

Optimierung von Kinderschutzsystemen im Pkw

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Fahrzeugtechnik Heft F 67

bast

Optimierung von Kinderschutzsystemen im Pkw

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs

vom Fachgebiet Kraftfahrzeuge am
Institut für Land- und Seeverkehr der
Technischen Universität Berlin
genehmigte und von

Dipl.-Ing. Sebastian Weber
aus Berlin vorgelegte

Dissertation

Berlin, Februar 2007

D 83

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 67

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, Stabsstelle Presse und 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, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt FE 82.230/2002:
Optimierung von Kinderschutzsystemen im Pkw

Projektbetreuung
Britta Schnottale

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

Redaktion
Stabsstelle Presse und 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
Internet: www.nw-verlag.de

ISSN 0943-9307
ISBN 978-3-86509-822-1

Bergisch Gladbach, Juni 2008

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Kraftfahrzeuge der TU Berlin. An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mich bei meiner Arbeit unterstützt haben.

An erster Stelle danke ich Professor Volker Schindler, der mir in allen Bereichen meiner Tätigkeit half und jederzeit mit konstruktiver Kritik wertvolle Impulse für mein Schaffen gab. Auch meinen Kollegen Christian Gehre, Dr. Heiko Johannsen und Dr. Oliver Schoeneich sei gedankt, da sie durch ihr fachliches Wissen im Bereich der Kindersicherheit immer als kompetente Ansprechpartner zur Verfügung standen. Die fachliche Betreuung der Bundesanstalt für Straßenwesen durch Britta Schnottale war ebenfalls sehr hilfreich und trug zum Gelingen der Arbeit bei.

Namentlich erwähnen möchte ich auch Gerd Müller, Kai Sölter, Semir Naamane, Christian Marschner, Holger Schultz, Alexander Wacker, Peter Heger, Paula Steinbeiß, Andreas Weber. Sie und meine Kollegen des Fachgebietes Kraftfahrzeuge haben, sei es in fachlicher und praktischer Hinsicht oder durch das Korrekturlesen meiner Ausführungen, einen Beitrag zum vorliegenden Bericht gegeben.

Besondere Unterstützung leisteten auch der GDV, die Unfallforschung Greifswald, die Brandenburger und die Berliner Polizei, der Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik des Landes Brandenburg, das CHILD-Konsortium sowie die Firma FTSS.

Meinen Eltern und meiner Frau Kirsten danke ich für die mentale Unterstützung in all den Jahren, dass sie immer an mich geglaubt haben. Und meinen Kindern Natalie und Anton widme ich diese Arbeit. Ich hoffe, ihr werdet eines Tages verstehen, wieso ihr im Auto *immer* in einem Kindersitz sitzen musstet!

Berlin, im Februar 2007

Kurzfassung

Optimierung von Kinderschutzsystemen im Pkw

Für Kinder in Deutschland existiert im Pkw weiterhin ein höheres Risiko, im Straßenverkehr bei einem Unfall schwer verletzt oder getötet zu werden, als es für ungeschützte Verkehrsteilnehmer wie Fahrradfahrer oder Fußgänger besteht. Dies erscheint auf den ersten Blick nicht nachvollziehbar, da der Pkw und die vorgeschriebenen Kindersitze den Kindern eine hohe Sicherheit bieten müssten. Der vorliegende Projektbericht gibt Aufschluss über den aktuellen Stand der Sicherheit von Kindern im Pkw in Deutschland und zeigt Optimierungspotenzial auf.

Die Schutzwirkung der Kindersitze hängt von mehreren Faktoren ab. Dabei stehen technische Aspekte, die hier detailliert untersucht wurden, im Vordergrund. Doch vor allem in den letzten Jahren zeigte sich immer wieder in Feldstudien, aber auch in der Unfallanalyse, dass Kinderschutzsysteme (KSS) oftmals nicht nach den Vorgaben installiert wurden. Wenn der Kindersitz und/oder das Kind nicht entsprechend der Bedienungsanleitung gesichert werden, kann sich das Schutzpotenzial der KSS reduzieren und gegen Null gehen. Im schlimmsten Fall stellt eine fehlerhafte Benutzung von KSS eine Gefahr sowohl für das Kind als auch für andere Pkw-Insassen dar.

Die Unfallanalyse ergab keine Aussage darüber, ob verschiedene KSS-Modelle zu unterschiedlichen Verletzungsmustern führen, da die Unfallkonstellationen pro KSS-Modell zu verschieden waren. Des Weiteren wurde analysiert, inwieweit heutige Testverfahren mit diesen Konstellationen übereinstimmen. Das Ziel, mit wenigen Verfahren möglichst alle relevanten Unfälle abzubilden, wurde zum Teil erreicht. Zu viele Testverfahren mit unterschiedlichen Bewertungssystemen stellen heutzutage die Endverbraucher vor das Problem, dass nicht klar ist, welches KSS wirklich das beste ist. In der Realität hängt die Schutzwirkung zudem noch wesentlich von der KSS-Pkw-Kombination ab, die nur annähernd durch Versuche überprüft werden kann, da sich eine zu hohe Anzahl von Kombinationsmöglichkeiten ergibt. Anhand von mehr als 100 Versuchen wurde das Schutzpotenzial von verschiedenen aktuellen Kindersitzmodellen untersucht. Dabei wurden immer vermeintlich gute und schlechte KSS gegenübergestellt und unter gleichen Randbedingungen getestet. Ziel dieses Vorgehens war es, anhand der Messergebnisse Maßnahmen zu erkennen, die dem Schutz der Kinder dienlich sind.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass prinzipiell für Kinder ein gutes Schutzniveau durch KSS besteht, was aber von KSS zu KSS verschieden sein kann. Die teureren KSS wiesen keine mechanische Zerstörung auf und überstanden alle Tests ohne ernsthafte Beschädigungen. Lediglich das oftmals als Dämpfungsmaterial eingesetzte Polystyrol nahm Energie auf und verformte sich wie vorgesehen plastisch. Bei den „Billig-Kindersitzen“ ergab sich leider ein komplett anderes Bild. Sobald die Anforderungen über die der Gesetzgebung hinausgehen, ist immer weniger Schutz für die Kinder vorhanden. Besonders im Seitenaufprall offenbarten sich erhebliche Lücken in der Sicherheit. Dies reichte von mechanischem Versagen mancher Plastikteile bis hin zu konstruktiven Unzulänglichkeiten. Vor allem die Gurtführung muss deutlicher gekennzeichnet und mechanisch verstärkt werden.

Trotz des hohen Schutzpotenzials einiger Kindersitze ist das Ende der Entwicklung noch nicht abzusehen. In allen Kindersitzklassen ist es prinzipiell möglich, die Belastungswerte weiter zu reduzieren. Dazu werden am Ende des Berichtes verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt. Zum einen ist dies eine optimierte Babyschale, die durch eine Trägheitsbewegung gezielt Energie abbaut und das Baby in eine günstigere Position bringt, in der die Belastungen des Körpers reduziert sind. Zum anderen wird gezeigt, dass durch die feste Anbindung des KSS an den Pkw und die Reduzierung der Rotation um die Y-Achse die Belastungen für Kinder reduziert werden können. Größtes Entwicklungspotenzial bietet dabei das ISOFIX-System. Es ist bekannt, dass ISOFIX die Fehlbedienung des Kindersitzes *und* die Belastungen der Kinder deutlich reduzieren kann. Trotzdem ist die bisherige Marktdurchdringung von ISOFIX eher gering.

Obwohl insgesamt ein positives Fazit gezogen werden kann, darf nicht aufgehört werden, die Kindersicherheit weiter zu verbessern. Denn nicht alle Kindersitze schützen heute gleich gut. Einige genügen lediglich den Gesetzesansprüchen und finden in vielen Fällen durch einen sehr geringen Verkaufspreis Zugang in die Pkw. Durch verschärfte Testbedingungen sollten diese Kindersitze abgeschafft und der Weg für neue und bessere Kinderschutzsysteme frei gemacht werden.

Abstract

Improvement of child restraint systems in cars

This project report summarises the status quo of child safety in cars in Germany. The risk for children travelling in cars of being injured or killed in accidents is high due to growing traffic on the road. More children died in cars than as pedestrians or cyclists. This seems not to be logical, as children in cars have to use an appropriate child restraint system (CRS). This system and the car around the CRS should provide a high level of safety.

The effectiveness of CRS depends on more than one topic. The technical aspects are in the main focus of most investigations. In the last years different investigations and accident analyses showed high numbers of CRS which were not correctly installed in cars. If the CRS is not installed according to the manual of the car or CRS manufacturer, or the child is not secured correctly (misuse), the level of safety of the CRS decreases. In some cases of misuse the benefit is completely lost and the CRS could even become dangerous for the child and other occupants.

During the study it was not possible to assess the level of safety of different CRS in any given accident constellations coming from the accident analysis. Only the definition of test procedures is possible to combine some accident constellations. This leads to a minor number of test procedures for frontal and side impact tests. However, test procedures in laboratories are not capable of reproducing all different combinations of the real world. In reality, the level of safety depends on the interaction between the car and the CRS. Assessments of CRS by different test institutes should have the same rating otherwise consumers would be confused by different ratings for the same CRS. Unfortunately, at the moment this confusion exists. There is still the problem to assess the level of safety of CRS in general.

More than 100 tests were performed to measure the level of safety of today's common CRS. In four different test procedures well known CRS and non-branded ones were assessed. Counter measures in the CRS design to improve the safety level have been identified based on the measurements of dummy loadings.

The safety of some CRS is currently at a high level. All well known products were not damaged in the tests. Polystyrene is used in some CRS as energy absorption and damping material. This worked very efficiently. The performance of non-branded CRS was mostly worse than the well known products. In tests with higher loadings to the CRS than in the ECE-R44 the measurements of dummy loadings were higher and this means the level of safety for children was lower. During the side impact test procedures bad results were achieved. Not all test procedures are able to show these design and production failures. The reason for this could be the test procedures themselves.

The current situation shows that some further improvement of all CRS groups is possible to reduce dummy loadings. In this study different investigations and prototypes are presented. One prototype is a Group 0 baby seat. The rearward facing CRS turns the dummy to a better position to sustain the loadings. The energy for the motion is coming only from the inertia of the system. On the other hand the study shows possibilities to improve the ISOFIX system. It has better performance and handling conditions but is not well known in the market. This should be changed as fast as possible because of the high safety level of such ISOFIX-CRS.

All named improvements show there are possibilities to increase today's high level of safety for children travelling in cars. But not all CRS are achieving good results. For that reason improved test procedures are also needed. These will lead to new products with higher safety levels.

Inhalt

1	Einleitung und Zielsetzung	7	4.3.1	Allgemeines.....	65
2	Theoretische Grundlagen.....	11	4.3.2	Daten zum Fahrzeug	65
2.1	Ausgangssituation in Deutschland	11	4.3.3	Daten zum Kindersitz.....	66
2.1.1	Statistische Daten	11	4.3.4	Daten zur Benutzung	67
2.1.2	Unfallzahlen nach Altersgruppen	14	5	Experimentelle Analyse.....	69
2.1.3	Verunglückte Kinder.....	14	5.1	Rahmenbedingungen.....	69
2.1.4	Getötete Kinder	16	5.2	Ausgewählte Testverfahren	70
2.2	Die Biomechanik des Kindes	18	5.2.1	Frontalaufprall	70
2.3	Gesetzliche Bestimmungen	21	5.2.2	Seitenaufprall.....	73
2.3.1	Verordnung in Deutschland.....	21	5.3	Testergebnisse	74
2.3.2	Weltweite gesetzliche Vorschriften	21	5.3.1	Klasse 0+	76
2.4	Anforderungen für die Zulassung.....	22	5.3.2	Klasse 1	81
2.5	Testverfahren	23	5.3.3	Klasse 2/3	87
2.5.1	Frontalaufprall	24	5.3.4	ADAC-Frontal.....	96
2.5.2	Seitenaufprall	27	5.4	Zusammengefasste Versuchsergebnisse..	98
2.5.3	Zusammenfassung.....	30	5.4.1	Belastungswerte	98
2.6	Schutzkriterien.....	30	5.4.2	Zusätzliche Videoauswertung.....	99
3	Analyse des realen Unfallgeschehens..	33	5.4.3	Beschädigungen	100
3.1	Auswertung Unfalldatenbanken	33	5.4.4	Konstruktive Mängel	101
3.1.1	Allgemeines.....	35	5.5	Schlussfolgerungen	102
3.1.2	Statistische Einordnung der Unfälle.....	35	5.5.1	KSS	102
3.1.3	Allgemeines zum Kinderschutzsystem.....	37	5.5.2	Testverfahren.....	102
3.1.4	Auswertung pro verletztem Kind	38	6	Vorschläge für optimierte KSS.....	105
3.1.5	Allgemeine Verletzungsverteilung.....	39	6.1	Allgemeine Bedingungen	105
3.1.6	Einordnung von gleichartigen Unfällen	39	6.2	Klasse 0/0+	106
3.2	Auswertung der CHILD-Daten	42	6.3	Klasse 1	107
3.3	Erhebung der Polizei in Brandenburg	43	6.4	Klasse 2/3	108
3.3.1	Allgemeines.....	43	6.5	Misuse.....	108
3.3.2	Auswertung	44	7	Einsatz der Numerischen Simulation ..	109
3.3.3	Unfalldaten aus Brandenburg	46	7.1	Grundlagen der Simulation	109
3.4	Erhebung Getötete Kinder 2006	46	7.2	Voraussetzungen	109
3.5	Zusammenfassung.....	47	7.3	Vorgehensweise	110
3.6	Bewertung der Testverfahren.....	47	7.4	Aufbau der Berechnungsmodelle	111
3.7	Ausblick.....	48	7.5	Validierung der Modelle	111
4	Marktanalyse von KSS.....	49	7.6	Simulatorische Veränderung von KSS	114
4.1	Ist-Situation von KSS	49	7.6.1	Klasse 0+- Babyschale	114
4.1.1	Anforderungen an ein KSS	49	7.6.2	Klasse 1- 5-Punkt-Gurt-KSS.....	115
4.1.2	Verbreitung von KSS.....	50	7.7	Zusammenfassung	118
4.1.3	Abfolge von KSS bei einem Kind	51	8	Aufbau optimierter Systeme	119
4.1.4	Einbaurichtung von KSS	52	8.1	Klasse 0+	119
4.1.5	Befestigung und Benutzbarkeit von KSS ..	52	8.2	Klasse 1	120
4.1.6	Unterteilungsmöglichkeiten von KSS.....	56	8.3	Zusammenfassung	124
4.2	Aktueller Stand der Passiven Sicherheit...	60	9	Zusammenfassung/Ausblick	125
4.2.1	Wechselwirkungen von KSS und Pkw	61	10	Literaturverzeichnis	127
4.2.2	„Kindersicherung“ in Pkw-Handbüchern ...	64			
4.3	Stichprobe zur KSS-Benutzung	65			

1 Einleitung und Zielsetzung

In den letzten Jahrzehnten hat der motorisierte Individualverkehr (MIV) in Deutschland immer weiter zugenommen und die Benutzung des Pkw ist auch für kurze Strecken selbstverständlich geworden. Damit verbunden ist auch eine Steigerung der Anzahl der Fahrten, bei denen Kinder im Pkw befördert werden. Somit wächst auch ihr Risiko, an einem Unfall beteiligt zu sein.

Die passiven Sicherungseinrichtungen eines modernen Pkw sind für unterschiedlich große und schwere Erwachsene ausgelegt, um diese im Fall eines Unfalls optimal vor Verletzungen zu schützen. Aber die kleinsten Insassen - die Kinder - können diese Einrichtungen aus biomechanischen Gründen nicht nutzen. Daher müssen zusätzliche Sicherungseinrichtungen verwendet werden, die im Pkw auf den Sitzen befestigt werden. Diese sogenannten Kinderschutzsysteme (KSS) unterliegen den verschiedensten Anforderungen.

Neben der Hauptfunktion, dem Schutz der Kinder bei Unfällen, müssen auch andere Bedingungen erfüllt sein, die zum Teil gesetzlich vorgeschrieben sind. Diese betreffen z. B. die Eigenschaften der verwendeten Materialien. Das statische und dynamische Verhalten der KSS wird zusätzlich zu den gesetzlich geforderten Tests im Rahmen von Verbraucherschutztests überprüft, welche teilweise Anforderungen über den gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerten stellen. Auch hierbei wird nicht nur die Schutzwirkung überprüft, sondern eine Bewertung u. a. von Handhabung, Haltbarkeit, Design und Komfort vorgenommen. Diese Merkmale stellen neben den reinen Versuchsergebnissen wichtige Kriterien für den Endverbraucher beim Kauf eines Kindersitzes dar. Da sie die Kaufentscheidung und die korrekte Nutzung eines KSS beeinflussen, haben sie auch auf die Sicherheit des Kindes Einfluss.

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass die Sicherheit der Kinder hauptsächlich von drei Faktoren abhängt:

- Benutzung von KSS
- Leistungsfähigkeit des KSS
- Schutzwirkung des Pkw

Die Entwicklung der Kindersitze trägt, wie die Entwicklung der Pkw, in den letzten Jahren immer mehr auch den Anforderungen aus Verbraucherschutztests Rechnung. Diese Testverfahren vergleichen verschiedene Kindersitze miteinander und berücksichtigen zum Teil, im Gegensatz zur Gesetzgebung, neben dem Frontaltest auch den Seitenaufprall. Durch eine breite Medienpräsenz werden Vergleichstests immer häufiger zu einem wichtigen Entscheidungskriterium beim Kauf eines Kindersitzes.

Grundlage für die dynamische Überprüfung der Eigenschaften beim Frontal- und Seitenaufprall ist das reale Unfallgeschehen. In Bild 1 sind alle Unfälle erfasst, nicht nur Kinderunfälle.

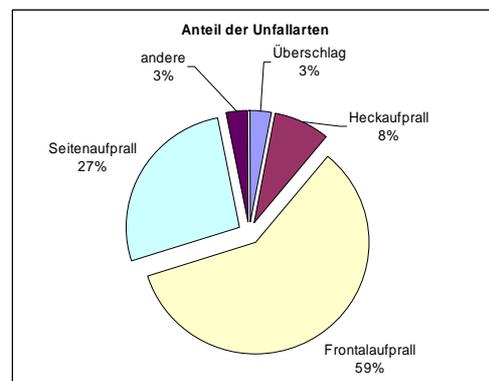


Bild 1: Verteilung Unfallarten [DETER, 1996]

Zwar tritt der Seitenaufprall im Vergleich zum Frontalaufprall nur knapp halb so häufig auf, jedoch befinden sich die Verletzungsfolgekosten fast auf gleichem Niveau (Bild 2). Sie sind damit für den Seitenaufprall überproportional hoch, was noch heute zutrifft.

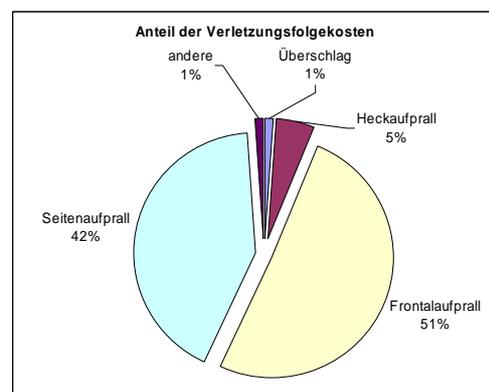


Bild 2: Aufteilung Verletzungsfolgekosten [DETER, 1996]

Die Ursachen für die besondere Gefährlichkeit des Seitenaufpralls liegen u. a. in den direkt auf die betroffenen Insassen wirkenden Belastungen durch intrudierende Strukturen. Dieses Problem entsteht, da ein Pkw in seitlicher Richtung viel weniger Möglichkeiten zur Schaffung einer Sicherheitszone bietet. Der Frontbereich eines Fahrzeugs verfügt dagegen über ausreichend Bauraum für die Unterbringung von Elementen der Passiven Sicherheit (z. B. Stoßfänger, Stülprohre oder Pralldämpfer, Deformationselemente, Längs- und Querträger).

Wird ausschließlich der Frontaltest betrachtet, haben viele Kindersitze ein hohes Schutzpotenzial erreicht. Dies zeigt sich in aktuellen Vergleichstests der verschiedenen Medien (z. B. „ADAC motorwelt“, „auto motor & sport“).

Vor allem im Seitenaufprall zeigt sich, dass noch Entwicklungspotenzial vorhanden ist, um KSS sicherer zu gestalten. Bei manchen Modellen ist hier gar keine Schutzwirkung vorhanden, da sie nicht auf den Seitenaufprall ausgelegt wurden. Ein Grund dafür ist, dass es für den Seitenaufprall bisher noch kein einheitliches Testverfahren gibt. Aktuelle Entwicklungen für ein solches Testverfahren werden in [JOHANNSEN, 2006] beschrieben.

Aufbau und Erscheinungsbild der KSS variieren teilweise stark, was in den verschiedenen Testverfahren zu unterschiedlichen Ergebnissen führt. Auf die Varianten in den Bauformen und Konzepten von heutigen KSS wird in Kapitel 4 eingegangen. Hier werden auch die Maßnahmen erläutert, die sich daraus für eine hohe Schutzwirkung ableiten lassen.

Selbst ein optimales KSS kann seine Leistungsfähigkeit nicht ausnutzen, wenn es nicht oder nicht korrekt benutzt wird. Damit beeinflusst die richtige Verwendung ebenfalls das Schutzpotenzial des KSS. *Misuse-Fälle*¹ fangen bei einem für das Kind ungeeigneten System an und gehen bis hin zu schweren Einbau- und Sicherungsfehlern. Das Risiko für ein ungesichertes Kind, in einem Pkw bei einem Unfall schwer oder tödlich verletzt zu werden, ist 7-mal größer als für ein korrekt gesichertes Kind [LANGWIEDER & HUMMEL, 1989]. Dies trifft in der Tendenz auch auf die unzureichend gesicherten Kinder zu.

Trotz einer Vielzahl von Initiativen (z. B. DVR: „Kind und Verkehr“, ADAC: „Sicher im Auto“), die sich mit der Aufklärung über die Gefahren im Straßenverkehr und der Verbesserung der

Nutzung von Kindersitzen befassen, ist in den letzten Jahren die Misuse-Quote von KSS nicht gesunken. Neueste Untersuchungen in Deutschland belegen, dass immer noch ca. zwei Drittel aller Kinder in einem Pkw nicht korrekt gesichert sind (Bild 3).

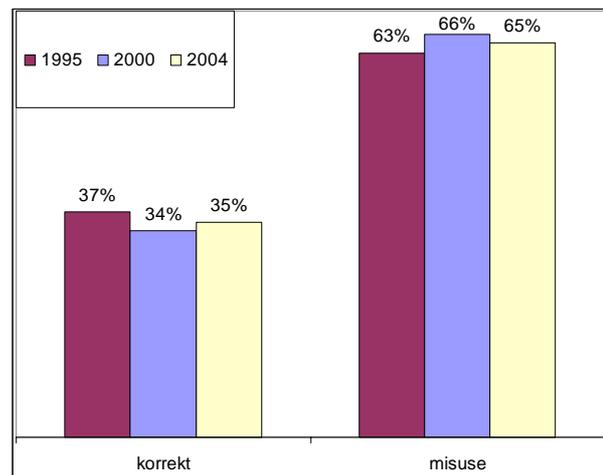


Bild 3: Einbauqualität von KSS [LANGWIEDER, 2003, FASTENMEIER, 2006]

Obwohl die Anzahl der schweren Misuse-Fälle im Jahr 2004 gegenüber 1995 gesunken ist, tritt schwerer Misuse bei 23,9 % der fehlerhaft gesicherten Kinder auf (z. B. falsche Einbaurichtung des KSS, falscher Gurtpfad, Kind sitzt in zu kleinem KSS) (Bild 4).

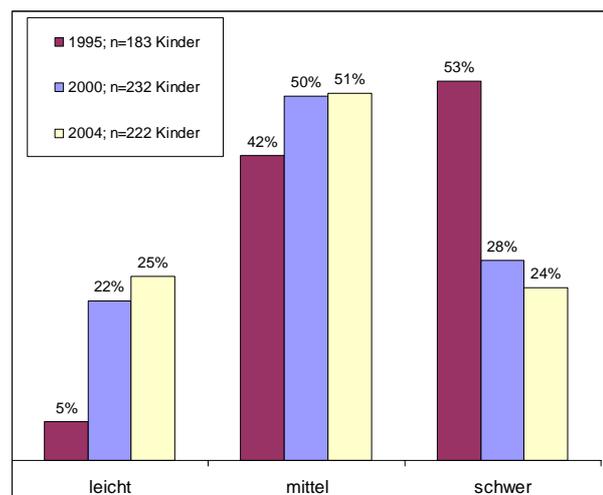


Bild 4: Aufteilung Misuse [LANGWIEDER, 2003, FASTENMEIER, 2006]

¹ Der Begriff Misuse bezeichnet alle Fehler, die bei der Sicherung von Kindern im Pkw auftreten können.

Damit ist mehr als jedes 6. Kind im Pkw so unzureichend gesichert, dass es bei einem Unfall nicht ausreichend geschützt ist und deutlich schwerer verletzt werden könnte als bei einer korrekten Sicherung. Bereits eine starke Gefahrenbremsung kann hier zu Verletzungen führen, da das KSS bei schwerer Fehlbenutzung kaum Schutzpotenzial bietet.

Der Rückgang bei schwerer Misuse kann als positives Indiz für geänderte Vorschriften gewertet werden, z. B. wird durch farbige Kennzeichnungen der Gurtverlauf des Pkw-Gurtes zur Anbindung des KSS besser vorgegeben. Auch geänderte konstruktive Elemente, die auch die Benutzbarkeit neben der reinen technischen Lösung berücksichtigen, verbesserten die Sicherheit für Kinder. So hat die Einführung veränderter KSS-eigener Gurtsysteme (5-Punkt-Gurt statt 4-Punkt-Gurt) das Anschlallen der Kinder im KSS positiv beeinflusst. Durch den fünften Gurt kann das Gurtschloss des KSS-Gurtes nicht mehr zu hoch auf dem Bauch des Kindes positioniert werden, was sonst zu einem Durchrutschen des Kindes unter dem Gurt und zu schweren Verletzungen führen könnte.

Die Ursachen für die große Anzahl an Misuse-Fällen reichen von Flüchtigkeitsfehlern aus Zeitgründen bis hin zu falschen Interpretationen der Einbauanweisung durch z. B. die Eltern. Hinzu kommt, dass das Kind im KSS sehr stark in seinem Bewegungsdrang eingeschränkt wird. Kinder fühlen sich somit unwohl, nicht nur auf langen Reisen. Teilweise werden daher von den verantwortlichen Erwachsenen zur Komfortverbesserung die Gurte gelockert, was aber dazu führt, dass die Schutzfunktion des KSS herabgesetzt wird.

Feldstudien von [LANGWIEDER, 2003] und [FASTENMEIER, 2006] und eigene Erhebungen zeigen, dass ungesicherte Kinder im Pkw in allen Altersgruppen gefunden werden. Dieses grobe Fehlverhalten geht einerseits auf die Eltern zurück, die die Kinder bei Fahrtantritt aus verschiedensten Gründen nicht sichern. Andererseits können sich ältere Kinder selbst an- und während der Fahrt wieder abschnallen. Abhilfe kann nur geschaffen werden, wenn die Sicherung des Kindes vor Fahrtantritt und während der Fahrt in regelmäßigen Abständen vom Fahrer überprüft wird.

Die vielen Misuse-Fälle fordern von den Herstellern von KSS eindeutige und dauerhaft deutlich gekennzeichnete Einbauhinweise. Auch der Einzelhandel ist in der Pflicht, beim Verkauf eines Kindersitzes dem Käufer klare und angemessene Informationen zu allen Aspekten der Kindersicherung mitzugeben. Dazu ist eine gezielte Schulung des Verkaufspersonals notwendig. Erst wenn alle

Endverbraucher nicht nur die Notwendigkeit der Verwendung von KSS erkannt haben, sondern auch die KSS in der vorgesehenen Weise verwenden, kann das Schutzpotenzial eines Kindersitzes voll ausgeschöpft und das Kind im Pkw so sicher wie möglich befördert werden.

Die vorliegende Arbeit liefert einen Beitrag zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit von KSS. Dabei werden Möglichkeiten zur Erhöhung der Schutzfunktion gezeigt und überprüft. Deren konstruktive Umsetzung darf nicht den Gebrauch des KSS einschränken, denn durch Fehlgebrauch sinkt die Schutzwirkung eines KSS oder ist nicht mehr vorhanden. Die Optimierung von KSS ist damit kein losgelöster technischer Prozess, sondern muss stets die praktische Nutzbarkeit mitberücksichtigen.

Zunächst wird in Kapitel 2 ein Überblick über allgemeine Aspekte der Kindersicherheit gegeben. Dies schließt die Biomechanik des Kindes ebenso ein wie aktuelle Entwicklungen für die Erstellung von Schutzkriterien. Weiterhin wird auf die gesetzlichen Bestimmungen sowie auf Verbraucherschutztests eingegangen.

Das aktuelle Unfallgeschehen wird in Kapitel 3 näher analysiert. Hierzu wird als Erstes die GIDAS²-Datenbank ausgewertet, aber auch weitere Quellen (z. B. Datenmaterial des GDV³ und der Unfallforschung Greifswald) werden hinzugezogen. Ziel der Analyse ist es, allgemein gültige Aussagen zum Unfallgeschehen zu treffen. Daneben wird auch auf Unfälle eingegangen, die in der CHIL⁴-Datenbank zu finden sind. Diese sehr gut dokumentierten Einzelfälle runden das Bild der Unfälle ab.

Kapitel 4 beinhaltet eine Marktanalyse. Es werden Daten zur Verbreitung von KSS ausgewertet. Dazu werden eigene Erhebungen vorgestellt sowie Daten ausgewertet, die von der Polizei des Bundeslandes Brandenburg erhoben wurden. Außerdem werden der Stand der Technik von heutigen Pkw bezüglich der Passiven Sicherheit und die Bauweisen von aktuellen KSS aufgezeigt sowie die Wechselwirkung zwischen Pkw und KSS untersucht. Hier ist es in der Vergangenheit gelegentlich zu Problemen gekommen, z. B. bei rückwärtsgerichteten KSS und Beifahrerairbags.

Auf Grundlage der vorangegangenen Kapitel werden in Kapitel 5 Testverfahren ausgewählt, die die Sicherheit der KSS auf der Basis der Unfall-

² GIDAS- German In Depth Accident Study

³ GDV- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.

⁴ CHIL⁴- Europäisches Forschungsprojekt für Kindersicherheit

analyse dokumentieren. Dazu wird eine Testmatrix definiert und Versuche beschrieben, die auf der Crashanlage der TU Berlin durchgeführt wurden.

Die Anforderungen an KSS, die sich aus den Kapiteln 2-5 ergeben, werden in Kapitel 6 in Maßnahmen umgesetzt. Um ein maximales Schutzpotenzial zu gewährleisten, muss ein KSS bestimmte technische Eigenschaften besitzen. Gleichzeitig wird auch auf die Handhabbarkeit eingegangen. Ohne den Anspruch, eine einfache, intuitive Bedienung zu entwickeln, könnten technische Lösungsmöglichkeiten und Entwicklungen auch in die falsche Richtung gehen und trotz eines technisch hohen Anspruchs durch fehlerhafte Bedienung keine Wirkung zeigen.

Kapitel 7 beschreibt den Aufbau von Simulationsmodellen für KSS. Durch den Einsatz der Numerischen Simulation wird die Optimierung von realen KSS unterstützt. Es wird möglich, z. B. Parameteruntersuchungen im Simulationsmodell viel effektiver als durch Versuche durchzuführen. Durch Berechnungsergebnisse kann in den Konstruktionsprozess zur Erhöhung der Sicherheit früher als nach ersten Versuchen mit Prototypen eingegriffen und damit Fehlentwicklungen vermieden werden.

Kapitel 8 setzt die Forderungen aus Kapitel 6 und 7 beispielhaft an realen KSS um und zeigt die optimierte Schutzwirkung. Es werden hierbei vor allem exemplarische Wege aufgezeigt, die die Grundlage für weiterführende Untersuchungen und Optimierungen legen.

Die erzielten Ergebnisse werden in Kapitel 9 zusammengefasst dargestellt. Das Kapitel beschließt diese Arbeit, und es wird zudem ein Ausblick gegeben, welche Entwicklungen in Zukunft in der Kindersicherheit denkbar sind.

2 Theoretische Grundlagen

Im Rahmen einer Literaturrecherche wurden folgende Datenbanken zum Thema „Kindersicherheit im Pkw“ nach Dokumentationen, Literaturstellen, Artikeln u. Ä. durchsucht:

- TEMA, TEMZ (Technik und Management; 1968 bis 2003) mit mehr als 3 Mio. Fachveröffentlichungen.
- DKFL-Kraftfahrzeugtechnik (1974 bis 2003) mit ca. 184.000 Dokumenten.
- DNB (Deutsche Nationalbibliografie; 1945 bis 2003) mit mehreren Millionen Einträgen.
- NTIS (National Technical Information Service, über 50 Jahre) über 2 Mio. Publikationen.

