, um die Türinnenver-

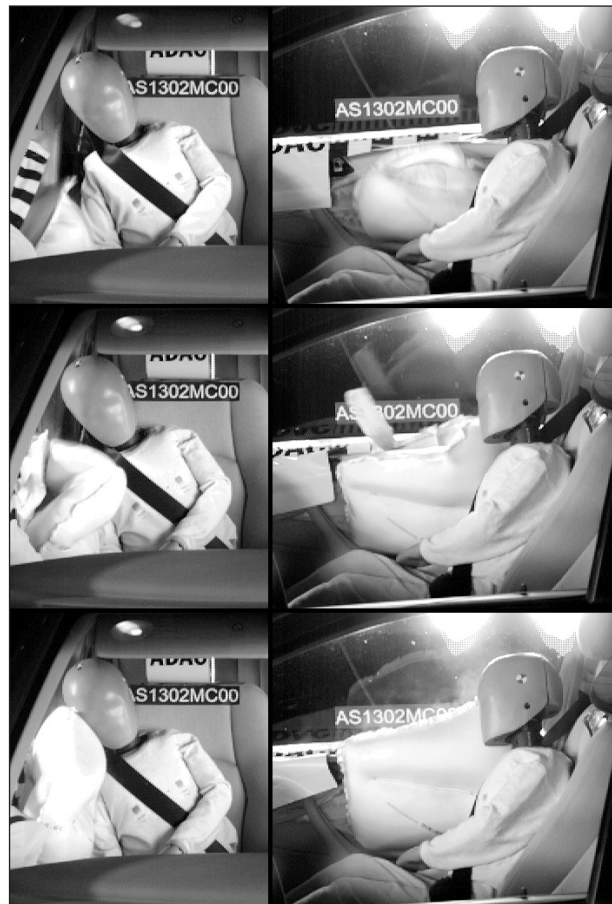


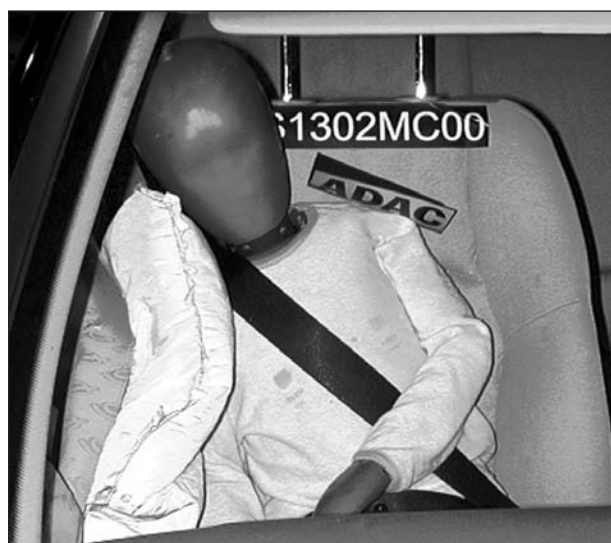
Bild 6-8: Mercedes: Dummyposition vor dem Versuch und Entfaltung des Seitenairbags

kleidung zu öffnen. Im Anschluss vergrößerte er sich hauptsächlich in vertikaler Richtung. Fangbänder reduzierten die Dicke des Airbags. Er überdeckte zwar kurzzeitig ein Viertel der Sitzbreite, der Insasse wurde aber nicht getroffen.

Wie die vorangegangenen Geometrieuntersuchungen bereits zeigten, ist der Abstand zwischen Insassen und Airbagöffnung relativ groß. So ist der Dummy ausreichend von den Airbagabdeckklappen in der Türverkleidung entfernt.

Zirka 13 Millisekunden nach Zündung des Seitenairbags hatte der Dummy den ersten Kontakt zum Luftsack, der nach 29 Millisekunden seine größte Ausdehnung erreichte. Zum ersten Kontakt zwischen Insassen und Airbag kam es erst, als die Airbagentfaltung fast abgeschlossen war. Der Dummy wurde deshalb nur leicht angestoßen. Er kippte langsam in seine Ausgangslage zurück (Bild 6-9). Zwischen Kopf und Oberkörper war keine Relativbewegung zu beobachten.

Die in Tabelle 6-4 aufgeführten Ergebnisse belegen, dass das Verletzungsrisiko für den kindlichen



**Bild 6-9:** Mercedes: Dummyposition nach dem Versuch

Messstelle/Schutzkriterium	Limit	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
<b>Head</b>				
HIC <sub>15ms</sub> [-]	723	0	4	0
a <sub>3ms</sub> [g]	-	2,8	2,6	2,8
<b>Upper Neck</b>				
N <sub>ij</sub> [-]	1	0,04	0,05	0,04
F <sub>T</sub> [N]	2.800	18	9	11
F <sub>C</sub> [N]	2.800	102	111	76
M <sub>F</sub> [Nm]	93	0,8	0,7	0,7
M <sub>E</sub> [Nm]	37	1,2	0,7	1,3
Tension [N]	1.490	102	112	77
Compression [N]	1.820	18	9	11
<b>Upper Neck (Injury research values)</b>				
Lateral Moment [Nm]	42	4,3	4,5	6,1
Twist Moment [Nm]	24	1,2	1,7	1,8
<b>Thorax<sup>a</sup></b>				
Deflection [mm]	40	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Deflection rate [m/s]	8,5	0 (0)	0 (0)	0 (0)
a <sub>3ms</sub> [g]	-	2,3	3,8	3,7

<sup>a</sup> Werte in Klammern: Kompression des Brustkorbs

**Tab. 6-4:** Insassenbelastungen der Mercedes-Standversuche

Insassen in dieser Konfiguration sehr gering ist. Die Grenzwerte wurden deutlich unterschritten. Die Streuung der Messwerte war klein.

### 6.3.4 Konfiguration 4

In dieser Testreihe wurden ein Renault Twingo (Modelljahr 2001) sowie ein Kindersitz des Typs Römer Star Riser + Comfy verwendet. Der Star Riser besitzt eine Führhilfe für den Beckengurt sowie eine Lehne mit seitlichen Kopfstützen. Der dreijährige Kinderdummy ist wiederum leicht zur Seite geneigt eingesetzt worden (Bild 6-10).

Die Beifahrerlehne wurde auf 20° Neigung eingestellt und der Sitz in die hinterste Position geschoben (Herstellervorgabe).



**Bild 6-10:** Renault: Dummyposition vor dem Versuch



**Bild 6-11:** Renault: Dummyposition nach dem Versuch

Aufgrund der Lehne sowie der Schultergurtführung konnte der Dummy nicht so weit zu Seite geneigt werden wie in der ersten Konfiguration (Kapitel 6.3.1). Um dennoch eine Schrägstellung zu erreichen, ist der Oberkörper leicht nach vorn geneigt worden.

Der Seitenairbag öffnete sich zunächst nach vorn und durchbrach so den Sitzbezug. Nachdem der

Messstelle/ Schutzkriterium	Limit	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Konfig. 4b
Head					
HIC <sub>15ms</sub> [-]	570	0	1	1	1
a <sub>3ms</sub> [g]	-	4,5	4,6	5,8	4,6
Upper Neck					
N <sub>ij</sub> [-]	1	0,08	0,10	0,08	0,07
F <sub>T</sub> [N]	2.120	86	115	115	44,4
F <sub>C</sub> [N]	2.120	62	31	42	59,6
M <sub>F</sub> [Nm]	68	3,1	4,0	0,7	1,7
M <sub>E</sub> [Nm]	27	1,6	2,0	3,6	1,7
Tension [N]	1.130	62	31	1,5	59,8
Compression [N]	1.380	86	115	116	44,9
Upper Neck (Injury research values)					
Lateral Moment [Nm]	30	3,5	10,9	6,7	8,3
Twist Moment [Nm]	17	4,4	3,1	3,1	1,4
Thorax <sup>a</sup>					
Deflection [mm]	36	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
Deflection rate [m/s]	8,0	0,2 (0,2)	0,3 (0,3)	0,3 (0,3)	0,7 (0,6)
a <sub>3ms</sub> [g]	-	4,5	10,5	8,4	11,8

<sup>a</sup> Werte in Klammern: Kompression des Brustkorbs

**Tab. 6-5:** Insassenbelastungen der Renault-Standversuche

Thorax-Teil des Airbags gefüllt war, rollte sich der Kopfteil auf der Fensterseite nach oben auf. Im Gegensatz zu den Head-Thorax-Bags der anderen Fahrzeuge war dieser Seitenairbag in sich nicht besonders stabil. Der obere Teil richtete sich nicht vollständig auf, sondern knickte immer wieder zum Dummy hin ab. Auf den Insassen hatte dieses Verhalten keinen messbaren Einfluss. Die entsprechenden Halskräfte und Halsmomente blieben gering.

Ungefähr 14 Millisekunden nach Zündung des Gasgenerators hatte der Luftsack zum ersten Mal Kontakt mit dem Dummy. Nach 37 Millisekunden erreichte der Airbag sein maximales Volumen, und nach 65 Millisekunden begann sich der Insasse langsam zu bewegen. Ein Abknicken des Kopfes war nicht zu beobachten.

Der Dummy kippte nach dem Versuch in seine ursprüngliche Position zurück (Bild 6-11).

Die Tabelle 6-5 zeigt die niedrigen Insassenbelastungen. Alle Grenzwerte wurden deutlich unterschritten.

### 6.3.5 Konfiguration 4b

Ein Renault Twingo wurde mit der Sitzerrhöhung Baby Sunny Touring in den Full-scale-Versuchen verwendet. Für Vergleichszwecke ist deshalb ein zusätzlicher Standversuch an der TU Berlin in einem der späteren Crashfahrzeuge durchgeführt worden.

Bild 6-12 zeigt die Sitzposition des Dummys vor dem Versuch. Der Sitz wurde in die hinterste Posi-



**Bild 6-12:** Renault: Dummyposition vor dem Versuch



**Bild 6-13:** Renault: Entfalteter Seitenairbag

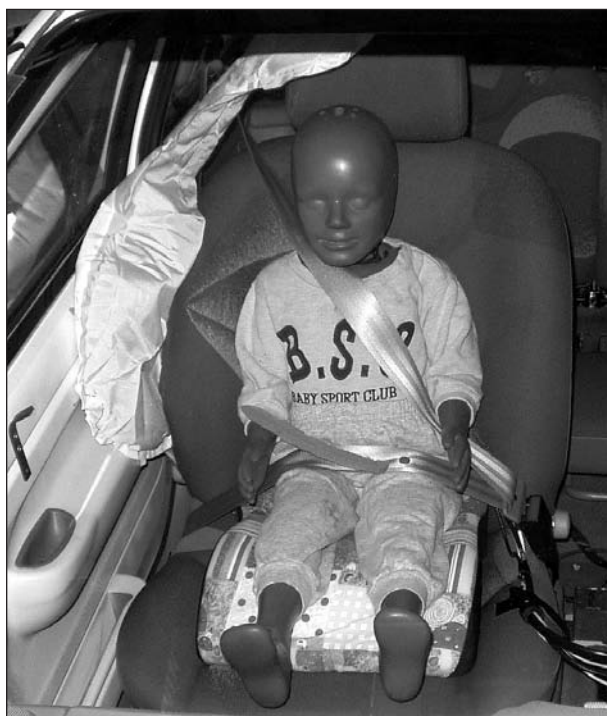
tion geschoben und die Lehne um 20° nach hinten geneigt.

In Bild 6-13 ist der gefüllte Seitenairbag des Renault Twingo abgebildet. Der Kopf des dreijährigen Dummys lag genau auf Höhe des Übergangs vom Thorax- zum Kopfteil des Luftsacks. Insgesamt blieb der Seitenairbag vergleichsweise schmal. Er überdeckte nur die rechte Wulst der Sitzlehne.

Der Impuls, den der Airbag gegen den Dummy ausübte, war gering. Zunächst bewegte sich der Oberkörper relativ langsam in Richtung Fahrzeugmitte, um dann in aufrechter Position zu verharren.

Bild 6-14 zeigt den Insassen in dieser Endlage. Während des Versuch war keine Relativbewegung zwischen Kopf und Oberkörper erkennbar.

Alle Messwerte dieses Versuchs sind in Tabelle 6-5 aufgeführt. Die Insassenbelastungen waren wieder



**Bild 6-14:** Renault: Dummyposition nach dem Versuch

sehr gering. Sie sind vergleichbar mit den Werten der Konfiguration 4.

### 6.3.6 Konfiguration 5

Der verwendete Peugeot 206 des Modelljahres 2001 wurde mit einem Kiddy-ISOFix-Kindersitz aus dem Zubehörprogramm von Peugeot bestückt. Ein vom Fahrzeuggurt gehaltener Fangkörper sicherte dabei den Kinderdummy (Bild 6-15).

Der Beifahrersitz wurde in die hinterste Position geschoben und die Lehne um 20° geneigt.

Die seitliche Bewegungsfreiheit des Insassen ist bei diesem Sitz sehr gering. Dennoch wurde versucht, den Oberkörper so weit wie möglich in Richtung Tür zu neigen (Bild 6-16).

Der sich hauptsächlich nach oben hin entfaltende Head-Thorax-Bag erreichte 17 Millisekunden nach Zündung seine maximale Größe (Bild 6-17). Während des Entfaltungsvorgangs wurde nur der Kindersitz vom Airbag getroffen. Der Dummy setzte sich aufgrund des Impulses gegen die Sitzschale in Bewegung.

Im Versuch verfiel sich der Seitenairbag nicht hinter dem Kindersitz und konnte sich so ungehindert entfalten. Die in anderen Versuchsreihen beobachteten Beschädigungen der Sitzschale durch den Airbag (TYLKO, 2001) konnten hier nicht festgestellt werden.



**Bild 6-15:** ISOFix-Kindersitz des Peugeot 206



**Bild 6-16:** Peugeot: Dummyposition vor dem Versuch



**Bild 6-17:** Peugeot: Entfalteter Seitenairbag

Bild 6-18 zeigt den nach dem Versuch wieder in seine Ausgangsposition zurückgeklippten Dummy.



**Bild 6-18:** Peugeot: Dummyposition nach dem Versuch

Messstelle/Schutzkriterium	Limit	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
Head				
HIC <sub>15ms</sub> [-]	570	0	0	1
a <sub>3ms</sub> [g]	-	3,5	3,5	3,8
Upper Neck				
N <sub>ij</sub> [-]	1	0,06	0,06	0,07
F <sub>T</sub> [N]	2.120	7	7	18
F <sub>C</sub> [N]	2.120	50	50	51
M <sub>F</sub> [Nm]	68	1,0	1,0	1,8
M <sub>E</sub> [Nm]	27	1,7	1,7	1,8
Tension [N]	1.130	51	51	51
Compression [N]	1.380	8	8	19
Upper Neck (Injury research values)				
Lateral Moment [Nm]	30	3,7	3,7	1,9
Twist Moment [Nm]	17	2,5	2,5	3,9
Thorax <sup>a</sup>				
Deflection [mm]	36	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Deflection rate [m/s]	8,0	0,2 (0,2)	0,2 (0,2)	0,3 (0,2)
a <sub>3ms</sub> [g]	-	3,0	3,0	3,1

<sup>a</sup> Werte in Klammern: Kompression des Brustkorbs

**Tab. 6-6:** Insassenbelastungen der Peugeot-Standversuche

Alle Messwerte unterschreiten die Belastungsgrenzen wieder deutlich (Tabelle 6-6).

Die Messsignale von Versuch 1 und 2 sind identisch. Obwohl drei Versuche durchgeführt worden sind, konnte der Fehler nicht ermittelt werden. Möglicherweise wurden beim zweiten Versuch die Daten des ersten Tests überschrieben.

Da die Insassenkinematik in allen drei Versuchen weitgehend identisch ist, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Messwerte für den ersten Test nicht wesentlich von den beiden anderen Versuchen unterscheiden würden.

## 6.4 Full-scale-Versuche

In den Full-scale-Versuchen sollten die Systeme mit dem vermeintlich geringsten Schutzpotenzial sowie der am meisten gefährdete Kinderdummy mit verschiedenen Seitenairbags kombiniert werden.

Die Standversuche zeigen, dass keine der untersuchten Konfigurationen zu wirklich kritischen Insassenbelastungen führt. Dennoch kann zwischen den einzelnen Konfigurationen und Airbagsystemen differenziert werden.

Kinder, die in einem Schalensitz transportiert werden, sind nach den bisherigen Erkenntnissen nicht durch den Seitenairbag gefährdet. In Konfiguration 5 mit einem großvolumigen Head-Thorax-Bag kam es nicht zum Kontakt zwischen Dummy und Seitenairbag. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich das Gefährdungspotenzial bei kleineren Luftsäcken nicht wesentlich ändern wird. Für die Full-scale-Versuche kam diese Konfiguration deshalb nicht in Betracht.

Sitzerhöhungen bieten den kindlichen Insassen am wenigsten Schutz. Hier kann es zu direkten Wechselwirkungen zwischen Kind und Seitenairbag kommen. Da die verwendete einfache Sitzerrhöhung Baby Sunny Touring aufgrund der fehlenden seitlichen Abstützung des Oberkörpers und Beckens offensichtlich weniger Schutz bietet als der Römer Star Riser + Comfy, kam sie als „worst case“-Schutzsystem zum Einsatz.

Von den untersuchten Airbagsystemen führte der Seitenairbag des Mitsubishi aufgrund seiner Entfaltungseigenschaften und Geometrie zu den im Vergleich höchsten Insassenbelastungen. Deshalb wurde dieses Fahrzeugmodell für die Full-scale-Versuche ausgewählt. In einem Seitenaufprall sollte sich zeigen, ob der Airbag einen kindlichen Insassen schützt oder gefährdet.

Zwar wurden im ersten Versuch der Konfiguration 2 ebenfalls erhöhte Messwerte registriert, jedoch waren diese offensichtlich nur durch die Nähe zum Airbag und nicht durch die Eigenschaften des Airbags begründet.

Als zweites Fahrzeug sollte für die Full-scale-Versuche das vermeintlich beste Fahrzeug der Konfigurationen 1, 2, 3 und 4 verwendet werden. Der Crashtest sollte zeigen, ob der in den Standversuchen unkritische Seitenairbag in einem Seitenaufprall ähnlich gut arbeitet. Weil jedoch der Mercedes

den Rahmen des Budgets sprengte, wurde an dessen Stelle das zweitbeste Fahrzeug, der Renault Twingo, ausgewählt.

Da der Twingo zunächst mit einem Römer Star Riser + Comfy getestet wurde, ist ein zusätzlicher Standversuch mit dem Baby Sunny Touring durchgeführt worden (Konfiguration 4b).

Aufgrund der geringeren Masse des Dreijährigen gegenüber dem Sechsjährigen ist bei ihm mit höheren Belastungen zu rechnen. Er wurde deshalb in den Crashtests verwendet.

Von jedem Modell wurden zwei Fahrzeuge des gleichen Baujahres sowie mit gleicher Ausstattung beschafft. Jeweils ein Fahrzeug wurde mit Seitenairbag und das andere ohne Seitenairbag getestet. So konnten positive oder negative Effekte des Airbags im Seitenaufprall überprüft werden.

#### 6.4.1 Versuchsaufbau

Die Versuche wurden in Anlehnung an die europäische Seitenaufprallnorm ECE-R95 (ECE-R95, 1999) durchgeführt. Entgegen der Norm wurden die Fahrzeuge auf der Beifahrerseite von der Barriere getroffen.

Zum Einsatz kam das im November 2001 vom European Enhanced Vehicle-safety Committee (EEVC, 2001) vorgeschlagene Deformationselement mit progressiven Aluminiumwaben und Belüftungsgitter. Die Bodenfreiheit des Elements betrug 300 mm.

In den beiden Versuchsreihen wurde jeweils ein Hybrid-III-3-year-old-Dummy verwendet, der mit dem Dreipunktgurt des Fahrzeugs sowie der Sitzhöhung Baby Sunny Touring gesichert war.

Die Sitzposition des Dummys wurde vermessen, um in dem jeweils zweiten Versuch die gleichen Randbedingungen schaffen zu können. Der Fahrzeuggurt wurde ohne Gurtlose angelegt.

Die Auslöseentscheidung für den Seitenairbag wurde der Fahrzeugsensorik überlassen. Alle Versuche wurden mit geöffneter rechter Seitenscheibe durchgeführt.

Die 35 kg schwere Box für die Messtechnik wurde im Kofferraum platziert. Neben den Signalen der Dummysensoren wurden auch Beschleunigungen am Fahrzeugtunnel, am Schweller sowie an der B-Säule gemessen. Fadenpotentiometer zeichneten die dynamische Türintrusion auf.



**Bild 6-19:** Fahrzeugfeste Kamera für die Frontansicht am Renault Twingo



**Bild 6-20:** Fahrzeugfeste Kamera für die Seitenansicht am Mitsubishi SpaceStar

Anstelle der Motorhaube wurde bei allen vier Fahrzeugen ein Kameragestell montiert, um den Dummy von vorn filmen zu können. Das Bild 6-19 zeigt beispielhaft die Lage der Kamera am Renault Twingo. Das Gestell konnte mit leichten Modifikationen auch am Mitsubishi SpaceStar befestigt werden. Eine weitere fahrzeugfeste Kamera für die Seitenansicht war an der linken Tür befestigt (Bild 6-20). Das am Türaußenblech vernietete Gestell konnte bei beiden Fahrzeugmodellen eingesetzt werden. Zwei stationäre Kameras sowie eine Kamera auf der Crashbarriere lieferten Außenaufnahmen von den Versuchen.

#### 6.4.2 Mitsubishi SpaceStar

Getestet wurden zwei SpaceStar 1300 Family, Baujahr 2002. Entsprechend der Bedienungsanleitung wurde der Beifahrersitz in die hinterste Position geschoben. Die Lehne wurde auf eine Neigung





**Bild 6-21:** Sitzposition des Dummys in den Mitsubishi-Versuchen



**Bild 6-23:** Sitzposition des Dummys nach dem Test mit Seitenairbag



**Bild 6-22:** Deformation der Beifahrertür

von 20° eingestellt. Sitzhöhe und -neigung waren nicht verstellbar.

Die Gurthöhenverstellung an der B-Säule wurde in der untersten Position eingerastet.

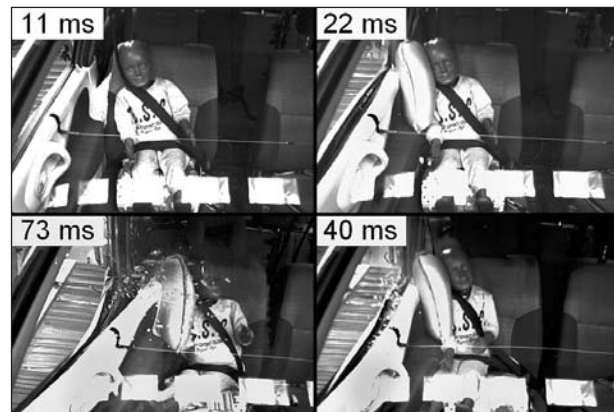
Bild 6-21 zeigt die Position des Dummys, der mittig auf dem Booster saß, sich aber so weit wie möglich in Richtung Tür lehnte. Da der Oberkörper des Dummys relativ steif ist, war eine stärkere Neigung nicht möglich.

Der Booster lag mittig auf der Sitzfläche.

#### 6.4.2.1 Test mit Seitenairbag

Das Crashgewicht des Fahrzeuges betrug 1.274 kg, wobei 58 % des Gewichts auf der Vorderachse lagen. Der Reifendruck wurde entsprechend der Bedienungsanleitung auf 2,1 bar an der Vorderachse und 1,9 bar an der Hinterachse eingestellt.

Die Crashbarriere traf den SpaceStar mit einer Geschwindigkeit von 50,34 km/h. Bild 6-22 zeigt die



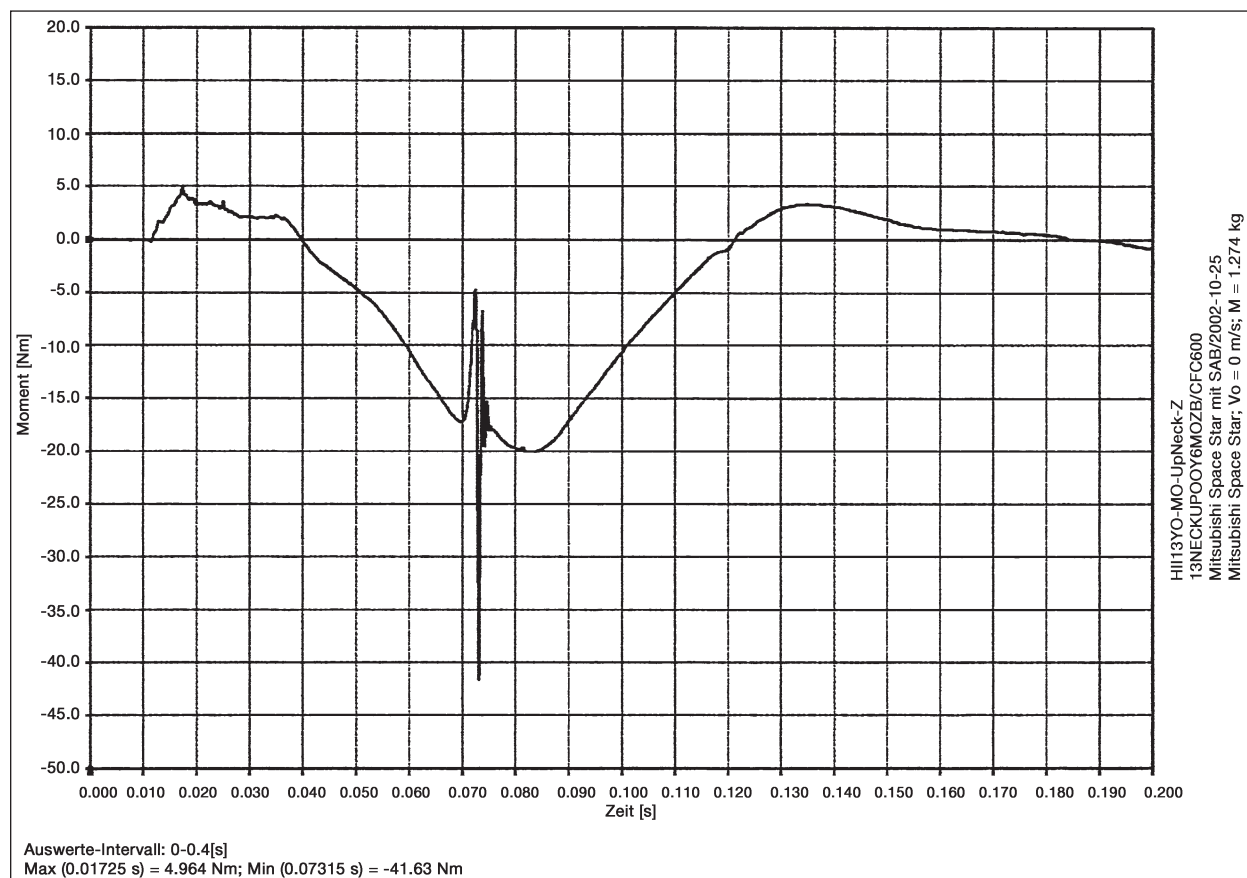
**Bild 6-24:** Bewegung des Dummys

Verformung der rechten Türen. Aufgrund der guten Anbindung der Türen an die Karosserie blieben die Intrusionen moderat.