Außerdem wurden, soweit nicht bereits in den genannten Datenbanken enthalten, die Bestände der Bibliothek des Fachgebiets Kraftfahrzeuge der TU Berlin gesichtet, vor allem die Konferenzberichte *ESV*, *Haus der Technik*, *IRCOBI*, *Protection of Children in Cars*, *STAPP Car Crash Conference*, *VDI*. Die betrachteten Veröffentlichungen reichen von den 60er Jahren bis zum Jahre 2003 und wurden bis 2006 durch aktuelles Material ergänzt.

In den letzten Jahren wurde die Passive Sicherheit der Kraftfahrzeuge stark verbessert. Eine Weiterentwicklung und Anpassung der KSS auf diese Verbesserungen hat nicht in vollem Umfang stattgefunden. Die Effektivität der neu entwickelten passiven Schutzsysteme (z. B. Gurtstraffer) wird in den wenigen Veröffentlichungen durch die gesenkten Belastungen am Erwachsenen bewiesen. Eine diesbezügliche Weiterentwicklung der Kindersitze und deren Anpassung an die Rückhaltesysteme im Pkw erfolgten erst später oder gar nicht. Problematisch für die Entwicklung eines Kindersitzes ist vor allem, dass es keinen einheitlichen Standard bei den unterschiedlichen Fahrzeugherstellern bezüglich der Sicherheits- und Komfortausstattung gibt. Manche Pkw (z. B. Renault, Mercedes u. a.) haben bereits auf allen Sitzplätzen passive Sicherheitseinrichtungen wie Gurtstraffer u. Ä. verbaut. Andere Automobilhersteller folgen und bieten diese Schutzsysteme auch serienmäßig an.

Die Gefahr, die vom Beifahrerairbag für Kinder in KSS ausgehen kann, wurde von der Industrie zunächst unterschätzt. Erst als die ersten Unfälle mit tödlichem Ausgang für Kinder in rückwärtsgerichteten Systemen in den USA erfasst wurden, kam es zu Untersuchungen der Wechselwirkungen zwischen Airbag und Kinderschutzsystem.

Dies endete mit einem Verbot der Anbringung von rückwärtsgerichteten KSS auf dem Beifahrerplatz, sofern sich dort ein betriebsbereiter Airbag befindet.

Diese Ergebnisse wurden auch in der Öffentlichkeit durch die Medien präsentiert. Während das Verhalten eines KSS auf dem mit einem Airbag ausgestatteten Beifahrerplatz mehrfach untersucht wurde, erfolgten keine zeitnahen Untersuchungen zu den Wechselwirkungen mit andern Rückhaltesystemen wie z. B. Seitenairbagsystemen. Entsprechende Studien wurden erst nach der breiten Markteinführung der Seitenairbagsysteme durchgeführt. Obwohl Gurtstraffer in fast allen Pkw serienmäßig verbaut werden, sind nur wenige aktuelle Veröffentlichungen zu Wechselwirkungen mit Kindersitzen zu finden.

Das 2. Kapitel gibt nachfolgend zuerst einen Überblick über die Unfallsituation in Deutschland. Danach werden die biomechanischen Grundlagen dargestellt. Den Abschluss bilden die gesetzlichen Vorschriften und die Testverfahren, die derzeit zur Überprüfung des Schutzpotenzials von KSS eingesetzt werden.

2.1 Ausgangssituation in Deutschland

Die hohe Anzahl der Verletzten und Getöteten in den 70er Jahren in Deutschland hat die Entwicklung der Aktiven⁵ und Passiven⁶ Sicherheit vorangetrieben. Während 1970 der Höchststand von getöteten Verkehrsteilnehmern zu verzeichnen war, ist 2005 der bisherige Tiefststand seit Beginn der Aufzeichnung im Jahr 1950 erreicht worden. Er wird im Jahr 2006 voraussichtlich nochmals gesunken sein.

2.1.1 Statistische Daten

Die Summe aller Maßnahmen, die in den letzten Jahren und Jahrzehnten eingeführt und umgesetzt wurden, war und ist der Sicherheit zuträglich. Dies zeigen die stagnierten Verletzten- und rückläufigen Getötetenzahlen aller Verkehrsteilnehmer obwohl insgesamt die Fahrleistungen gestiegen sind und ein höherer Kraftfahrzeugbestand, auch pro Kind, existiert (Bild 5).

⁵ Aktive Sicherheit: Unfallvermeidende Maßnahmen

⁶ Passive Sicherheit: Unfallfolgenlindernde Maßnahmen

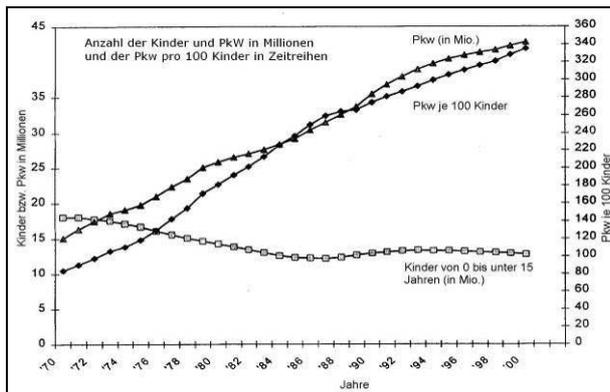


Bild 5: Vergleich der Zeitreihen von Kindern und Verkehrszahlen; nach Statistisches Bundesamt [GERI-CKE, 2006]

Die Gesetzgebung hat z. B. durch die Einführung der Gurtanlegepflicht 1973 aktiv eingegriffen, um die Erhöhung der Passiven Sicherheit im Pkw umzusetzen. Zusätzlich haben viele Maßnahmen im Bereich der Fahrzeugstruktur zur Sicherstellung eines Überlebensraumes für die Insassen das Schutzpotenzial gegenüber früheren Fahrzeuggenerationen signifikant erhöht. Dabei erfolgt eine gezielte Umwandlung von kinetischer Energie in Verformungsarbeit. Auch an anderen Stellen des Fahrzeugs wurden neue Entwicklungen wie z. B. der Airbag eingeführt. Inzwischen tragen auch Systeme der Aktiven Sicherheit zur Vermeidung von Unfällen oder der Verminderung der Unfallschwere bei (z. B. ESP⁷).

Hinzu kommen verbesserte Straßenanlagen, die bautechnisch an die gestiegenen Bedürfnisse angepasst und weiterentwickelt wurden. Dies geht über den reinen Straßenbau hinaus zu einer verbesserten Verkehrsführung (freie Einsicht in Kreuzungsbereiche, optimierte Beschilderung etc.). Technische und organisatorische Fortschritte haben auch in der Medizin die Rettungskette dahingehend verbessert, dass höher qualifizierte Einsatzkräfte schneller am Unfallort sind und Verletzte besser versorgen können. Die heutigen Rettungsfahrzeuge sind aufgrund ihrer vielfältigen Ausrüstung teilweise mit kleinen Intensivstationen vergleichbar und können im Bedarfsfall eine hochwertige Versorgung der Verunfallten gewährleisten.

Eine bessere Ausbildung der Fahrschüler trägt dazu bei, die Voraussetzungen für ein sicheres Fahrverhalten zu vermitteln. Sehr hilfreich sind in diesem Zusammenhang auch Fahrsicherheitstrainings. Bei diesen kann der Autofahrer mit seinem

Fahrzeug auf abgesperrtem Gelände verschiedene kritische Situationen des Alltags (z. B. Vollbremsungen) absolvieren. Dies ermöglicht ihm, zumindest grobe mentale Modelle für das Verhalten in der Nähe der physikalischen Fahrgrenzen und in Stresssituationen zu entwickeln.

Durch die genannten Maßnahmen und zahlreiche weitere Einflüsse ist neben den absoluten Zahlen der geschädigten Verkehrsteilnehmer auch die Anzahl der im Straßenverkehr verletzten und getöteten Kinder gesunken (Bild 6).

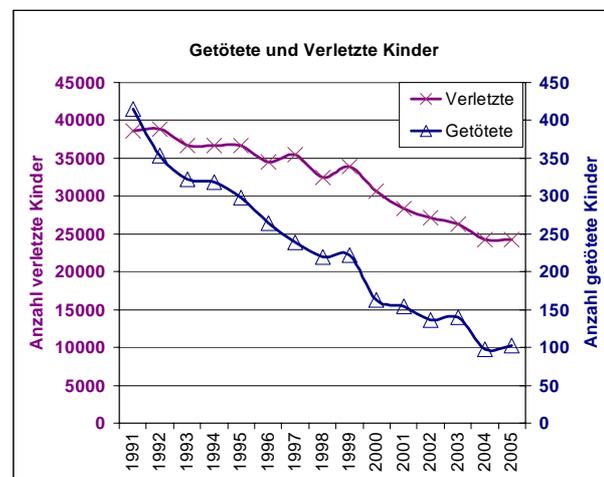


Bild 6: Im Straßenverkehr getötete und verletzte Kinder bis 12 Jahre [STATIS, 2006]

Dennoch birgt der Straßenverkehr für Kinder ein hohes Risiko, verletzt oder getötet zu werden. Im Jahr 2005 waren insgesamt 24.247 Kinder unter 12 Jahren an Verkehrsunfällen beteiligt. Dabei ist die Verteilung in den einzelnen Verkehrsarten recht ausgeglichen. Jeweils knapp ein Drittel der Kinder verunglückten als Fahrradfahrer oder Fußgänger, etwas mehr als ein Drittel im Pkw (Bild 7).

⁷ ESP: Elektronisches Stabilitätsprogramm

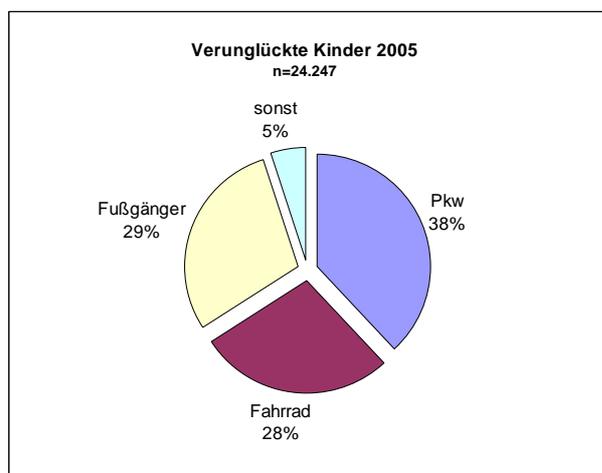


Bild 7: Im Straßenverkehr 2005 verunglückte Kinder (0-12 Jahre) nach Verkehrsbeteiligung [STATIS 2006]

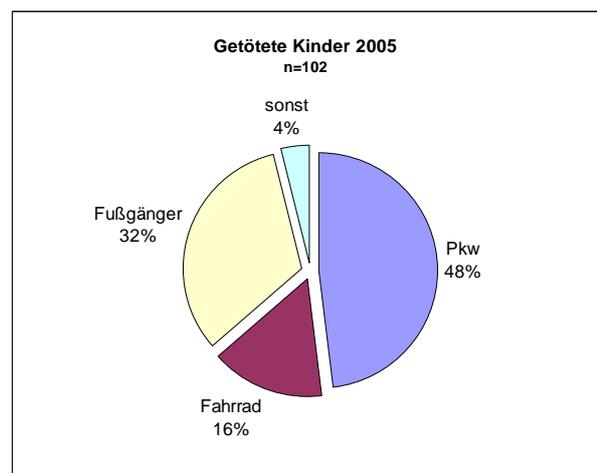


Bild 8: Im Straßenverkehr 2005 getötete Kinder (0-12 Jahre) nach Verkehrsbeteiligung [STATIS 2006]

Im Vergleich zu den anderen Verkehrsbeteiligungen ist die Gefahr für Kinder, in einem Pkw schwer verletzt oder getötet zu werden, besonders hoch. Dies scheint ein Widerspruch zu sein. Während Fahrradfahrer und Fußgänger zu den ungeschützten Verkehrsteilnehmern zählen, sind Pkw-Insassen prinzipiell geschützt. Der Pkw mit seiner optimierten Crashstruktur bietet einen großen Überlebensraum. Zusätzliche Rückhaltesysteme verhindern harte Kontakte oder ein Herausschleudern der Insassen. Fußgänger und Fahrradfahrer werden nicht auf diese Weise geschützt. Trotz dieser grundsätzlich besseren Ausgangssituation zeigt sich in der Statistik ein anderes Bild.

Obwohl 2005 im Straßenverkehr nur 38 % aller Kinder im Pkw verunglückten, sind 49 von 102 der getöteten Kinder im Pkw gestorben. Damit starb im Pkw knapp die Hälfte aller im Straßenverkehr getöteten Kinder (Bild 8). Ursache ist die in aller Regel enthaltene größere Kollisionsenergie bei Pkw-Unfällen. Die Zahl der verunglückten Kinder macht den notwendigen Handlungsbedarf bei der Verbesserung des Schutzes der Kinder im Pkw deutlich.

Seit den 70er Jahren werden immer weniger Menschen im Straßenverkehr bei Unfällen schwer verletzt oder getötet.

Auch die Zahl der im Pkw leicht, schwer oder tödlich verletzten Kinder ist rückläufig. Von 12.490 leicht verletzten Kindern im Jahr 1999 sank die Anzahl auf 8.112 im Jahr 2005. Dies entspricht einer Reduktion auf 64 %. Die Zahl der schwer verletzten Kinder verringerte sich von 1.801 auf 1.013 (56 %). Die größte Fallreduzierung kann aber bei den getöteten Kindern festgestellt werden. Hier ist die Anzahl von 109 auf 49 gesunken und damit auf 45 % (Bild 9).

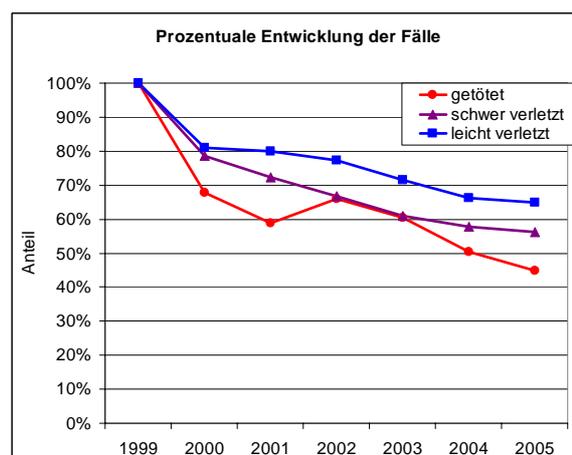


Bild 9: Entwicklung der Fallzahlen für verunglückte Kinder (0-12 Jahre) im Pkw [STATIS 2006]

Die Anzahl der getöteten Kinder hat im Pkw schneller abgenommen als die der schwer und leicht verletzten. Es ist daher anzunehmen, dass

sich die Verletzungsschwere verringert hat und der Anteil der unverletzten Kinder gestiegen ist. Dies kann als Verbesserung der Sicherheit der Kinder in Pkw interpretiert werden.

Nach [GERICKE, 2006] besteht für ein Kind in Deutschland im internationalen Vergleich zu anderen Staaten ein relativ hohes Risiko, im Straßenverkehr zu verunglücken. Bild 10 stellt den Vergleich aller verunglückten Kinder bezogen auf alle Kinder unter 15 Jahren aus verschiedenen Ländern im Jahr 2003 dar.

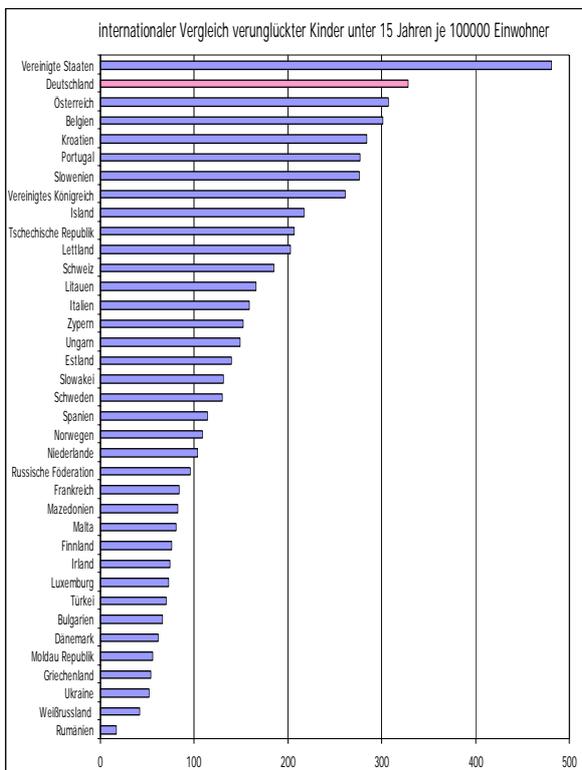


Bild 10: Verunglückte Kinder im Vergleich [GERICKE, 2006]

Die großen körperlichen Unterschiede zwischen unterschiedlich alten Kindern machen eine getrennte Betrachtung nach Altersklassen erforderlich. In den nächsten Kapiteln wird gezeigt, dass auch Kinderschutzsysteme entsprechend den verschiedenen Kindermassen und -größen ausgelegt werden.

Obwohl die absoluten Zahlen von verletzten und getöteten Kindern in Pkw in den letzten Jahren sanken, muss das Schutzpotenzial für Kinder in Pkw weiter erhöht werden. Jedes getötete oder schwer verletzte Kind wird gesellschaftlich als schwerwiegender betrachtet als ein ebenso geschädigter Erwachsener. Kinder können aus dem Pkw heraus kaum Einfluss auf das Verkehrs-

geschehen um sich herum nehmen - sie sind im Gegensatz zu Fahrradfahrern oder Fußgängern stets passiv beteiligt. Das heißt, sie werden nur durch das Fehlverhalten eines Fahrzeugführers in einen Unfall verwickelt. Damit liegt die Verantwortung ausschließlich bei den Eltern bzw. den Fahrzeugführern, das Kind sicher und korrekt gesichert zu befördern. Den besten Schutz im Pkw bei einem Unfall bietet nur ein auf das Kind in Masse und Größe optimal abgestimmtes Kinderschutzsystem, welches den Vorgaben entsprechend installiert wurde. Ein hoher Sicherheitsstandard des Pkw verstärkt die positive Schutzwirkung des korrekt installierten KSS.

2.1.2 Unfallzahlen nach Altersgruppen

Da Kinder in den ersten Lebensjahren große körperliche Entwicklungen durchleben, werden sie nachfolgend in fünf Altersgruppen eingeteilt, in denen eine ähnliche körperliche Konstitution vorliegen sollte:

- Bis zu einem Jahr
- 1-3 Jahre
- 3-6 Jahre
- 6-9 Jahre
- 9-12 Jahre

2.1.3 Verunglückte Kinder

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen, wie sich durch die unterschiedliche Verkehrsteilnahme die Risikogruppen verschieben. Allen nachfolgenden Bildern liegen Angaben des Statistischen Bundesamtes zugrunde [STATIS 2006].

In Bild 11 sind über alle Altersgruppen verteilt die Opferzahlen nach der jeweiligen Verkehrsbeteiligung dargestellt. Erkennbar ist die Abnahme der Anzahl von verletzten und getöteten Kindern in allen Verkehrsbeteiligungen seit 1991.

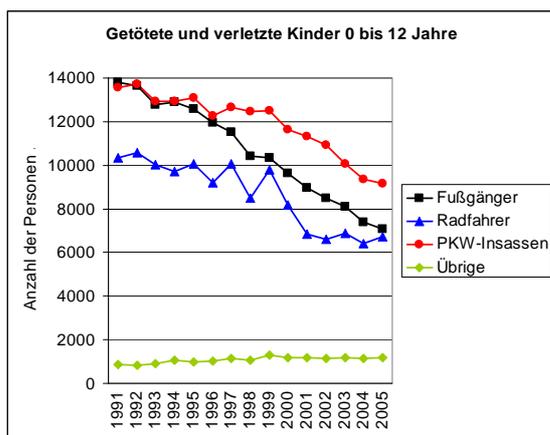


Bild 11: Getötete und verletzte Kinder (0 bis 12 Jahre) nach Verkehrsbeteiligung

Bei der prozentualen Darstellung (Bild 12) wird sichtbar, dass durch die höhere absolute Abnahme der Anzahl von verletzten und getöteten Fußgängern und Radfahrern der Anteil von verletzten und getöteten Pkw-Insassen steigt. Das heißt, trotz Einführung einer Kindersicherungspflicht im Pkw im Jahr 1991 haben sich die Zahlen nicht so stark rückläufig wie die der ungeschützten Kinder entwickelt. Mögliche Ursache könnten verbesserte und intensiviertere Verkehrserziehungsmaßnahmen in Kindergärten und Schulen sein. Demzufolge scheint im Bereich der Kindersitznutzung Nachholbedarf zu bestehen.

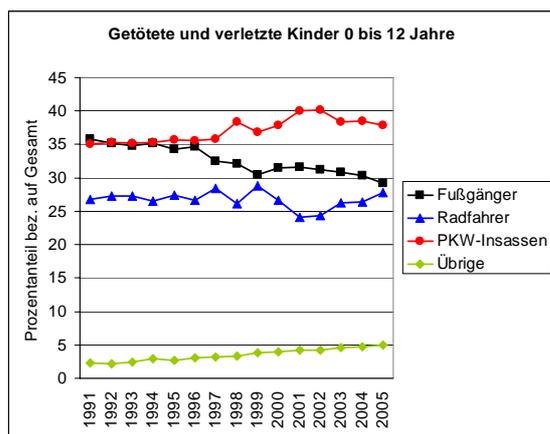


Bild 12: Prozentuale Verteilung getöteter und verletzter Kinder (0-12 Jahre)

Bei Babys mit einem Alter bis zu einem Jahr ist aufgrund fehlender eigener Mobilität die Pkw-Nutzung die hauptsächliche Verkehrsteilnahme. Damit findet sich auch gegenüber den anderen Verkehrsarten ein überproportional hohes Risiko

für Babys, im Pkw zu verunglücken und verletzt oder getötet zu werden (Bild 13). Der Anteil liegt bei ca. 80 % aller Fälle.

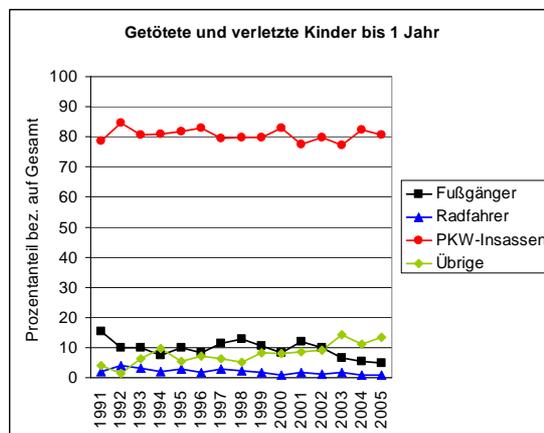


Bild 13: Prozentuale Verteilung getöteter und verletzter Kinder (0-1 Jahr)

Auch bei den Kleinkindern von 1-3 Jahren ist das Verletzungsrisiko im Pkw gegenüber anderen Verkehrsbeteiligungen deutlich höher (Bild 14). Es liegt auf einem relativ hohen Niveau von ca. 70 %. Das Risiko für kindliche Fußgänger liegt bei etwa 25 %, alle Weiteren liegen noch tiefer.

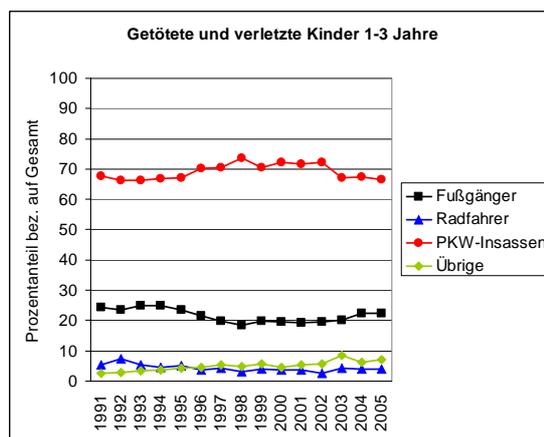


Bild 14: Prozentuale Verteilung getöteter und verletzter Kinder (1-3 Jahre)

Für Kinder von 3-6 Jahren ist das Risiko neben den Pkw-Insassen auch als Fußgänger recht hoch, verletzt oder getötet zu werden (Bild 15). Während Pkw-Insassen knapp 50 % aller Fälle ausmachen, liegt der Anteil für Fußgänger im Bereich von 35 %.

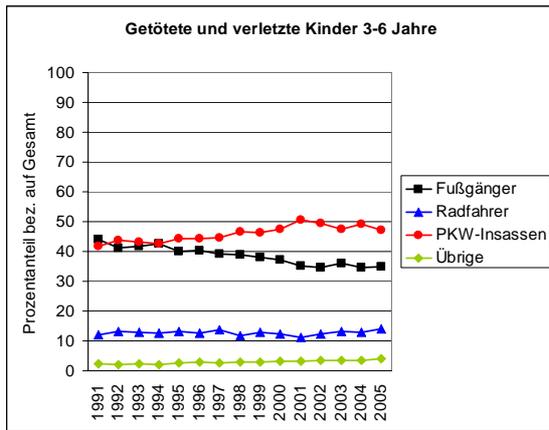


Bild 15: Prozentuale Verteilung getöteter und verletzter Kinder (3-6 Jahre)

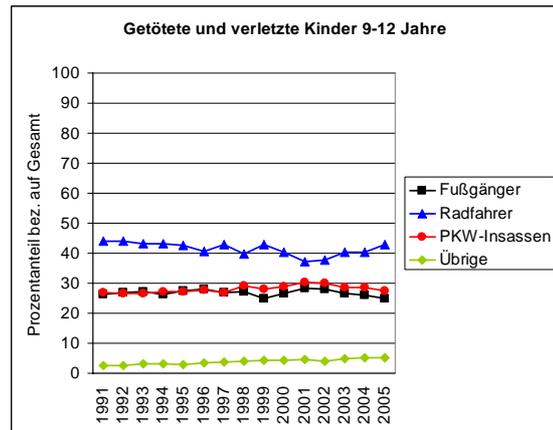


Bild 17: Prozentuale Verteilung getöteter und verletzter Kinder (9-12 Jahre)

Die Anteile bei den Arten der Verkehrsbeteiligung verschieben sich weiter. Bei 6- bis 9-jährigen Kindern ist das Risiko, als Fahrradfahrer zu verunglücken, deutlich höher als bei den jüngeren Altersgruppen (Bild 16). Das hängt mit der gestiegenen Mobilität zusammen, da ab 6 Jahren Kinder zur Schule gehen und somit verstärkt selbstständig am Straßenverkehr teilnehmen. Auch als Fußgänger ist dieses Risiko hoch. In den letzten Jahren nähern sich die Anteile der als Fußgänger und Pkw-Insassen Verunglückten an.

Im Verhältnis zu den anderen Verkehrsbeteiligungen ist somit das Risiko vor allem für kleinere Kinder bis zu 6 Jahren erhöht, bei einem Unfall im Pkw verletzt zu werden.

2.1.4 Getötete Kinder

Bei einer Bewertung der Unfallzahlen darf die Altersentwicklung der Bevölkerung nicht vernachlässigt werden. In [GERICKE, 2006] wird dargestellt, dass sich in den letzten zehn Jahren der Anteil der Kinder in der Bevölkerung verringert hat. Exemplarisch ist das für Kinder unter 6 Jahren in Bild 18 dargestellt. Insofern ist ein Rückgang der verletzten und getöteten Kinder im Straßenverkehr auch durch demografische Faktoren begründet.

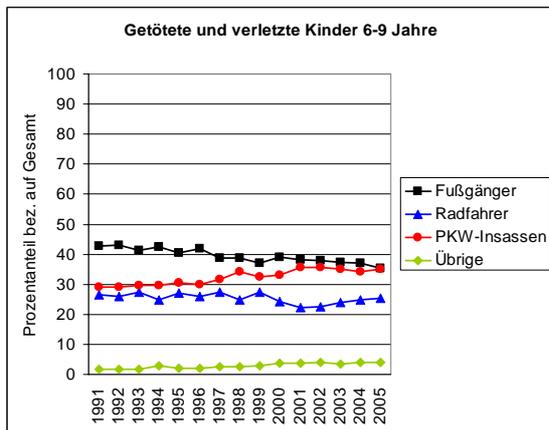


Bild 16: Prozentuale Verteilung getöteter und verletzter Kinder (6-9 Jahre)

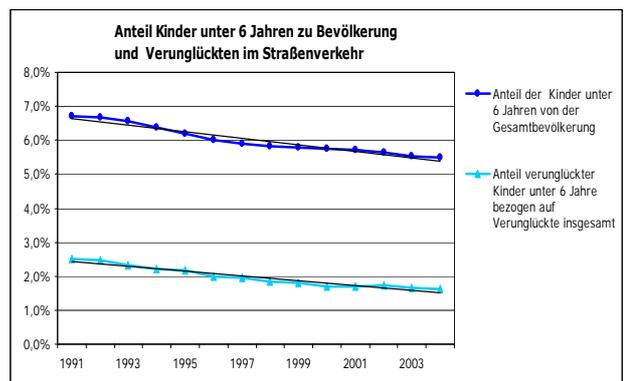


Bild 18: Entwicklung Bevölkerung < 6 Jahre [GERICKE, 2006]

Auch für die Gruppe der 9- bis 12-jährigen bleibt das gleichmäßig verteilte Risiko erhalten, in allen Verkehrsbeteiligungen zu verunglücken (Bild 17). Durch das Erlernen des Fahrradfahrens und einen dadurch gestiegenen Aktionsradius erhöht sich hier auch das Risiko für Kinder gegenüber den anderen Verkehrsbeteiligungen.

Die Fahrt im Pkw macht für die kleineren Kinder praktisch das alleinige Risiko aus, durch Beteiligung am Verkehr getötet zu werden. Auch bei älteren Kindern steht es immer mit im Vordergrund. Daraus ergibt sich schließlich das bekannte

Bild, dass der Anteil der im Pkw gestorbenen Kinder an allen im Straßenverkehr getöteten Kindern ungefähr die Hälfte beträgt. In diesem Verhältnis drückt sich vor allem die große Exposition durch häufige Mitnahme im Pkw aus. Obwohl die Anzahl der getöteten Kinder rückläufig ist und in Deutschland bereits weit unter 100 sank, ist hier der Ansatz begründet, die Sicherheit von Kindern in Pkw zu erhöhen, um die Anzahl der verletzten und getöteten Kinder weiter zu reduzieren. Einen Schwerpunkt könnte dabei die Altersgruppe der Kinder bis zu 6 Jahren bilden, die aufgrund mangelnder eigener Kenntnisse und Fähigkeiten nicht ausreichend motiviert werden können, selbständig die korrekte Sicherung zu überwachen.

Insgesamt ist ein sinkender Verlauf der Verkehrstoten zu beobachten (Bild 19). Die Anzahl der getöteten Kinder in allen Verkehrsbeteiligungen geht seit 1991 deutlich zurück.

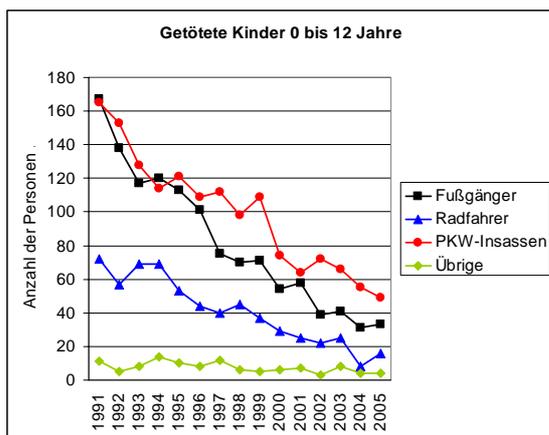


Bild 19: Absolute Zahlen getöteter Kinder (0-12 Jahre)

Bei Unfällen im Straßenverkehr sterben die meisten Babys als Pkw-Insassen (Bild 20).

Die Kurve selbst ist hier und auch bei den nachfolgenden Bildern von starken Ausschlägen im Verlauf geprägt, da eine geringe Fallanzahl zugrunde liegt. Trotzdem ist erkennbar, dass die anderen Arten der Verkehrsbeteiligung statistisch keine Rolle bei getöteten Babys spielen, was vor allem an den Fortbewegungsmöglichkeiten von Babys liegt.