Während des Versuchs löste sich die Innenverkleidung der Tür im Bereich der B-Säule vom Türblech (Bild 6-23) ab. Der Seitenairbag schützte Kopf und Oberkörper des Dummys vor dem Kontakt mit B-Säule und Tür. Er reichte allerdings nicht bis zum Becken, das von der Türverkleidung direkt getroffen wurde.

Bild 6-24 zeigt Schlüsselszenen des Tests. Elf Millisekunden nach dem ersten Kontakt der Barriere mit dem Fahrzeug öffnete der Luftsack den Sitzbezug, und nach 22 Millisekunden erreichte der Seitenairbag seine vollständige Größe. Zu diesem Zeitpunkt lehnte sich der Dummy bereits mit Kopf, Schulter und Oberarm am Airbag an.

Nach 40 Millisekunden erreichte die relative Verschiebung des Sitzkissens gegenüber dem Dummy den Maximalwert. Da die Sitzerrhöhung keine seitlichen Führungen besitzt, wurde sie unter dem Insas-



**Bild 6-25:** Halsmoment um die z-Achse

sen weggeschoben. Sie wies nach dem Test Risse auf.

Aufgrund der Wölbung des Seitenairbags wurde der Dummykopf nach innen gedreht. Allerdings verhindert der Seitenairbag das seitliche Abknicken des Kopfes.

Bei 73 Millisekunden ist in den Messwerten für Kopf (Beschleunigung) und Hals (Kraft und Moment) ein kurzer Störimpuls erkennbar. Bild 6-25 zeigt diese Signalspitze beispielhaft am Halsmoment. Da in den Filmaufnahmen zum betreffenden Zeitpunkt kein Kontakt mit dem Interieur oder anderen Gegenständen erkennbar ist und Sensor sowie Kabel unbeschädigt waren, muss sich der Kopf wahrscheinlich bis zum Anschlag gedreht haben.

#### 6.4.2.2 Test ohne Seitenairbag

Gesamtgewicht sowie Massenverteilung des zweiten SpaceStar waren mit dem ersten Modell identisch. Der Reifendruck wurde wieder auf 2,1 beziehungsweise 1,9 bar eingestellt.

Mit 50,63 km/h lag die Kollisionsgeschwindigkeit geringfügig über der des ersten Tests. Die Deformationen sind jedoch vergleichbar (Bild 6-26).



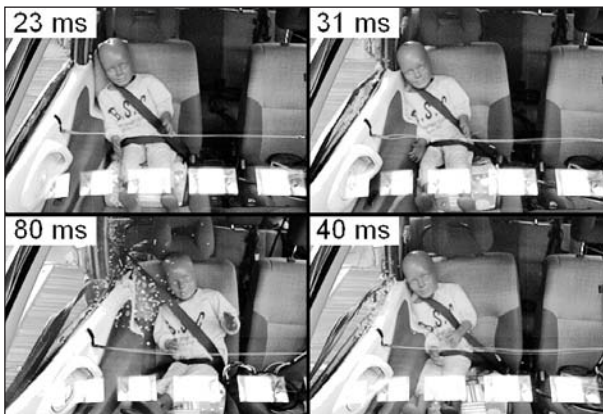
**Bild 6-26:** Deformation der Fahrzeugflanke

Auch bei diesem Versuch löste sich die Innenverkleidung der Tür vom Blech. Der Dummy wurde mit dem Oberkörper aufgrund der fehlenden Dämpfung durch den Seitenairbag in Richtung Fahrzeugmitte geworfen (Bild 6-27).

Bild 6-28 zeigt die Schlüsselszenen des Versuchs. Nach 23 Millisekunden traf die Türinnenverkleidung den Arm des Dummies, acht Millisekunden später kam es zum Kontakt des Kopfes mit der B-Säule. Das Sitzkissen erreichte nach 40 Millisekunden die maximale seitliche Verschiebung gegenüber dem Dummy.



**Bild 6-27:** Position des Dummys nach dem Versuch



**Bild 6-28:** Bewegung des Dummys

Bei diesem Versuch ohne Seitenairbag kam es nur zu einer leichten Kopfdrehung um die z-Achse. Signalspitzen der Sensoren in Kopf und Hals fehlten. Der Kopfkontakt mit der B-Säule verhinderte das seitliche Abknicken des Kopfes. Das gemessene Moment war in diesem Versuch ohne Airbag jedoch größer.

Nach dem Versuch wies die Sitzerrhöhung Beschädigungen auf der rechten Seite auf.

### 6.4.2.3 Ergebnisvergleich

In Tabelle 6-7 sind die Insassenbelastungen der beiden Full-scale-Tests sowie zum Vergleich die Mittelwerte der Standversuche aufgeführt.

Die Brustkorbeindrückung (Deflection) wird am Hybrid-III-Dummy am Brustbein in x-Richtung gemessen. Aufgrund der seitlichen Kompression des Brustkorbes im Seitenaufprall wird das Brustbein nach vorn, also weg von der Wirbelsäule, gedrückt (Expansion). Dementsprechend sind die Werte in diese Richtung deutlich größer als die Werte für die

Messstelle/Schutzkriterium	Limit	Versuch mit Seitenairbag	Versuch ohne Seitenairbag	Mittelwert aus Konfiguration 1
Head				
HIC <sub>15ms</sub> [-]	570	224	1.013	49
a <sub>3ms</sub> [g]	-	52,1	90,1	30,1
Upper Neck				
N <sub>ij</sub> [-]	1	0,55	0,50	0,38
F <sub>T</sub> [N]	2.120	355,0	515,7	211
F <sub>C</sub> [N]	2.120	688,5	591,9	295
M <sub>F</sub> [Nm]	68	5,3	14,7	4,9
M <sub>E</sub> [Nm]	27	10,6	7,9	8,8
Tension [N]	1.130	689,9	625,2	323
Compression [N]	1.380	470,7	547,0	215
Upper Neck (Injury research values) <sup>a</sup>				
Lateral Moment [Nm]	30	8,1 (10,6)	14,7	16,8
Twist Moment [Nm]	17	20,1 (41,6)	12,0	7,5
Thorax <sup>b</sup>				
Deflection [mm]	36	12 (2)	24 (2)	1 (1)
Deflection rate [m/s]	8,0	2,7 (1,8)	5,0 (2,3)	2,2 (2,0)
a <sub>3ms</sub> [g]	-	56,1	81,3	13,1
Pelvis				
a <sub>3ms</sub> [g]	-	134,0	134,8	-
max. Türintrusion [mm]	-	214 bei 70 ms	210 bei 61 ms	-

<sup>a</sup> Werte in Klammern: mit Spitze des Störimpulses  
<sup>b</sup> Werte in Klammern: Kompression des Brustkorbs

**Tab. 6-7:** Messwerte und Insassenbelastungen der Mitsubishi-Versuche

Brustkorbbkompression. In Tabelle 6-7 sind die Maximalwerte für beide Richtungen (Expansion und Kompression) angegeben.

Die Messwerte für Kopf und Brust belegen, dass der Seitenairbag des Mitsubishi SpaceStar für die meisten Körperregionen kein Risiko für den kindlichen Insassen darstellt. Im Gegenteil, die Belastungen für Kopf und Brustkorb werden deutlich reduziert. Ohne Seitenairbag könnten für ein dreijähriges Kind lebensgefährliche Verletzungen in diesen Körperregionen nicht ausgeschlossen werden.

Die Signale der Halssensoren liegen in beiden Versuchen relativ eng beieinander. Berücksichtigt man die üblichen Toleranzen im Versuchsbetrieb, so fällt ein eindeutiges „Für“ oder „Wider“ zum Seitenairbag schwer. Wird das maximale Drehmoment des Halses um die z-Achse berücksichtigt, so erhöht der Seitenairbag das Verletzungsrisiko für diese Körperregion deutlich. Allerdings ist dieser Grenzwert biomechanisch noch nicht abgesichert, so dass er von der „Side Airbag Out-of-Position Injury Technical Working Group“ (LUND, 2000) zunächst nur als Injury research value für Forschungszwecke begrenzt wurde.

Im Standversuch führte der Seitenairbag im Mittel zu höheren Momenten um die x-Achse als in bei-

den Crashtests. Dieses Phänomen war im Crashtest nicht zu beobachten.

Die Verletzungsmechanismen des kindlichen Halses sind nach wie vor noch nicht vollständig bekannt. Es bleibt deshalb ungeklärt, ob die am Dummy beobachtete Kopfdrehung bei einem Kind wirklich eine Verletzung verursacht hätte. Solange nicht dieser Effekt des Seitenairbags beseitigt ist oder die Kopfdrehung als unkritisch eingestuft wird, muss von einer Gefährdung des Kindes durch dieses Airbagsystem ausgegangen werden.

### 6.4.3 Renault Twingo

Für diese Versuchsreihe wurden zwei Renault Twingo, Baujahr 1999, verwendet. Obwohl die Bedienungsanleitung dieser beiden Twingo den Transport von Kindern auf dem Beifahrersitz untersagt, sind diese Fahrzeuge für die Versuche benutzt worden, denn in Fahrzeugen des 2001er Jahrgangs wurde nach Einbau eines Schalters zur Deaktivierung des Beifahrerairbags das Transportverbot für Kinder aufgehoben (Kapitel 3.4.13).

Der Beifahrersitz wurde für die Versuche in die hinterste Position geschoben, der Lehnenwinkel auf 20° eingestellt und die Gurthöhenverstellung in der untersten Stellung fixiert.

Bild 6-29 zeigt die Sitzposition des Dummys in den Tests. Der mittig auf einem Baby Sunny Touring sitzende Dummy wurde so weit wie möglich in Richtung Tür geneigt.

#### 6.4.3.1 Test mit Seitenairbag

Mit einem Gesamtgewicht von 924 kg, wobei 61 % des Gewichts auf der Vorderachse lagen, war der Twingo leichter als die ECE-Barriere.

Der Reifenluftdruck wurde an allen vier Rädern auf 2,0 bar eingestellt.

Mit 50,70 km/h traf die Barriere den Twingo in die rechte Seite. Im Test versagte das untere Türscharnier, so dass die Beifahrertür tief in den Innenraum gedrückt wurde. Der niedrige, wenig konturierte Schweller konnte sich nicht mit der Tür verhaken und sie abbremsen. Auf Schwellerhöhe war die Türintrusion deutlich größer als auf Höhe der Brüstung. Insgesamt wurde die Karosserie stark verformt. Der Beifahrersitz ist bis an den Fahrersitz gedrückt worden. (Bild 6-30)

Aufgrund des langen Türausschnitts saß der Dummy noch vor der B-Säule. Kopf und Oberkörper



Bild 6-29: Sitzposition des Dummys in den Renault-Versuchen



Bild 6-30: Deformation der rechten Fahrzeugseite



Bild 6-31: Sitzposition des Dummys nach dem Versuch

per wurde vom Seitenairbag gut abgedeckt. Das Becken wurde von der Tür getroffen.

Im Gegensatz zum Mitsubishi SpaceStar blieb der ebenfalls fangbandlose Luftsack relativ schmal. Der Kopfteil des Head-Thorax-Bag entfaltete sich direkt nach oben, ohne den Insassen zu treffen. Bild 6-31 zeigt, dass sich der Dummy um die Hochachse nach innen drehte. Da im zweiten Versuch ohne Airbag dieses Verhalten nicht zu beobachten war, ist diese Rotation wahrscheinlich wieder auf den Seitenairbag zurückzuführen.

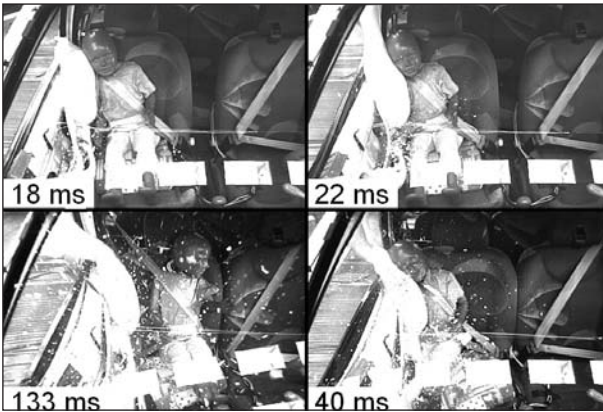


Bild 6-32: Bewegung des Dummys



Bild 6-33: Deformation der rechten Fahrzeugseite



Bild 6-34: Sitzposition des Dummys nach dem Versuch

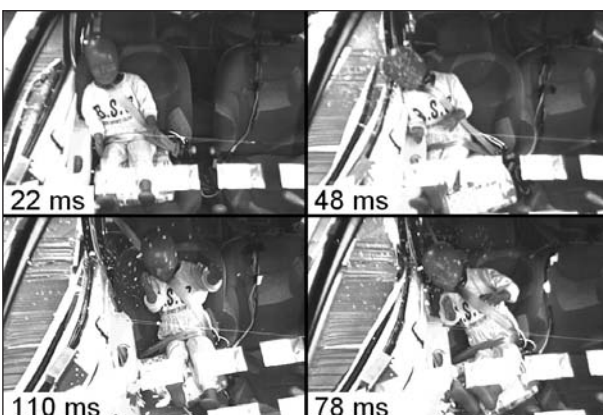


Bild 6-35: Bewegung des Dummys

In Bild 6-32 sind einige Schlüsselszenen des Versuchs dargestellt. Ungefähr elf Millisekunden nach Beginn des Crashes beulte sich die rechte Seite der Sitzlehne durch den sich öffnenden Seitenairbag aus. Nach 14 Millisekunden riss der Luftsack den Sitzbezug auf. Vier Millisekunden später hatte sich der Thorax-Bereich des Seitenairbags vollständig entfaltet. Zu diesem Zeitpunkt kam es zum ersten Kontakt zwischen Luftsack und Kopf des Dummys. Zeitgleich rollte sich der Kopfteil des Airbags in Richtung Tür nach oben. Zirka 22 Millisekunden nach Crashbeginn war er vollständig gefüllt.

Nach ungefähr 40 Millisekunden wurde der Dummy leicht angehoben und lehnte sich gegen Airbag und Tür. Unter ihm wurde die Sitzerrhöhung weggedrückt.

Der Airbag führte zu einer starken Drehung des Kopfes um die z-Achse, die bei zirka 133 Millisekunden fast 90° erreichte. Er konnte allerdings das seitliche Abknicken des Kopfes in Richtung Tür mildern.

Im Versuch wurde die Sitzerrhöhung von der Tür beschädigt.

#### 6.4.3.2 Test ohne Seitenairbag

Der zweite Twingo wog 922 kg. Davon lagen 61 % auf der Vorderachse. Der Reifendruck betrug wieder 2,0 bar.

Bild 6-33 zeigt den Twingo, nachdem er von der Barriere mit 50,60 km/h getroffen wurde. Auch bei diesem Fahrzeug versagte das untere Türscharnier. Allerdings verhakte sich hier das Deformationselement im rechten Kotflügel. Die Deformationen von beiden getesteten Renaults sind jedoch vergleichbar.

Ohne die Wirkung des Seitenairbags kam es zu keiner Drehung des Dummys um seine Hochachse. Er blieb in leicht zur Tür geneigter Haltung nach dem Versuch sitzen (Bild 6-34).

Die Insassenkinematik unterscheidet sich in diesem Versuch von der im Test mit Seitenairbag. Bild 6-35 zeigt die wichtigsten Szenen.

Der Dummy hatte nach 22 Millisekunden Kontakt mit der Armlehne. Nach 48 Millisekunden war die Intrusion so groß, dass sich der Insasse vollständig an der Tür anlehnte. Dabei wurde er leicht angehoben, so dass die Sitzerrhöhung unter ihm von der Tür verschoben werden konnte. Der Knickwinkel

zwischen Kopf und Oberkörper war zu diesem Zeitpunkt maximal.

Das Becken wurde 30 Millisekunden später aufgrund des Stoßes durch die Tür bis an das Gurtschloss in der Fahrzeugmitte gedrückt. Zum gleichen Zeitpunkt löste sich der Kopf von der Tür. Dieser bekam ebenfalls einen starken Impuls, der zum Kopfnicken bei 110 Millisekunden führte. Gleichzeitig drehte er sich um die z-Achse.

Die Sitzerrhöhung wurde im Versuch beschädigt.

### 6.4.3.3 Ergebnisvergleich

Unter Berücksichtigung der verwendeten Schutzkriterien kann in beiden Versuchen von einem hohen Verletzungsrisiko für den Hals ausgegangen werden. Die Kräfte und Momente überschreiten am Hals die Grenzwerte (Tabelle 6-8).

In beiden Versuchen wurden ähnliche Belastungen ermittelt. Werden die Differenzen in der Türintrusion hinzugezogen, so sind die Belastungen für Kopf und Brust im Test mit Seitenairbag geringfügig kleiner.

Für den Hals gilt diese Tendenz so nicht. Den  $N_{ij}$ -Grenzwert überschreiten beide, wobei die für dessen Berechnung notwendigen Komponenten ( $F_T$ ,  $F_C$ ,  $M_F$ ,  $M_E$ ) kein eindeutiges Bild geben.

Messstelle/Schutzkriterium	Limit	Versuch mit Seitenairbag	Versuch ohne Seitenairbag	Standversuch (Kapitel 6.3.5)
Head				
HIC <sub>15ms</sub> [-]	570	341	346	1
$a_{3ms}$ [g]	-	63,0	69,2	4,6
Upper Neck				
$N_{ij}$ [-]	1	1,05	1,04	0,07
$F_T$ [N]	2.120	351,7	300,2	44,4
$F_C$ [N]	2.120	1.677,0	2.070,0	59,6
$M_F$ [Nm]	68	31,9	10,1	1,7
$M_E$ [Nm]	27	19,2	17,9	1,7
Tension [N]	1.130	1.678,0	2.074,0	59,8
Compression [N]	1.380	352,3	300,5	44,9
Upper Neck (Injury research values)				
Lateral Moment [Nm]	30	11,5	45,4	8,3
Twist Moment [Nm]	17	18,3	9,0	1,4
Thorax <sup>a</sup>				
Deflection [mm]	36	4 (13)	9 (10)	0 (3)
Deflection rate [m/s]	8,0	1,6 (2,8)	1,9 (2,9)	0,7 (0,6)
$a_{3ms}$ [g]	-	87,5	96,2	11,8
Pelvis				
$a_{3ms}$ [g]	-	119,2	115,0	5,0
max. Türintrusion [mm]	-	286 bei 71 ms	277 bei 75 ms	-

<sup>a</sup> Werte in Klammern: Kompression des Brustkorbs

**Tab. 6-8:** Messwerte und Insassenbelastungen der Renault-Versuche

Der Seitenairbag reduziert lediglich die vertikale Halszugkraft (Tension) und verhindert das seitliche Abknicken des Kopfes (Lateral Moment).

Dennoch ist ein airbagbedingter Effekt, der schon in den Mitsubishi-Versuchen erkennbar war, wiederzufinden. So führte der Seitenairbag zu einer Drehung des Kopfes um die z-Achse. Diese geht mit einem erhöhten Moment einher, das den Grenzwert leicht übersteigt.

Die Versuchsreihe mit den Renault Twingo zeigt deutlich, dass der Seitenairbag nur ein ergänzendes Schutzsystem für die Insassen ist. Ohne eine steife Karosserie, die Intrusionen verhindert oder zumindest reduziert, kann ein Seitenairbag seine Schutzwirkung nicht vollständig entfalten.

## 6.5 Geräuschmessungen

In den Standversuchen wurden besonders hohe Geräuschpegel bei der Zündung der Airbags registriert. Da sich der Kopf kleiner Insassen in der Nähe der Airbagöffnung befindet, könnte für das Gehör eine Verletzungsgefahr bestehen. Es wurde deshalb versucht, die Geräusche aufzunehmen und zu analysieren.

Die Geräuschmessungen wurden am linken Seitenairbag eines Renault Twingo sowie eines Mitsubishi SpaceStar durchgeführt. Bei allen Messungen blieben die Scheiben der Fahrzeuge geschlossen. Der Fahrersitz, auf dem der Messkopf untergebracht wurde, befand sich in der hintersten Position.

Für die Messungen kam ein spezieller Kunstkopf mit Mikrofonen im rechten und linken Ohr zum Einsatz. Normalerweise wird ein solches Messgerät für Knalluntersuchungen verwendet. Zwar simuliert dieser Kopf das Gehör eines Erwachsenen, jedoch konnte er durchaus für diese Prinzipuntersuchung herangezogen werden. Er wurde so auf dem Fahrersitz positioniert, dass sich die Ohren ungefähr in Höhe der Türbrüstung befanden.

Am Kopf sowie auf der Rücksitzbank befanden sich zusätzliche Freifeldmikrofone, die ergänzende Messwerte lieferten.

Der linke Seitenairbag wurde fremdgezündet und das Zündsignal mit der Tonaufnahme synchronisiert.

In Tabelle 6-9 sind die gemessenen Spitzenpegel aufgeführt. Dabei liegen die Messwerte des Kunst-

	Seitenairbag Mitsubishi	Seitenairbag Renault
Freifeld am Kopf	158,59 dB	151,52 dB
Freifeld Rücksitzbank	153,93 dB	150,36 dB
Kunstkopf, linkes Ohr	172,13 dB	169,42 dB
Kunstkopf, rechtes Ohr	159,82 dB	160,59 dB

Tab. 6-9: Spitzenpegel

	Seitenairbag Mitsubishi	Seitenairbag Renault
Freifeld am Kopf	87,98 dB	85,29 dB
Freifeld Rücksitzbank	85,09 dB	84,15 dB
Kunstkopf, linkes Ohr	97,20 dB	95,13 dB
Kunstkopf, rechtes Ohr	88,88 dB	88,20 dB

Tab. 6-10: Energieäquivalenter Dauerschallpegel über 8 Stunden

kopfes, speziell am dem Airbag zugewandten linken Ohr, deutlich höher als die Werte der Freifeldmikrofone. Der Pegel der Seitenairbags ist vergleichbar mit Handfeuerwaffen und liegt über den Turbinengeräuschen von Flugzeugen.

Die ermittelten Spitzenpegel können in Dauerpegel umgerechnet werden. Die Gesamtenergie des Geräuschs bleibt dabei gleich. Tabelle 6-10 zeigt die in eine achtstündige Dauerbelastung umgerechneten Spitzenpegel. Sie liegt, zum Teil deutlich, über starkem Verkehrslärm.

Die Akustikmessungen zeigen, dass das Knallgeräusch des Airbags ein Problem darstellt. Kurze, intensive Pegel können zu Hörschäden führen (FLEISCHER, 2000). Allerdings muss berücksichtigt werden, dass einem eventuellen Hörschaden die in vielen Fällen nicht unerhebliche Schutzwirkung des Seitenairbags gegenübersteht.

## 7 Kombination von Seitenairbags und Kinderrückhaltesystemen in Pkw

Alle im Folgenden aufgeführten Fahrzeuge entstammen der ADAC-Datenbank. Die Details zu den einzelnen Modellen wurden mit Daten der Bedienungsanleitungen der Fahrzeuge vervollständigt.

Es wurden nur die Fahrzeugmodelle berücksichtigt, bei denen die Kombination von Kinderrückhaltesystem und Seitenairbag zulässig ist.