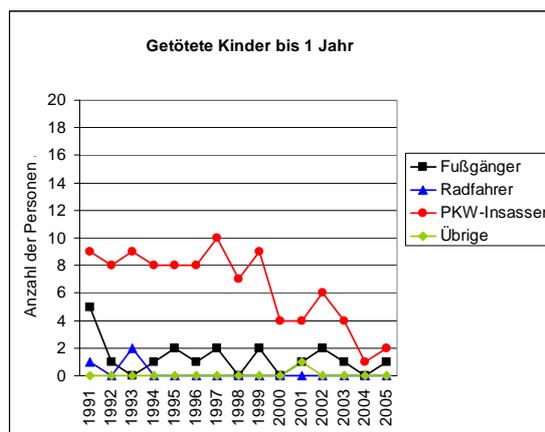


Bild 20: Absolute Zahlen getöteter Kinder (0-1 Jahr)

Bei Kleinkindern ist das Risiko, als Fußgänger zu verunglücken, auf einem ähnlich hohen Niveau wie bei den Pkw-Insassen. Radfahrer spielen hier noch keine Rolle (Bild 21).

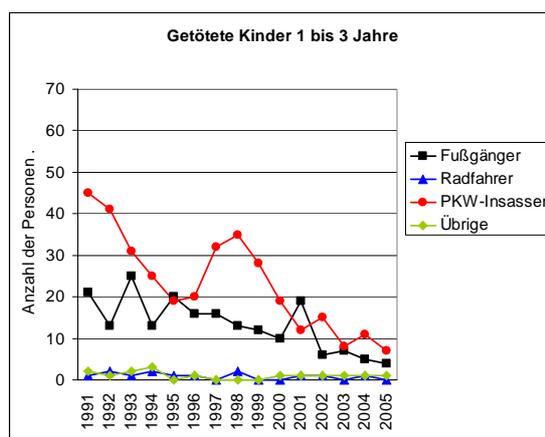


Bild 21: Absolute Zahlen getöteter Kinder (1-3 Jahre)

Das ändert sich auch bei den Kindern in einem Alter von 3-6 Jahren kaum. Auch hier überwiegen tödliche Verletzungen bei Verkehrsunfällen als Pkw-Insasse und Fußgänger (Bild 22).

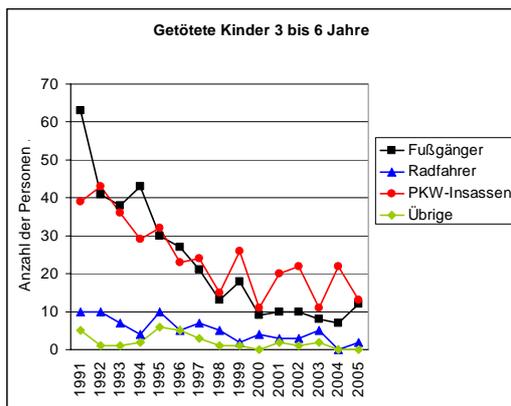


Bild 22: Absolute Zahlen getöteter Kinder (3-6 Jahre)

Ein leicht steigender Anteil der Radfahrer ist in der Gruppe von sechs bis neun Jahren zu verzeichnen (Bild 23).

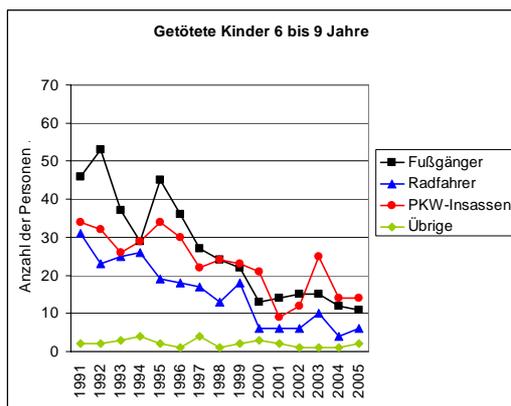


Bild 23: Absolute Zahlen getöteter Kinder (6-9 Jahre)

Bei den 9- bis 12-jährigen Kindern zeigen sich Risiken, die in fast der gleichen Zahl aus allen Verkehrsteilnahmen resultieren. (Bild 24).

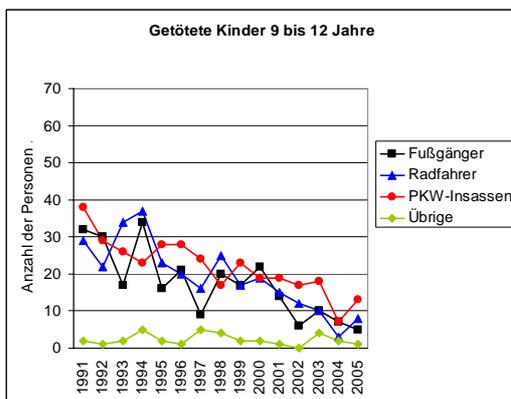


Bild 24: Absolute Zahlen getöteter Kinder (9-12 Jahre)

In der Summe lässt sich für den Vergleich von 1991 zu 2005 feststellen, dass die Zahl der als Fußgänger und Radfahrer getöteten Kinder auf 20 % und die der Pkw-Insassen auf 30 % gesunken ist (Bild 25).

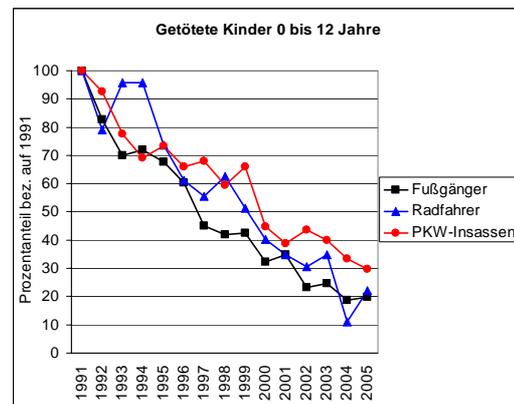


Bild 25: Prozentuale Entwicklung bezogen auf 1991

Dies verdeutlicht nicht nur die Notwendigkeit weiterer Verbesserungen auf dem Gebiet der Kindersicherheit im Pkw sondern auch den Nachholbedarf der Bevölkerung an Informationen über die Auswahl von geeigneten Kinderschutzsystemen und deren korrekte Sicherung.

2.2 Die Biomechanik des Kindes

Die Biomechanik des Kindes unterscheidet sich grundsätzlich von der des Erwachsenen. In der Vergangenheit rückte somit auch der kindliche Insasse vielfach in den Mittelpunkt von Forschungsprojekten. Die Ergebnisse aus aktuellen Forschungs- und Entwicklungsprojekten (CREST⁸, CHILD) mündeten in Weiterentwicklungen von Dummymodellen. Aber es bleibt insgesamt festzustellen, dass das Wissen über die Unfallbiomechanik von Kindern noch nicht ausreichend erforscht ist und deutlich hinter den Erkenntnissen über die Erwachsenen zurücksteht. Dies ist einerseits damit begründet, dass die biomechanischen Eigenschaften von Erwachsenen bereits seit längerer Zeit untersucht wurden. Vor allem aus Leichtentests, die bei Kindern aus den verschiedensten Gründen nicht im gleichen Umfang durchgeführt wurden, konnten wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. Nicht zuletzt spielt auch die schnelle körperliche Entwicklung bei Kindern

⁸ CREST: Child Restraint Standard: Europäisches Forschungsprojekt zur Kindersicherheit, gefördert durch die EU; Vorgänger von CHILD

nach der Geburt eine Rolle. Während es ausreicht, für Erwachsene einige wenige Dummymodelle zu entwickeln und mit ihnen die Schutzwirkung der passiven Sicherheitseinrichtungen im Pkw zu testen, ist für Kinder ein viel größeres Spektrum von Dummys zur Erforschung des Schutzzpotenzials von KSS notwendig.

Die Dummys müssen sowohl als Hardware für Crashtests als auch als Berechnungsmodell für die Numerische Simulation zur Verfügung stehen. Nur durch validierte Modelle können im Versuch und in der Simulation verlässliche Vorhersagen hinsichtlich der Belastungen auf einen realen kindlichen Insassen getroffen werden. Beide Testvarianten sind in der heutigen Entwicklung von Pkw und KSS nicht mehr wegzudenken, wobei die computergestützte Entwicklung und die Numerische Simulation immer mehr an Bedeutung gewinnen. In der Entwicklung von Kinderdummymodellen sowie den dazugehörigen Schutzkriterien ist Nachholbedarf gegenüber den Erwachsenenmodellen zu verzeichnen. Letztere sind bereits seit vielen Jahrzehnten erforscht und verbessert worden. Es ist nicht möglich, Dummymodelle von Erwachsenen lediglich auf Kindergröße herunterzukalieren. Dies gilt auch für numerische Human Models⁹. Aus Untersuchungen mit solchen - hinreichend validierten - Modellen könnten detaillierte Aussagen zur Entstehung von Verletzungen und damit zu Schutzmaßnahmen getroffen werden, die derzeit auf keine andere Weise zugänglich sind. Leider existieren zurzeit noch keine validierten Human Models für Kinder. Diese würden einen sehr großen Fortschritt in der Erforschung der Biomechanik darstellen, da die herkömmlichen Methoden zur Unfallrekonstruktion und weitere Versuche mit Dummys sehr aufwendig sind.

Eine sehr treffende, allgemeingültige Aussage, die von vielen Autoren zitiert wird, lautet: „Kinder sind keine kleinen Erwachsenen.“ Ein Kinderschutzsystem kann demnach nicht einfach ein skaliertes Erwachsenen-Schutzsystem sein, sondern muss unbedingt den kindlichen Besonderheiten angepasst werden.

Die wichtigsten Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen sind:

- Äußeres Erscheinungsbild (Masse, Massenverteilung, Größe, Proportionen)
- Anatomie (Knochen, Bänder, Muskeln)
- Psychische Faktoren

⁹ Als „Human Models“ werden FE-Modelle bezeichnet, die keinen Dummy sondern den realen Menschen abbilden.

Der Körper eines Menschen als solcher ist in den ersten Lebensjahren von großem Wachstum geprägt. Während die Größe eines Neugeborenen bei etwa 50 cm liegt, sind die meisten Erwachsenen zwischen 1,50 m und 2,00 m groß. Die Masse steigt von ca. 3,5 kg bei der Geburt bis zu 75 kg oder mehr. Das Längen- und Massenwachstum ist somit sehr groß, aber bei jedem Menschen verschieden und zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt abgeschlossen. Dies führt zu entsprechenden Ansprüchen an ein passendes Schutzsystem im Pkw.

Der 3-Punkt-Gurt wird inzwischen in den meisten Pkw auf allen Sitzplätzen serienmäßig verbaut. Er kann jedoch aufgrund der Fahrzeuganbindung, die auf einen Erwachsenen ausgelegt ist, bei einem Kind wegen dessen geringeren Körperabmessungen nicht optimal über Schulter und Brust zum Becken geführt werden. Es droht die Gefahr eines Kontaktes zwischen Hals und Gurt, welcher bei einem Unfall erhebliche Verletzungen hervorrufen kann (Bild 26, links).

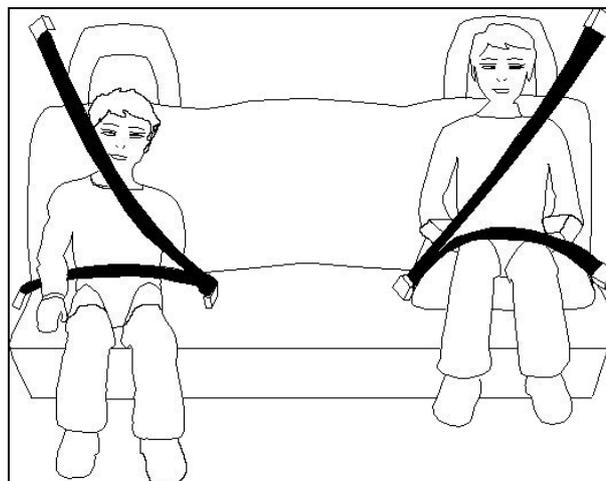


Bild 26: Gurtverlauf mit und ohne Sitzhöhung [TARRIERE, 1995]

Die Knochen und Wirbel sind bei Kindern noch recht flexibel. Dadurch kommt es bei Belastungen nicht vornehmlich zu Brüchen wie bei Erwachsenen sondern eher zu Gewebeerletzungen oder Quetschungen der inneren Organe.

Im Abdominalbereich, über den der Beckengurt verläuft, finden sich für die Rückhaltung bedeutende Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen. Der Bauchbereich steht bei Kindern im Gegensatz zu Erwachsenen heraus, da die inneren Organe proportional größer sind und der Platz im Inneren des Körpers dafür nicht ausreicht.

Der Darmbeinknochen, für die Beckengurtführung beim Erwachsenen notwendig, ist bei einem Kind noch wenig ausgebildet. Das Becken ist noch nicht verknöchert und kann den Gurt damit nicht ausreichend abstützen. Das kann zu schweren inneren Verletzungen führen, wenn hohe Kräfte auf den Beckengurt wirken und dieser in den weichen Abdominalbereich drückt. Bei Erwachsenen wird der Gurt über die hervorstehenden Darmbeinknochen geführt, und somit sind die dahinter liegenden inneren Organe durch eine „natürliche“ Gurtführung geschützt (Bild 27).

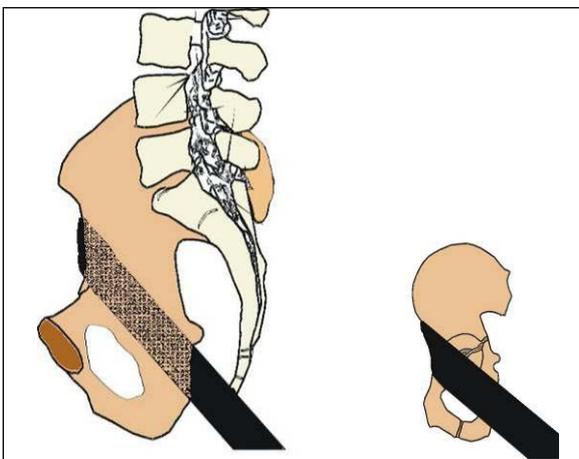


Bild 27: Vergleich Gurtführung: Becken Erwachsener (links), Kind (rechts) nach [TARRIERE, 1995]

Außerdem ist bei Kindern bis zu vier Jahren der untere Rippenbogen nicht vollständig entwickelt. Daher kann ein normaler 3-Punkt-Gurt auch in den oberen Abdominalbereich eindringen und schwere Quetschungen sowie andere innere Verletzungen hervorrufen. [NETT, 2003]

Die Wirbelsäule ist bei Kindern bis zu einem Alter von zwölf Jahren nicht vollständig entwickelt und instabiler als bei einem Erwachsenen. Auch die Muskeln, besonders die Halsmuskulatur, sind weniger entwickelt und können den ohnehin im Verhältnis zum Körper schwereren Kopf des Kindes lediglich bei geringen Beschleunigungen halten. Die Größe des Kopfes im Vergleich zum gesamten Körper beträgt bei einem Neugeborenen ca. ein Viertel der Körpergröße. Bei einem Erwachsenen sinkt das Verhältnis auf ein Achtel. Auch die weiteren Körperproportionen sind verschieden (Bild 28).

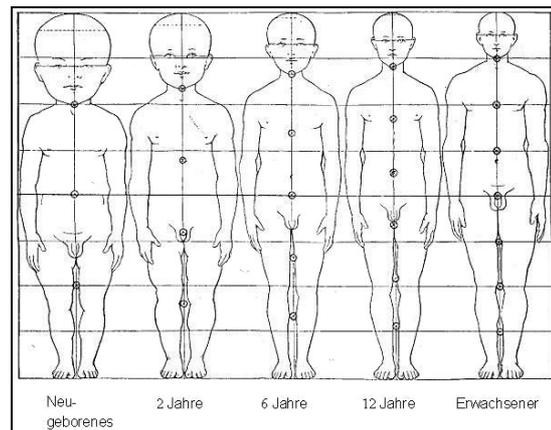


Bild 28: Verhältnis Kopf/Körper [HUELKE, 1992]

Das Risiko für eine Halswirbelerkrankung ist bei einem Unfall für Kinder deutlich höher als bei Erwachsenen, weil die Belastungen durch den Kopf auf den Hals relativ höher sind. Bei Beschleunigungen, wie sie bei einem Unfall auftreten können, sind die Muskeln nicht in der Lage, den Kopf zu halten. Das Verhältnis der Kopfmasse zur gesamten Körpermasse beträgt bei einem Neugeborenen $\frac{1}{3}$, während es bei einem Erwachsenen $\frac{1}{14}$ beträgt. Damit ist im Verhältnis der Schwerpunkt des Kindes im Körper deutlich höher als bei einem Erwachsenen. Reine Zugbelastung kann auch durch die weiche Struktur des Halses ausgehalten werden, unter Einwirkung von seitlichen Kräften sind jedoch schwere Verletzungen zu erwarten. [PAINE, 2003]

Zusätzlich zu den reinen Kopf- und Halsbelastungen, die durch einen erhöhten Schwerpunkt verstärkt werden, würde ein 3-Punkt-Gurt den Körper eines Kindes nicht ausreichend schützen können. Durch den hohen Schwerpunkt kann das Wirkprinzip des Gurtes nicht vollständig aufgehen, und das Kind dreht sich aus dem Gurt heraus. Das Kind kann den Schultergurt sogar verlassen und würde nur noch über den Beckengurt zurückgehalten werden. Das könnte, wie bereits weiter oben beschrieben, schwere innere Verletzungen im Bauchbereich zur Folge haben. Daher ist es bei kleineren Kindern notwendig, sie an beiden Schultern festzuhalten, um die Rotationsbewegung um die Hochachse und das Herausdrehen aus dem Schultergurt zu vermeiden.

Bei einer Kopfverletzung, die den oberen Teil des Schädels betrifft, ist auch immer mit Gehirnverletzungen zu rechnen. Das Gehirnvolumen erreicht bereits bei Kleinkindern fast 75 % des Volumens der Erwachsenen, obwohl der Kopf deutlich kleiner ist. Somit ist der obere Schädelteil im Verhältnis zum Gesichtsschädel überproportional groß

(Bild 29). Im Gegensatz zum Erwachsenen bedeutet dies bei einem Unfall, dass die auftretenden Kräfte meist direkt in das Schädeldach und nicht über das Gesicht eingeleitet werden. Bis zu einem Alter von ca. einem Jahr sind Lücken in der Schädeldecke, sog. Fontanellen, vorhanden. Erst später verwachsen und verknöchern die einzelnen Schädelplatten und können sich nicht mehr gegeneinander verschieben. Infolge der weniger stabilen Struktur können auch bei stark lokalen Belastungen schwere Kopfverletzungen durch Deformationen entstehen, während bei einem Erwachsenen die Schädelknochen durchaus bedeutenden Belastungen widerstehen und das Gehirn vor Verletzungen schützen können. Allerdings ist die weiche Struktur des Schädels auch von Vorteil. Innere Verletzungen durch Beschleunigungen der Gehirnmasse werden dadurch weitestgehend vermieden, da das Gehirn nicht an starren Strukturen hart abgebremst wird, sondern eben diese weiche Schädelstruktur die Aufprallenergie dämpft. Das bedeutet, Belastungen, die in das Schädeldach über scharfkantige oder spitze Gegenstände eingeleitet werden, können bei Kindern hohe Verletzungsschweren hervorrufen. Wirken dagegen nur Beschleunigungen ohne einen Kontakt auf den Kopf, sind geringere Verletzungsschweren zu erwarten.

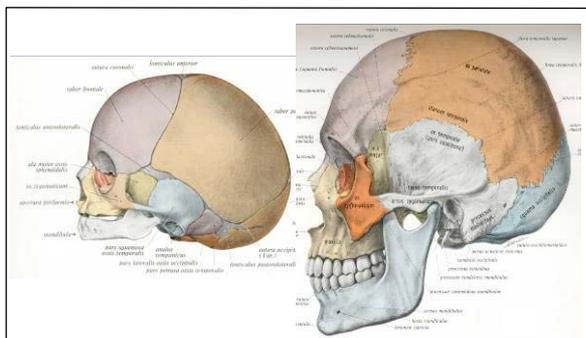


Bild 29: Vergleich Aufbau Schädel [SOBOTTA, 1972]

Neben den physischen Unterschieden ist auch das Verhalten eines Kindes im Auto von dem eines Erwachsenen verschieden. 75 %-90 % der Kinder schlafen oft während der Fahrt. Dies ist oftmals mit einer Veränderung der normalen Sitzposition verbunden. Dabei werden manchmal zusätzlich die Sicherheitsgurte gelockert oder sogar geöffnet, da sie als störend empfunden werden oder der Komfort nicht ausreicht [LANGWIEDER, 1997]. In all diesen Fällen kann das Kind in eine Sitzposition geraten, in der das KSS keinen optimalen Schutz gewährt. Dies ist der Fall, wenn die Gurte nicht so anliegen, wie der Hersteller es vorschreibt, z. B. zu

dicht am Hals entlang oder unter einem Arm hindurch laufen. Kippt ein Kind beim Schlafen nach vorn oder legt den Kopf auf Verkleidungsteilen im Innenraum ab, ist dies als gefährdet anzusehen (OoP¹⁰). Im Gegensatz zu einem korrekt gesicherten Kind sind dann bei einem Verkehrsunfall schwerwiegende Verletzungen zu erwarten.

Aus den genannten Gründen ergeben sich Anforderungen an die Rückhalteeinrichtungen von Kindern, die sich von den Systemen für Erwachsene unterscheiden.

2.3 Gesetzliche Bestimmungen

Im Kapitel 2.2 wurden die Merkmale von Kindern und deren wesentliche Unterschiede zu Erwachsenen beschrieben. Da bisher die Standardrückhaltesysteme im Pkw für Erwachsene entwickelt werden, muss für die Beförderung eines Kindes im Pkw ein spezielles KSS verwendet werden. Daher wird die Benutzung von KSS in Deutschland in der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) in § 21, Abs. 1a geregelt.

2.3.1 Verordnung in Deutschland

Seit dem 1. April 1993 gilt die Vorschrift, dass zur Mitnahme jedes Kindes bis zu einem Alter von zwölf Jahren oder einer Körpergröße von 1,50 m eine separate, für das Kind geeignete Rückhalteeinrichtung verwendet werden muss. Diese muss amtlich genehmigt sein. Damit wird ausgeschlossen, dass Kinder lediglich mit einem Erwachsenengurt angeschnallt werden, der keine ausreichende Schutzwirkung erzielen kann, da er nicht an die Körpergröße der Kinder anpassbar ist¹¹. Verstöße gegen diese Verordnung werden mit mind. 30 € geahndet, bei ungesicherten Kindern drohen 40 € und ein Punkt im Verkehrszentralregister in Flensburg.

2.3.2 Weltweite gesetzliche Vorschriften

Bis heute sind die Regelungen zur Sicherung von Kindern in Pkw in den einzelnen Staaten der EU teilweise stark voneinander abweichend. So ist es z. B. in Belgien, Griechenland und Portugal Vorschrift, Kinder nur auf der Rückbank zu befördern. Viele Länder schreiben für Kinder bis zu

¹⁰ OoP: „Out of Position“- Sitzposition oder –art des Kindes ist nicht wie vorgesehen

¹¹ Ausnahmen können lediglich für Familien mit vielen Kindern erteilt werden, wenn der Einbau von mehr als 3 KSS nicht möglich ist.

einem Alter von zwölf Jahren kein geeignetes KSS vor, sondern sprechen nur eine Empfehlung aus. Strenge Gesetzesvorgaben bestehen oftmals nur für den Beifahrerplatz. In allen Staaten, die diesen Sitzplatz für Kinder als zulässig erachten, ist zumindest für die jüngeren Kinder ein KSS vorgeschrieben.

Manchmal werden Ausnahmegenehmigungen durch einzelne Staaten erlassen, die aus heutiger Sicht nicht mit den Ergebnissen der Unfallforschung korrelieren. So ist es z. B. in Italien möglich, Kinder bis zu drei Jahren auf der Rückbank zu befördern, wenn kein KSS vorhanden ist oder die Kinder von einer mindestens 16 Jahre alten Person begleitet werden.

Andererseits ist es z. B. in Österreich Pflicht, Kinder bis zu 14 Jahren in geeigneten KSS zu sichern, wenn die Kinder unter 1,50 m groß sind oder weniger als 36 kg wiegen.

Problematisch ist in diesem Zusammenhang, dass es immer mehr Kinder gibt, die keine zwölf Jahre alt und auch noch unter 1,50 m groß sind, aber trotzdem mehr als 36 kg wiegen. Für diese Kinder sind die Klasse 3-Sitze (bis 36 kg) offiziell nicht zugelassen. Aber es gibt zurzeit keine Alternative, denn der 3-Punkt-Gurt kann nur größeren Personen einen optimalen Schutz bieten. Hier ist der Gesetzgeber aufgefordert, Unklarheiten für Eltern zu beseitigen, damit diese nicht gänzlich von der Benutzung eines KSS absehen.

Weltweit sind die Gesetzgebungen in den verschiedenen Ländern für die Beförderung von Kindern sehr verschieden. Auch die Zulassungsvorschriften für KSS sind nicht einheitlich. Die wichtigsten Vorschriften gibt es in den USA und Kanada, Australien und Neuseeland sowie in Japan. Als Beispiel sollen hier Australien und Neuseeland erwähnt sein, die sehr hohe Sicherheitsansprüche an die Bauweise von KSS sowie ihre Benutzung stellen.

Die Mitnahme von Kindern ist in Australien und Neuseeland ausschließlich auf dem Rücksitz erlaubt. Dementsprechend wurde auch die Entwicklung der KSS von den Herstellern darauf ausgerichtet. (Probleme durch Wechselwirkungen mit Beifahrerairbags treten deshalb gar nicht erst auf.) Außerdem sollte der mittlere Platz auf der Rückbank genutzt werden, da er prinzipiell die höchste Sicherheit bieten kann, weil bei Frontal- und Seitenaufprall Teile des Innenraums weit entfernt vom Insassen sind. Es müssen alle KSS einen „Top-Tether“ besitzen, der als zusätzlicher Befestigungspunkt die Vorverlagerung des oberen Teiles des KSS in X-Richtung bzw. die Rotation

um die Fahrzeugquerachse (Y^{12}) minimieren soll. Für den Schutz der Geschlechtsteile der Kinder werden 6-Punkt-Gurte verwendet, die Y-förmig verzweigt sind.

Im Anhang sind weitere nationale Sicherheitsvorschriften verschiedener EU-Staaten zu finden.

2.4 Anforderungen für die Zulassung

Viele nationale europäische Gesetze zur Beförderung von Kindern verlangen, dass Kinderschutzsysteme amtlich genehmigt sein müssen, wenn sie auf dem jeweiligen Markt verkauft werden sollen. Die Genehmigung wird in Deutschland wie in den anderen europäischen Staaten nach der europäischen Regelung ECE-R44 erteilt und mittels einer orangefarbenen Prüfplakette auf dem KSS kenntlich gemacht. Die Kennzeichnung muss deutlich sichtbar sein. In der ECE-R44 wird neben der Bauart, der Handhabung und der Bedienung des KSS vor allem auf die verschiedenen Prüfungen und die dazugehörigen Prüfbedingungen eingegangen. Zu den untersuchten Eigenschaften gehören neben den dynamischen Schlittentests zur Bestimmung der Belastungen auf einen Dummy auch weitere (Einzel-)Tests z. B. zur Eigenschaftsbestimmung des Gurtes oder zur Verschmutzungsgefahr. Die verwendeten Materialien werden einzeln in Hinblick auf ihre Umweltverträglichkeit, auf die Dauerhaltbarkeit, Temperaturbeständigkeit und die Korrosionsbeständigkeit überprüft.

Hinzu kommen Anforderungen an Sicherheitsinformationen über z. B. die exakte Gurtführung, die in der Bedienungsanleitung und auf dem Sitz eindeutig gekennzeichnet sein muss. Auch verschiedenste Warnhinweise müssen dauerhaft auf dem KSS abgebildet sein (Bild 30).

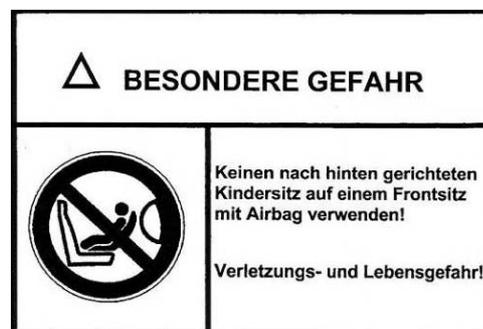


Bild 30: Warnhinweis vor betriebsbereitem Airbag [ECE-R44]

¹² Fahrzeugkoordinatensystem nach DIN 70000: Fahrzeuglängsachse X, Querachse Y, Hochachse Z.

Nach ihrem Inkrafttreten am 1. 2. 1981 ist diese Vorschrift bereits 1982 (R44.01), 1986 (R44.02) und 1995 (R44.03) verändert worden. Dazwischen gab es weitere Anpassungen und Ergänzungen. Die derzeit gültige ECE-R44.04 ist seit Juni 2005 in Kraft. Die Weiterentwicklung gegenüber der R44.03 ist jedoch nicht im technischen Bereich oder den Schutzkriterien zu finden, sondern in Produktions- und Überwachungsvorschriften.

Die letzten Änderungen der R44.03 beinhalteten folgende technisch wichtige Punkte:

- Einführung der Masseklasse 0+ (bis 13 kg)
- Einführung farbig markierter Gurtpfade auf den KSS, u. a. für die Visualisierung verschiedener Einbaurichtungen
- Höhere Öffnungskräfte bei Gurtschlössern
- Einführung von Sitzerrhöhungen, die ab dann ausschließlich eine vorgegebene Beckengurtführung aufweisen müssen
- Dauerhafte Airbagwarnhinweise auf rückwärtsgerichteten KSS
- Einführung von ISOFIX-Klassen

Diese Änderungen führten im Vergleich zu den nach ECE-R44.02 zugelassenen KSS zu niedrigeren Misuse-Raten mit weniger schwerer Fehlbedienung [LANGWIEDER, 2003].

Nach der ECE-R44.03 werden KSS in folgende fünf Klassen, je nach Masse des zu befördernden Kindes, unterteilt (Tabelle 1):

Masse des Kindes	Klasse
<10 kg	0
<13 kg	0+
9-18 kg	I
15-25 kg	II
22-36 kg	III

Tabelle 1: Masseklassen nach ECE-R44.03

Um den bestmöglichen Schutz durch ein KSS zu gewährleisten, dürfen Kinder die in der Zulassung angegebene Masse nicht überschreiten. Da eine Unterschreitung der Masse oft mit einer geringeren Körpergröße des Kindes einhergeht, ist auch diese möglichst zu vermeiden, da Gurtgeometrien sonst

einen ungünstigen Gurtverlauf zufolge haben können oder einen schlechteren Bewegungsablauf während eines Unfalls hervorrufen. Größe und Masse des zu sichernden Kindes sind also die entscheidenden Faktoren, die die Auswahl eines geeigneten KSS bestimmen sollten.

Außerdem werden in der ECE-R44.03 die KSS nach ihrer Verwendbarkeit im Pkw in vier Kategorien eingeteilt. Diese sind:

- *Universal* (in den meisten Pkw zugelassen; mit 3-Punktgurt)
- *Eingeschränkt* (bestimmte Einbaukonfiguration ist vorgegeben; mit 3-Punktgurt)
- *Semi-universal* (zusätzliche Verankerungen sind vorgeschrieben, z. B. ISOFIX)
- *Spezial* (Pkw werden explizit benannt, für die das KSS zugelassen ist; spezielle Verankerungen sind vorgeschrieben, z. B. ISOFIX)

2.5 Testverfahren

Neben dem für die Zulassung vorgeschriebenen Testverfahren ECE-R44.04 gibt es eine Vielzahl von Verbraucherschutztestverfahren. Diese werden von verschiedenen Organisatoren durchgeführt. Es existieren Testverfahren von Automobilclubs (z. B. ADAC), von Fachzeitschriften (z. B. auto motor & sport) oder auch Testorganisationen (z. B. Stiftung Warentest) oder Zielgruppenzeitschriften (z. B. Eltern); teilweise wurden in der Vergangenheit Kooperationen gebildet und die Ergebnisse gemeinsam veröffentlicht. Ziel dieser Tests ist die umfassende Information der Verbraucher, die anhand von bestimmten Kriterien KSS verschiedener Hersteller objektiv miteinander vergleichen können. Dabei spielt die Sicherheitsprüfung eine große Rolle, aber auch Bedienung, Dauerfestigkeit, Design, Komfort und andere Kriterien, die nicht unmittelbar mit der Sicherheit der Kinder zu tun haben, werden bewertet. Gegenüber den in der Gesetzgebung festgelegten Testverfahren haben die Verbrauchertests Vorteile, weil sie eine schnellere Umsetzung von aktuellen Entwicklungen in der Pkw-Sicherheitstechnik darstellen können.