### 7.1 SAB und KRS auf dem Beifahrersitz

Hersteller	Modell	Kopfairbag, vorn
Alfa Romeo	147	separat
Alfa Romeo	156	nein
Alfa Romeo	156 Sportwagon	separat
Alfa Romeo	166	nein
Alpina	B12	separat
Alpina	B3, B10, D10	separat
Audi	A2	separat
Audi	A3 (S3)	separat
Audi	A4 (Avant, S4)	separat
Audi	A6 (Avant, Allroad, S6)	separat
Audi	A8 (S8)	separat
Audi	Cabrio	nein
Audi	RS4	separat
Audi	TT	integriert
BMW	7er	separat
BMW	Mini	separat
BMW	Z3 (M Roadster, Coupe)	nein
BMW	Z8	nein
Chrysler	300M	nein
Chrysler	Neon	nein
Chrysler	PT Cruiser	nein
Citroen	C5	nein
Citroen	Saxo	nein
Citroen	Xantia	nein
Citroen	XM	nein
Citroen	Xsara (Kombi)	nein
Citroen	Xsara Picasso	integriert
Daihatsu	Sirion	nein
Daihatsu	YRV CX/CXL	nein
Daihatsu	YRV CXS	separat
Fiat	Bravo/Brava	nein
Fiat	Multipla	nein
Fiat	Punto	nein
Ford	Cougar	nein
Ford	Fiesta	nein
Ford	Focus	nein
Ford	Galaxy	nein
Ford	Maverick	nein
Ford	Mondeo	separat
Ford	Windstar	nein
Honda	Accord	nein
Honda	Civic	nein
Honda	Legend	nein
Jaguar	Daimler	nein
Jaguar	S-Type	nein
Jaguar	XJ	nein
Jaguar	XJR	nein
Lancia	Kappa	nein
Lancia	Lybra	nein
Lancia	Y	nein
Land Rover	Range Rover	nein

Hersteller	Modell	Kopfairbag, vorn
Lexus	GS	separat
Lexus	IS	nein
Lexus	LS	separat
Mercedes-Benz	C-Klasse	separat
Mercedes-Benz	CL	separat
Mercedes-Benz	CLK	nein
Mercedes-Benz	E-Klasse	separat
Mercedes-Benz	ML	separat
Mercedes-Benz	S-Klasse	separat
Mercedes-Benz	SL	integriert
Mercedes-Benz	SLK	nein
Mitsubishi	Carisma	nein
Mitsubishi	Colt	nein
Mitsubishi	Galant	nein
Mitsubishi	Pajero	nein
Mitsubishi	Pajero Pinin	nein
Mitsubishi	Space Runner	nein
Mitsubishi	Space Star	nein
Mitsubishi	Space Wagon	nein
Nissan	Almera	integriert
Nissan	Maxima QX	integriert
Nissan	Micra	integriert
Nissan	Pathfinder	nein
Nissan	Patrol	integriert
Nissan	Primera	integriert
Peugeot	106	nein
Peugeot	206	integriert
Peugeot	306	integriert
Peugeot	307	separat
Peugeot	406	integriert
Peugeot	607	separat
Renault	Twingo	integriert
Rover	45	nein
Rover	75	separat
Saab	9-3	nein
Saab	9-5	integriert
Seat	Alhambra	nein
Seat	Arosa	nein
Seat	Cordoba	nein
Seat	Ibiza	nein
Seat	Leon	nein
Seat	Toledo	nein
Skoda	Fabia	nein
Skoda	Octavia	nein
Toyota	Avensis	separat
Toyota	Camry	nein
Toyota	Celica	nein
Toyota	Corolla	nein
Toyota	Yaris (Verso)	nein
Volvo	C70	integriert
Volvo	S60	separat
Volvo	S80	separat

Hersteller	Modell	Kopfairbag, vorn
VW	Bora	separat
VW	Golf (Variant)	separat
VW	Golf Cabriolet	nein
VW	Lupo	nein
VW	New Beetle	nein
VW	Passat	separat
VW	Polo	nein
VW	Sharan	nein

## 7.2 SAB und KRS im Fond

Hersteller	Modell	Kopfairbag, hinten
Alpina	B12	separat
Alpina	B3, B10, D10	nein
Audi	A2	separat
Audi	A3 (S3)	separat
Audi	A4 (Avant, S4)	separat
Audi	A6 (Avant, Allroad, S6)	separat
Audi	A8 (S8)	separat
Audi	RS4	separat
BMW	3er (Touring, Coupe, M3)	nein
BMW	3er Compact	nein
BMW	5er (M5)	separat
BMW	5er Touring	nein
BMW	7er	separat
BMW	X5	separat
Mercedes-Benz	C-Klasse	separat
Mercedes-Benz	CL	separat
Mercedes-Benz	E-Klasse	separat
Mercedes-Benz	ML	separat
Mercedes-Benz	S-Klasse	separat
Peugeot	307	separat

## 7.3 SAB und KRS auf dem Beifahrersitz und im Fond

Hersteller	Modell
Alpina	B12
Alpina	B3, B10, D10
Audi	A2
Audi	A3 (S3)
Audi	A4 (Avant, S4)
Audi	A6 (Avant, Allroad, S6)
Audi	A8 (S8)
Audi	RS4
BMW	7er
Mercedes-Benz	C-Klasse
Mercedes-Benz	CL
Mercedes-Benz	E-Klasse
Mercedes-Benz	ML
Mercedes-Benz	S-Klasse
Peugeot	307



#### 7.4 Separater Kopfairbag und KRS auf dem Beifahrersitz

Hersteller	Modell
Alfa Romeo	147
Alfa Romeo	156 Sportwagon
Alpina	B12
Alpina	B3, B10, D10
Audi	A2
Audi	A3 (S3)
Audi	A4 (Avant, S4)
Audi	A6 (Avant, Allroad, S6)
Audi	A8 (S8)
Audi	RS4
BMW	7er
BMW	Mini
Daihatsu	YRV CXS
Ford	Mondeo
Lexus	GS
Lexus	LS
Mercedes-Benz	C-Klasse
Mercedes-Benz	CL
Mercedes-Benz	E-Klasse
Mercedes-Benz	ML
Mercedes-Benz	S-Klasse
Peugeot	307
Peugeot	607
Rover	75
Toyota	Avensis
Volvo	S60
Volvo	S80
VW	Bora
VW	Golf (Variant)
VW	Passat

#### 7.5 Separater Kopfairbag und KRS im Fond

Hersteller	Modell
Alpina	B12
Audi	A2
Audi	A3 (S3)
Audi	A4 (Avant, S4)
Audi	A6 (Avant, Allroad, S6)
Audi	A8 (S8)
Audi	RS4
BMW	5er (M5)
BMW	7er
BMW	X5
Mercedes-Benz	C-Klasse
Mercedes-Benz	CL
Mercedes-Benz	E-Klasse
Mercedes-Benz	ML
Mercedes-Benz	S-Klasse
Peugeot	307

#### 7.6 Head-Thorax-Bag und KRS auf dem Beifahrersitz

Hersteller	Modell
Audi	TT
Citroen	Xsara Picasso
Mercedes-Benz	SL
Nissan	Almera
Nissan	Maxima QX
Nissan	Micra
Nissan	Patrol
Nissan	Primera
Peugeot	206
Peugeot	306
Peugeot	406
Renault	Twingo
Saab	9-5
Volvo	C70

#### 7.7 SAB und ISOFix-Verankerung auf dem Beifahrersitz

Hersteller	Modell
Audi	A2
Audi	A3 (S3)
Audi	A6 (Avant, Allroad, S6)
Audi	A8 (S8)
Audi	TT
Citroen	Xsara Picasso
Peugeot	206
Peugeot	406

#### 7.8 SAB und ISOFix-Verankerung im Fond

Hersteller	Modell
Audi	A2
Audi	A3 (S3)
Mercedes-Benz	C-Klasse

#### 7.9 SAB und ISOFix-Verankerungen auf dem Beifahrersitz und im Fond

Hersteller	Modell
Audi	A2
Audi	A3 (S3)

## 7.10 In der Werkstatt deaktivierbarer Seitenairbag auf dem Beifahrersitz

Hersteller	Modell
Mercedes-Benz	C-Klasse
Mitsubishi	Carisma
Mitsubishi	Colt
Mitsubishi	Galant
Mitsubishi	Pajero
Mitsubishi	Pajero Pinin
Mitsubishi	Space Runner
Mitsubishi	Space Star
Seat	Alhambra
Seat	Arosa
Seat	Cordoba
Seat	Ibiza
Seat	Leon
Seat	Toledo

## 7.11 In der Werkstatt deaktivierbarer Seitenairbag im Fond

Hersteller	Modell
Audi	A4 (Avant, S4)
Audi	A6 (Avant, Allroad, S6)
Audi	A8 (S8)
BMW	3er (Touring, Coupe, M3)
BMW	3er Compact
BMW	5er (M5)
BMW	5er Touring
BMW	7er
BMW	X5
Mercedes-Benz	C-Klasse

## 8 Zusammenfassung

Die durchgeführten Analysen und Versuche lassen den Schluss zu, dass Seitenairbags gesicherte kindliche Insassen nicht außerordentlich gefährden. In bestimmten Situationen bieten sie dem Kind zusätzlichen Schutz.

Dennoch ist ein Airbag kein harmloses System. Treffen ungünstige Randbedingungen zusammen, so kann der Seitenairbag das Risiko für Verletzungen, vor allem im Halsbereich, auch für gesicherte Kinder erhöhen.

### 8.1 Ergebnisse

Die Sitzposition von Kinderdummys wurde in sechs gebräuchlichen Kinderrückhaltesystemen vermes-

sen. Dabei wurden auch so genannte Risiko-OoP-Situationen berücksichtigt, soweit sie realistisch sind und nicht grob gegen die Einbaubestimmungen des Kinderrückhaltesystems verstoßen. Üblich schien eine leicht zur Tür geneigte Position zu sein, ohne dass der Dummy verdreht und außermittig im Schutzsystem sitzt. Diese Sitzpositionen sind mit den geometrischen Randbedingungen der Seitenairbagsitzplätze verschiedener Fahrzeuge kombiniert worden.

Die vermeintlich gefährlichsten Kombinationen wurden an Beispielfahrzeugen in Standversuchen und Full-scale-Tests dynamisch untersucht.

In den Full-scale-Versuchen ist als „Worst case“-Szenario ein dreijähriger Kinderdummy mit dem Fahrzeuggurt sowie mit einer einfachen Sitzerrhöhung ohne Führhilfe (Baby Sunny Touring) gesichert worden. Obwohl das Dummygewicht diese Kombination zulässt, sollten Kinder dieses Alters in einem geeigneteren Kindersitz untergebracht werden.

#### 8.1.1 Sitzerrhöhungen

Werden Kinder mit Sitzerrhöhungen im Fahrzeug transportiert, so ist ein Kontakt zum sich entfaltenden Seitenairbag unvermeidlich. Bei neueren Systemen bieten die seitlichen Wangen der Lehnen teilweise Schutz im Seitenaufprall. Diese Wangen erschweren in der Regel eine airbagnahe Sitzhaltung.

In allen mit dieser Kindersitzbauart durchgeführten Standversuchen wurden keine kritischen Belastungen gemessen. Es zeigen sich jedoch bauartbedingte Unterschiede zwischen den verschiedenen Seitenairbags.

In den Standversuchen hob sich der Mitsubishi SpaceStar aufgrund der Insassenkinematik sowie der Messwerte von den anderen untersuchten Fahrzeugen ab. Der sitzintegrierte Thorax-Bag wölbte sich zum Insassen hin stark. Diese Formgebung führte zu einer heftigen Oberkörperbewegung in Richtung Fahrzeugmitte. Der  $N_{ij}$ -Wert sowie die Halsmomente um x- und z-Achse waren im Vergleich zu den anderen im Standversuch getesteten Fahrzeugen erhöht.

Im Full-scale-Seitenaufprall veränderte sich das Bild. Mit Hilfe des Seitenairbags konnten die Insassenbelastungen für Kopf und Brustkorb zum Teil sehr deutlich reduziert werden.

Die Unterschiede zwischen den Messwerten am Hals waren, bis auf das Moment um die z-Achse (Twist Moment), geringer. Die rundliche Airbagform führte hier zu einer so starken Kopfdrehung, dass der Grenzwert von 17 Nm überschritten wurde.

Im Standversuch wurden am Hals höhere Momente um die x-Achse gemessen als in den Full-scale-Tests. Das lässt auf ein vergleichsweise aggressives Entfaltungsverhalten des Airbags schließen. Im Crashtest führte die intrudierende Tür zu einem großflächigeren Anstoß des Dummys und kompensierte so diesen Effekt.

Auch der deutlich flachere Head-Thorax-Bag des Renault Twingo verursachte eine starke Kopfdrehung im Full-scale-Test. Der Grenzwert wurde hier überschritten.

Allerdings verhinderte der Seitenairbag hier das starke seitliche Abknicken des Kopfes, das im Twingo ohne Airbag zu einem erhöhten Verletzungsrisiko geführt hätte.

Die beiden Crashtests mit den Twingo zeigen ebenfalls, dass ein Seitenairbag nur ein zusätzliches Schutzsystem ist. In beiden Fällen kam es zu starken Intrusionen, die zu hohen Halsbelastungen und Brustbeschleunigungen führten.

In den Standversuchen blieb der Renault Twingo unauffällig.

Die Standversuche mit dem Nissan Micra zeigen, wie stark die Insassenbelastungen von der Position zum Seitenairbag abhängig sind. In den beiden Versuchen mit einer leicht zur Tür geneigten Sitzhaltung blieben alle Messwerte am Dummy sehr gering. Neigen sich jedoch Kopf und Oberkörper stärker zur Tür und damit direkt über den sitzintegrierten Airbag, so steigen die Belastungen für den Hals an. Im untersuchten Fall blieben sie jedoch ebenfalls unkritisch.

Der in der Tür montierte Seitenairbag des Mercedes zeichnete sich in den Standversuchen durch geringe Insassenbelastungen aus.

Aufgrund der großzügigen Platzverhältnisse im Auto kam es nicht zum Kontakt zwischen Insassen und Airbagabdeckklappen. Der mit Fangbändern ausgerüstete Thorax-Bag drang während der Entfaltung nur bis zum Lehnenrand in den Innenraum ein. Der Impuls auf den schräg sitzenden Dummy blieb gering.

Des Weiteren ist der Luftsack so ausgeführt, dass im aufgeblasenen Zustand die dem Insassen zuge-

wandte Seite relativ eben ist. Das verringert im Crash die Wahrscheinlichkeit einer Rotation des Kopfes oder Oberkörpers um die Hochachse.

Der Kopf des sechsjährigen Kinderdummys liegt so hoch, dass er Kontakt zum Windowbag eines Fahrzeuges haben könnte. Allerdings ist der in der OoP-Richtlinie für Seitenairbags (LUND, 2000) beschriebene Versuchsaufbau deutlich gefährlicher. Besteht der Curtain diesen Test, so stellt er auch für Kinder mit einer leicht zur Tür geneigten Sitzposition keine Gefahr dar. Auf die Zündung dieses Airbagsystems in der Konfiguration mit dem Mercedes wurde deshalb verzichtet.

### 8.1.2 Rückwärts gerichtete Sitzschalen

Die Analysen zeigen, dass in Fahrzeugen mit sitzintegrierten Seitenairbags Kopf und Oberkörper des Kindes außerhalb des Entfaltungsbereichs des Airbags liegen. Eine Gefährdung des Insassen durch den Luftsack ist mit großer Wahrscheinlichkeit auszuschließen. Das Entfaltungsverhalten der in Kapitel 6.3 beschriebenen gezündeten sitzintegrierten Airbags deutet nicht auf kritische Interaktionen zwischen Sitzschale und Luftsack hin.

In Fahrzeugen, die mit einem türintegrierten Airbagsystem ausgerüstet sind, liegt das Airbagmodul auf Höhe des Kinderkopfes. Allerdings beträgt der seitliche Abstand zwischen Kopf und Airbagmodul in den untersuchten Fahrzeugen durchschnittlich 250 mm. Zum Kindersitz bliebe ausreichend Platz. Im Falle eines Anstoßes würde der Seitenairbag zuerst den Sitz treffen, der dann wiederum den Kopf anstoßen könnte. Da die Sitzschalen seitlich gepolstert sind, würde ein solcher Stoß gedämpft. Unter Berücksichtigung der positiven Ergebnisse der Versuchskonfiguration 3 (Kapitel 6.3.3) ist keine erhöhte Verletzungsgefahr für ein Kind erkennbar.

Windowbags (Inflatable Curtains) stellen keine Gefahr dar. Sie reichen nicht bis zum Kindersitz herab.

### 8.1.3 Vorwärts gerichtete Sitzschalen

Die Standversuche dieser Studie (Kapitel 6.3.6) sowie Versuchsreihen anderer Organisationen (TYLKO, 2001) belegen, dass Kinder in vorwärts gerichteten Sitzschalen durch den Airbag nicht gefährdet werden.

Die erhöhte Sitzposition der Kinder in einem schalenartigen Kindersitz führt dazu, dass sich Kopf

und Oberkörper nicht direkt vor dem Airbagmodul türintegrierter Seitenairbags befinden.

Auch in Fahrzeugen mit sitzintegrierten Airbags führt die leicht nach vorn gerückte Position des Kindersitzes dazu, dass sich das Kind nicht im direkten Entfaltungsbereich des Luftsacks befindet.

Weiterhin liegt bei beiden Bauformen die schützende gepolsterte Sitzschale zwischen Kind und Airbag.

Im Standversuch 5 wurde ein ISOFix-Sitz in Verbindung mit einem voluminösen Head-Thorax-Bag getestet. Trotz der lateralen Fixierung des Sitzes durch die ISOFix-Halterungen kam es zu keiner Beschädigung an der Schale. Sitzsysteme, die mit dem Fahrzeuggurt befestigt werden, können dem Druck des Luftsacks ausweichen. Eine Beschädigung ist deshalb auch hier nicht zu erwarten.

Der Kopf des Kindes reicht bei der Verwendung von vorwärts gerichteten Sitzschalen ungefähr auf Höhe der Türbrüstung (Bild 1-6). Windowbags enden in etwa auf dieser Höhe. Wird zudem noch der seitlich Abstand zwischen Kopf und Curtain berücksichtigt, dann stellen diese Airbagsysteme in dieser Konstellation keine Gefahr für den kindlichen Insassen dar.

## 8.2 Anforderungen an Seitenairbags

Die Ergebnisse der Analysen und Versuche deuten nicht auf gravierende Probleme zwischen Kinderrückhaltesystemen und Seitenairbags hin. Dennoch sind bei der Kombination beider Schutzsysteme einige Punkte zu beachten.

### 8.2.1 Seitenairbags und Sitzerrhöhungen

Manche Automobilhersteller fordern, dass sich Kinder während der Fahrt nicht in Richtung Tür lehnen sollen (Kapitel 3.4). Andere Hersteller untersagen sogar den Transport von Kindern auf Sitzplätzen, die mit Seitenairbags ausgerüstet sind. Diese Forderungen sind jedoch in der Praxis nicht immer einzuhalten.

Dabei zeigen die Untersuchungen, dass Seitenairbags durchaus das Verletzungsrisiko für Kinder reduzieren können. Allerdings müssen bei der Konstruktion der Airbags einige Parameter beachtet werden:

- Reduktion der Wölbung des Airbags auf der dem Insassen zugewandten Seite (Wölbung um die Hochachse)

- Vermeidung der zu starken Entfaltung des Airbags zum Insassen hin (Luftsack wird auch zum Insassen hin gefüllt)

Die Crashtests zeigen, dass bei kleineren Kindern die Wölbung des Seitenairbags zu einer starken Kopfdrehung um die z-Achse führt. Der sichtlich rundere Bag des Mitsubishi SpaceStar verursachte ein deutlich höheres Moment als der flache Airbag des Renault Twingo. Dieser Effekt ist noch höher zu bewerten, wenn das günstigere Deformationsverhalten des SpaceStar berücksichtigt wird.

Optimierte Seitenairbags können zwar breit sein, sollten aber an den Außenflächen nur eine geringe Wölbung aufweisen. Mit Fangbändern wäre das Problem lösbar, wie der Seitenairbag des getesteten Mercedes beweist.

Der Seitenairbag des Mitsubishi wird deutlich breiter als alle anderen getesteten sitzintegrierten Seitenairbags. Der Breitengewinn wird vor allem in Richtung Sitzmitte zum Insassen hin erzielt. In den Standversuchen führte dieses Verhalten zu einem starken Impuls gegen den Oberkörper des Kinderdummys. Das Halsmoment um die x-Achse war in den Standversuchen sogar höher als in den Crashtests.

Die anderen untersuchten Seitenairbags zeigen, dass dieses Entfaltungverhalten und die dadurch hervorgerufenen Insassenbelastungen durch andere Luftsackgeometrien und Gasgenerator Kennlinien gemildert werden können.

### 8.2.2 Seitenairbags und schalenartige Kindersitze

Die Anforderungen an Seitenairbags bei Verwendung von Sitzerrhöhungen können auch für schalenartige Kindersitze übernommen werden, wobei die Wölbung des Airbags hier weniger von Bedeutung ist.

Wird der Seitenairbag sehr breit und ist seine Entfaltungsgeschwindigkeit in Querrichtung sehr groß, so besteht die Möglichkeit, dass der Kindersitz einen Schlag bekommt. Schlecht gesicherte Sitze könnten verschoben werden und möglicherweise so keinen optimalen Schutz mehr bieten.

Ein Peugeot 206 wurde in dieser Studie mit einem Schalensitz getestet. Im Zusammenhang mit dem Seitenairbag kam es hier zu keinen Komplikationen.

### 8.3 Anforderungen an Kinderrückhaltesysteme

Die Kinderrückhaltesysteme sollten so konstruiert sein, dass ein sich entfaltender Seitenairbag keine Schäden am Sitz verursachen kann.

Bei Schalensitzen sollte bei der Konstruktion darauf geachtet werden, dass sich der Seitenairbag nicht am Sitz verfangen kann und sich dann nur unvollständig entfaltet. Das kann zum einen zu unkontrollierten Sitzbewegungen führen, und zum anderen kann der Seitenairbag nicht als zusätzliches Polster zwischen Tür und Kindersitz wirken.

Hauptsächlich bei der Kombination von breiten vorwärts gerichteten Sitzschalen und sitzintegrierten Airbags besteht die Möglichkeit, dass sich der Airbag unter dem Sitzrand verfängt.

### 8.4 Grenzen der Studie

In dieser Studie konnte nicht jedes Airbagsystem mit jedem Kinderrückhaltesystem sowie mit jeder Dummygröße untersucht werden. Bei der Auswahl der untersuchten Airbags, Kindersitze und Kinderdummys wurde ein Kompromiss aus Marktrelevanz und geometrischer Besonderheit der Seitenairbags gewählt. Damit wurde ein möglichst breites Spektrum verschiedener Kombinationen erfasst. Die Versuchsergebnisse bestätigen die Vorgehensweise. So wurden sowohl besonders gute als auch verbesserungswürdige Airbagsysteme gefunden.

Dennoch kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass besonders gefährliche Kombinationen von Seitenairbags und Kindersitzen übersehen wurden. Diese dürften aber aufgrund der Auswahlprozedur nur eine sehr geringe Marktrelevanz besitzen.

Jede Konfiguration der Standversuchserie wurde zweimal wiederholt. So konnten Fehler im Versuchsaufbau (Kapitel 6.3.2) sowie eventuelle Streuungen der Messwerte erkannt und falsche Schlussfolgerungen vermieden werden. Bei den Full-scale-Versuchen war dieses Vorgehen nicht möglich. Lediglich die Fahrzeugverformungen lassen den Schluss zu, dass sich die beiden SpaceStar beziehungsweise Twingo in den Tests jeweils ähnlich verhalten haben. Trotz statistischer Unsicherheiten kann zumindest ein qualitativer Vergleich der Dummymesswerte innerhalb der Versuchspaare gezogen werden.

Ein weiterer Unsicherheitsfaktor ist die Biofidelität der verwendeten Hybrid-III-Kinderdummys. So kann bei ihnen die Brustkorbeindrückung nur in Längsrichtung gemessen werden, obwohl im Seitenaufprall die Querrichtung von größerer Bedeutung ist. Auch Hals und Schultern der Dummys erscheinen in Querrichtung deutlich steifer als bei den Messpuppen der Q-Serie, die auch für den Seitenaufprall entwickelt worden sind.

Es ist weiterhin nicht vollständig geklärt, ob heutige Kinderdummys korrekt, d. h. menschenähnlich, auf Seitenairbags reagieren können.

Trotz aller Einschränkungen wurden die Kinderdummys der Hybrid-III-Serie für diese Studie als geeignet angesehen. Da sie in verschiedenen OoP-Richtlinien vorgeschrieben sind, konnte zum einen auf Belastungsgrenzen und Schutzkriterien zurückgegriffen werden, und zum anderen bleiben die Versuchsergebnisse dieser Studie vergleichbar mit anderen Arbeiten zu diesem Themengebiet.