Die gesetzlich vorgeschriebenen Tests stellen nur Mindestanforderungen über einen längeren Zeitraum an das Produkt dar. Die Vorteile der Verbrauchertests gegenüber der Gesetzgebung werden dadurch gemindert, dass es zu viele unterschiedliche Testverfahren gibt. Dem

Verbraucher werden von den verschiedenen Testorganismen Ergebnisse präsentiert, die niemals alle auf dem Markt befindlichen KSS enthalten können sondern nur eine spezielle Auswahl. Die Ergebnisse können durch die unterschiedlichen Testprozeduren und Bewertungskriterien sogar für ein und dasselbe Produkt zu einer anderen Beurteilung in punkto Sicherheit führen [GAUSS, 2004]. Dies ist für den Verbraucher verwirrend und damit auch für die Entwicklung von KSS nicht zielführend, denn es wirft die Frage auf: Welcher Test ist nun der Richtige?

NPACS (New Programme for the Assessment of Child-restraint Systems) ist ein aktuelles europäisches Forschungsprojekt, welches zum Ziel hat, ein europaweit einheitliches Verbrauchertestverfahren in der KSS-Bewertung zu implementieren. Es soll damit eine harmonisierte Bewertung der Leistungsfähigkeit für KSS erfolgen können, ähnlich dem Euro NCAP-Verfahren für Pkw. In NPACS arbeiten verschiedene nationale Organisationen mit, für Deutschland u. a. ADAC, BAST, GDV. Unterstützung erfährt das Projekt durch die EU, die FIA sowie einige europäische Regierungen. Es ist abzusehen, dass dieses Verfahren in Zukunft die nationalen Testverfahren in Europa ablöst und somit zum wichtigsten Verfahren nach der ECE-R44 wird. Unter Sicherheitsaspekten wird es sogar eins der wichtigsten Verfahren darstellen, da zu erwarten ist, dass im Frontaltest höhere Belastungen auf das KSS wirken und auch der Seitentest implementiert ist [LOWNE, 2005].

In den nächsten Abschnitten werden die für Deutschland wichtigsten Testverfahren kurz beschrieben. Das Hauptaugenmerk wird dabei auf die dynamischen Tests gerichtet.

In den Tests werden als Prüfpuppen sogenannte Kinderdummys eingesetzt. Es sind im Moment weltweit verschiedene Arten von Dummys im Einsatz, die ständig weiterentwickelt werden. Die P-Serie¹³ findet ihre Verwendung in der europäischen Gesetzgebung (ECE-R44) und soll Neugeborene, 9 Monate, 1¹/₂, 3, 6 und 10 Jahre alte Kinder abbilden. In der amerikanischen Gesetzgebung werden verschiedene Gruppen von Dummys verwendet, die ebenfalls die Altersstufen von Kindern darstellen (CAMI, CRABI und HIII-Dummys). In den europäischen Forschungsprojekten CREST und CHILD wurden Weiterentwicklungen von Dummysmodellen vorgebracht. Aus CHILD stammt z. B. der Q0-Dummy.

Die Q-Serie ist eher biofidel als die vorangegangenen Modelle der P-Serie, d. h. sie kann die Biomechanik der Kinder detaillierter abbilden und exaktere Ergebnisse in den Tests liefern. Außerdem sind diese Dummys auch für den Seitenaufprall verwendbar. Vor allem die Wirbelsäule ist im Vergleich zu den Vorgängermodellen verbessert.

Für die Versuche in diesem Projekt wurden vom Dummyhersteller FTSS in folgende Dummys zur Verfügung gestellt: Q0, Q1, Q1,5, Q3, Q6 (Bild 31). Damit konnten alle KSS-Klassen getestet werden. Nur für die größten Kinder gibt es derzeit keinen entsprechenden Dummy. Ein möglicher Q10 oder Q12 befindet sich noch in der Entwicklungsphase.

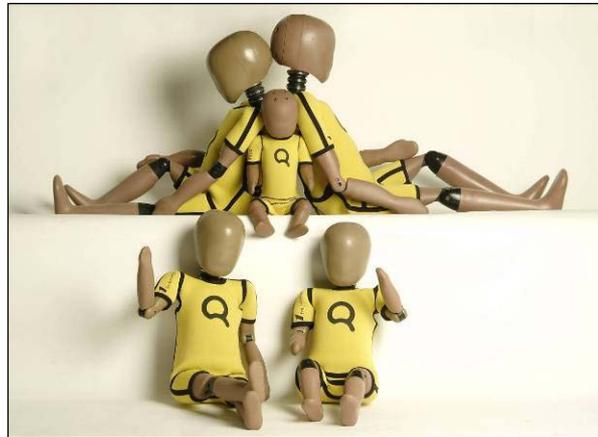


Bild 31: Die Q-Dummy-Familie [FTSS, 2006]

Auch wenn bei den benutzten Dummys prinzipiell die gleichen Messstellen verwendet werden, sind die gemessenen Werte nicht vorbehaltlos miteinander zu vergleichen. Durch konstruktive Abweichungen und verschiedene Massenträgheiten, Schwerpunkte u. Ä. sind bei unterschiedlich großen und schweren Dummys auch Auswirkungen auf die Messwerte zu erwarten. Bei der Bestimmung von Grenzwerten müssen diese Einflüsse beachtet werden.

2.5.1 Frontalaufprall

Während des Frontalaufpralls muss die kinetische Energie von KSS und Kind abgebaut werden können, bevor oder nach Möglichkeit ohne dass das Kind auf das Interieur, z. B. den Vordersitz oder die Instrumententafel, trifft. Hierbei spielen die Bauart und die Befestigung des KSS eine große Rolle. Je fester das KSS mit dem Pkw verbunden ist, um so eher wird das KSS zusammen mit dem Pkw verzögert.

¹³ P-Dummy=Pinocchio, Kinderdummy

Ziel muss es sein, einen Kopfanprall zu vermeiden, da er schwere Verletzungen hervorruft. Dabei sollte der zur Verfügung stehende knappe Weg möglichst vollständig zum Abbremsen des Kindes ausgenutzt werden, um die biomechanisch wirksamen Kräfte zu minimieren. Daher muss Gurtlose aller Art konstruktiv vermieden werden, da sie eine ungebremste Vorverlagerung begünstigt.

Im Falle eines ISOFIX- oder integrierten KSS erfolgt die Verzögerung zeitgleich mit der Karosserie, wogegen bei einem gurtbefestigten KSS zunächst die Gurtlose des Fahrzeuggurtes überwunden werden muss. Diese ist in jedem System vorhanden, aber kann durch regelmäßige Straffung des Gurtes vermindert werden. Je eher das KSS an der Fahrzeugverzögerung teilnimmt, umso weniger belastend kann das KSS-eigene Gurtsystem ausgelegt und dehnbarer gemacht werden.

Bei vorwärtsgerichteten KSS, bei denen Kind und KSS mittels des 3-Punkt-Gurtes befestigt sind, wird der Gurt nicht nur mit der beschleunigten Masse des Kindes belastet, sondern es kommt auch die Trägheitskraft des KSS hinzu. Die Belastung auf das Kind, die über den Gurt eingebracht wird, kann dadurch gemindert werden, dass die KSS leichter ausgeführt sind als Modelle mit KSS-eigenem Gurtsystem. Bei letzteren muss das Kind nur seine eigene Trägheitskraft absorbieren, das KSS wird separat gehalten. Dadurch müssen solche Systeme anders konstruiert werden, es müssen z. B. ausreichend steife Gurtverankerungen implementiert sein.

Bei einem mit eigenem Gurtsystem ausgestatteten KSS, welches mittels Pkw-Gurt gesichert ist, kommt es zu einer doppelten Gurtlose. Es muss nicht nur die Lose in der KSS-Befestigung überwunden werden, auch das Kind muss zunächst eine Lose innerhalb des eigenen Gurtsystems überwinden, bis es von dem Gurt an die Fahrzeugverzögerung gekoppelt wird. Erst dann wird das Kind zurückgehalten, wobei beide Gurtsysteme tragen, also verschiedene Gurtsteifigkeiten in Reihe geschaltet sind. Dies führt zu einer höheren Vorverlagerung, als wenn lediglich ein Gurtsystem verwendet wird und es kann somit leichter zu einem Kontakt zwischen dem Kind und z. B. dem Vordersitz kommen. Die große Vorverlagerung zeigt der Flächenvergleich unter den Kurven im v-t-Diagramm (Bild 32), in dem die Fläche den Vorverlagerungsweg darstellt. Ein Kind, welches samt KSS im 3-Punkt-Gurt gesichert ist, würde sich direkt auf der KSS-Kurve bewegen, da keine doppelte Lose vorhanden wäre. Am

besten geeignet wäre ISOFIX, da hier die Lose des Fahrzeuggurtes wegfällt.

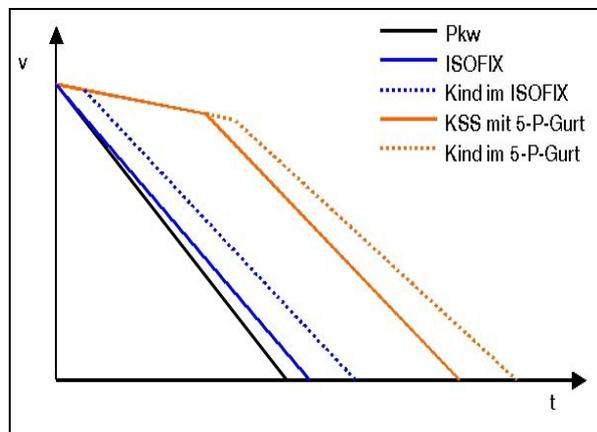


Bild 32: Geschwindigkeits-Zeit-Verlauf des Kindes in verschiedenen KSS

2.5.1.1 ECE-R44.04 (Gesetzgebung)

Die ECE-R44 ist maßgeblich in Europa, aber auch in anderen Ländern als ein mögliches Testverfahren zugelassen. In Deutschland gilt sie exklusiv. Solange ein KSS nicht die Zulassung nach dieser Norm besitzt, darf es im deutschen Straßenverkehr nicht benutzt werden.

Zur Anwendung kommen kann ein realer Fahrzeugtest, ein Schlittenversuch mit Fahrzeugkarosse oder ein Schlittentest mit genormter Bank (Bild 33), auf der das KSS befestigt wird. Die Bank ist das am meisten verbreitete Testmittel.

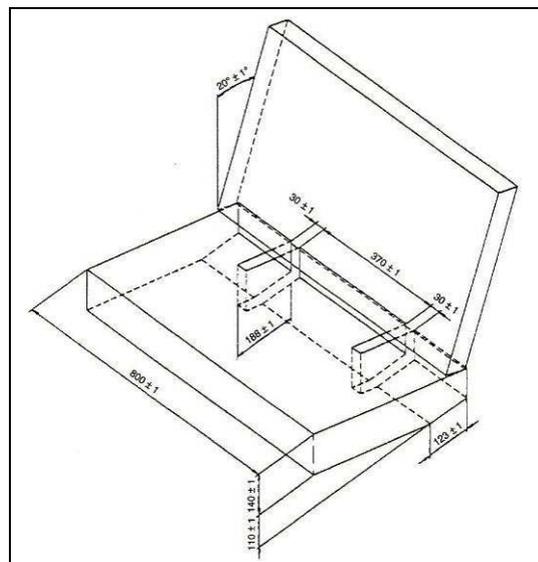


Bild 33: Testbank [ECE-R44]

Die ECE-R44 schreibt vor, dass ausgehend von einer Kollisionsgeschwindigkeit von 50 km/h ein bestimmter Verzögerungskorridor eingehalten werden muss (Bild 34).

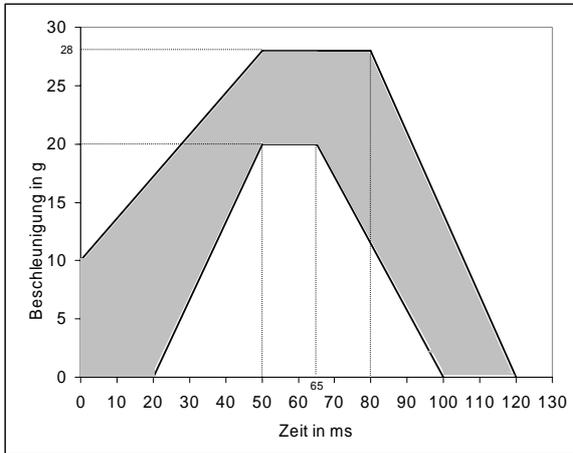


Bild 34: Verzögerungskorridor (Frontalaufprall) [ECE-R44]

Es finden sich je nach KSS-Klasse und Testart Kriterien zur zulässigen Dummybelastung sowie zur maximalen Vorverlagerung des Kopfes. Z. B. darf in einer realen Fahrzeugumgebung die mögliche Aufprallgeschwindigkeit von 24 km/h des Dummykopfes auf Fahrzeugteile innerhalb der Fahrgastzelle genauso wenig überschritten werden wie im Schlittentest eine maximale Vorverlagerung des Kopfes von 550 mm, ausgehend vom C-Punkt¹⁴.

Statt eines Seitenaufpralltests ist in der ECE-R44.04 lediglich eine statische Prüfung der seitlichen Polsterung des KSS vorgesehen. Die Vorgaben sind jedoch bereits mit Materialstärken von 3-4 mm zu erreichen, sodass im Crashfall kein ausreichender Schutz besteht. [NETT, 2003]

Zusätzlich ist ein Heckaufprall mit 30 km/h vorgesehen, bei dem auch wiederum die Einhaltung eines bestimmten Verzögerungskorridors Vorschrift ist (Bild 35). Daneben werden verschiedene Funktions-, Material- und Haltbarkeitsanforderungen überprüft.

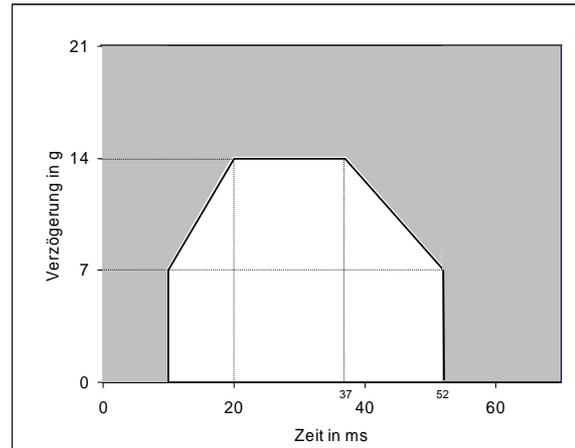


Bild 35: Verzögerungskorridor (Heckaufprall) [ECE-R44]

2.5.1.2 Euro NCAP

Im Rahmen des Euro NCAP-Testverfahrens muss seit November 2003 der Automobilhersteller zwei KSS benennen, welche er für die Rückbank empfiehlt. Der Fahrzeugtest wird mit seinen bekannten Parametern durchgeführt (Bild 36).

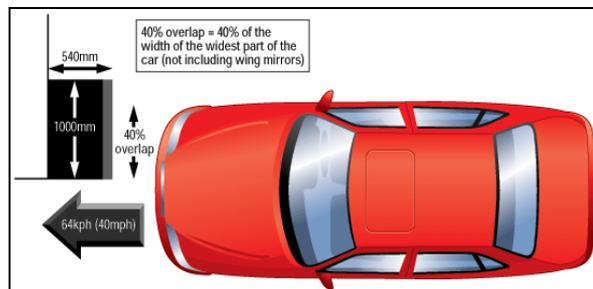


Bild 36: Frontal-Konfiguration [EURO NCAP, 2004]

Die Anlaufgeschwindigkeit beträgt 64 km/h und der Aufprall des Fahrzeugs erfolgt mit einer Überdeckung von 40 % auf der deformierbaren Barriere. Dadurch stellt sich ein Verzögerungspuls ein, wie er auch im realen Unfallgeschehen zu erwarten wäre.

¹⁴ C-Punkt: Gedachter Schnittpunkt der Sitz- und Lehnenoberfläche des Fahrzeugsitzes; unabhängig vom verwendeten KSS

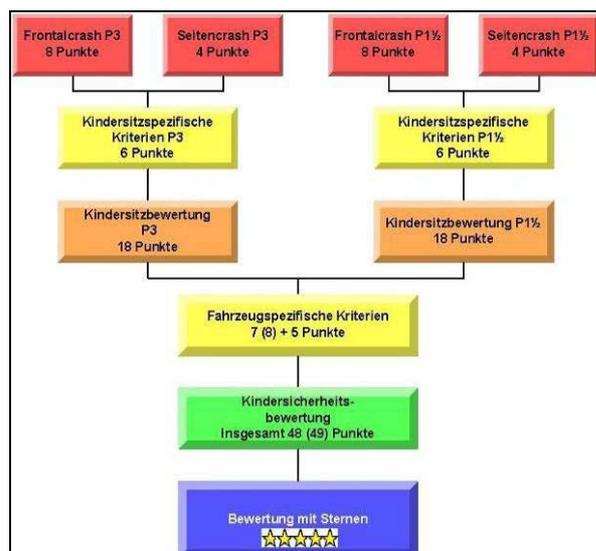


Bild 37: Bewertungsschema nach [EURO NCAP, 2004]

Bei vorwärtsgerichteten KSS mit P3 werden die Kopfvorverlagerung und die Kopfbeschleunigung sowie die Brustbeschleunigung der Kinderdummys bewertet, bei rückwärtsgerichteten KSS mit P1,5 kommt neben der Kopfbelastung auch die Halsbelastung hinzu. Für die Gesamtbeurteilung (Bild 37) werden außerdem spezifische Kriterien von KSS und Fahrzeug einbezogen. Hierzu gehören u. a. Einbauhinweise und Einschränkungen seitens des KSS-Herstellers sowie z. B. das Vorhandensein von 3-Punkt-Gurten auf allen Sitzplätzen, Sitzplatzbelegungssensoren und die Möglichkeit der Airbagabschaltung. ISOFIX-Vorrichtungen oder integrierte KSS werden durch die Bewertung bevorzugt. [EURO NCAP, 2004]

Das Testverfahren bildet als einziges die Situation für KSS in einer realen Fahrzeugumgebung ab. Aber die Testergebnisse sind ausschließlich für die getestete Kombination KSS/Pkw gültig und können nicht auf andere Pkw oder KSS übertragen werden.

2.5.1.3 ADAC/Stiftung Warentest

Für die dynamischen Schlittentests, die in Zusammenarbeit mit weiteren Automobilclubs und Verbrauchertestorganisationen (z. B. ÖAMTC¹⁵) durchgeführt werden, wird seit 2007 eine 5-türige Karosserie eines Opel Astra (davor Golf IV) verwendet. Es wurde für die Verzögerung ein Puls nachgefahren, der dem Verzögerungspuls des Opel Astra im Euro NCAP entsprechen soll. Somit ist die Pulswahl einem real auftretenden Fall

¹⁵ ÖAMTC: Automobilclub in Österreich

nachempfunden und nicht rein synthetisch. Die Kollisionsgeschwindigkeit und der Verzögerungsverlauf des Schlittens entsprechen einem Euro NCAP-Fahrzeugtest mit 64 km/h gegen die deformierbare Barriere [GAUSS, 2003]. Die Kindersitze werden jeweils mit dem größten und dem kleinsten zugelassenen Dummy getestet, auch Schlaf- oder Liegepositionen werden überprüft. Bewertungskriterien sind die Kopf- und die Halsbelastung. In der abschließenden Beurteilung werden die KSS einer Testphase relativ miteinander verglichen, wobei weitere Kriterien (z. B. Handhabung) in die Bewertung mit eingehen.

2.5.1.4 auto motor & sport (ams)

Es wird seit 1992 ein von ams entwickeltes Verfahren genutzt. Eine Golf V-Karosserie (seit 2006) wird ausgehend von 50 km/h zum Stillstand gebracht, die maximale Beschleunigung hierbei beträgt 33 g. Als Prüfpuppe wurde bisher ein HIII-Dummy verwendet.

Als Bewertungskriterien wurden der HIC-Wert¹⁶, die Kopfbeschleunigung, die Halskraft, die Brustbeschleunigung sowie die Vorverlagerung des Kopfes festgelegt.

2.5.2 Seitenaufprall

Während die verschiedenen Frontaltestverfahren neben der Gesetzgebung mehr oder weniger etabliert sind, gibt es kein Seitentestverfahren, welches sich in der Fachwelt weltweit durchgesetzt hat. Es ist auch bis auf Australien und Neuseeland keines gesetzlich vorgeschrieben. Daher erfolgt ein kurzer Überblick über einige der weltweit verwendeten Verfahren.

2.5.2.1 Australien und Neuseeland

Die Gesetzgebung in Australien und Neuseeland sieht weltweit als einzige seit 2001 vor, dass KSS in einem Frontal- und einem Seitenaufprall überprüft werden müssen. Zusätzlich werden auch ein Rollover und der Heckaufprall getestet.

Es ist für den Seitenaufprall ein Beschleunigungskorridor von 14-20 g vorgegeben, der beim Abbau der Kollisionsgeschwindigkeit von 32 km/h eingehalten werden muss. Das KSS befindet sich rechtwinklig zur Fahrtrichtung auf dem Schlitten. Zum Einen wird ein Aufbau ohne Tür benutzt, um

¹⁶ HIC: Head Injury Criterion

die Gefahr des Herausschleuderns zu untersuchen. Zum Anderen wird eine starre Tür benutzt, sodass auf KSS und Dummies zunächst nur der Verzögerungspuls wirkt und später auch die Interaktion zwischen KSS und der Tür berücksichtigt wird. Biomechanische Belastungsgrenzen sind nicht vorgesehen, aber die Spannungen im Kindersitz, die Interaktion von Sitz und Dummy, die Kopfverlagerung sowie auftretende Beschädigungen am KSS werden subjektiv bewertet.

Im australischen Verbrauchertest CREP (Child Restraint Evaluation Program) sind die Grundbedingungen dieselben, aber es wird die Innenraumgeometrie einer realen, aber starren Tür nachempfunden. Außerdem erfolgt zusätzlich ein Test unter einem Aufprallwinkel von 66° [JOHANSEN, 2006].

2.5.2.2 Euro NCAP

Der Seitenaufpralltest für KSS ist wie bei dem Frontaltest im Seitencrash des getesteten Fahrzeugs integriert (Bild 38). Bewertet wird das Head containment sowie die Kopfbeschleunigung (wenn ein Kopfkontakt stattgefunden hat) von P1^{1/2} und P3, wobei der P1^{1/2} auf der stoßzugewandten Seite sitzt [EURO NCAP, 2004].

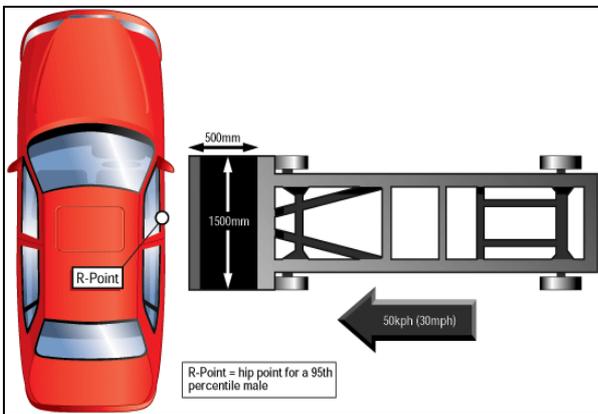


Bild 38: Seiten-Konfiguration Euro NCAP [EURO NCAP, 2004]

2.5.2.3 ISO

Bereits seit 1993 ist eine ISO-Arbeitsgruppe mit der Entwicklung eines einheitlichen Seitentestverfahrens von KSS unter der Mitarbeit von Institutionen und Firmen aus Europa, den USA, Kanada und Japan betraut. Ein Vorschlag, der den jeweiligen Gesetzgebungen als Empfehlung dienen sollte, wurde im November 2003 zur Abstimmung veröffentlicht und 2005 endgültig abgelehnt.

Die folgenden Ausführungen sind aus dem Jahr 2004 und haben den alten Vorschlag ISO 14646 zur Grundlage. Derzeit werden die bisher erarbeiteten Ergebnisse überprüft und als ISO 29062 startete 2005 die Entwicklung ein neues Seitenaufpralltestverfahren.

Das Testverfahren basiert auf einem Vorschlag von TRL¹⁷ mit einer beweglichen Tür. Das KSS wird auf der ECE-R44-Sitzbank befestigt und der Schlitten mit einer mittleren Beschleunigung von 13 g abgebremst, sodass sich ein v_0 von 25 km/h ergibt. Dies entspricht theoretisch einer Kollision eines Pkw in die Seite eines gleich schweren Pkws mit 50 km/h. Gleichzeitig erfolgt ein Eindrehen eines Türpanels in einem Winkelgeschwindigkeitskorridor bis zu einem Winkel von 25°, was einer maximalen Eindringtiefe von 250 mm entspricht. Da die Drehachse senkrecht zur Sitzfläche orientiert ist und damit gegenüber der Vertikalen geneigt ist, ergibt sich bei der Drehbewegung keine Lücke zwischen Tür und Sitzfläche, sondern der Abstand ist konstant. Das Panel, welches die Tür nachbildet, ist doppelt gekröpft. Die Drehwinkelgeschwindigkeit des Panels darf 16 rad/s (alternativ 12 rad/s) nicht überschreiten und muss durch ein definiertes Zeit-Geschwindigkeitsfenster gehen (Bild 39). Grundlage für die Vorgaben der Beschleunigungswerte sind Durchschnittswerte, die aus Full-Scale-Tests nach ECE R95 (Seitenaufprall) ermittelt wurden. Der Abstand der Drehachse zur Mitte des KSS beträgt 300 mm. Die Polsterung einer realen Tür wird durch eine 15 mm dicke deformierbare Schicht auf der Kontaktseite des Panels dargestellt.

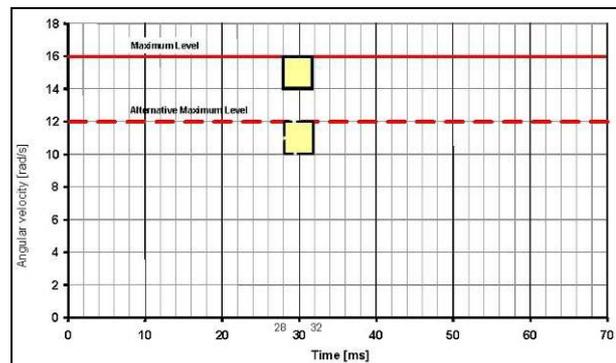


Bild 39: Weg-Zeit-Fenster nach ISO Vorschlag

Die Belastungsgrenzwerte sind ebenso wie die zu verwendenden Dummies noch nicht exakt definiert. Untersucht werden sollen die Belastungen an

¹⁷ Transport-Research-Laboratory, Großbritannien

Kopf, Hals und Brust sowie die seitliche Verlagerung des Kopfes.

2.5.2.4 Niederlande (TNO)

Auch bei diesem Verfahren, das auf die Grundidee des TRL-Verfahrens zurück geht, werden die KSS auf einer ECE-R44-Sitzbank geprüft. Hier ist die Tür in einer 20° geneigten Achse (senkrecht zur Sitzfläche) montiert. Die Verzögerung des Schlittens ist auch bei diesem Verfahren durch einen Korridor beschränkt. Es ist ein Abstand von 150 mm definiert, der zwischen KSS und Panel zum Zeitpunkt des Beschleunigungsanlaufes eingehalten werden muss. Danach erfolgt ein hydraulisches Eindrehen des Panels. Die Drehbewegung wird unabhängig von der Verzögerung gesteuert.

2.5.2.5 Deutschland (ADAC)

In einer zur Fahrtrichtung des Schlittens um 80° nach rechts um die Hochachse gedrehten 5-türigen Karosserie eines Golf IV (ab 2007 Astra) ist das KSS befestigt. Die 10°-Abweichung zur rechtwinkligen Anordnung soll ein Bremsen vor dem Unfall simulieren, bei dem auch eine Beschleunigung in X-Richtung des Fahrzeugs wirkt. Dies hat eine leichte Vorverlagerung des Dummies aus dem vorwärtsgerichteten KSS in Fahrzeuginnenrichtung zur Folge. Zur Abbildung der Tür ist ein festes Panel aus Holz vorhanden, welches mit einer Schicht von deformierbaren Schäumen bestückt ist. Die Verzögerung aus 25 km/h bis zum Stillstand erreicht maximal 18 g sowie 15 g über 15 ms und 11 g über 50 ms.

Verwendung finden die Dummies P1^{1/2} (für die Kindersitze der Klasse 0+), Q3 (I und höher) sowie P6 (II, III). Das Verfahren kann für vorwärts- und rückwärtsgerichtete KSS benutzt werden sowie auch für ISOFIX-KSS. Es erfolgt eine Bewertung des Head containments, der Beschleunigung von Kopf und Thorax sowie der Halskräfte. Die Belastungen auf das KSS sind geringer als in Verfahren, in denen eine bewegliche Tür verwendet wird.

Die bisherigen Veröffentlichungen erfolgten im ADAC-Magazin „motorwelt“ und im Testmagazin „Test“ der Stiftung Warentest.

2.5.2.6 Deutschland (TUB-SIPCRS)

Das an der TU Berlin in Zusammenarbeit mit der BAST von [NETT, 2003] entwickelte Verfahren arbeitet nach dem Prinzip der bewegten Tür, da die Intrusion zusammen mit der Beschleunigung bei einem Unfall das Verhalten des KSS beeinflusst (Bild 40). Auch dieses Verfahren ist eine Weiterentwicklung des ursprünglichen TRL-Vorschlags. Es wird in Zukunft als NPACS-Prozedur für den Seitenaufprall bei Kindersitzen genutzt werden.

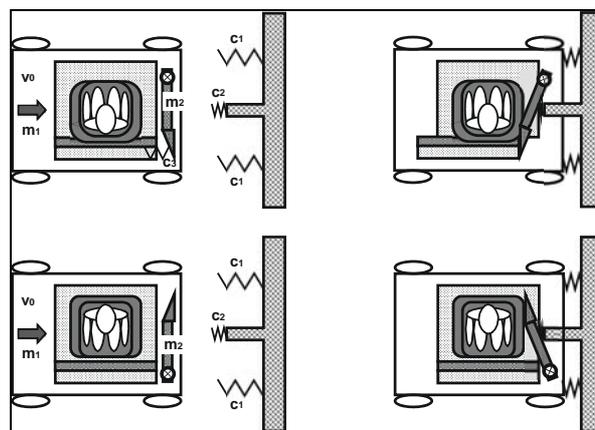


Bild 40: Prinzipskizze Prüfstand [NETT, 2003]

Der Aufbau einer ECE-Sitzbank ist rechtwinklig zur Stoßrichtung auf einem Schlitten befestigt, die Drehachse des einfach gekröpften Panels steht senkrecht zur Horizontalen.

Mit diesem Verfahren kann aufgrund der senkrechten Drehachse ohne grundlegende Veränderung des Aufbaus durch einfache Drehung der ECE-R44-Sitzbank um 180° immer der theoretisch schwerste Belastungsfall überprüft werden (Worst-Case-Scenario). Dieser tritt in der Realität dann auf, wenn die höchste Intrusion der Fahrzeugstruktur in der Nähe des Kinderkopfes vorhanden ist.

Der Winkelgeschwindigkeitskorridor des Versuchsschlittens (Bild 41) entspricht in etwa dem ISO-Vorschlag und ergibt sich aus Untersuchungen von realen Testergebnissen nach ECE-R95 (Seitenaufpralltest). Die Ausgangsgeschwindigkeit beträgt 23 km/h. Die Deformationszone auf dem Panel wurde anhand von Pendeltests mit realen Pkw-Türen nachgestaltet. Die Intrusionstiefe und der maximale Drehwinkel haben die gleichen Werte wie in dem ISO-Testverfahren. Aber es wird im Gegensatz dazu ein Korridor für die Winkelgeschwindigkeit vorgegeben, da durch die alleinige Festlegung des Maximalwertes eine breite

Streuung der Messwerte zu erwarten ist [JOHANNSEN, 2003].

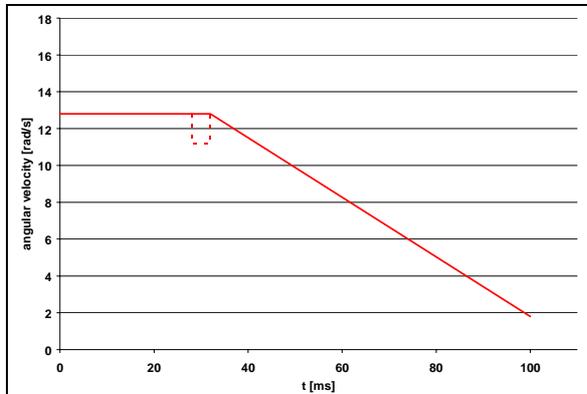


Bild 41: Winkelgeschwindigkeitskorridor Panel

Seit 2002 testet die Fachzeitschrift „auto motor & sport“ mit diesem Verfahren KSS und veröffentlicht die Ergebnisse. Bewertungsgrundlage für die Beurteilung der getesteten Kindersitze ist vor allem das Head containment neben den ebenfalls bewerteten Kopf-, Hals- und Brustbelastungen.