## 9 Literatur

- ADAC (2001): ADAC Motorwelt, Heft 02/2001
- AMS (2001a): Mini gegen Aufpreis mit seitlichen Kopfairbags, Auto Motor und Sport, Heft 10/2001
- AMS (2001b): Marktbericht Juni 2001, Auto Motor und Sport, Heft 16/2001
- AUGENSTEIN, J., PERDECK, E., WILLIAMSON, J., STRATTON, J., DIGGES, K., LOMBARDO, L. (1997): Air Bag Induced Injury Mechanisms for Infants in Rear Facing Child Restraints, SAE-Paper 973296, 2<sup>nd</sup> Child Occupant Protection Symposium
- BMW (2001a): Betriebsanleitung 3er-Reihe, Seite 55, BMW Group
- BMW (2001b): Betriebsanleitung 5er-Reihe, Seite 67, BMW Group
- BMW (2001c): Betriebsanleitung Z8, Seite 49, BMW Group
- BOHMAN, K., HALAND, Y., ALDMAN, B. (1998): Reduction of Head Rotational Motions in Side Impacts due to the Inflatable Curtain – A Way to Bring Down the Risk of Diffuse Brain Injury, 16<sup>th</sup> Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles

- BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2002): Verkehr in Zahlen 2001/2002, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin
- CHIDESTER, A., ROSTON, T. (2001): Air Bag Crash Investigations, 17<sup>th</sup> Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles
- DALMOTAS D., GERMAN, A., TYLKO, S. (2001): The Crash and Field Performance of Side-Mounted Airbag Systems, 17<sup>th</sup> Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles
- DUMA, S., BOGGESS, B., CRANDALL, J., HURWITZ, S., SEKI, K., AOKI, T. (2001): Analysis of the Upper Extremity Response Under Side Air Bag Loading, 17<sup>th</sup> Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles
- DUMA, S., CRANDALL, J., FUNK, J., PILKEY, W. (1999): Small Female Head and Neck Interaction With a Deploying Side Air Bag, IRCOBI – Conference on the Biomechanics of Impact
- DUMA, S., CRANDALL, J., HURWITZ, S., PILKEY, W. D. (1998a): Small Female Upper Extremity Interaction With a Deploying Side Air Bag, 42<sup>nd</sup> Stapp Car Crash Conference
- DUMA, S., CRANDALL, J., PILKEY, W., SEKI, K., AOKI, T. (1998b): Dynamic Response of the Hybrid III 3 Year Old Dummy Head and Neck During Side Air Bag Loading, Association for the Advancement of Automotive Medicine
- ECE-R44 – Economic Commission for European Regulation 44 (2000): Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Rückhaltesysteme für Kinder in Kraftfahrzeugen (Kinder-Rückhaltesysteme), FEE Fahrzeugtechnik EWG/ECE, Kirschbaum Verlag Bonn
- ECE-R95 – Economic Commission for European Regulation 95 (1999): Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Kraftfahrzeuge hinsichtlich des Schutzes der Insassen bei einem Seitenaufprall, FEE Fahrzeugtechnik EWG/ECE, Kirschbaum Verlag Bonn
- EEVC – European Enhanced Vehicle-Safety Committee (2001): Recommendations for a revised specification for the EEVC mobile deformable barrier face, Internet: [www.eevc.org](http://www.eevc.org) (28.4.2002)
- FISITA – The International Federation of automotive engineering societies (2000): US car makers set new tests for side airbags, October 2000
- FLEISCHER, G. (2000): Gut Hören – Heute und Morgen, Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH
- FOGRASCHER, K., HOLZNER, M., GOERTZ, C. (1998): Entwicklung eines Simulationsmodells für das Kopfschutzsystem ITS und Integration der Komponente in ein Gesamtfahrzeugmodell, VDI Berichte Nr. 1411
- GOTSCHALL, C., EICHELBERGER, M., MORRISSEY, J., BETTER, A., REARDON, J. (1997): Non-fatal Air Bag Deployments Involving Child Passengers, 39<sup>th</sup> Stapp Car Crash Conference
- GÜTLEIN, U. SCHAPER, J., SPINDLER, J. (1998): Schutzsysteme für den Kopfbereich, Tagung Kunststoffe im Automobilbau, VDI-Reihe Kunststofftechnik
- GULDE, A. (1994): Kinderrückhaltesysteme in Personenkraftwagen und Korrelation mit Realunfallgeschehen, München
- HACK, G. (1995): Kopfarbeit, Auto Motor und Sport, Heft 23/1995
- HEINZ, M., PORSCHE, F. (1998): The POSIP System – Improving Occupant Protection in Convertibles and Coupes during Side Impacts, 16<sup>th</sup> Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles
- HUELKE, D. (1997): Children as Front Seat Passengers Exposed to Airbag Deployments, 2<sup>nd</sup> Child Occupant Protection Symposium
- IGARASHI, T., EHAMA, M., SUNABASHIRI, Y. (1998): Development of Side Impact Air Bag System for Head Chest Protection, 16<sup>th</sup> Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles
- ISO – International organization of Standardization (1999): ISO Technical Report 14933, Draft
- KALLIERIS, D., RIZZITTI, A., MATTERN, R., JOST, S., PRIEMER, P., UNGER, M. (1997): Response and Vulnerability of the Upper Arm Through Side Air Bag Deployment, 41<sup>st</sup> Stapp Car Crash Conference
- KBA – Kraftfahrtbundesamt (2001): Statistische Mitteilungen, Neuzulassungen von Personenkraftwagen nach Herstellern und Typgruppen in Deutschland, Juni 2001
- KHADILKAR, A., PAULS, L. (1998): Assessment of Injury Protection Performance of Side Impact

- Airbags for Out-of-Position and Other Than 50<sup>th</sup> percentile adult male occupants, 16<sup>th</sup> Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles
- KOMPASS, K. (1995): Der Seitenairbag – Kopf- oder Thoraxschutz, Tagung Kollisionsschutz im Straßenverkehr, Haus der Technik Essen
- KVW-MHM – Kreisverkehrswacht Mannheim e. V. (2001): Internet: <http://www.kvw-mhm.de> (10.09.2001)
- LANGWIEDER, K., HUMMEL, T. (1991): Neue Aspekte zur Optimierung von Kinderschutzsystemen – Erfahrungen aus Unfalluntersuchungen, Schlittenversuchen und Befragungen, München
- LUND (2000): Recommended Procedures for Evaluating Occupant Injury Risk from Deploying Side Airbags, The Side Airbag Out-of-Position Injury Technical Working Group
- MOUCHAHOIR, G., SULLIVAN, L. (1994): Interaction of Air Bags and Child Restraint Systems, 14<sup>th</sup> Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles
- NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration (1999): Child Passenger Safety Tech. Report, Internet: [www.nhtsa.dot.gov](http://www.nhtsa.dot.gov) (21.11.2000), TechW99.pdf
- NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration (2001a): Buying a Safer Car for Child Passengers, Internet: [www.nhtsa.dot.gov/people/injury/childps/SafeCar/buying.html](http://www.nhtsa.dot.gov/people/injury/childps/SafeCar/buying.html) (25.04.2001)
- NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration (2001b): Children and Air Bags, Internet: [www.nhtsa.dot.gov/people/injury/airbags/Airbag.html](http://www.nhtsa.dot.gov/people/injury/airbags/Airbag.html) (25.04.2001)
- Nissan (2001): Betriebsanleitung Primera, Seite 2-21, Nissan Motor Deutschland GmbH
- ÖHLUND, A., PALMERTZ, C., KORNER, J., NYGREN, M., BOHMAN, K. (1998): The Inflatable Curtain (IC) – A New Head Protection System in Side Impacts, 16<sup>th</sup> Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles
- PINTAR, F., YOGANANDAN, N., MALTESE, M., SAMAHA, R., EPPINGER, R. (1999): Three-Year-Old Child Out-of-Position Side Airbag Studies, 43<sup>rd</sup> Stapp Car Crash Conference
- Porsche (2001): Beschreibung POSIP, Internet: [www.porsche.com](http://www.porsche.com) (25.4.2001)
- PRASAD, A., SAMAHA, R., LOUDEN, A. (2001): Evaluation of Injury Risk from Side Impact Air Bags, 17<sup>th</sup> Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles
- Renault (1998): Betriebsanleitung Twingo, Seite 1.25, Deutsche Renault AG
- Renault (2001): Betriebsanleitung Twingo, Seite 1.25, Deutsche Renault AG
- SCHERBA, M. (2001): Side Impact Air Bags – The General Motors Approach, 17<sup>th</sup> Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles
- SEIFFERT, U. (1997): Möglichkeiten und Grenzen der neuen Frontal- und Seitenaufprall-Gesetzgebung, ATZ Automobiltechnische Zeitschrift, Heft 9/97
- Spiegel online (2001): 20 Jahre Airbag: Viel heiße Luft, Internet: [www.spiegel.de/auto/werkstatt/0,1518,122186,00.html](http://www.spiegel.de/auto/werkstatt/0,1518,122186,00.html) (13.03.2001)
- STATIS-BUND – Statistisches Bundesamt (2001): Verkehr, Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart
- TAKEDA, H., KOBAYASHI, S. (1981): Injuries to Children From Airbag Deployment, 8<sup>th</sup> Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles
- TC – Transport Canada (2001): How to Protect Children in Vehicles with Side Air Bags, Fact Sheet #RS2000-06
- TSCHÄSCKE, U. (2000): Sidebagsysteme bei Pkw-Seitenkollisionen – Schutz- und Gefährdungspotenzial unter besonderer Berücksichtigung der oberen Extremitäten, Dissertation, Technische Universität Berlin
- Toyota (2001): Betriebsanleitung Yaris, Seite 75, Toyota Deutschland GmbH
- TURBELL, T. (1991): Are Air Bags Compatible with Child Restraint Systems and Roadside Safety Features?, 13<sup>rd</sup> Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles
- TYLKO, S., DALMOTAS, D. (2000): Assessment of Injury Risk to Children from Side Airbags, 44<sup>th</sup> Stapp Car Crash Conference
- TYLKO, S., DALMOTAS, D. (2001): Side Airbags: Evaluating the Benefits and Risks for Restrained

Children, 17<sup>th</sup> Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles

Volkswagen (2001): Betriebsanleitung Passat, Beilage „Sicher ist sicher“, Seite 25, Volkswagen AG

WEBER, K. (1993): Child Restraint and Airbag Interaction: Problem and Progress, Child Occupant Protection Symposium

WINSTON, F., REED, R. (1996): Air Bags and Children: Highway Traffic Safety Administration Special Investigation into Actual Crashes, 40<sup>th</sup> Stapp Car Crash Conference



## Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt  
für Straßenwesen

## Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

**1993**

- F 1: Einfluß der Korrosion auf die passive Sicherheit von Pkw  
Faerber, Wobben € 12,50
- F 2: Kriterien für die Prüfung von Motorradhelmen  
König, Werner, Schuller, Beier, Spann € 13,50
- F 3: Sicherheit von Motorradhelmen  
Zellmer € 11,00
- F 4: Weiterentwicklung der Abgassonderuntersuchung  
Teil 1: Vergleich der Ergebnisse aus Abgasuntersuchung und Typ-  
prüfverfahren  
Richter, Michelmann  
Teil 2: Praxiserprobung des vorgesehenen Prüfverfahrens für Fahr-  
zeuge mit Katalysator  
Albus € 13,50

**1994**

- F 5: Nutzen durch fahrzeugseitigen Fußgängerschutz  
Bamberg, Zellmer € 11,00
- F 6: Sicherheit von Fahrradanhängern zum Personentransport  
Wobben, Zahn € 12,50
- F 7: Kontrastwahrnehmung bei unterschiedlicher Lichttrans-  
mission von Pkw-Scheiben  
Teil 1: Kontrastwahrnehmung im nächtlichen Straßenverkehr bei  
Fahrern mit verminderter Tagesschärfe  
P. Junge  
Teil 2: Kontrastwahrnehmung in der Dämmerung bei Fahrern mit  
verminderter Tagesschärfe  
Chmielarz, Siegl  
Teil 3: Wirkung abgedunkelter Heckscheiben - Vergleichsstudie  
Derkum € 14,00
- F 8: Anforderungen an den Kinnschutz von Integralhelmen  
Otte, Schroeder, Eidam, Kraemer € 10,50
- F 9: Kraftschlußpotentiale moderner Motorradreifen unter Stra-  
ßenbedingungen  
Schmieder, Bley, Spickermann, von Zettelmann € 11,00

**1995**

- F 10: Einsatz der Gasentladungslampe in Kfz-Scheinwerfern  
Damasky € 12,50
- F 11: Informationsdarstellung im Fahrzeug mit Hilfe eines Head-  
Up-Displays  
Mutschler € 16,50
- F 12: Gefährdung durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen  
Teil 1: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern  
Zellmer, Schmid  
Teil 2: Quantifizierung der Gefährdung von Fußgängern  
Zellmer € 12,00
- F 13: Untersuchung rollwiderstandsarmer Pkw-Reifen  
Sander € 11,50

**1996**

- F 14: Der Aufprall des Kopfes auf die Fronthaube von Pkw beim  
Fußgängerunfall – Entwicklung eines Prüfverfahrens  
Glaeser € 15,50
- F 15: Verkehrssicherheit von Fahrrädern  
Teil 1: Möglichkeiten zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von  
Fahrrädern  
Heinrich, von der Osten-Sacken  
Teil 2: Ergebnisse aus einem Expertengespräch „Verkehrssicher-  
heit von Fahrrädern“  
Nicklisch € 22,50
- F 16: Messung der tatsächlichen Achslasten von Nutzfahrzeugen  
Sagerer, Wartenberg, Schmidt € 12,50
- F 17: Sicherheitsbewertung von Personenkraftwagen – Problem-  
analyse und Verfahrenskonzept  
Grunow, Heuser, Krüger, Zangemeister € 17,50
- F 18: Bremsverhalten von Fahrern von Motorrädern mit und ohne  
ABS  
Präckel € 14,50
- F 19: Schwingungsdämpferprüfung an Pkw im Rahmen der  
Hauptuntersuchung  
Pullwitt € 11,50
- F 20: Vergleichsmessungen des Rollwiderstands auf der Straße  
und im Prüfstand  
Sander € 13,00
- F 21: Einflußgrößen auf den Kraftschluß bei Nässe  
Fach € 14,00

**1997**

- F 22: Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch bei kurzzei-  
tiger Motorabschaltung  
Bugsel, Albus, Sievert € 10,50
- F 23: Unfalldatenschreiber als Informationsquelle für die Unfall-  
forschung in der Pre-Crash-Phase  
Berg, Mayer € 19,50

**1998**

- F 24: Beurteilung der Sicherheitsaspekte eines neuartigen Zwei-  
radkonzeptes  
Kalliske, Albus, Faerber € 12,00
- F 25: Sicherheit des Transportes von Kindern auf Fahrrädern und  
in Fahrradanhängern  
Kalliske, Wobben, Nee € 11,50

**1999**

- F 26: Entwicklung eines Testverfahrens für Antriebsschlupf-  
Regelsysteme  
Schweers € 11,50
- F 27: Betriebslasten an Fahrrädern  
Vötter, Groß, Esser, Born, Flamm, Rieck € 10,50
- F 28: Überprüfung elektronischer Systeme in Kraftfahrzeugen  
Kohlstruck, Wallentowitz € 13,00

**2000**

- F 29: Verkehrssicherheit runderneuerter Reifen  
Teil 1: Verkehrssicherheit runderneuerter Reifen  
Glaeser  
Teil 2: Verkehrssicherheit runderneuerter Lkw-Reifen  
Aubel € 13,00

- F 30: Rechnerische Simulation des Fahrverhaltens von Lkw mit Breitreifen  
Faber € 12,50
- F 31: Passive Sicherheit von Pkw bei Verkehrsunfällen  
Otte € 12,50
- F 32: Die Fahrzeugtechnische Versuchsanlage der BASt – Einweihung mit Verleihung des Verkehrssicherheitspreises 2000 am 4. und 5. Mai 2000 in Bergisch Gladbach € 14,00
- F 33: Sicherheitsbelange aktiver Fahrdynamikregelungen  
Gaupp, Wobben, Horn, Seemann € 17,00

- F 50: Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme  
Gehre, Kramer, Schindler € 14,50

## 2001

- F 34: Ermittlung von Emissionen im Stationärbetrieb mit dem Emissions-Mess-Fahrzeug  
Sander, Bugsel, Sievert, Albus € 11,00
- F 35: Sicherheitsanalyse der Systeme zum Automatischen Fahren  
Wallentowitz, Ehmanns, Neunzig, Weilkes, Steinauer, Bölling, Richter, Gaupp € 19,00
- F 36: Anforderungen an Rückspiegel von Krafträdern  
van de Sand, Wallentowitz, Schrüllkamp € 14,00
- F 37: Abgasuntersuchung - Erfolgskontrolle: Ottomotor – G-Kat  
Afflerbach, Hassel, Schmidt, Sonnborn, Weber € 11,50
- F 38: Optimierte Fahrzeugfront hinsichtlich des Fußgängerschutzes  
Friesen, Wallentowitz, Philipps € 12,50

## 2002

- F 39: Optimierung des rückwärtigen Signalbildes zur Reduzierung von Auffahrunfällen bei Gefahrenbremsung  
Gail, Lorig, Gelau, Heuzeroth, Sievert € 19,50
- F 40: Prüfverfahren für Spritzschutzsysteme an Kraftfahrzeugen  
Domsch, Sandkühler, Wallentowitz € 16,50

## 2003

- F 41: Abgasuntersuchung: Dieselfahrzeuge  
Afflerbach, Hassel, Mäurer, Schmidt, Weber € 14,00
- F 42: Schwachstellenanalyse zur Optimierung des Notausstiegssystems bei Reisebussen  
Krieg, Rüter, Weißgerber € 15,00
- F 43: Testverfahren zur Bewertung und Verbesserung von Kinderschutzsystemen beim Pkw-Seitenaufprall  
Nett € 16,50
- F 44: Aktive und passive Sicherheit gebrauchter Leichtkraftfahrzeuge  
Gail, Pastor, Spiering, Sander, Lorig € 12,00

## 2004

- F 45: Untersuchungen zur Abgasemission von Motorrädern im Rahmen der WMTC-Aktivitäten  
Steven € 12,50
- F 46: Anforderungen an zukünftige Kraftrad-Bremssysteme zur Steigerung der Fahrsicherheit  
Funke, Winner € 12,00
- F 47: Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerinformationssystemen  
Jahn, Oehme, Rösler, Krens € 13,50
- F 48: Standgeräuschmessung an Motorrädern im Verkehr und bei der Hauptuntersuchung nach § 29 STVZO  
Pullwitt, Redmann € 13,50
- F 49: Prüfverfahren für die passive Sicherheit motorisierter Zweiräder  
Berg, Rücker, Bürkle, Mattern, Kallieris € 18,00

---

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10  
D-27511 Bremerhaven  
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0  
Telefax: (04 71) 9 45 44 77  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.

## Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt  
für Straßenwesen

## Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

**1993**

- F 1: Einfluß der Korrosion auf die passive Sicherheit von Pkw  
Faerber, Wobben € 12,50
- F 2: Kriterien für die Prüfung von Motorradhelmen  
König, Werner, Schuller, Beier, Spann € 13,50
- F 3: Sicherheit von Motorradhelmen  
Zellmer € 11,00
- F 4: Weiterentwicklung der Abgassonderuntersuchung  
Teil 1: Vergleich der Ergebnisse aus Abgasuntersuchung und Typ-  
prüfverfahren  
Richter, Michelmann  
Teil 2: Praxiserprobung des vorgesehenen Prüfverfahrens für Fahr-  
zeuge mit Katalysator  
Albus € 13,50

**1994**

- F 5: Nutzen durch fahrzeugseitigen Fußgängerschutz  
Bamberg, Zellmer € 11,00
- F 6: Sicherheit von Fahrradanhängern zum Personentransport  
Wobben, Zahn € 12,50
- F 7: Kontrastwahrnehmung bei unterschiedlicher Lichttrans-  
mission von Pkw-Scheiben  
Teil 1: Kontrastwahrnehmung im nächtlichen Straßenverkehr bei  
Fahrern mit verminderter Tagessehschärfe  
P. Junge  
Teil 2: Kontrastwahrnehmung in der Dämmerung bei Fahrern mit  
verminderter Tagessehschärfe  
Chmielarz, Siegl  
Teil 3: Wirkung abgedunkelter Heckscheiben - Vergleichsstudie  
Derkum € 14,00
- F 8: Anforderungen an den Kinnschutz von Integralhelmen  
Otte, Schroeder, Eidam, Kraemer € 10,50
- F 9: Kraftschlußpotentiale moderner Motorradreifen unter Stra-  
ßenbedingungen  
Schmieder, Bley, Spickermann, von Zettelmann € 11,00

**1995**

- F 10: Einsatz der Gasentladungslampe in Kfz-Scheinwerfern  
Damasky € 12,50
- F 11: Informationsdarstellung im Fahrzeug mit Hilfe eines Head-  
Up-Displays  
Mutschler € 16,50
- F 12: Gefährdung durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen  
Teil 1: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern  
Zellmer, Schmid  
Teil 2: Quantifizierung der Gefährdung von Fußgängern  
Zellmer € 12,00
- F 13: Untersuchung rollwiderstandsarmer Pkw-Reifen  
Sander € 11,50

**1996**

- F 14: Der Aufprall des Kopfes auf die Fronthaube von Pkw beim  
Fußgängerunfall – Entwicklung eines Prüfverfahrens  
Glaeser € 15,50
- F 15: Verkehrssicherheit von Fahrrädern  
Teil 1: Möglichkeiten zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von  
Fahrrädern  
Heinrich, von der Osten-Sacken  
Teil 2: Ergebnisse aus einem Expertengespräch „Verkehrssicher-  
heit von Fahrrädern“  
Nicklisch € 22,50
- F 16: Messung der tatsächlichen Achslasten von Nutzfahrzeugen  
Sagerer, Wartenberg, Schmidt € 12,50
- F 17: Sicherheitsbewertung von Personenkraftwagen – Problem-  
analyse und Verfahrenskonzept  
Grunow, Heuser, Krüger, Zangemeister € 17,50
- F 18: Bremsverhalten von Fahrern von Motorrädern mit und ohne  
ABS  
Präckel € 14,50
- F 19: Schwingungsdämpferprüfung an Pkw im Rahmen der  
Hauptuntersuchung  
Pullwitt € 11,50
- F 20: Vergleichsmessungen des Rollwiderstands auf der Straße  
und im Prüfstand  
Sander € 13,00
- F 21: Einflußgrößen auf den Kraftschluß bei Nässe  
Fach € 14,00

**1997**

- F 22: Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch bei kurzzei-  
tiger Motorabschaltung  
Bugsel, Albus, Sievert € 10,50
- F 23: Unfalldatenschreiber als Informationsquelle für die Unfall-  
forschung in der Pre-Crash-Phase  
Berg, Mayer € 19,50

**1998**

- F 24: Beurteilung der Sicherheitsaspekte eines neuartigen Zwei-  
radkonzeptes  
Kalliske, Albus, Faerber € 12,00
- F 25: Sicherheit des Transportes von Kindern auf Fahrrädern und  
in Fahrradanhängern  
Kalliske, Wobben, Nee € 11,50

**1999**

- F 26: Entwicklung eines Testverfahrens für Antriebsschlupf-  
Regelsysteme  
Schweers € 11,50
- F 27: Betriebslasten an Fahrrädern  
Vötter, Groß, Esser, Born, Flamm, Rieck € 10,50
- F 28: Überprüfung elektronischer Systeme in Kraftfahrzeugen  
Kohlstruck, Wallentowitz € 13,00

**2000**

- F 29: Verkehrssicherheit runderneuerter Reifen  
Teil 1: Verkehrssicherheit runderneuerter Reifen  
Glaeser  
Teil 2: Verkehrssicherheit runderneuerter Lkw-Reifen  
Aubel € 13,00

- F 30: Rechnerische Simulation des Fahrverhaltens von Lkw mit Breitreifen  
Faber € 12,50
- F 31: Passive Sicherheit von Pkw bei Verkehrsunfällen  
Otte € 12,50
- F 32: Die Fahrzeugtechnische Versuchsanlage der BASt – Einweihung mit Verleihung des Verkehrssicherheitspreises 2000 am 4. und 5. Mai 2000 in Bergisch Gladbach € 14,00
- F 33: Sicherheitsbelange aktiver Fahrdynamikregelungen  
Gaupp, Wobben, Horn, Seemann € 17,00

F 50: Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme  
Gehre, Kramer, Schindler € 14,50

## 2001

- F 34: Ermittlung von Emissionen im Stationärbetrieb mit dem Emissions-Mess-Fahrzeug  
Sander, Bugsel, Sievert, Albus € 11,00
- F 35: Sicherheitsanalyse der Systeme zum Automatischen Fahren  
Wallentowitz, Ehmanns, Neunzig, Weilkes, Steinauer, Bölling, Richter, Gaupp € 19,00
- F 36: Anforderungen an Rückspiegel von Krafträdern  
van de Sand, Wallentowitz, Schrüllkamp € 14,00
- F 37: Abgasuntersuchung - Erfolgskontrolle: Ottomotor – G-Kat  
Afflerbach, Hassel, Schmidt, Sonnborn, Weber € 11,50
- F 38: Optimierte Fahrzeugfront hinsichtlich des Fußgängerschutzes  
Friesen, Wallentowitz, Philipps € 12,50

## 2002

- F 39: Optimierung des rückwärtigen Signalbildes zur Reduzierung von Auffahrunfällen bei Gefahrenbremsung  
Gail, Lorig, Gelau, Heuzeroth, Sievert € 19,50
- F 40: Prüfverfahren für Spritzschutzsysteme an Kraftfahrzeugen  
Domsch, Sandkühler, Wallentowitz € 16,50

## 2003

- F 41: Abgasuntersuchung: Dieselfahrzeuge  
Afflerbach, Hassel, Mäurer, Schmidt, Weber € 14,00
- F 42: Schwachstellenanalyse zur Optimierung des Notausstiegssystems bei Reisebussen  
Krieg, Rüter, Weißgerber € 15,00
- F 43: Testverfahren zur Bewertung und Verbesserung von Kinderschutzsystemen beim Pkw-Seitenaufprall  
Nett € 16,50
- F 44: Aktive und passive Sicherheit gebrauchter Leichtkraftfahrzeuge  
Gail, Pastor, Spiering, Sander, Lorig € 12,00

## 2004

- F 45: Untersuchungen zur Abgasemission von Motorrädern im Rahmen der WMTC-Aktivitäten  
Steven € 12,50
- F 46: Anforderungen an zukünftige Kraftrad-Bremssysteme zur Steigerung der Fahrsicherheit  
Funke, Winner € 12,00
- F 47: Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerinformationssystemen  
Jahn, Oehme, Rösler, Krens € 13,50
- F 48: Standgeräuschmessung an Motorrädern im Verkehr und bei der Hauptuntersuchung nach § 29 STVZO  
Pullwitt, Redmann € 13,50
- F 49: Prüfverfahren für die passive Sicherheit motorisierter Zweiräder  
Berg, Rücker, Bürkle, Mattern, Kallieris € 18,00

---

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10  
D-27511 Bremerhaven  
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0  
Telefax: (04 71) 9 45 44 77  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.