Eine detaillierte Übersicht der Kriterien und Testbedingungen ist bei [MÜLLER, 2005] zu finden.

2.5.3 Zusammenfassung

Der Frontalunfall ist nach wie vor die häufigste Unfallart. Daher legt die Gesetzgebung für die Zulassung von Kindersitzen speziellen Wert auf das Bestehen eines Frontaltests. Hinzu kommt derzeit lediglich eine Prüfung des Heckaufpralls, die vor allem für rückwärtsgerichtete Systeme wichtig ist. Durch die fortgeschrittene Entwicklung der Pkw im Bereich der Passiven Sicherheit, bei der schwere Verletzungen und hohe Verletzungsfolgekosten im Seitenaufprall eine größere Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben, werden auch heutige Kindersitze öfter für diesen Lastfall ausgelegt. Dies ist aber bisher für die gesetzliche Zulassung in Europa nicht relevant. Hier spielen vor allem die Verbrauchertests von Fachzeitschriften, Automobilclubs oder Verbraucherschutzorganisationen eine wichtige Rolle, da sie die Öffentlichkeit für bestimmte Themen sensibilisieren. Da der Seitenaufprall mit in das Testprogramm von KSS aufgenommen wurde, gerieten die Hersteller in Zugzwang. Die Entwicklung eines Großteils der Kindersitze ist inzwischen darauf ausgelegt, auch Tests zu bestehen, die die Anforderungen der Gesetzgebung klar überschreiten. Das gilt speziell für die Entwicklung von

Seitenschutzelementen am KSS, aber auch für Verbesserungen im Frontalaufprall.

2.6 Schutzkriterien

In den oben beschriebenen Testverfahren werden unterschiedliche Schutzkriterien zur Bewertung der Sicherheit herangezogen. Auch die Belastungsgrenzwerte weichen in ihrer Höhe voneinander ab, was von den verwendeten unterschiedlichen Dummybaureihen abhängt.

Eine wichtige Grundlage zur Festlegung von Schutzkriterien ist die Klassifizierung der realen Verletzungen in der Abbreviated Injury Scale (AIS) (Tabelle 2). Dazu werden die einzelnen Verletzungen eines Kindes nach einem Unfall genauestens erfasst und bewertet. Das System, welchem die Bewertung der Verletzungsschwere zugrunde liegt, ist weltweit anerkannt. Es bezieht sich auf die Wahrscheinlichkeit, aufgrund dieser Verletzung zu sterben. Rein technische Verbesserungen z. B. an KSS haben somit keinen Einfluss auf diese Klassifizierung, wohl aber Verbesserungen in der Medizin. So führen Fortschritte bei der Behandlung von Verletzungen dazu, dass die Todesrate der Unfallopfer sinkt.

Das Ziel bei der Festlegung von Schutzkriterien ist es, eine Korrelation zwischen diesen realen Verletzungen und abstrakten Messwerten in Dummies bei Laborversuchen zu erzielen. Es bestehen verschiedene Möglichkeiten, Belastungsgrenzen zu identifizieren.

Mittels Risikokurven aus der Unfallanalyse kann die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer bestimmten Verletzungsschwere in Anhängigkeit von Größen ermittelt werden, die die Unfallschwere physikalisch charakterisieren. Wird dieselbe Unfallschwere im Experiment mit einem Dummy nachgestellt, ist es möglich, auf den Zusammenhang zwischen Messwerten und Verletzungsschwere zu schließen.

Tierversuche dienen dazu, auf einzelne Organe bezogen Kenngrößen zu ermitteln. Dasselbe trifft auf Leichenversuche zu, die jedoch bei Kindern in Europa sehr selten zur Anwendung kommen.

Die Skalierung der Belastungsgrenzen von Erwachsenen auf Kinder ist nur sehr eingeschränkt möglich.

Erst wenn die Kriterien anhand von Verletzungen hinreichend genau beschrieben werden, ist es möglich, Grenzwerte zu definieren.

AIS	Schweregrad	Verletzungen (Beispiele)	Letalitätsrate [%]
0	unverletzt		0,00
1	gering	Schürfung, Schnittwunden, Stauchung, Prellung, Verbrennungen 1. und 2. Grades bis 10 % der Oberfläche	0,00
2	mäßig	Großflächige Schürfung und Prellung, leichte Gehirnerschütterung mit Amnesie, Verbrennungen 2. Grades bis 15 % der Oberfläche, unkomplizierter Knochenbruch	0,07
3	schwer, nicht lebensgefährlich	Schädelfraktur ohne Liquorausstritt, Gehirnerschütterung mit Bewusstlosigkeit, Pneumothorax, Verbrennungen 2. Grades bis 25 % der Oberfläche, offene Knochenbrüche	2,91
4	bedeutend, lebensgefährlich, Überleben wahrscheinlich	Schädelfraktur mit Liquorausstritt, Gehirnerschütterung mit Bewusstlosigkeit bis 24 Stunden, Perforation des Brustkorbes, Verbrennungen 2. oder 3. Grades bis 35 % der Oberfläche	6,88
5	kritisch, Überleben unsicher	Schädelfraktur mit Hirnstammlutung, Organriss oder -abriss, Verbrennungen 3. Grades bis 90 % der Oberfläche	32,32
6	maximal, nicht behandelbar, praktisch nicht überlebbar	Massive Kopfquetschung, Hirnstammlazeration, Schädelbasisfraktur, Thoraxquetschung, Aortaruptur und -durchtrennung, Trennung zwischen Thorax und Becken	100,00
9	unbekannt		unbekannt

Tabelle 2: Abbreviated Injury Scale (KRAMER, 1998)

Alle Verfahren haben jedoch statistischen Charakter und eignen sich nicht für individuelle Vorhersagen. Obwohl die Kindersicherheit seit vielen Jahren erforscht wird, sind die Schutzkriterien für die Kinder noch nicht so vereinheitlicht, wie es bei den Erwachsenen der Fall ist. Aktuelle Forschungsprojekte auf europäischer Ebene (z. B. CREST, CHILD) haben genauere Grenzwerte für die Belastungen von Kindern erarbeitet. Die Schutzbereiche unterteilen sich ebenfalls wie bei Erwachsenendummys in Kopf, Hals, Thorax sowie Abdominalbereich und Becken. Im Folgenden werden nur die für die Kinder relevanten Kriterien dargestellt, die sich auch aus der Instrumentierung der verwendeten Dummys ergeben. Nicht immer korrelieren die Maximalwerte der Belastungen am besten mit der Verletzungsschwere. Daher kommen für die Auswertung zusätzlich auch berechnete Größen zum Einsatz.

Kopf

Aus den Beschleunigungen des Kopfes in X-, Y- oder Z-Richtung kann eine resultierende Beschleunigung gebildet werden. Zum einen kann der sog. a_{3ms} -Wert berechnet werden. Er wichtet die Beschleunigungen dahingehend, dass er angibt, welche Beschleunigung maximal kontinuierlich oder kumulativ über einen Zeitraum von 3 ms vorliegt. Zum anderen lässt sich aus der resultierenden Beschleunigung der HIC-Wert berechnen. Auch dieser hat wieder ein Zeitintervall zur Grundlage, je nach Berechnungsvorschrift meist 36 ms oder 15 ms.

$$HIC = \max \left\{ \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2,5} (t_2 - t_1) \right\}$$

Die Formel stellt eine analytische Annäherung der Grenzkurve an einen experimentellen Zusammenhang zwischen lebensgefährlichen und nicht lebensgefährlichen Hirnverletzungen dar, der von der Wayne-State-University ermittelt wurde.

Der HIC-Wert ist ein sehr verbreitetes Schutzkriterium. Oft wird der Grenzwert mit 1000 angegeben. Über diesem Wert werden schwere Verletzungen erwartet. [KRAMER, 1998]

Unterschiedlich wird in Europa und Amerika der HIC- bzw. HPC-Wert¹⁸ genutzt. In Europa findet der HPC-Wert immer dann Anwendung, wenn es zu einem Kontakt des Kopfes (z. B. mit dem Airbag) kommt, ohne Kontakt und in den USA wird der HIC-Wert verwendet.

Es gibt Kritik an diesem Kriterium, da rotatorische Belastungen des Kopfes nicht berücksichtigt werden, die jedoch eine erhebliche Größe darstellen können [WILLINGER ET AL, 2006].

Eine weitere Bewertung zum Schutz des Kopfes ist das Head containment. Dieses kommt ohne eine Messung aus und wird anhand der Hochgeschwindigkeitsfilme nach dem Versuch bestimmt. Bewertet wird, ob der Kopf beim Seitenaufprall gut, mäßig oder schlecht im KSS gehalten wird oder in Kontakt mit Bauteilen außerhalb des KSS kommen kann.

¹⁸ HPC: Head Protection Criterion, gleiche Berechnung wie HIC

Hals

Q-Dummys bieten verschiedene Möglichkeiten, Belastungen im Hals zu messen. Es wird zum Teil zwischen oberem Hals (Kopfende) und unterem Hals (Körperende) unterschieden. In beiden Messstellen ist es möglich, Kräfte in Richtung der drei Raumachsen (X, Y und Z) und Momente um diese Raumachsen zu messen. Die Messgrößen geben Aufschluss über Zug-, Druck- und Scherkräfte sowie Flexions- und Extensionsmomente. Dabei sind vor allem F_z (Zugkraft) und M_y (Flexions- bzw. Extensionsmoment) für die Belastung des Halses ausschlaggebend, sodass in anderen Testverfahren (z. B. OoP-Tests) Grenzwerte dafür existieren. Für Erwachsene existiert darüber hinaus ein Kriterium, welches diese verschiedenen Messwerte vereinigt. Hier werden F_z und M_y jeweils zu einem kritischen Wert ins Verhältnis gesetzt und addiert.

$$N_{ij} = \frac{F_z}{F_{\text{int}}} + \frac{M_y}{M_{\text{int}}}$$

Prinzipbedingt müssen für jeden Dummy die kritischen Werte festgelegt werden. Für den N_{ij} ist der Grenzwert immer 1. Für Kinderdummys wird es bisher nicht benutzt, wurde aber bereits diskutiert.

Brust

Für die Belastungen der Brust kommen Beschleunigungswerte ($a_{3\text{ms}}$) zur Auswertung. Hier ist vor allem die Beschleunigung in Z-Richtung relevant, da diese in der ECE-R44 überprüft wird und ein Maß für die Halsbelastung darstellt. Hinzu kommt die Brusteingdrückung, die längs einer Achse (je nach Frontal- oder Seitentest) gemessen wird. Aus der jeweiligen Eindrückung und der berechneten Eindrückungsgeschwindigkeit lässt sich der VC-Wert¹⁹ berechnen.

Becken/Abdomen

Auch am Becken werden Beschleunigungen gemessen. Zusätzlich können bei Erwachsenendummys für den Seitenaufprall die Beckenfugenkraft und Abdomenkräfte gemessen werden.

Bei Kinderdummys wird bisher lediglich überprüft, ob eine deformierbare Masse, die im Frontalaufprall unter dem Abdomen befestigt wurde, sichtbar beschädigt wird. Neuartige Sensoren könnten hier

¹⁹ VC: Viscous Criterion- Maximalprodukt aus dem zeitlichen Verlauf der Brustkorbdeformation und der Deformationsgeschwindigkeit

Kräfte und Belastungen viel besser erfassen [JOHANNSEN, 2006b], [CHILD, 2006].

Gurtkräfte

Die Messung der Gurtkräfte erfolgt außerhalb der Dummys. Sie können aber ein gutes Indiz dafür sein, wie hoch die Kräfte sind, die über Schulter, Brust oder Becken in den Dummy eingeleitet werden.

Grenzwerte

Eine Zusammenfassung von Messwerten ist in [SCHOENEICH, 2005] zu finden. Dort ist auch eine große Anzahl von Forschungswerten benannt, die in Testverfahren bisher nicht zur Anwendung gekommen sind. Daher soll an dieser Stelle verzichtet werden, sie vorzustellen. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht der derzeit gültigen Schutzkriterien für Kinder im Frontalaufprall mit ihren Grenzwerten. Es ist erkennbar, dass nicht zu allen Messmöglichkeiten auch Grenzwerte existieren.

Grenzwerte für Kinder nach ECE-R44		Grenzwerte für Kinder nach FMVSS 213 ²⁰	
Brustbeschleunigung resultierend ($a_{\text{res } 3 \text{ ms}}$)	55 g	Kopfbelastung (HIC _{36 ms})	1000
Brustbeschleunigung vertikal ($a_z 3 \text{ ms}$)	30 g	Kopfbeschleunigung ($a_{\text{res } 3 \text{ ms}}$)	80 g
Kopfverlagerung horizontal	550 mm 600 mm (rw)	Biomechanische Erfahrungswerte	
Kopfverlagerung vertikal	80 mm	Halsmoment (M_y)	20 Nm
		Halskraft (F_z)	2 kN

Tabelle 3: Grenzwerte der Schutzkriterien [nach LANGWIEDER, 2001]

Ein zusätzlicher Grenzwert leitet sich nur indirekt aus der Biomechanik ab. In der ECE-R44 wird die Kopfvorverlagerung bewertet. Hier wird davon ausgegangen, dass bei Kontakt des Kinderkopfes mit Innenraumteilen (Vordersitz oder Instrumententafel) schwere Verletzungen zu erwarten sind. Daher ist ein solcher Kontakt auszuschließen. Die gedachte Linie von 550 mm (bzw. 600 mm bei rückwärtsgerichteten KSS) bezogen auf den C_r-Punkt darf nicht überschritten werden.

²⁰ FMVSS 213: Amerikanische Gesetzgebung für KSS

3 Analyse des realen Unfallgeschehens

In der Realität gleicht kaum ein Unfall dem anderen. Das vorliegende Kapitel analysiert das aktuelle Unfallgeschehen in Deutschland.

Die verschiedensten Parameter haben Einfluss auf den Verlauf des Unfalls und die Verletzungen der Insassen. Hierzu zählen nicht nur die beteiligten Fahrzeuge mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften wie Masse, Aufbauform und passiven Sicherheitseinrichtungen, sondern auch die Art der Kollision, Anstoßort und -richtung, Kollisionsgeschwindigkeit u. Ä. Die gesetzlichen Testbestimmungen und ebenso die Verbrauchertests bilden nur einen kleinen Ausschnitt aus der Vielfalt der Realität des Unfallgeschehens ab. Bei diesen Tests sind Unfallkonstellationen ausgewählt worden, die mit ihren Eingangsparametern (z. B. Kollisionsgeschwindigkeit, Offset) der allgemeinen Unfallstatistik in der Weise Rechnung tragen, dass der größte Teil aller realen Unfälle als leichter eingestuft werden kann.

Die Datenbasis für die Definition von Tests muss ständig durch die Untersuchung von realen Unfällen aktualisiert werden, damit sie ggf. durch Anpassungen realitätsnah bleibt. Dazu werden systematische Unfallforschungen betrieben. Nach einem bestimmten Schema werden interdisziplinäre Forscherteams direkt an die Unfallstellen geschickt²¹. Die Teams bestehen zumeist aus (angehenden) Ingenieuren und Medizinern. Es wird mittels eines statistischen Stichprobenplanes eine große Anzahl von Informationen dieser Unfälle erfasst. Die Schaffung einer Datenbasis für statistische Zwecke steht hierbei im Vordergrund, nicht die Analyse einzelner Ereignisse. Die Daten werden anonymisiert in Datenbanken gesammelt, wie sie z. B. in Deutschland bei der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) und der TU Dresden vorliegen. Aus diesen Daten können viele Einflüsse erkannt werden, die sich positiv oder negativ auf die Insassensicherheit auswirken.

Wenn Einzelunfälle, die gut dokumentiert sind, herausgegriffen und nachgestellt werden (z. B. in CREST, CHILD), lassen sich hieraus die Unfallabläufe detailliert rekonstruieren. Wie oben beschrieben, lassen sich so Zusammenhänge zwischen Belastungen und Verletzungen ermitteln und es können Verletzungskriterien und Grenzwerte definiert werden.

Das ist außerdem für die Entwicklung von Dummys und zur Validierung von Dummymodellen in der Simulation notwendig.

Von Erwachsenen liegen wesentlich detailliertere Ergebnisse aus Unfallforschung und Biomechanik vor, da sie im Gegensatz zu Kindern bereits über einen wesentlich längeren Zeitraum konsequent untersucht wurden. So konnten Dummys entwickelt werden, die einen erwachsenen Menschen biomechanisch relativ gut abbilden und an denen Belastungen gemessen werden können, wie sie auch am menschlichen Körper auftreten würden (z. B.: HIII, EuroSID).

3.1 Auswertung Unfalldatenbanken

Für die hier durchgeführte Unfallanalyse wurde zunächst auf Daten zurückgegriffen, die aus einer von der MHH gepflegten Datenbank stammen. Die MHH nimmt bereits seit dem Jahr 1973 Unfälle im Großraum Hannover auf. Seit 1999 werden im selben Verfahren auch Unfälle im Raum Dresden von der TU Dresden aufgenommen. Beide Statistiken umfassen seitdem jeweils ca. 1000 Fälle pro Jahr und werden in der GIDAS²²-Datenbank zusammengefasst. [OTTE, 2003]

Im Jahr 2004 weist die Datenbank 1488 Unfälle auf, bei denen Kinder bis einschließlich 12 Jahren beteiligt waren (Bild 42).

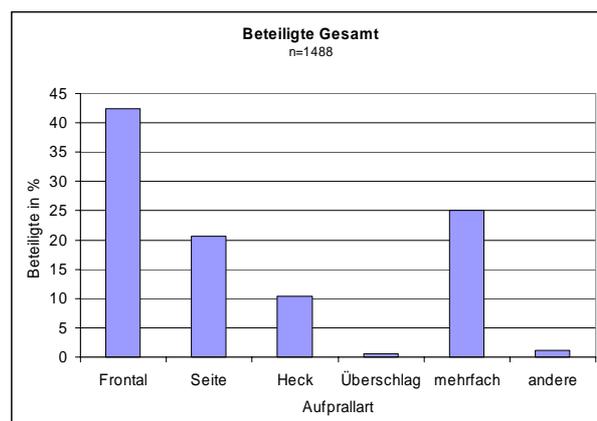


Bild 42: Erfasste Kinderunfälle GIDAS 1985-2004 [OTTE, UNVERÖFFENTLICHT]

²¹ Anfänge dieser Unfallforschung sind durch die TU Berlin in den 70er Jahren durchgeführt worden.

²² GIDAS-German In-Depth Accident Study

Erkennbar ist der hohe Anteil an Mehrfachkollisionen. Überschläge spielen fast keine Rolle, was sich mit anderen Quellen deckt (vgl. [KRAMER, 1998]).

Bei der Auswertung der Verletzungsschwere wird deutlich, dass mehrfache Anpralle und Überschläge für Kinder ein höheres Risiko darstellen, bei einem Unfall verletzt zu werden, als der alleinige Frontal- oder Seitenaufprall (Bild 43).

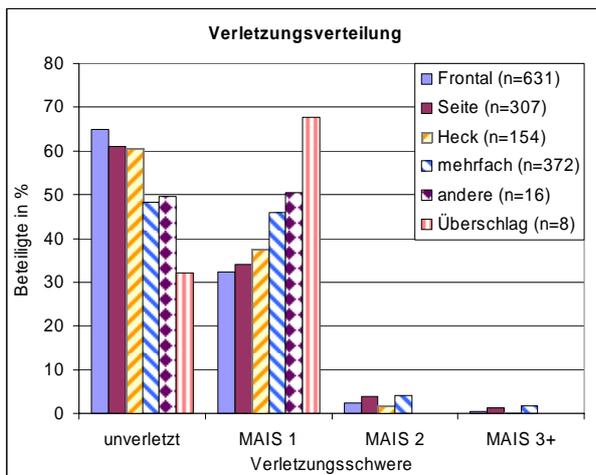


Bild 43: Verletzungsverteilung der Unfallarten GIDAS 1985-2004 [OTTE, UNVERÖFFENTLICHT]

Der Frontalaufprall weist den höchsten Anteil unverletzter Kinder auf, gefolgt von Seiten- und Heckaufprall. Mehrfachkollisionen und Überschläge stehen hierbei an vorletzter und letzter Stelle. Die Reihenfolge kehrt sich um, wenn MAIS1 betrachtet wird. Überschlag und Mehrfachkollisionen führen zu einem hohen Anteil an Verletzungen. Für die Verletzungsschwere MAIS2+²³ ergibt sich ein ähnliches Bild. Hier weisen die mehrfachen Kollisionen und Überschläge immer prozentual mehr Fälle auf als im Seitenaufprall.

Aus dieser Übersicht folgt, dass der Frontalaufprall zwar am häufigsten auftritt, aber die geringsten Verletzungen verursacht. Der Seitenaufprall, der Überschlag und die mehrfachen Kollisionen verursachen deutlich schwerere Verletzungen. Ziel der Unfallanalyse muss nun sein, aus gleichartigen Unfällen Aussagen zum Schutzpotenzial verschiedener KSS machen zu können.

Um dafür relevante Aussagen zu bekommen, wurden für die Abfrage der Daten folgende vier Einschränkungen gemacht:

1. Der Unfall darf nicht länger als 1992 zurückliegen. Damit ist das Datenmaterial relativ aktuell.
2. Es muss sich um einen Unfall handeln, bei dem mindestens ein Kind als Pkw-Insasse beteiligt war.
3. Dieses Kind darf nicht älter als 12 Jahre gewesen sein, da nur bis zu diesem Alter die gesetzliche Sicherungspflicht besteht.
4. Die Daten müssen die Angabe beinhalten, dass ein Kinderschutzsystem augenscheinlich korrekt verwendet worden ist, da es hier nicht um die Untersuchung geht, welche Auswirkung die korrekte Sicherung im Vergleich zur Nichtsicherung oder falschen Sicherung hat.

Die GIDAS-Datenbank enthielt im November 2004 für die Jahre 1992-2003 unter diesen Gesichtspunkten 241 verunfallte Kinder in 175 Unfällen, von denen 172 nachweislich gesichert waren. Dies bedeutet, dass bei einer sehr großen Anzahl von Unfällen mit Kindern keine Angaben zum KSS oder der Sicherung des Kindes erfasst wurden oder viele Kinder nicht gesichert waren. Das schränkt die Analyse hinsichtlich des Schutzpotenzials verschiedener KSS-Klassen stark ein.

Es lassen sich daher keine allgemeingültigen Aussagen darüber treffen, ob beispielsweise eine bestimmte Kindersitzklasse ein ausgeprägtes Verletzungsmuster hervorruft o. Ä., da in dem langen Zeitraum zu viele Detailänderungen an den Produkten vorgenommen wurden. Für die einzelnen Jahre sind aber zu wenige Fälle erfasst, um gesicherte Aussagen treffen zu können.

Aus diesem Grund wurde eine nachträgliche Auswertung von Fotos in den originalen GIDAS-Akten durchgeführt. Es konnten so bei weiteren Unfällen zusätzlich zu den erfassten Daten die ECE-Klassen für die Kindersitze klassifiziert und eingetragen werden. Dadurch stieg die Anzahl der auswertbaren Fälle, da wichtige Daten wie Verletzungen oder Aufprallart direkt den KSS-Klassen zugeordnet werden konnten.

Ein positiver Effekt von ISOFIX- oder integrierten Kindersitzen ist nicht nachweisbar, da das Datenmaterial kaum Informationen über diese Art von KSS enthält. Informationen über Beschädigungen der KSS sind nicht erfasst worden, sodass keine Aussage gemacht werden kann, wo generelle konstruktive Unzulänglichkeiten vorhanden sein könnten. Insgesamt ist die Aussagekraft der GIDAS-Daten für die Fragestellung des Projektes eher gering.

²³ MAIS: Höchster Einzelverletzungswert nach AIS

Daher wurden zusätzlich zu den GIDAS-Daten weitere Datenquellen untersucht. Zum einen sind dies die Unfalldaten des GDV. Im Gegensatz zu den GIDAS-Daten sind diese Unfälle aber zum Teil nicht rekonstruiert worden. Es gibt somit keine verlässlichen Aussagen zur Kollisionsgeschwindigkeit u. Ä. Trotzdem war es möglich, durch eine Einzelfallanalyse der Versicherungsakten viele Details zu extrahieren und nach dem prinzipiell gleichen Schema wie die GIDAS-Daten zu erfassen.

Zusätzlich wurden Daten der Unfallforschung Greifswald einbezogen. Dort werden die Daten bei Verkehrsunfällen nach einer sehr ähnlichen Vorgabe aufgenommen, wie sie auch in Hannover und Dresden Verwendung findet. Somit können diese (zum Teil unrekonstruierten) Daten - mit gewissen Einschränkungen wie bei den GDV-Daten - hier ebenfalls ausgewertet werden. Auch bei diesen Daten wurden eine Einzelfallanalyse durchgeführt und die Ergebnisse dem Datenbestand zugeführt. In der Summe ist jedoch der Datenbestand nur bedingt repräsentativ, da das Unfallmaterial des GDV unter bestimmten Gesichtspunkten ausgewählt wurden. Die Versicherungsakten befassen sich vorwiegend mit schweren Verkehrsunfällen bzw. schweren Verletzungen.

Nach diesen Ergänzungen beziehen sich die folgenden Auswertungen auf insgesamt 205 Unfälle mit 280 Kindern. All diese Unfalldaten wurden umfangreich ausgewertet, wobei in den nachfolgenden Abschnitten nur die relevanten Informationen beschrieben sind. Weiterführende Details sind dem Anhang zu entnehmen. Es galt, möglichst genau die Frage zu beantworten: Welchen Einfluss hat das KSS unter den spezifischen Gegebenheiten des jeweiligen Unfalles auf die Verletzung des Kindes?

Es war nicht möglich, ausschließlich Unfälle auszuwerten, die über alle Merkmale verfügen, weil eine unterschiedliche Datentiefe pro Fall existiert. Daher ist die Gesamtzahl der Fälle, auf die sich die einzelnen Diagramme beziehen, auch unterschiedlich. Aufgrund der geringen Fallzahlen gut dokumentierter Fälle ist es auch in der Zukunft notwendig, Kinderunfälle mit allen relevanten Informationen und wenn möglich nach einem einheitlichen Schema zu erfassen.

Für die Auswertung wurden zunächst allgemeine Informationen erfasst, die der Einordnung der Unfälle dienen (z. B. Datum und Unfallzeit usw.). Um sie statistisch weiter einzuteilen, wurden Details zur Unfallstelle und den Fahrzeuginsassen genutzt. Für die beteiligten Kinder wurden Daten

wie Größe, Masse und vor allem die Verletzungen erfasst. Zum Vergleich wurde teilweise auch die Verletzungsschwere weiterer (erwachsener) Insassen aufbereitet. Unfalldaten wie z. B. die Kollisionsgeschwindigkeit sowie die aufgetretenen Beschädigungen am Fahrzeug rundeten, sofern der Unfall rekonstruiert wurde, die Beschreibung der jeweiligen Unfallsituation ab.

3.1.1 Allgemeines

Die Verteilung der Unfälle auf die Jahre ist in Bild 44 zu erkennen.

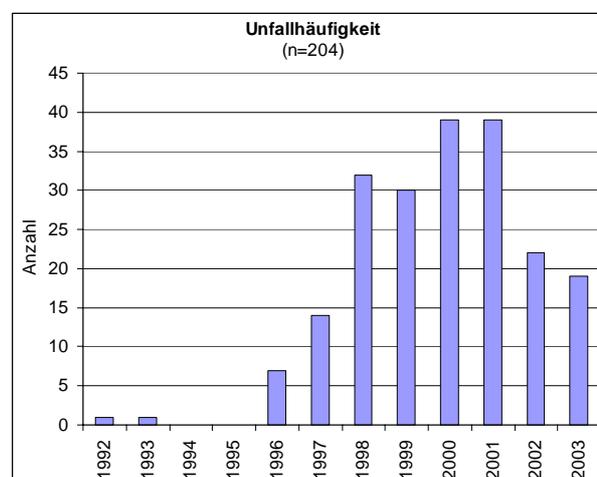


Bild 44: Anzahl erfasster Unfälle 1992-2003

Die Daten zeigen eine große Fallzahl für die Jahre 1998-2001 und danach ein starkes Absinken der erfassten Unfallzahlen aus den GIDAS-Daten. Es handelt sich um ein statistisches Artefakt, es sind noch nicht alle erfassten Unfälle rekonstruiert worden, sodass sie für diese Auswertung noch nicht zur Verfügung standen. In den Jahren vor 1995 sind nicht ausreichend viele Fälle mit Informationen über KSS in der Datenbank erfasst worden.

3.1.2 Statistische Einordnung der Unfälle

Bei Unfällen mit Kindern sitzen mindestens zwei Personen im Pkw. Jedoch sind in mehr als drei Viertel der betrachteten Fälle drei oder mehr Personen im Pkw. In den Sommermonaten sowie zur Ferienzeit im Februar und Oktober sind höhere Fallzahlen zu erkennen. Die geringste Unfallrate ist im Dezember zu verzeichnen.

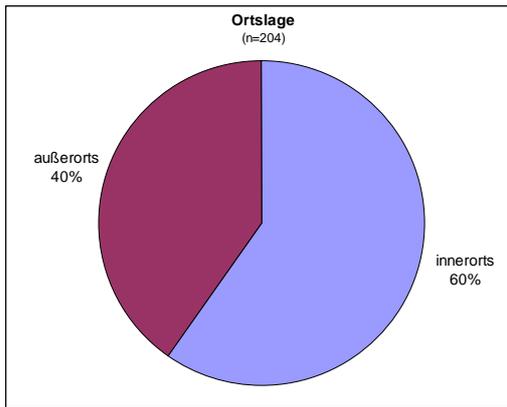


Bild 45: Ortslage der Unfälle

Mehr als die Hälfte der erfassten Unfälle finden innerorts statt (Bild 45). Diese Tatsache unterstreicht die Forderung, Kinder immer, auch bei kurzen Fahrten im Ort, anzuschnallen, da hier die meisten Unfälle passieren. Dies wird bisher nicht konsequent umgesetzt (Bild 46). Die Sicherungsquote innerorts ist etwas geringer als außerorts.

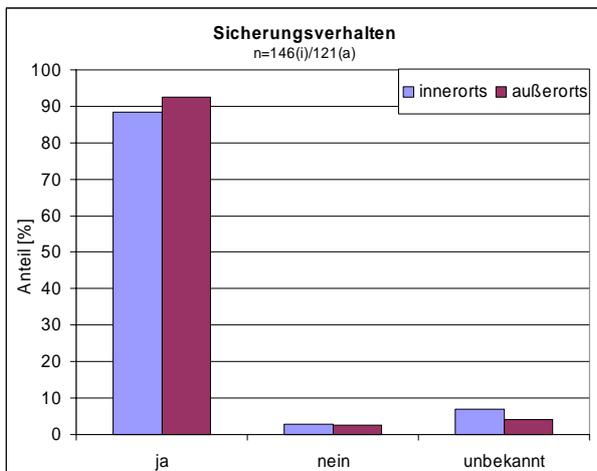


Bild 46: Gesicherte Kinder innerorts/außerorts

Die Verletzungsschwere ist außerorts höher als innerorts. Es gibt prozentual weniger unverletzte Kinder aber prozentual mehr Kinder mit einer MAIS2+ Verletzung. Aufgrund der geringen Fallzahl von MAIS2+ Verletzungen ist hier lediglich eine Tendenz zu erkennen (Bild 47).

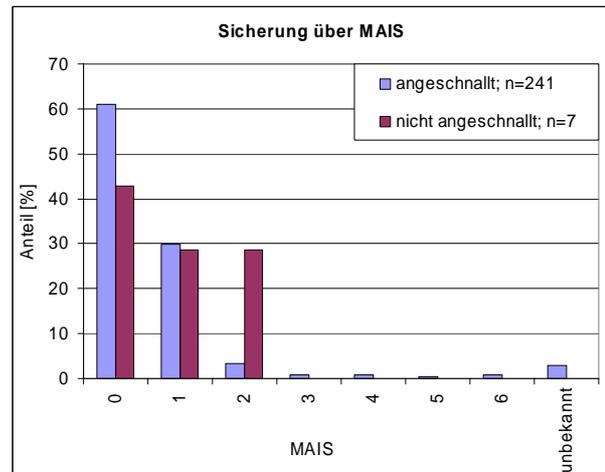


Bild 47: MAIS-Vergleich innerorts/außerorts

Bereits die allgemeine Angabe, ob und wie stark ein Kind verletzt war, zeigt, dass von den außerorts verletzten Kindern deutlich mehr stationär in ein Krankenhaus aufgenommen wurden (=schwer verletzt) oder sogar getötet worden sind, als dies Kindern widerfuhr, die innerorts an einem Unfall beteiligt waren. Letztere waren als Beteiligte an einem Unfall zu einem höheren Prozentsatz ungeschädigt bzw. brauchten nur ambulant (=leicht verletzt) versorgt zu werden (Bild 48).

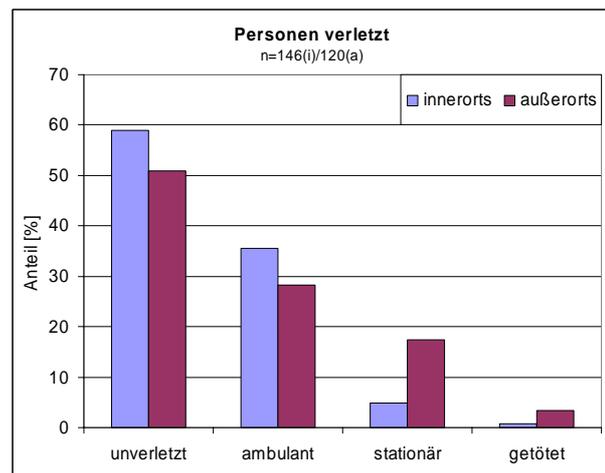


Bild 48: Verunglückte Kinder innerorts/außerorts

Die Ursache für die höhere Anzahl der schwerer verletzten Kinder außerorts liegt in der höheren Kollisionsgeschwindigkeit. In Bild 49 ist erkennbar, dass bis zu einer Kollisionsgeschwindigkeit von 50 km/h innerorts ca. 90 % aller Unfälle passieren und lediglich die Hälfte der Unfälle außerorts. Hier wird die 90 %-Marke erst erreicht, wenn die Unfälle

bis zu einer Geschwindigkeit von deutlich über 100 km/h aufsummiert werden.

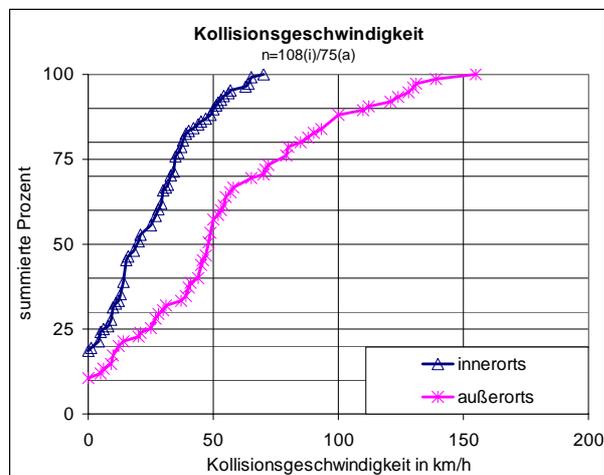


Bild 49: Kumulierte Geschwindigkeitslinie

Im Vergleich der verletzten Kinder zu den bei dem Unfall im selben Pkw sitzenden Erwachsenen zeigt sich, dass die Erwachsenen von der Anzahl der Verletzungen her gleich verletzt wurden. Nach Klassifizierung der Verletzungen in die AIS-Skalierung sind die Erwachsenen sogar tendenziell schwerer verletzt als die im KSS gesicherten Kinder.

Die Vermutung, Kinder fahren vermehrt in Zweitfahrzeugen, die kleiner und älter als die durchschnittliche Fahrzeugpopulation sind, konnte nicht bestätigt oder widerlegt werden. Hierzu wären genauere Angaben zu den Pkw notwendig.

3.1.3 Allgemeines zum Kinderschutzsystem

Die größte Anzahl von mehr als 90 % der Kinderschutzsysteme befindet sich auf der Rückbank (Bild 50). Dies ist darauf zurückzuführen, dass es früher gesetzlich verboten war, Kinder auf dem Beifahrersitz zu befördern und auch heute die Auto- sowie die KSS-Hersteller die Rückbank als sichersten Transportplatz benennen.

Werden alle Kinder im Pkw betrachtet, somit auch die, die nicht in einem KSS geschützt waren, so ist festzustellen, dass knapp 85 % der Kinder hinten sitzen, davon mehr als die Hälfte hinten rechts. Dieser Platz ist einerseits zum Ein- und Aussteigen günstiger als der linke, da er zum Fahrbahnrand hinausführt, andererseits bietet er eine gute Kommunikationsmöglichkeit zwischen Fahrer und Kind. Der Fahrer kann durch einen Schulterblick oder einen (Zusatz-)Spiegel das Kind direkt

ansetzen, was bei hintereinander sitzenden Personen nur schwer möglich ist. Der Sitzplatz in der Mitte wird nur von 9 % der Kinder genutzt, da er erst in neueren Fahrzeugen serienmäßig - wie die äußeren Sitzplätze - über einen 3-Punkt-Gurt verfügt. Prinzipiell bietet der mittlere Platz sowohl bei einem Frontalaufprall als auch bei einem Seitenaufprall den besten Schutz, da intrudierende Strukturen bzw. andere Bauteile des Innenraums relativ weit vom Kind entfernt sind. Ungünstig wirkt sich allerdings aus, dass die Rückbank hier oftmals anders als die Außensitze geformt ist und ein Kinderschutzsystem auf der Sitzbank oder der Lehne keine geeignete Anlagefläche findet, die über die gesamte Breite des KSS geht.

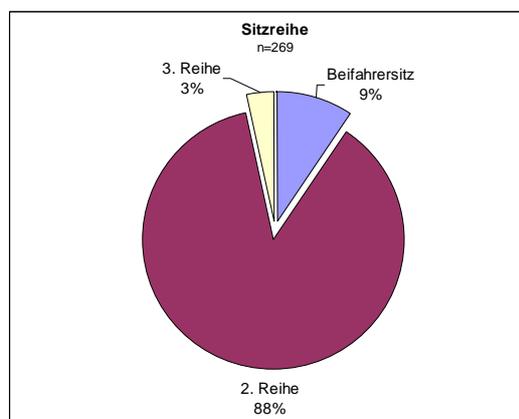


Bild 50: Reihe im Fahrzeug, in der das KSS befestigt ist

Das folgende Bild 51 zeigt die Verteilung der verwendeten Kindersitzklassen. In 15 % der Fälle wurden Babyschalen (Klasse 0 / 0+) genutzt. Es lassen sich auch die Sitzerrhöhungen (Klasse 2/3 und 3) zusammenfassen. Deren Anteil beträgt 36 %.

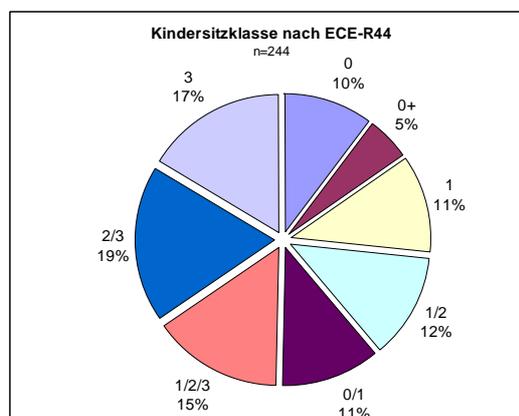


Bild 51: Verwendete Kindersitzklassen

Insgesamt entspricht die Verteilung der Kindersitzklassen in etwa der Altersverteilung der Kinder. Aber nur ein sehr geringer Teil der Kinder war in rückwärtsgerichteten KSS gesichert, obwohl die höhere Schutzwirkung solcher Systeme für Kinder bis zu einem Alter von drei Jahren durch Experten immer wieder bestätigt wird. Dass trotzdem so viele Kinder vorwärtsgerichtet gesichert werden, kann zum einen daran liegen, dass der Einbau rückwärtsgerichteter KSS in die meisten Pkw komplizierter ist als der Einbau von vorwärtsgerichteten Systemen. Zum anderen ist zu vermuten, dass die Eltern die Kinder bewusst vorwärts fahren lassen, um sie besser sehen zu können, zumal die Gesetzgebung dies nicht explizit verbietet. Außerdem werden in Deutschland im Gegensatz zu beispielsweise den nordischen Ländern kaum rückwärtsgerichtete Sitze auf dem Markt angeboten. Der oft erheblich höhere Preis der wenigen rückwärtsgerichteten KSS vermindert den Anreiz für Eltern, sich nach der Babyschale erneut für ein rückwärtsgerichtetes System zu entscheiden.

Der Anteil der rückwärts beförderten Kinder von 0-3 Jahren liegt bei 9 %. Dies entspricht jedoch fast dem Anteil der Kinder, die in Babyschalen der Klassen 0 bzw. 0+ gesichert sind, die rückwärts befördert wurden. Kinder ab einem Alter von vier Jahren wurden ausschließlich vorwärts gesichert (Bild 52).

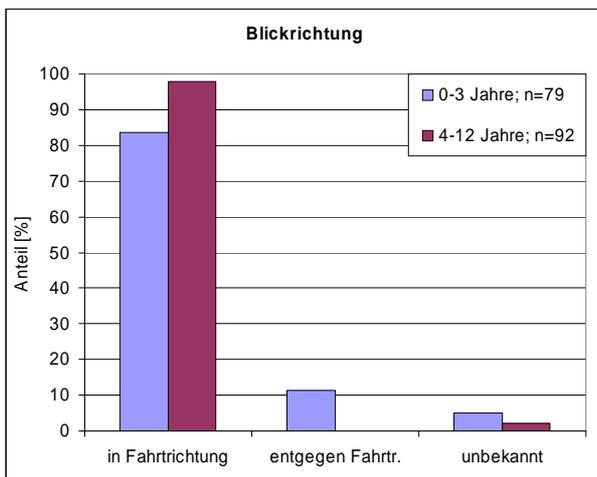


Bild 52: Blickrichtung der Kinder

3.1.4 Auswertung pro verletztem Kind

Insgesamt wurden geringfügig mehr Jungen als Mädchen im Pkw verletzt. Die Altersverteilung aller Kinder in der Datenbank ergibt keine Gleichverteilung der Daten von 0 bis 12 Jahren. 75 % der

erfassten Daten stammen von Kindern bis 6 Jahren (Bild 53).

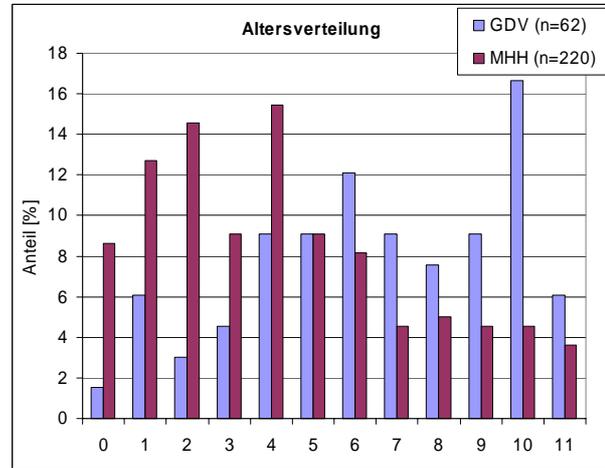


Bild 53: Altersverteilung der Kinder im verwendeten Datensatz

Daraus lassen sich bestimmte allgemeine Aussagen über die Kinder ableiten. Zum Beispiel können die ermittelten durchschnittlichen Werte für Größe und Masse je Altersklasse mit den Eigenschaften der Dummymodelle verglichen werden, die in der Gesetzgebung vorgeschrieben sind. Die Dummies sollen jeweils eine bestimmte Altersklasse von Kindern beschreiben und sie durch Größe und Masse abbilden.

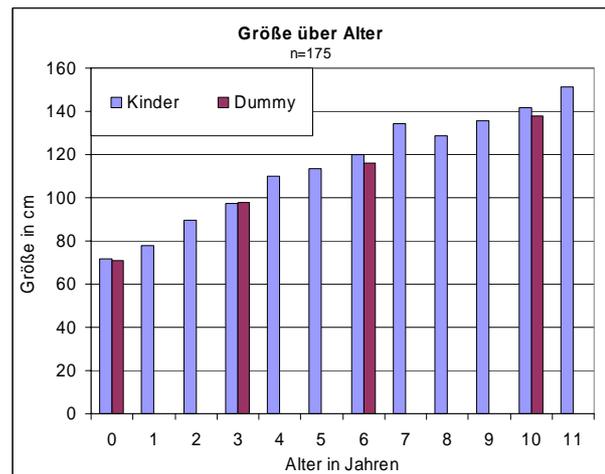


Bild 54: Größe der Kinder über das Alter

Bild 54 zeigt den Vergleich der Größe der realen Daten mit den Dummys. Erkennbar ist, dass die Dummymodelle in der Größe recht gut den jeweiligen Altersklassen der Kinder entsprechen. Der dreijährige Dummy mit einer Größe von 98 cm

entspricht dem durchschnittlichen Wert von 99 cm. Auch der sechsjährige Dummy mit 116 cm und der zehnjährige mit 138 cm entsprechen in etwa den Durchschnittswerten der Unfallstatistik mit 120 cm für die sechsjährigen und 142 cm für die zehnjährigen Kinder. Sie sind nur geringfügig kleiner.

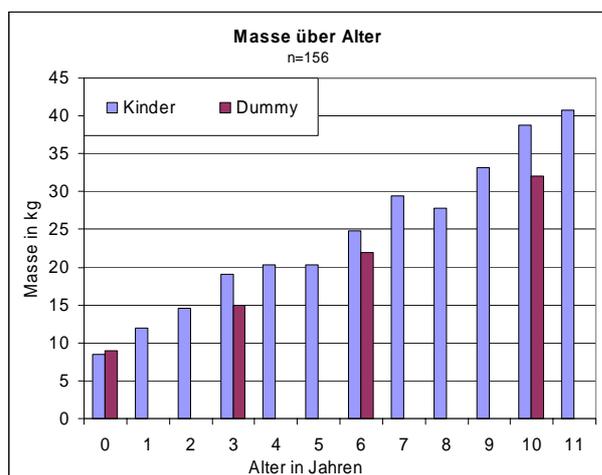


Bild 55: Masse der Kinder über das Alter

Bei den Massen der Dummies gibt es größere Unterschiede im Vergleich zu den realen Massen der Kinder in den GIDAS-Daten (Bild 55). Die Massen der Dummies sind bis auf den P^{3/4} allesamt zu gering. Der dreijährige Dummy hat eine Masse von 15 kg, die Unfallstatistik ergibt durchschnittlich einen Wert von etwa 19 kg für ein 3-jähriges Kind. Der sechsjährige Dummy wiegt 22 kg gegenüber 25 kg und der zehnjährige Dummy wiegt 32 kg gegenüber 38,8 kg. Der Durchschnittswert des Datenmaterials liegt somit bis zu 25 % über der Dummymasse.

Obwohl die Daten der untersuchten Kinder in den Datenbanken nicht repräsentativ sind, zeigt diese Erkenntnis, dass sich die messbaren Eigenschaften der Kinder verändern. Sie scheinen, verglichen mit älteren Generationen, etwas größer und vor allem schwerer zu sein. Diese physiologische Veränderung der Kinder führt auch zu veränderten biomechanischen Eigenschaften und damit anderen Anforderungen an Kinderschutzsysteme. Dies beeinflusst zukünftige Forschungen und sollte auch in der Gesetzgebung und bei der Zulassung neuer KSS Anwendung finden.

3.1.5 Allgemeine Verletzungsverteilung

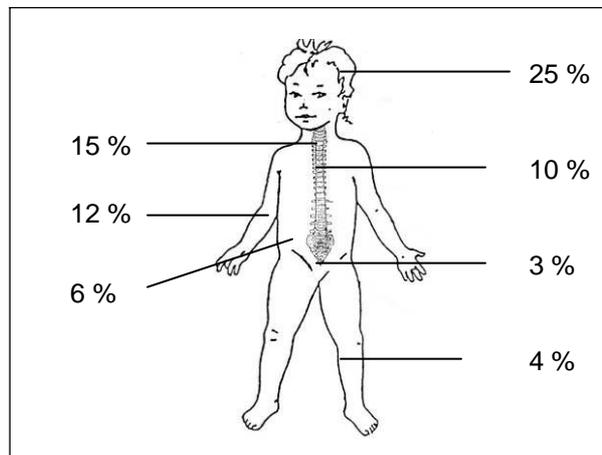


Bild 56: Verletzungsverteilung am Kind (GIDAS)

In Bild 56 wird die Verteilung der Verletzungen auf die Körperteile bei korrekt gesicherten Kindern dargestellt. Deutlich zu erkennen ist, dass die Verletzungen im Kopfbereich überwiegen, aber auch an der Halswirbelsäule treten viele Verletzungen auf. Aufgrund der geringen Fallzahl kann keine Unterteilung nach Alter des Kindes und KSS-Klasse vorgenommen werden. In der Tendenz zeigt sich, dass der Kopf das am meisten verletzte Körperteil ist.

Auffällig ist außerdem, dass sich die Zahlen von MHH und GDV an dieser Stelle deutlich unterscheiden. Von 241 Fällen bei der MHH wird nur eine Beckenverletzung dokumentiert, bei 29 GDV-Fällen sind es immerhin 7 Verletzungen im Beckenbereich. Dies könnte an der Auswahl der GDV-Fälle liegen. Deren Unfallakten beinhalten vorwiegend schwere Unfälle, bei denen Versicherungen Gutachten haben erstellen lassen.

3.1.6 Einordnung von gleichartigen Unfällen

Aufgrund der geringen Fallzahl ist es schwierig, gleichartige Unfallkonstellationen zu finden. Gleichartig heißt in diesem Fall, dass das Fahrzeug, in dem das Kind sitzt, in der gleichen Art und Weise und Unfallschwere verunglückt ist (Anstoßrichtung, Beschädigungen usw. sind gleichartig). Zusätzlich müssen Sitzplatz, Größe und Masse des Kindes gleich sein. Außerdem darf sich die Sitzhaltung unmittelbar vor dem Unfall nicht unterscheiden. Nur in diesem Fall könnten dann die unterschiedlichen Verletzungen verschiedenen Kindersitzklassen zugeordnet und diese bewertet werden.

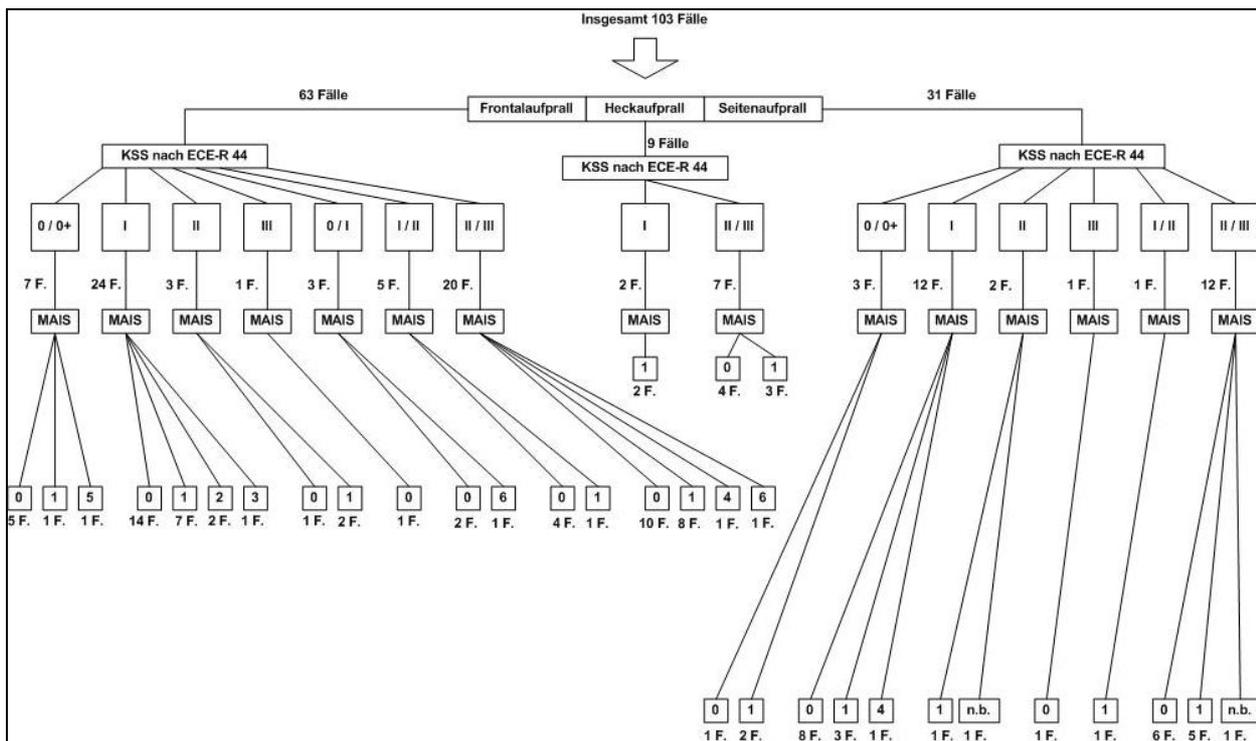


Bild 57: Auswertungsschema bezüglich Aufprallart, KSS und MAIS [MARSCHNER, 2006]

Um trotzdem relevante Aussagen aus den Daten zu bekommen, müssen Kategorien gebildet werden. Dazu werden zuerst die wichtigen Faktoren identifiziert und gewichtet. In diese Kategorien müssen dann die Unfälle eingeteilt werden. Auch hier kann die Einzelfallanalyse helfen, schwer klassifizierbare Sonderfälle zu erkennen. Damit ist zwangsläufig eine Vereinfachung durch die Zusammenfassung verbunden.

In [MARSCHNER, 2006] ist folgendes Vorgehen zu finden: Nach der ersten Unterteilung in Frontal- und Seitenkollisionen werden weitere Unfallvariablen identifiziert: (Tabelle 4)

Priorität	Variable	Vorkommenshäufigkeit
1	Alter	100,0 %
2	MAIS	98,2 %
3	KSS-Klasse	61,3 %
4	Hersteller KSS	50,0 %
5	Modell KSS	38,7 %
6	Blickrichtung	96,4 %
7	Kollisionsgegner	19,6 %
8	Sitzplatz	100,0 %

Tabelle 4: Prioritätsliste der Unfallvariablen [MARSCHNER, 2006]

Bereits hier ist erkennbar, dass die KSS-Klasse oder der genaue Typ des Kindersitzes häufig nicht dokumentiert sind. Da die KSS-Klassen sich aber deutlich unterscheiden, entsteht hier eine erhebliche Unschärfe. Da nicht bei allen Kindern die Größe und die Masse bekannt sind, musste hier auf das Alter zurückgegriffen werden, welches in allen Fällen erfasst worden war. Dies ist ebenfalls eine wesentliche Vereinfachung und beeinflusst die nachfolgenden Analysen. Die weiteren Variablen dienten vor allem der Unterscheidung von vorwärts- und rückwärtsgerichteten KSS, Sitzplatz usw. Alle Variablen lassen grundsätzlich andere Bedingungen erwarten und sind daher für eine Unterteilung notwendig. Daraus ergab sich folgende Übersicht (Bild 57), in die die bisher genannten Variablen eingehen.

Der nächste wichtige Punkt war die Auswahl geeigneter Parameter, um die Unfälle einer Kategorie nach ihrer Schwere vergleichen zu können. Aus mehreren Möglichkeiten ergab sich lediglich die Geschwindigkeitsänderung d_v bei einem Unfall²⁴. Nicht allein die Kollisionsgeschwindigkeit entscheidet über die Unfallschwere, sondern auch die Kollisionspartner, beschrieben durch ihre Massen, Geschwindigkeiten und weiteren Eigenschaften, die den Verzögerungsver-

²⁴ Nur bei einem zu kleinen Teil der Unfälle wurden EES (Equivalent Energy Speed) oder andere physikalische Größen zur Beschreibung der Unfallschwere erfasst.

lauf beeinflussen. Daher ist d_v der geeignetere Parameter. Ein wichtiger Parameter wäre auch der Kollisionswinkel. Dieser wurde jedoch nicht zuverlässig in die Datenbank eingetragen und unterschied sich zum Teil vom Unfalltyp, sodass Plausibilitätsprobleme auftraten.

Die Überprüfung der Unfalldaten ergab 24 Frontalunfälle sowie 9 Seitenunfälle, bei denen d_v bekannt war. Die Verletzungsschwere war im Frontalaufprall geringer als beim Seitenaufprall. Trotz der unterschiedlichen Randbedingungen wird der Trend erkennbar, dass mit steigendem d_v die Verletzungsschwere beim Seitenaufprall stärker zunimmt als beim Frontalaufprall.

Bild 58 zeigt eine Auswertung der Verletzungsschwere nach dem Alter.

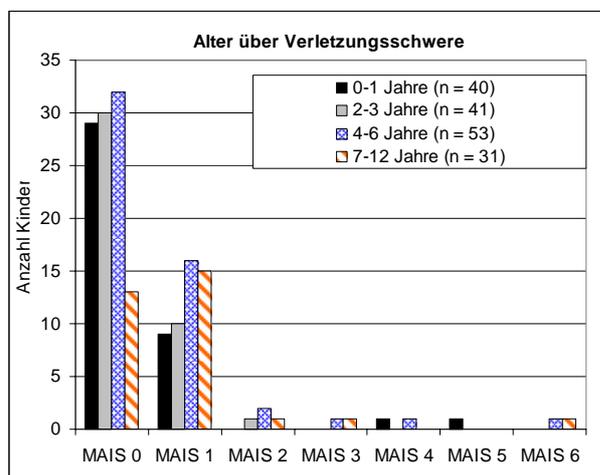


Bild 58: Verteilung Alter über Verletzungsschwere

Es ist keine klare Altersabhängigkeit der Verletzungsschwere erkennbar. Bei den Kindern mit Verletzungen tritt die Gruppe der älteren Kinder von 4-12 Jahren etwas mehr in Erscheinung. Das lässt darauf schließen, dass die KSS der kleineren Kinder besser schützen, was auch ein weiteres Indiz für die Vorteilhaftigkeit rückwärtsgerichteter KSS sein könnte. Die Einzelfallanalyse zeigt, dass bei den Kindern mit schweren Verletzungen entweder Unfälle mit hohen Unfallschweren oder Fehlbedienungen der KSS vorlagen.

Insgesamt lagen 80 % aller Unfälle unter einer Geschwindigkeitsänderung von 20 km/h. Dies erklärt auch, dass überwiegend keine oder nur geringe Verletzungen aufgetreten sind.

Wird nun im Detail die Verletzungsschwere pro Sitzplatz analysiert, ergibt sich die folgende Grafik (Bild 59).

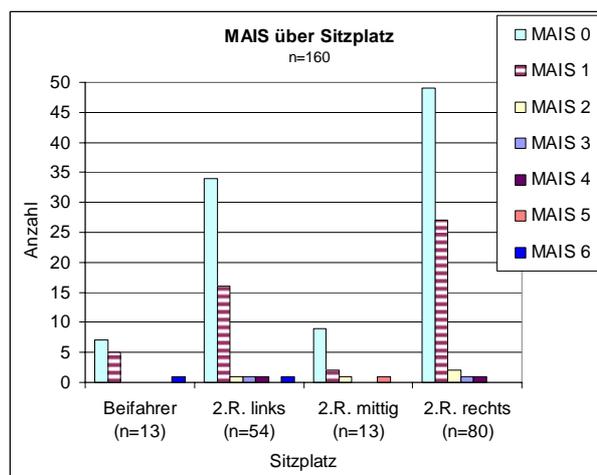


Bild 59: Verletzungsschwere über Sitzplatz (Anzahl)

Es wird hierbei nicht ganz deutlich, welcher der sicherste Platz für Kinder ist. Für alle Plätze gibt es sowohl unverletzte als auch verletzte Kinder. Daher ist es sinnvoll, die einzelnen Prozente je MAIS aufzutragen, was in Bild 60 geschehen ist.

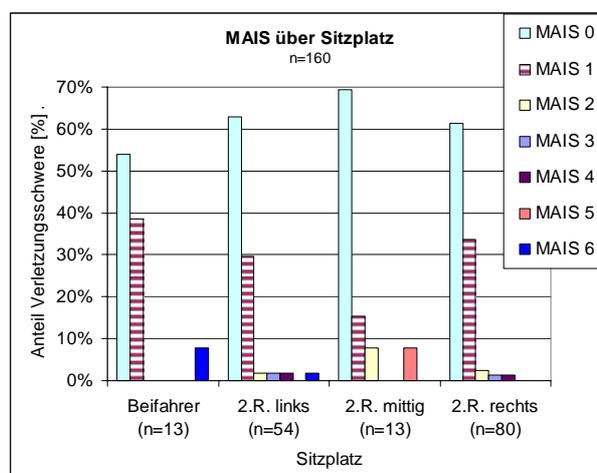


Bild 60: Verletzungsschwere über Sitzplatz (Verteilung)

Hieraus ist die Tendenz erkennbar, dass der Mittelplatz für Kinder am sichersten ist. Das gilt nur bei Verwendung eines 3-Punkt-Gurtes. Obwohl deutlich weniger Fälle vorliegen, ist zu sehen, dass es anteilig mehr unverletzte Kinder gibt als auf den anderen Plätzen. Dies kann damit zusammenhängen, dass beim Frontalaufprall freier Platz nach vorn zwischen den Vordersitzen existiert, sodass ein Kopfkontakt unwahrscheinlich ist. Auch beim Seitenaufprall ist ein direkter Kontakt zu harten Teilen der Innenraumstruktur des Pkw weniger wahrscheinlich, als wenn das Kind direkt an der Stoßseite sitzt.

3.2 Auswertung der CHILD-Daten

Da in den GIDAS-Daten relativ wenige Unfälle mit hoher Unfallschwere vorhanden sind, ist die Verletzungsschwere der Kinder meistens ebenfalls gering. Um aber gezielte Aussagen über die Schutzwirkung des KSS tätigen zu können, werden auch Daten zu hohen Unfallschweren und zu schweren Verletzungen benötigt. Aus diesem Grunde wurde auch die Rekonstruktionsdatenbank des CHILD-Projektes untersucht. Sie ist nicht repräsentativ für den Straßenverkehr, enthält aber Daten mit der geforderten Schwere. Durch Unfallrekonstruktionen wurde die Unfallkonstellation ermittelt. Zusätzliche Schlittentests dienen zum Teil dazu, weitere Informationen zu ermitteln. Somit ist die Auswertung unter dem Gesichtspunkt Sicherheitspotenzial des KSS möglich, da hier die Verletzungen gut dokumentiert sind und mit Belastungswerten am Dummy verglichen werden konnten.

Mehr als zwei Drittel aller Unfälle in der CHILD-Datenbank haben ein v über 50 km/h. Mehr als ein Drittel der verunfallten Kinder weist MAIS3+-Verletzungen auf. Bei Kindern über vier Jahren ist der Anteil von MAIS4+-Verletzungen geringer als bei jüngeren Kindern. Dies könnte auf eine höhere biomechanische Belastbarkeit zurückgeführt werden. Bei Klasse 0+ oder I-Sitzen kommt es häufiger zu schwerem Misuse als bei Klasse II/III-Sitzen [FASTENMEIER, 2006]. Dies führt zu schwereren Verletzungen. Aber der höchste Anteil der Kinder ist weiterhin unverletzt oder nur leicht verletzt. Dies zeigt das hohe Schutzpotenzial, welches KSS bieten können. [MARSCHNER, 2006]

Die Verteilung der MAIS-Werte zeigt eine größere Vielfalt der Verletzungen. Es sind nur ein geringer Anteil von unverletzten Kindern enthalten und auch MAIS3+-Verletzungen dokumentiert. (Bild 61)

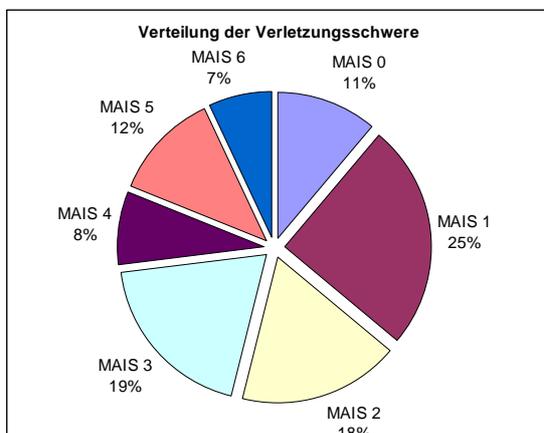


Bild 61: Verteilung der MAIS-Werte in CHILD

Es ist möglich, die AIS-Werte auch anhand der Körperregionen zu vergleichen. Verletzungen an Kopf und Abdomen treten vor allem dann auf, wenn es einen Kontakt mit einer Fahrzeugstruktur gab. (Bild 62)

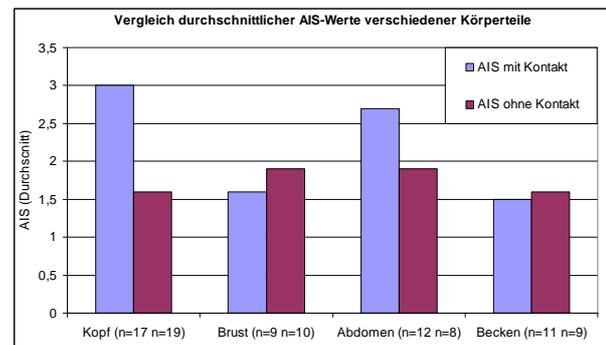


Bild 62: Vergleich der durchschnittlichen AIS-Werte²⁵ verschiedener Körperregionen mit und ohne Kontakt [NAAMANE, 2006]

Es ist außerdem ein Trend sichtbar, dass jüngere und leichtere Kinder mehr verletzt werden als ältere und schwerere Kinder. Die Ursache dafür könnte die Entwicklung des jeweiligen Kindes sein. Erst mit zunehmendem Alter sind z. B. die Knochen verknöchert und die Muskeln gestärkt, sodass die Körperteile des älteren Kindes belastbarer sind und besser den Belastungen bei einem Unfall widerstehen können.

Je höher die Verletzungsschwere desto mehr Beschädigungen wurden an den KSS dokumentiert (Bild 63). Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei einer nachhaltigen Beschädigung des KSS sehr wahrscheinlich schwere Verletzungen des Kindes auftreten, da die Schutzwirkung des KSS durch das Versagen der Struktur deutlich gemindert wurde. Daraus leitet sich die Forderung ab, dass KSS so konstruiert sein müssen, dass bei einem Unfall weitestgehend keine Beschädigung auftritt. Dazu ist eine Sicherheitsreserve zu berücksichtigen.

²⁵ Nur für diese Darstellungen wurde trotz der Nichtlinearität des AIS-Wertes ein durchschnittlicher AIS-Wert gebildet, da der Überblick über alle AIS-Werte nicht eindeutiger wäre.

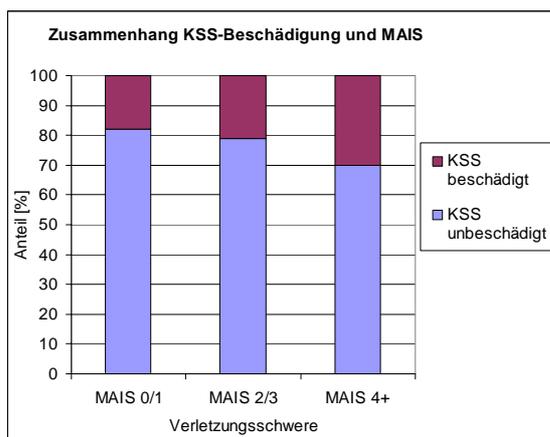


Bild 63: Kindersitzbeschädigung und Verletzungsschwere

Aus der CHILD-Datenbank lässt sich im Gegensatz zu den anderen Daten sehr gut eine Übersicht über die Fehlbedienung von KSS (Misuse) ableiten. Die Gegenüberstellung der Verletzungsschweren dokumentiert, dass sie steigt, wenn Misuse vorliegt (Bild 64).

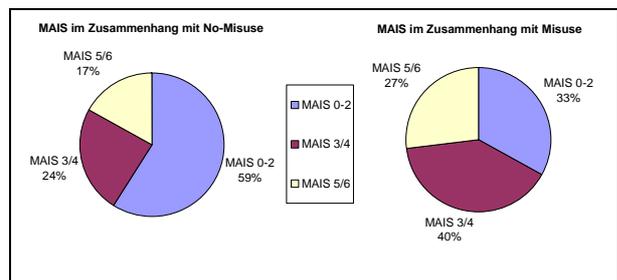


Bild 64: Auswirkung von Misuse auf die Verletzungsschwere

Interessant ist hierbei der Vergleich mit den Erwachsenen im selben Pkw. Solange Kinder korrekt gesichert sind, ist die mittlere Verletzungsschwere unterhalb derer von Erwachsenen. Sind Kinder allerdings fehlerhaft gesichert, liegt die Verletzungsschwere auch oberhalb jener der Erwachsenen. Das bedeutet, dass KSS prinzipiell eine hohe Schutzwirkung bieten. Kinder sind in KSS vergleichsweise besser geschützt als Erwachsene. Das kehrt sich bei Misuse um. Hier kann das KSS keine ausreichende Schutzfunktion bieten.

Bild 65 zeigt einen Vergleich der durchschnittlichen Verletzungsschwere aus Unfällen, an denen fehlerhaft gesicherte Kinder beteiligt waren. Deren durchschnittliche Verletzungsschwere wird der Verletzungsschwere der mitfahrenden korrekt gesicherten Kinder und Erwachsenen gegenübergestellt.

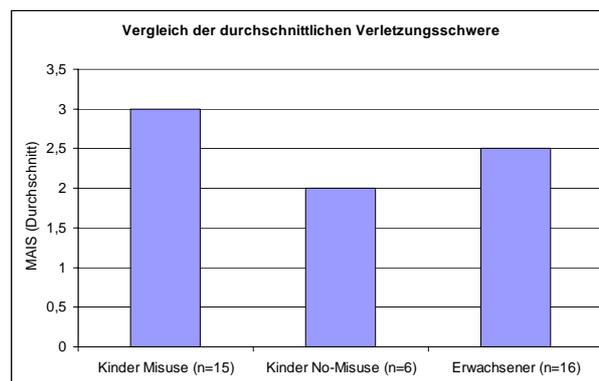


Bild 65: Abhängigkeit MAIS und Misuse [NAAMANE, 2006]

Diese These wird auch immer wieder durch Artikel in Zeitungen und anderen Medien über Unfälle gestützt, die hier aber nicht näher untersucht wurden. Es finden sich oft Aussagen, dass Kinder „wie durch ein Wunder“ unverletzt aus dem Fahrzeugwrack geborgen werden konnten, während die erwachsenen Fahrzeuginsassen verletzt wurden.

3.3 Erhebung der Polizei in Brandenburg

Zusätzlich zur Nutzung der detaillierten Informationen, wie sie durch Unfallforschungsteams erhoben werden, wurde eine weitere Möglichkeit wahrgenommen, Daten zu Kinderunfällen zu erhalten. Hierbei wurde im Rahmen einer befristeten Sondererhebung zusätzlich ein Kurzfragebogen (siehe Anhang) durch Polizeibeamte des Landes Brandenburg ausgefüllt.

3.3.1 Allgemeines

Polizisten werden bei allen Verkehrsunfällen mit Personenschaden direkt zum Unfallort gerufen. Da sie aber nicht zum Ausfüllen von Fragebögen an einer Unfallstelle sind, sondern vorrangig andere Aufgaben wahrnehmen müssen, schwankt die Qualität der Aussagen mehr als die Informationen in den Erhebungen der Unfallforschungsteams. Durch die Vielzahl der erfassten Fälle ist aber mit einem repräsentativen Ergebnis zu rechnen und daher ist diese Art der Erhebung ebenfalls hilfreich, um die aktuelle Situation der Kindersicherung im Pkw erfassen zu können.

Es zeigt sich vor allem auch die Problematik, dass es schwierig ist, nach einem Unfall genaue Aussagen zur Sicherung der beteiligten Kinder zu treffen. Sobald Retter am Fahrzeug sind, werden die Kinder aus dem Auto geborgen bzw. später

durch den Rettungsdienst befreit. Nur bis zu diesem Zeitpunkt ist es möglich, die Fragen zur Sicherung direkt zu beantworten. Danach sind es mehr oder weniger die statistischen Daten, die erfasst werden. Können durch Augenzeugen oder die Fahrzeugführer Angaben zur Sicherung der Kinder vor Fahrtantritt gemacht werden, sind diese nicht gleichzusetzen mit vor Ort ermittelten Informationen. Trotzdem sind auch diese Hinweise nützlich. Sie vermitteln einen Eindruck zur möglichen Sicherung.

Durch eine genaue Analyse der Verletzungen der Kinder, des KSS sowie des Fahrzeuginnenraums können Rückschlüsse auf die Sicherung gezogen werden, und in bestimmten Fällen wird die Situation auch rekonstruiert. Der Aufwand, alle Unfälle zu rekonstruieren, wäre zu groß. Durch die allgemeinen statistischen Informationen, die in der Verkehrsunfallanzeige vermerkt werden, ist es jedoch möglich, einen Überblick über die Thematik zu geben. Der Fragebogen, den die Brandenburger Polizei gemeinsam mit der TU Berlin erstellt hat, liefert jedoch mehr Details, sodass die Daten für die vorliegende Studie herangezogen werden können.

Die Erhebung wurde zum 1. 6. 2005 gestartet und lief bis Ende 2005. Aus ihr können folgende Aussagen getroffen werden.

3.3.2 Auswertung

In Brandenburg wurden im o. a. Zeitraum 159 Fälle aufgenommen. Da nicht immer die gesamten Daten zur Auswertung vorlagen, schwankt die Anzahl der ausgewerteten Fälle pro Grafik. Die Altersverteilung der Kinder ist in Bild 66 dargestellt.

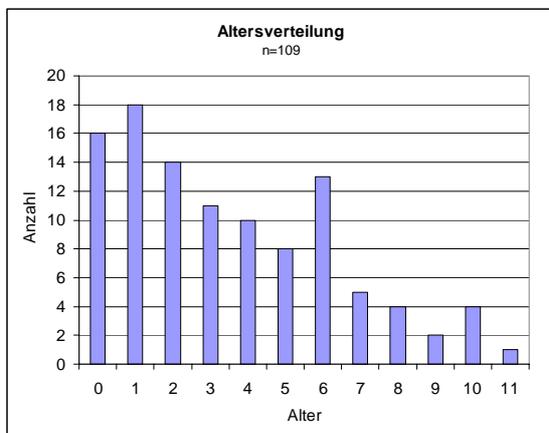


Bild 66: Altersverteilung der Kinder

Dabei saßen die Kinder in verschiedenen Klassen von Kinderschutzsystemen, deren Aufteilung hier dargestellt ist (Bild 67).

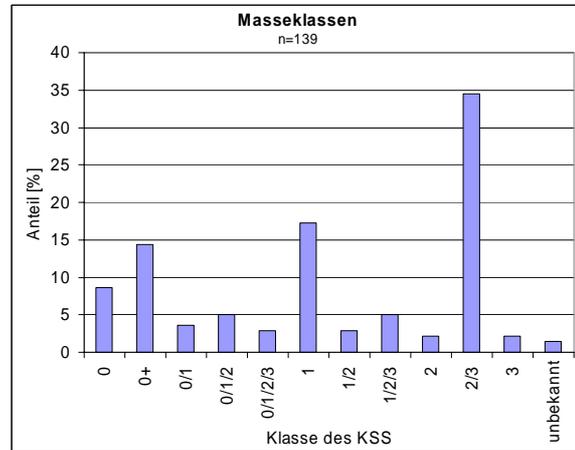


Bild 67: Verwendung der Masseklassen

Von den einjährigen Kindern saßen nur noch sechs Kinder in Babyschalen und wurden damit rückwärtsgerichtet befördert. Bei neun Kindern wurden bereits Klasse-1 Kindersitze festgestellt. Nur ein zweijähriges Kind wurde rückwärtsgerichtet befördert. Dies deutet auf einen sehr zeitigen Wechsel in die nächst höhere Kindersitzklasse hin.

Weiterhin auffällig ist die hohe Anzahl von Klasse 2/3 KSS. Bereits ab einem Alter von drei Jahren werden die Sitzerrhöhungen benutzt, ab acht Jahren fast ausschließlich. Ein Großteil dieser KSS sind lediglich Sitzerrhöhungen ohne Rückenlehne. Diese bieten aber erst für größere Kinder ausreichenden Schutz.

Für die weitere Auswertung wurden leichte Unfälle (z. B. Parkrempler), bei denen nur sehr geringer Schaden an den äußeren Fahrzeugteilen entstand, nicht weiter analysiert. Damit konnten insgesamt 119 Verkehrsunfälle ausgewertet werden, an denen 137 Kinder beteiligt waren.

Aus der offiziellen Statistik des Landes Brandenburg der letzten Jahre kann das Risiko für Kinder ermittelt werden, im Pkw verletzt oder getötet zu werden. Auf dem Land ist es erheblich höher als in der Stadt. (Bild 68)

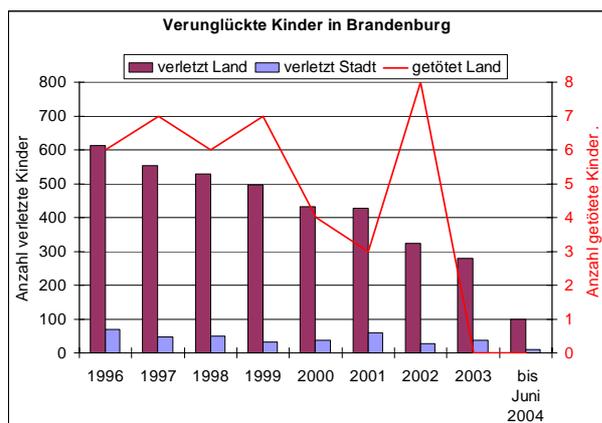


Bild 68: Verunglückte Kinder im Pkw im Land Brandenburg [LDS, 2006]

Die Auswertung der eigenen Fragebögen ergab bezogen auf den Unterschied Stadt/Land bzw. innerorts/außerorts ein anderes Bild. Es ist möglich, dass die unterschiedliche Klassifizierung der Grund dafür ist. In der Statistik des Landes Brandenburg werden als „Stadt“ nur die offiziellen Städte bezeichnet. In der Auswertung der Unfallerehebung der Polizei werden alle Unfälle die innerhalb einer geschlossenen Ortschaft (damit z. B. auch Dörfer) als innerorts bezeichnet. Erkennbar ist aber auch hier der deutlich höhere Anteil von schweren Verletzungen außerorts. (Bild 69)

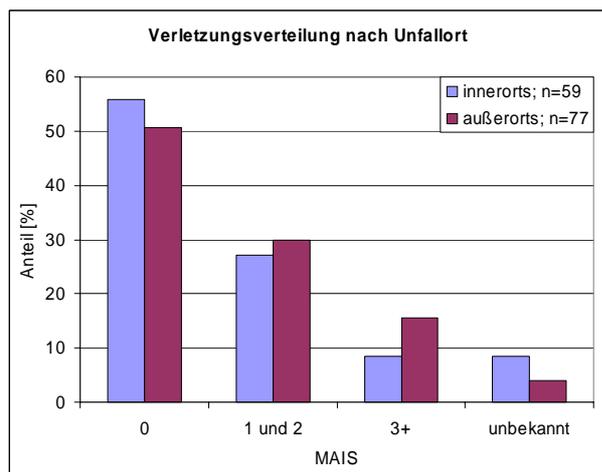


Bild 69: Verletzungsverteilung

Knapp die Hälfte der Unfälle geschah innerorts. In gut einem Viertel der Fälle ist es nur zu leichtem Blechschaden gekommen, bei dem keine Person verletzt wurde. Im genannten Zeitraum sind keine Kinder innerhalb eines Pkw getötet worden, bzw.

wurde dies nicht erfasst. Nur in vier Fällen wurde vermerkt, dass das KSS beschädigt wurde. Dies zeigt die Schwierigkeit einer Beurteilung über den Zustand der Kindersitze nach einem Unfall. Nicht alle Beschädigungen sind mit dem bloßen Auge erkennbar. Unter Laborbedingungen wird sich in Kapitel 5 zeigen, dass es oftmals zu kleineren, nicht relevanten Beschädigungen, z. B. am Polystyrol, kommt.

Das Sicherungsverhalten der Kinder entspricht der offiziellen Statistik, wobei auch hier eine niedrigere Quote bei innerstädtischen Unfällen zu verzeichnen ist (Bild 70).

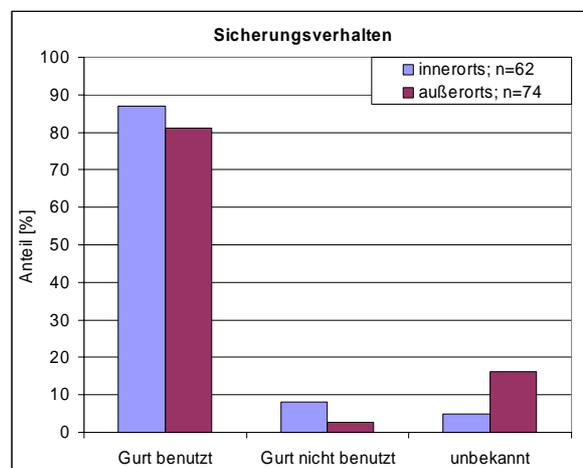


Bild 70: Gesicherte Kinder in Unfällen in Brandenburg

Interessant ist der Überblick über die ungesicherten Kinder. Das Risiko, schwerer verletzt zu werden als die gesicherten Kinder, ist trotz der geringen Fallzahl sehr deutlich (Bild 71).

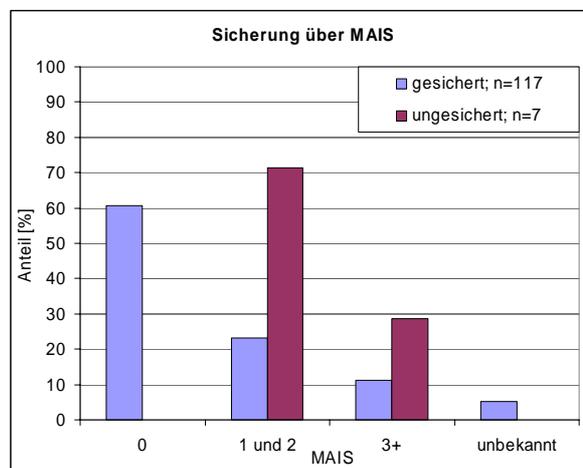


Bild 71: Verletzungsschwere gesicherter und ungesicherter Kinder im Vergleich

Von den nach Hersteller und Typ erfassten 74 KSS handelt es sich bei 45 um Markenprodukte. Die restlichen 29, ca. 40 % der Kindersitze, können dem Billigsegment zugeordnet werden. Es ist jedoch zu vermuten, dass bei den 41 nicht genannten Kindersitzen ein deutlich höherer Anteil an Billigkindersitzen zu finden wäre, da hier womöglich eine Feststellung der Marke nicht durchführbar war und deshalb auf eine Beantwortung der Frage verzichtet wurde.

3.3.3 Unfalldaten aus Brandenburg

Anhand der Verteilung der Unfälle innerorts und außerorts sowie der Verletzungsschemata ist davon auszugehen, dass die Brandenburger Daten in dieser Auswertung allgemeingültige Ergebnisse liefern. Dies ergibt ein Vergleich mit der amtlichen Statistik und den Unfalldaten aus GIDAS. Die Sicherungsquantität der Kinder ist relativ hoch, außerorts wahrscheinlich etwas besser. Durch höhere Unfallschweren außerorts finden sich dort trotzdem höhere Verletzungsschweren.

Die Erhebung hat gezeigt, dass es möglich ist, eine große Anzahl an Fällen per Fragebogen direkt an der Unfallstelle zu erfassen. Die Unfalldaten wurden zum Teil mit unterschiedlicher Qualität erfasst. Doch durch zusätzliche Informationen wie Fotos oder die Verkehrsunfallanzeige ist es trotzdem möglich, allgemeingültige Aussagen zu treffen. Damit ist diese Art der Erhebung auch für weitere Stichproben interessant. Sie ist zumeist aktueller und schneller verfügbar als Datenbanken, in denen die Unfälle noch rekonstruiert werden.

3.4 Erhebung Getötete Kinder 2006

Des Öfteren wird die Frage gestellt, welchen realen Nutzen es hat, KSS technisch immer weiter zu entwickeln. Dazu ist es notwendig, alle Unfälle zu analysieren, bei denen ein Kind im Pkw verstorben ist. Es können so wichtige Informationen gesammelt werden, die in die Entwicklung von KSS einfließen. Relevant ist dabei die Unfallsituation, die Beschädigung des Pkw am Sitzplatz des Kindes bzw. allgemein sowie der Kindersitz. Oftmals ist es auch im Nachhinein möglich zu erkennen, ob er benutzt wurde. Kleinere Fehlbedienungen sind dagegen nach dem Unfall schwer festzustellen.

Im 2. Halbjahr 2006 wurde nach Bekanntwerden eines Unfalls mit mindestens einem getöteten Kind Kontakt zu Polizeidienststellen oder Staatsanwaltschaften aufgenommen, die über diesen Unfall Auskunft geben konnten. In der folgenden

Tabelle 5 ist eine Auswertung der erfassten Daten zu sehen. Sie bezieht sich darauf, ob die (fehlerhafte) Verwendung des KSS möglicherweise Schuld am Tod des Kindes hatte oder ob andere Ursachen (z. B. sehr starke Zerstörung des Pkw am Sitzplatz des Kindes) eine Rolle spielten.

Vermutlicher Hauptgrund für Tod des Kindes	Anzahl
KSS (Misuse/konstruktive Mängel)	5
Pkw (schwere Beschädigung)	3
Unklar (weitere Untersuchungen notwendig)	4
Nicht ermittelbar (keine Auskunft)	1

Tabelle 5: Todesursache bei 13 getöteten Kindern in D 2006

Obwohl erst 13 Unfälle erfasst wurden, zeichnet sich eine klare Tendenz ab. Bei mehr als einem Drittel der Kinder ist der Hauptgrund für den Tod bei der fehlerhaften oder Nichtbenutzung des KSS zu finden. Hier besteht die Möglichkeit, dass die Kinder bei einer korrekten Sicherung in einem geeigneten KSS überlebt hätten. Bei einem Viertel der Fälle wurde der Pkw so stark zerstört, dass wahrscheinlich auch ein sehr gutes KSS nur wenig Schutz hätte bieten können. Bei einem Drittel der Unfälle konnte anhand der zur Verfügung stehenden Daten wie Unfallanzeige und Bilder keine Hauptursache für den Tod festgestellt werden und daher bleibt hier offen, ob das KSS seine Schutzfunktion hätte besser einsetzen können. Nur in einem Fall wurde es abgelehnt, Daten zu übermitteln.

Es zeigt sich, dass vor allem die korrekte Benutzung eines KSS über Leben und Tod des Kindes entscheidet. Wünschenswert wäre, dass diese Untersuchung weiter fortgeführt, vertieft und auf schwer verletzte Kinder ausgeweitet würde. Vor allem der Kontakt zu Personen, die Unfälle in der Realität bearbeiten (Polizei, Feuerwehr, Rettungsdienst, Notärzte, Unfallgutachter), kann helfen, die Entwicklungsvorgaben für zukünftige KSS in eine richtige Richtung zu lenken.

Bei Kinderunfällen darf auf keinen Fall eine Diskussion zu volkswirtschaftlichen Kosten entstehen. Es sollte nicht abgewogen werden, ob ein Kinderleben oder eine Verletzung die Gesellschaft weniger kostet, als wenn KSS weiter und weiter optimiert werden. Die (erwachsene) Gesellschaft ist zum bestmöglichen Schutz der Unversehrtheit von Kindern verpflichtet. Und dies bedeutet, dass Unfälle im Straßenverkehr unbedingt vermieden werden sollten und geeignete Schutzsysteme entwickelt werden müssen.

3.5 Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass die untersuchten Datenbanken nicht genügend gleichartige Unfälle mit der Beteiligung von Kindern aufweisen. Bei den für Deutschland repräsentativen GIDAS-Daten waren zu wenige schwere Verletzungen zu verzeichnen. In der CHILD-Datenbank war dieser Anteil höher. Es war trotzdem insgesamt nicht möglich, statistisch relevante Aussagen bezüglich einzelner Kindersitztypen oder der Größe oder Masse des Kindes zu treffen. Möglich war allerdings, bestimmte Tendenzen aufzuzeigen, die hier zusammengefasst werden.

- Der meistgenutzte Sitzplatz für Kinder ist die Rückbank rechts, danach folgt links. Der mittlere Platz wird seltener genutzt.
- Unter der Voraussetzung, dass ein 3-Punkt-Gurt genutzt wird, weist der mittlere Platz der Rückbank die geringste Verletzungswahrscheinlichkeit auf.
- Der Frontalaufprall tritt in 75 % aller Fälle auf und der Seitenaufprall in 20 %. Mehrfachkollisionen wurden hier nicht erfasst.
- Das Verletzungsrisiko steigt, je höher die Unfallschwere ist.
- Im Seitenaufprall treten tendenziell höhere Verletzungsschweren auf als im Frontalaufprall. Am höchsten ist die Verletzungsschwere nach Mehrfachkollisionen und Überschlägen.
- Obwohl die Unfallschwere bei der überwiegenden Zahl der Unfälle gering ist, kann es zu schweren Verletzungen kommen. Diese sind oft durch Misuse (Fehlbenutzung des KSS, gar kein KSS oder kein geeignetes KSS) begründet.
- Kopfverletzungen treten am häufigsten auf.
- Rückwärtsgerichtete Systeme bieten einen erhöhten Schutz.
- Kommt es zu einem Kontakt von Körperteilen und dem Pkw, steigt die Verletzungsschwere.
- Beschädigungen durch Überlastungen am KSS korrelieren mit schweren Verletzungen.

3.6 Bewertung der Testverfahren

In Kapitel 2.5 wurden die derzeit verwendeten bzw. vorgeschlagenen Verfahren vorgestellt. Es soll hier nun versucht werden, anhand der Unfallanalyse einige Faktoren herauszufiltern, die für ein aussagekräftiges Testverfahren wichtig sind. Dazu sollen die vorgestellten Verfahren bezüglich ihrer Relevanz zum Unfallgeschehen überprüft und bewertet werden. Ein Testverfahren sollte nicht nur reproduzierbare und verlässliche Ergebnisse liefern, sondern auch die reale Unfallsituation geeignet abstrahiert aber realistisch abbilden. Dabei geht es nicht darum, jeden einzelnen Kollisionstyp abbilden zu können, sondern häufige Aufprallarten sollen zusammengefasst werden. Ziel ist es, das Sicherheitspotenzial zu überprüfen. Dies hat dann zur Folge, dass KSS, die diese Tests bestehen, ein hohes Schutzpotenzial besitzen sollten und Kinder sicherer befördert werden können, d. h. schwere oder tödliche Verletzungen weitestgehend vermieden werden können.

Die Unfallanalyse hat gezeigt, dass es eine Vielzahl von unterschiedlichen Unfallkonstellationen gibt und eine detaillierte Zusammenfassung nicht möglich ist. Dafür müsste eine größere Anzahl an Unfällen ausgewertet werden. Ein entscheidender Faktor ist die Geschwindigkeitsänderung d_v . Sie hängt vor allem von der Kollisionsgeschwindigkeit v_k ab. Weitere Einflussgrößen sind die Steifigkeiten der Kollisionspartner. Es finden sich aber viele Fälle, in denen d_v sehr ähnlich v_k ist. Für den Frontalaufprall ist anhand der Daten mit einer hohen Versagenswahrscheinlichkeit der KSS über 50 km/h zu rechnen. Für Verletzungen mit AIS3+ existiert ein durchschnittliches d_v von ca. 60 km/h. Aus diesem Grund stellt die ECE-R44 die Mindestanforderung dar. Sie deckt knapp die Hälfte aller Unfälle außerorts und ca. 90 % der Unfälle innerorts ab. Eine höhere Geschwindigkeit, wie sie vom ADAC oder ams gefahren wird, deckt fast 100 % aller Unfälle innerorts und 80 % der Unfälle außerorts ab. Durch die prinzipiell höhere Unfallschwere außerorts ist es auch notwendig, mit höherer Geschwindigkeit zu testen. Die vorgestellten Verfahren bilden somit einen Teil der Unfallrealität ab und müssen nicht grundlegend geändert werden.

Die Unfallanalyse zeigt, dass der Seitenaufprall relevant ist. Die hohen Verletzungsschweren machen dies deutlich. Bereits ab einem durchschnittlichen d_v von 18,4 km/h kann mit AIS3+ Verletzungen gerechnet werden. Somit sind die hier vorgestellten Verfahren bezüglich ihrer Prüfgeschwindigkeit hinreichend hoch. Obwohl die

überwiegende Anzahl der Kollisionstypen unter einem Winkel von nahezu 90 Grad erfolgt, bildet eine rechtwinklige Anordnung in den Testverfahren nicht die Realität ab. Die gestoßenen Fahrzeuge haben zumeist eine Eigengeschwindigkeit, die schräge Stoßimpulse zur Folge hat. Diese bewirken eine Bewegung in Richtung der ursprünglichen Bewegungsrichtung. Somit kann es vorkommen, dass z. B. der Kopf des Kindes den Schutzbereich der Seitenpolster verlässt. Das ADAC-Verfahren trägt diesem Sachverhalt als einziges durch die 80°-Anordnung Rechnung. Bezüglich der Türeeigenschaften entspricht vor allem das TUB-SIPCRS-Verfahren der Realität. Die Kontaktfläche mit ihren Eigenschaften wird angemessen nachgebildet. Dabei geht es neben der Eindringung in Richtung des KSS auch um die Steifigkeiten der verwendeten Materialien, die der Realität nachempfunden sind [NETT, 2003].

Alle Schlittentestverfahren haben den entscheidenden Nachteil, dass sie keine allgemeingültige Fahrzeugumgebung abbilden. Auch die Testverfahren, die eine Fahrzeugkarosse nutzen, können die Ergebnisse nur bezogen auf einen bestimmten Fahrzeugtyp liefern. Die Gurtanbindung, die Steifigkeit der Sitzfläche, auf der das KSS gesichert ist, und die Steifigkeit der gesamten Fahrzeugkarosse haben einen wesentlichen Einfluss auf die Schutzwirkung des KSS. In einem kleinen Pkw kann es notwendig sein, die Vorverlagerung des Kindes stark einzuschränken, damit es zu keinem Kopfkontakt kommt. In größeren Pkw ist dies nicht notwendig. Somit stellt das Euro NCAP-Verfahren eine Bewertung dar, die der Realität am nächsten kommt, weil hier eine reale Unfallsituation mit KSS in kompletten Pkw nachgestellt wird. Die Aussage ist aber nicht auf andere Pkw bzw. andere KSS übertragbar. Es ist unmöglich, jeweils einen kompletten Pkw in einem Crashtest zu untersuchen, um Unterschiede bei der Schutzwirkung eines KSS herauszufinden. Schlittentests bieten neben niedrigeren Kosten auch eine höhere Reproduzierbarkeit und es bedarf geringerer Vorbereitungszeit. Eine große Anzahl der hier untersuchten Unfälle muss als Sonderfall betrachtet werden. Die Randbedingungen sind zu weit auseinander, wodurch sich keine Testkonfiguration finden lässt, die all diese Unfälle gleichmäßig beschreibt. Mehrfachkollisionen und Überschläge stellen dabei einen großen Anteil. Deren Folge kann sein, dass Kinder allein oder samt Kindersitz aus dem Pkw herausgeschleudert werden, da die KSS nur für einen einzigen Lastfall ausgelegt sind. Dies führt zu erheblichen Verletzungen.

In der ECE-R44.04 wird nur eine quasistatische Überkopfstellung geprüft, bei der der Dummy aus dem KSS nur bis zu einem bestimmten Maß herausrutschen darf. Es wäre wünschenswert, diesen Test zu erweitern und dynamisch durchzuführen. Dabei würden die Gurtführungen des KSS anders belastet werden und die Anforderungen an die Festigkeit und Sicherung höher gesetzt, was auch bei Mehrfachkollisionen zu einem höheren Schutzpotenzial führen könnte.

3.7 Ausblick

Für zukünftige Unfallanalysen wäre es wünschenswert, wenn folgende Daten erfasst würden:

- Datum und Uhrzeit des Unfalls
- Fahrzeugtyp und Beschädigungen, ggf. die Bewegungsart vor dem Unfall
- Aufprallart und Unfallschwere
- Alter, Masse, Größe, Geschlecht des verletzten Kindes
- Verletzungen des Kindes und ggf. verursachende Bauteile oder Struktur, die zur Verletzung geführt haben
- MAIS der weiteren Personen im Pkw
- Einbauort des KSS
- Besonderheiten am Sitzplatz wie z. B. ausgelöste Airbagsysteme
- Art des KSS, nicht nur ECE-Klasse, sondern auch Hersteller und Typnummer
- Art der Befestigung des KSS (in Hinblick auf ISOFIX, Gurtsystem, integrierte KSS, Verwendung von Top-Tether, Stützfuß...)
- Einbaurichtung des KSS
- Anzeichen für Misuse (Montage des KSS, Sicherung des Kindes)
- Beschädigungen am KSS durch den Unfall, ggf. verursachende Bauteile oder Struktur, die zur Beschädigung geführt haben

Es ist für alle Punkte wichtig, Fotos anzufertigen, um den Informationsgehalt zu steigern. Diese ermöglichen auch eine nachträgliche Auswertung bzw. Interpretation der Informationen.

4 Marktanalyse von KSS

Im folgenden Kapitel wird die Situation beschrieben, die in den Fahrzeugen auf der Straße zu beobachten ist. Zuerst werden sowohl der Stand der Technik von Kindersitzen als auch von Pkw sowie der Einfluss der passiven Sicherheitseinrichtungen des Pkw beschrieben. Zum Abschluss soll eine eigene exemplarische Feldbeobachtung einen kurzen Überblick über die derzeitige Situation in der Realität geben.

4.1 Ist-Situation von KSS

Im Folgenden wird auf die Situation eingegangen, wie sie heute auf KSS zutrifft.

Bereits 1930 wurden verschiedene Modelle für Kindersitze entwickelt. Sie dienten allerdings nur der Beförderung von Kindern und nicht dem Schutz bei einem Unfall. Dieser stand erst ab den 60er Jahren im Vordergrund, als schwedische Autohersteller den rückwärtsgerichteten Kindersitz entwickelten. Doch das Sicherheitsbewusstsein war zu dieser Zeit noch nicht besonders stark ausgeprägt. Erst Sicherheitskampagnen in den 70er Jahren und die Gesetzgebung förderten und erzwangen die Nutzung von KSS. Später wurde die Nutzung von geeigneten KSS nach ECE-R44 festgeschrieben und somit ein technischer Mindeststandard festgelegt.

4.1.1 Anforderungen an ein KSS

An ein KSS stellen sich viele Anforderungen aus verschiedensten Bereichen. Die Massen- und Größenänderung eines Kindes erfordert einen wiederholten KSS-Klassenwechsel. Dadurch treten die Anforderungen an das KSS mehrfach auf, zum Teil in abgewandelter Form.

Anforderungen an ein Kinderschutzsystem [AUTOMOBIL INDUSTRIE, 1997].

- Sicherheitsstandards (Minimum: geltende Gesetzgebung erfüllen)
- Qualitätsstandards (Nachweis über Lebensdauer erbringen)
- Universalzulassung (in allen Pkw benutzbar)
- Universelles Sitzsystem (anstatt mehrerer KSS ein mitwachsendes System; Reboardsitz²⁶ und mitwachsender Kindersitz)
- Design (muss Kinder und Eltern ansprechen)

- Sitz- und Klimakomfort (ergonomische Sitzposition mit ausreichendem Seitenhalt sowie Klimakomfort)
- Umweltfreundlichkeit (verwendete Werkstoffe schadstofffrei und physiologisch unbedenklich)
- Leichtbau (niedrige dynamische Belastung sowie leichtes Handling)
- Funktionalität (einfache Bedienung, die Missuse weitestgehend ausschließt)

Diese Anforderungen können sich mit der Zeit durch neue Erkenntnisse der Forschung oder Gesetzesänderungen auch grundlegend verändern. Wenn Eltern für ihre Kinder nach einem geeigneten System suchen, können sie anhand der oben beschriebenen Anforderungen eine Art Fragenkatalog abarbeiten. Wichtig hierbei ist, dass der oberste Punkt, die Sicherheit, auch der wichtigste bleibt und allen anderen voran gestellt wird. Die anderen Punkte können einen Zielkonflikt dazu beinhalten, der immer zugunsten der Sicherheit gelöst werden sollte.

Es werden oftmals neue KSS angeboten, die im Vergleich zu Markenprodukten einen geringeren Preis besitzen und bei Tests deutlich schlechter abschneiden. Sie unterschreiten die derzeit gültigen Grenzwerte von 1995 so, dass sie gerade die Zulassung erhalten. Aber sie bieten deutlich schlechteren Komfort und sind weit von dem Schutzpotenzial guter Sitze entfernt [ADAC, 2005]. Somit ist aus Expertensicht davon abzuraten, diese Produkte zu erwerben. Trotzdem kaufen sehr viele Eltern diese Kindersitze. Dies zeigt einerseits ein Defizit bei der Verbraucherinformation, andererseits die fehlende zügige Aktualisierung des ECE-Tests entsprechend neuerer Erkenntnisse.

Vor allem bei Sitzerrhöhungen (Bild 72) wird das fehlende Schutzpotenzial sichtbar. Diese werden als Klasse-2/3 Sitzsystem von Herstellern als geeignet für Kinder ab vier Jahren dargestellt. Das trifft aber nicht zu, da sehr oft die für den Schutz des Abdominalbereiches notwendige Beckengurtführung fehlt und überhaupt kein Seitenhalt und -schutz gegeben sind. Neben den Abdominalverletzungen drehen sich beim Frontalaufprall vor allem kleinere Kinder aufgrund ihrer Massenverteilung aus dem Gurtsystem heraus. Während des Unfalls kann es sogar zu einem gänzlichen Abrutschen des nicht geführten Schultergurtes von der Schulter kommen. Dies führt zu erheblichen Verletzungen, da es zum Kontakt mit Innenraum-

²⁶ Reboardsitz: Rückwärtsgerichteter Kindersitz

teilen des Pkw oder mit anderen Insassen kommen kann.



Bild 72: Billig-Sitzerhöhung

Andererseits kann aufgrund der fehlenden Schultergurtführung der Schultergurt nicht weit genug vom Hals des Kindes entfernt auf der Schulter positioniert werden, sodass bei einem Kontakt zwischen Gurt und Hals während des Unfalls schwere Verletzungen möglich sind.

Der Unterbau besteht in der Regel aus einem harten Polystyrolblock, der mit einem dünnen Stoff überzogen ist. Da darauf kein guter Sitzkomfort zu erzielen ist, ist zu erwarten, dass Kinder sich nicht wohl fühlen und diesen Sitz sehr schnell ablehnen. Der scheinbare Vorteil dieser Sitzerhöher besteht darin, dass sie durch die geringe Masse und die handlichen Abmessungen sehr leicht zu positionieren bzw. aus dem Fahrzeug herauszunehmen, zu transportieren und ggf. in einen anderen Pkw einzubauen sind. Aufgrund der fehlenden Sicherheitsfunktion ist diese Art von Kindersitz aber abzulehnen.²⁷

Außer diesen und weiteren Billigprodukten in jeder KSS-Klasse werden Kindersitze in einem hohen Anteil von den Eltern gebraucht weiterverkauft oder verschenkt, nachdem das eigene Kind nicht mehr in den Sitz hineinpasst und ein anderes KSS angeschafft wird. Nicht zuletzt durch Auktionshäuser im Internet kann mit sehr geringem Aufwand von zu Hause aus ein gebrauchter Kindersitz für wenig Geld ersteigert werden. Dabei fehlen dem neuen Besitzer oftmals die Informationen, ob dieser Kindersitz bereits einen Unfall überstehen musste oder andere Beschädigungen besitzt. Manchmal liegt die Bedienungsanleitung des Sitzes nicht mehr bei. In ihr stehen aber wichtige Informationen zur Handhabung und korrekten Sicherung des Sitzes und Kindes, die jeder Nutzer vorher lesen sollte.

²⁷ Eine sinnvolle Verwendung dieser Sitzerhöhungen ist nur außerhalb des Pkw-Bereiches möglich, z. B. in Restaurants oder Kinos, wo es nicht um Sicherheit, sondern lediglich eine Erhöhung der Sitzposition des Kindes geht.

4.1.2 Verbreitung von KSS

Im Jahr 2000 waren nach der ECE-R44.03 246 verschiedene Kinderschutzsysteme in Deutschland zugelassen. Hinzu kommt, dass es in Deutschland ca. 9,5 Mio. Kinder bis zu einem Alter von 12 Jahren gibt, die der Sicherungspflicht in Pkw unterliegen. Diese Zahlen lassen erahnen, dass es schwierig ist, die Situation der verkauften und verwendeten Sitze auf dem Markt eindeutig zu bestimmen. Als Schätzwert soll hier angenommen werden, dass mehr als 1 Million Sitze (ca. 25 % Klasse 0, 0+, 1; ca. 75 % Klasse 2, 3) jedes Jahr benötigt werden. Da ein Großteil der Kindersitze nicht als Neuteil durch den Fachhandel verkauft wird, sondern vielfach als gebrauchter Sitz im Markt verbleibt, wird der Anteil von gebrauchten Sitzen je nach Klasse von 50 % (0; 0+; 1) bis zu 75 % (2; 3) angenommen. Nach dieser Abschätzung werden mehr als 300.000 KSS im Jahr neu verkauft.

Bis auf wenige Ausnahmen (Bild 73) gibt es kein KSS, welches einem Kind von der Geburt an bis zum 12. Lebensjahr ausreichende Sicherheit bieten soll. Auch wenn ein KSS für alle ECE-Klassen zugelassen ist, stellt diese Bauart einen Kompromiss dar. Das KSS muss dann den Zielkonflikt lösen, die Sicherheit jedes Kindes trotz verschiedener Größen und Massen und veränderter Bedürfnisse zu gewährleisten. Daher werden im Normalfall für ein Kind nacheinander mehrere KSS verwendet, was für manche Eltern finanziell problematisch sein kann [LANGWIEDER, 1997].



Bild 73: Sitz von 0-36kg- alle Klassen (Kiddy 2000 reboard)

KSS, die über verschiedene Massenklassen nach ECE-R44.03 zugelassen sind, beinhalten immer ein erhöhtes Risiko, da ein Kompromiss zwischen Sicherheit und Funktionalität zu Lasten der Sicherheit eingegangen wurde. [TREFELD, 1997]. Dies trifft vor allem auf die Gruppen 0, 0+ und 1 zu.

4.1.3 Abfolge von KSS bei einem Kind

In diesem Abschnitt wird nun eine Abfolge von gebräuchlichen Kindersitzen dargestellt. Die gezeigten Abbildungen sollen keine Wertung der einzelnen Systeme darstellen, sondern lediglich als Beispiele aus der Praxis dienen.



Bild 74: Klasse 0+-Sitz: 0-13 kg (Römer BABY-SAFE plus)

Die meisten Eltern verwenden nach der Geburt ihres Kindes eine rückwärtsgerichtete Babyschale (Klasse 0+), die bis zu einer Masse des Kindes von ca. 13 kg (Bild 74) zugelassen ist. Die Möglichkeit einer Babyliede, die quer zur Fahrtrichtung angebracht wird, wird in Deutschland kaum genutzt.

Bereits bei einem Alter des Kindes von ca. einem Jahr wechseln viele Eltern danach frühzeitig das System in einen vorwärtsgerichteten Sitz der Klasse 1 (Bild 75), obwohl das Kind weder zu schwer noch zu groß für den Klasse 0+-Sitz ist.



Bild 75: Klasse 1-Sitz: 9-18 kg (Storchenmühle Primus SP)

Viele Eltern tun dies, weil es dem Kind durch die Blickrichtung nach vorn ermöglicht werden soll, mehr an dem Geschehen im Fahrzeug und am Verkehr außen teilzuhaben. Außerdem wird die Kontaktmöglichkeit zwischen Fahrer und Kind verbessert. Die während eines Unfalles auftretenden Belastungen - vor allem auf Hals und Kopf des Kindes - bleiben bei dieser Überlegung unberücksichtigt.

Dem Klasse-1-KSS mit eigenem Hosenträgergurt-System folgt vorwiegend ein Klasse-2/3-System, welches aus Sitzkissen und Lehne besteht (Bild 76). Das Kind wird samt KSS mittels des 3-Punkt-Gurtes angeschnallt. Die Lehne beinhaltet neben einer integrierten Kopfstütze auch die Schultergurtführung, die den Gurt je nach Größe weg vom Hals des Kindes in einer günstigen Position hält und ihn über die Schulter und die Brust zu den Beckenhörnern des Sitzkissens führt, welche die sichere Gurtführung über den Unterleib des Kindes gewährleisten.

Die Rückenlehne kann bei manchen KSS-Modellen für größere Kinder abgenommen werden, sofern das Modell auch als alleinige Sitzerrhöhung den 3-Punkt-Gurt so verwenden kann, dass er günstig über dem Körper verläuft.



Bild 76: Klasse 2/3-Sitz: 15-36 kg (Concord Lift pro)

Obwohl mit diesem KSS auch größere Kinder bis zu einem Alter von zwölf Jahren geschützt wären, finden bloße Sitzerrhöher (Bild 77) eine große Verbreitung. Auf diesen sind jedoch nur größere Kinder mittels des 3-Punkt-Gurtes gut geschützt,

da bei kleinen Kindern der Gurt zu dicht am Hals verläuft. Nicht günstig sind in diesem Zusammenhang Zugbänder, die den Höhenunterschied zwischen Becken- und Schultergurt ausgleichen sollen. Diese Ausführung erfüllt nur ohne Lastenteilung ihre Funktion. Bei Seitenkollisionen oder auch schweren Frontalunfällen kann der Gurt so nicht sicher geführt werden.



Bild 77: Booster- 22-36 kg (Agatha Ruiz de la Prada)

Vor allem preislich sind Sitzerrhöhungen, auch Booster genannt, eine scheinbare Alternative zu einem anderen KSS. Während sie bereits ab 5 € zu erwerben sind, kostete 2006 ein neuer Kindersitz der Klasse 3 eines Markenherstellers ca. 80 €, für Klasse-2/3-Systeme sind zum Teil 130 € oder mehr zu zahlen.

4.1.4 Einbaurichtung von KSS

Erwachsene unterliegen keiner gesetzlichen Beschränkung und dürfen prinzipiell auf allen Fahrzeugsitzen unabhängig von Größe und Masse sitzen. Auch für Kinder wurde in Deutschland die Bestimmung aufgehoben, dass sie grundsätzlich auf der Rückbank platziert werden müssen. Es hängt nun vor allem davon ab, welches KSS verwendet wird und wie dieses befestigt werden muss. Sehr wichtig ist außerdem, was der Fahrzeughersteller in seiner Bedienungsanleitung vorschreibt.

Bereits 1964 wurde ein rückwärtsgerichteter Kindersitz konstruiert. Er entstand in Anlehnung an die Weltraumforschung, die für Astronauten Schutzeinrichtungen vor Verletzungen durch sehr hohe Beschleunigungen während des Starts entwickelte. Das Schutzpotenzial dieser rückwärtsgerichteten Kindersitze ist für Kinder unter vier Jahren deutlich höher als das vorwärtsgerichteter Systeme. [CARLSSON, 1991]

In einer Studie des VTI²⁸ wurden 2763 Unfälle in Schweden untersucht. Die Untersuchung ergab, dass 6,9 % der Kinder, die in vorwärtsgerichteten KSS saßen, verletzt wurden. Von den Kindern in rückwärtsgerichteten KSS wurden nur 1,2 % verletzt. [MOT, 1997]

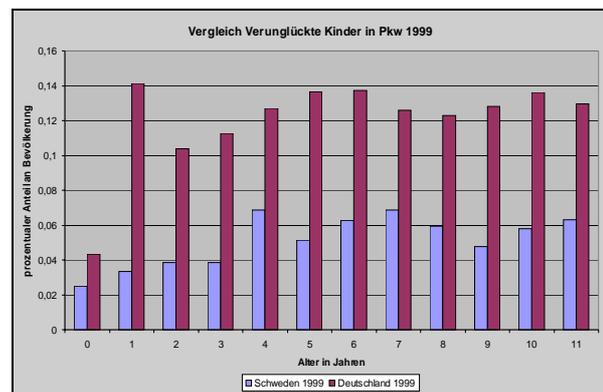


Bild 78: Verletzte Kinder in Deutschland und Schweden [NETT, 2001]

Dies wird auch in Bild 78 deutlich. Der prozentuale Anteil der verletzten Kinder macht in Deutschland im Gegensatz zu Schweden einen großen Sprung von 0 auf 1 Jahr und bleibt dann auch für die älteren Kinder auf einem höheren Niveau. In Schweden, wo die Kinder normalerweise erst später, zwischen 3 und 4 Jahren, von rückwärtsgerichteten Systemen in vorwärtsgerichtete KSS gesetzt werden, erhöht sich die Anzahl der verletzten Kinder dementsprechend später, und der Sprung ist hier nach drei Jahren zu erkennen.

Dies unterstreicht die Forderung, dass Kinder so lange wie nur möglich rückwärts fahren sollten, da so die möglichen Verletzungen bei einem Unfall minimiert werden könnten.

4.1.5 Befestigung und Benutzbarkeit von KSS

Der Abschnitt geht auf die verschiedenen Befestigungsmöglichkeiten von KSS in Kraftfahrzeugen ein. Hierbei sind zwei grundsätzliche Arten zu unterscheiden: gurtbefestigte Systeme und Systeme, die starr mit dem Fahrzeug verbunden sind. Letztere unterscheiden sich in ISOFIX-KSS und integrierte KSS.

²⁸ Swedish National Road and Transport Research Institute

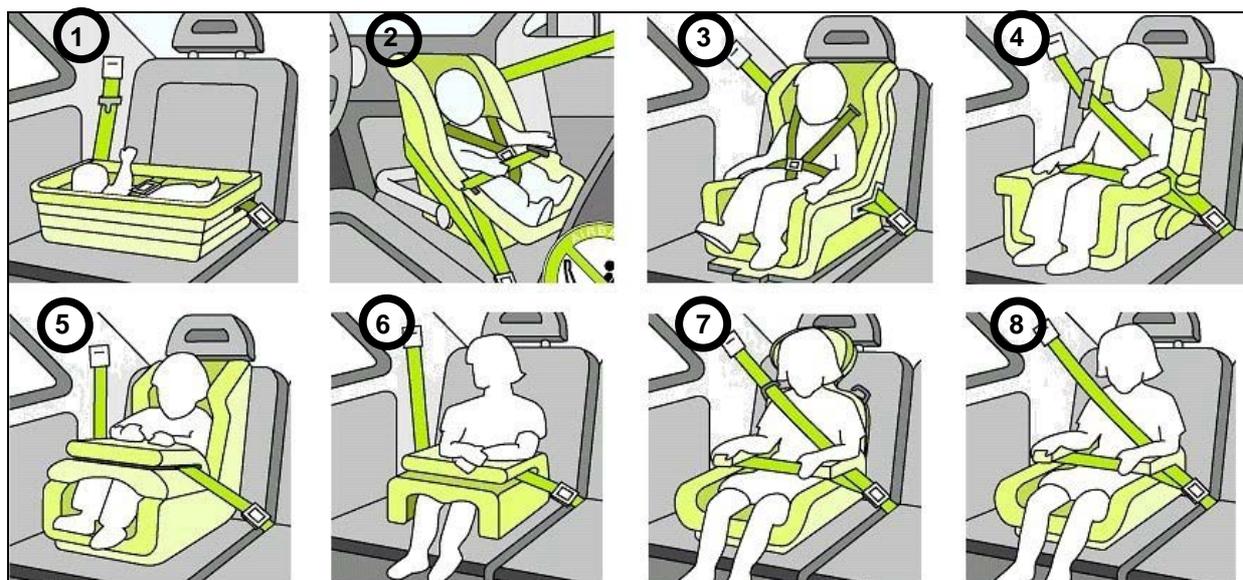


Bild 79: Verschiedene Klassen von Kinderschutzsystemen [GDV, 2000]

4.1.5.1 Gurtbefestigte Systeme

KSS aus dem Zubehörhandel werden vorwiegend mittels des fahrzeugseitigen 3-Punkt-Gurtes oder seltener mit einem Beckengurt im Pkw befestigt (Bild 79). Es handelt sich dabei vor allem um die gezeigten Varianten: 1- Tragetasche, 2- Babyschale, 3- KSS mit eigenem 5-Punkt-Gurt, 4- KSS mit Rückenlehne und Seitenschutz, 5- Fangkörpersystem, 6- Fangkörper ohne eigene Sitzfläche, 7- KSS mit Rückenlehne, 8- Sitzserhöhung.

Durch farblich gekennzeichnete Gurtbandverläufe sollen der Einbau des KSS vereinfacht und Fehlbedienungen weitestgehend ausgeschlossen werden. KSS, die mit einem 3-Punkt-Gurt gesichert sind, bieten in der Regel höheren Schutz als KSS, die lediglich einen Beckengurt verwenden. Bei letztgenannten Systemen wird die Rotation des KSS und damit die Vorverlagerung des Kindes lediglich über die Materialsteifigkeit der Sitzbank im Fahrzeug beschränkt und nicht über den 3. Punkt des Gurtes, der oberhalb des KSS in Schulterhöhe eines Erwachsenen positioniert ist. Deshalb kann es eher zum Kontakt des Kindes mit der Lehne des Vordersitzes kommen.

Es gibt außerdem die Möglichkeit, KSS zusätzlich zum Fahrzeuggurt mit Hilfe von weiteren Gurtsystemen oder zusätzlichen Abstützungen zu fixieren und zu befestigen. Die Gurte werden z. B. mit dem Beifahrersitz verbunden und schränken stark den Komfort ein, da dieser dann nicht mehr verstellt werden kann.

Allen bisher beschriebenen KSS ist ein hohes Fehlbedienungs-Potenzial nachgewiesen worden, da der Einbau für den Laien teilweise schwierig ist

und somit die Sicherung der Kinder im Alltagsgebrauch problematisch sein kann. Auch fahrzeugseitige Unzulänglichkeiten (zu kurze Gurte, ausgeformte Fahrzeugsitze) erhöhen die Zahl der Fehler beim Einbau. Dazu kommen durch Gurtstraffer und Gurtkraftbegrenzer optimierte Fahrzeuggurte, die ein anderes Verhalten am KSS hervorrufen als ein normaler Gurt. Die Gurtbanddehnung ist von Pkw-Typ zu Pkw-Typ verschieden und abhängig von der Abstimmung der Rückhaltekomponenten. Die reale Dehnung des Fahrzeuggurtes kann somit von den vorgeschriebenen 8 % des Testgurtes aus der ECE-R44.04 abweichen. Dies gilt auch für die Eigenschaften der Sitzbank, die u. a. durch eine Kraft-Weg-Kennung beschrieben werden können. Somit ist das Schutzpotenzial eines KSS nicht nur von dessen Konstruktion oder vom Einbau abhängig, sondern auch vom Fahrzeug, in das es eingebaut wird [LANGWIEDER, 1997].

Im EU-Projekt CREST wurde daher eine verbesserte Sitzbank für die Zulassungstest in der ECE-R44 vorgeschlagen, die nicht so weich wie die bisherige Bank ist, sondern eher einer realen Fahrzeugbank entspricht. Doch der Vorschlag wurde bisher nicht realisiert.

Die Sicherungsquote von Kindern in Pkw wird kontinuierlich erfasst und ist in den letzten Jahren stetig gestiegen. Die Quote beinhaltet nur die Information, dass Kinder nicht ungesichert befördert werden. Eine seit Ende der 90er Jahre hohe Sicherungsquote von über 90 % könnte den Eindruck hinterlassen, dass derzeit ein hohes Schutzpotenzial für die kindlichen Insassen in Pkw besteht (Bild 80).

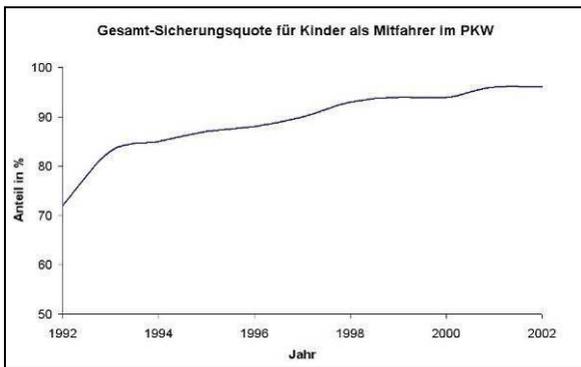


Bild 80: Sicherungsquote [GDV, 2003]

In der Realität kommt aber ein zweiter Faktor neben der Sicherungsquote hinzu. In allen Altersgruppen der Kinder ist die Qualität der Sicherung im Pkw nicht allein von der Quantität der KSS- oder Gurtbenutzung abhängig. Während Kinder bis zu einem Alter von fünf Jahren überwiegend in KSS gesichert werden, nimmt die Benutzung von KSS für die darüberliegenden Altersgruppen deutlich ab, und der für Kinder eigentlich ungeeignete Erwachsenengurt kommt immer häufiger allein zum Einsatz. Ebenso steigt der Anteil der ungesicherten Kinder in der Altersgruppe über drei Jahren stark an (Bild 81).

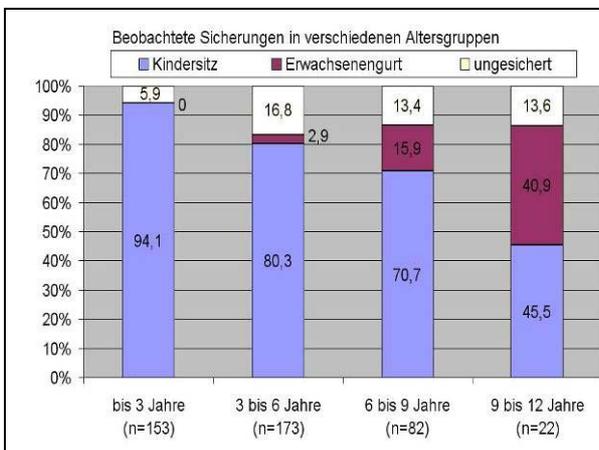


Bild 81: Sicherungsart nach Alter [GDV, 2003]

Auch bei Verwendung von Kindersitzen sind ca. zwei Drittel der Kinder fehlerhaft gesichert. Zwar hat sich seit 1995 die Zahl der schweren Misuse-Fälle halbiert, die Fehlbedienungsquote ist jedoch immer noch sehr hoch. Vor allem bei KSS mit eigenem Gurtsystem zeigt sich schwerer Misuse. Systeme, bei denen der 3-Punkt-Gurt Kind und KSS zurückhält, weisen überwiegend leichten Misuse auf, da das KSS nicht separat befestigt

werden muss und der Gurtverlauf in etwa dem bekannten Verlauf entspricht, wie er auch bei Erwachsenen zum Einsatz kommt.

Hinzu kommt, dass in der Altersgruppe der 9- bis 12-jährigen nur knapp die Hälfte der Kinder ein KSS nutzt. Daraus folgt, dass in vielen Fällen allein der 3-Punkt-Gurt genutzt wird, was für das Kind eine erhebliche Gefährdung bedeutet, da neben Halsverletzungen auch schwere Abdominalverletzungen die Folge sein könnten [LANGWIEDER, 2003].

Soll die Qualität der Sicherheit für Kinder in Pkw angegeben werden, muss gleichzeitig auf ein geeignetes KSS und die korrekte Sicherung von KSS und Kind geachtet werden.

4.1.5.2 **Starr befestigte Systeme - ISOFIX**

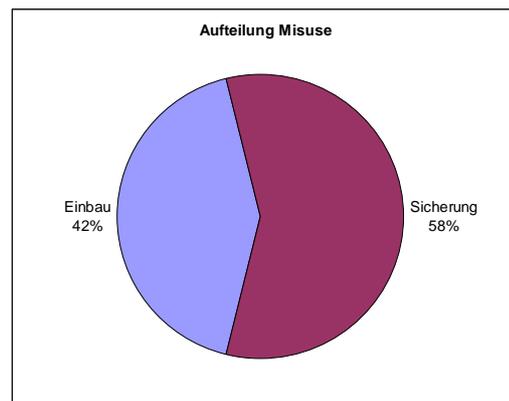


Bild 82: Fehlerursachen bei allen KSS [GDV, 2003]

Werden die Fehler, die bei der KSS-Benutzung auftreten, nach Einbau- und Sicherungsfehlern getrennt, wird ersichtlich, dass bereits beim Einbau von KSS eine hohe Fehlerquote von 42 % zu verzeichnen ist (Bild 82). Das sogenannte ISOFIX-Prinzip kann diesen Anteil an Fehlbedienung stark reduzieren. Hierbei wird das KSS durch zwei genormte Befestigungspunkte in der Sitzebene des Pkw an starren Haltebügeln direkt mit der Karosserie verbunden (Bild 83). Manche KSS-Ausführungen werden durch einen weiteren, Fixpunkt ergänzt, der die Rotation des KSS um die Y-Achse vermeiden soll (Top-Tether oder Stützfuß). ISOFIX findet neben den konventionell mit dem 3-Punkt-Gurt befestigten KSS eine schwach zunehmende Verbreitung in Pkw.

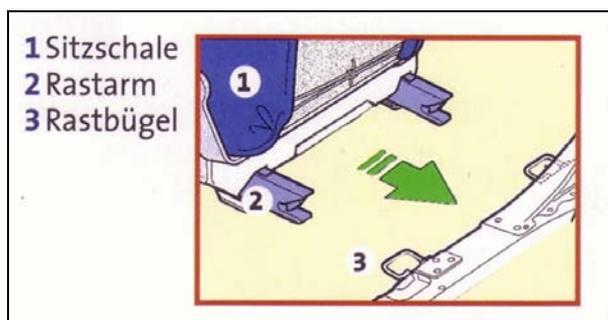


Bild 83: ISOFIX-Prinzip [GDV, 2000]

Durch ISOFIX entfällt der bei manchen Kindersitzen sehr komplizierte Gurtverlauf ebenso wie der regelmäßig notwendige Straffvorgang des Pkw-Gurtes, um Gurtlose zu vermeiden und das KSS so fest wie möglich mit dem Pkw zu verbinden. Weiterhin kann damit der Zeitbedarf für den Ein- bzw. Ausbau reduziert werden. Ebenfalls entfallen die notwendigen Kontrollen der Befestigung im Fahrzeug in regelmäßigen Abständen, da das KSS mit ISOFIX dauerhaft korrekt gesichert ist. Dies alles führt im Vergleich zu einem gurtgesicherten KSS zu einem höheren Schutzpotenzial. ISOFIX-Systeme haben damit die Möglichkeit, die einfache Handhabung eines integrierten KSS zu erreichen. Bei beiden Systemen hängt dann der Misuse vorwiegend von der Sicherung des Kindes ab, nicht mehr von der Befestigung des KSS. Hier ergeben sich zwar auch Misuse-Möglichkeiten, da verschiedene Zusatzeile bedient werden müssen: Top-Tether (Bild 84), Stützfuß (Bild 85), Sitz-Basis usw., doch das Potenzial der fehlerhaften Befestigung des KSS im Fahrzeug ist konstruktiv bedingt weniger hoch einzuschätzen als beim 3-Punkt-Gurt. Außerdem werden durch visuelle und auditive Signale dem Anwender Hilfestellungen gegeben, die Misuse vermeiden sollen. Diese Einrichtungen, die eine korrekte Befestigung anzeigen, finden sich nur selten bei KSS, die mit dem 3-Punkt-Gurt befestigt werden.

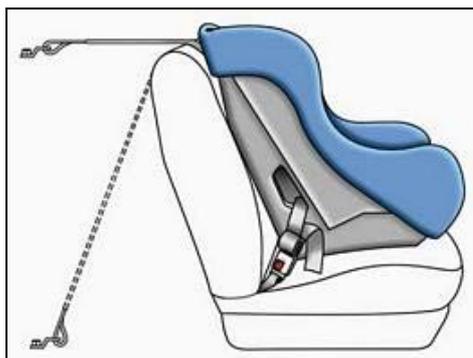


Bild 84: Top-Tether am Kindersitz

Allerdings sind heutige Ausführungen von ISOFIX-Sitzen manchmal schwerer als vergleichbare KSS. Damit ist die Handhabung komplizierter. Weiterhin besitzen ISOFIX-KSS oftmals einen höheren Preis als andere KSS derselben Klasse.



Bild 85: ISOFIX-KSS mit Grundgestell und Stützfuß [WAVO, 2005]

Trotz aller Vorteile, die ISOFIX-KSS mit sich bringen (Reduzierung Einbau-Misuse und Erhöhung des Schutzpotenzials), erzielen sie eine geringe Marktdurchsetzung. Dies hängt auch mit der komplizierten Gesetzgebung zusammen. ISOFIX-KSS können auch wie andere KSS universal, semi-universal oder fahrzeugspezifisch zugelassen werden.

Da die fahrzeugseitigen Befestigungsbügel gleich sind, dürfen ISOFIX-KSS auch uneingeschränkt in verschiedene Pkw eingebaut werden, sofern diese vom KSS-Hersteller namentlich erwähnt werden (semi universal). Der im Mai 1999 verabschiedete ISO-Standard 13216 ist seit 2004 Bestandteil der ECE-R44, R16 und R14. Danach ist auch eine universelle Zulassung von KSS möglich. Diese beschränkt sich derzeit auf die Klasse 1 und erfordert zwingend einen Top-Tether, obwohl auch andere Antirotationseinrichtungen, z. B. Stützfüße dieselbe Funktion erfüllen. Um die universelle Zulassung zu erfüllen, müssen auch die Pkw in diesem Bereich universell zugelassen sein und einen Befestigungspunkt für einen Top-Tether besitzen. Diese Zulassung geschieht nicht durch alle OEM²⁹, da die o. g. ECE-Regelungen nicht zwingend für die Zulassung von Kraftfahrzeugen notwendig sind. Damit ist der derzeitige Stand der

²⁹ OEM: Original Equipment Manufacturer, hier Automobilhersteller

Gesetzgebung und Zulassung unbefriedigend. Weder für KSS-Hersteller, OEM und zuletzt den Kunden wird das Thema ISOFIX ausreichend transparent dargestellt. Es ist wünschenswert, dass sich hier in Zukunft eine eindeutige Regelung für alle KSS-Klassen ergibt.

Problematisch gestaltete sich der Test von ISOFIX-KSS auf der ECE-Sitzbank, wo teilweise ohne Anti-Rotations-Elementen zu hohe Vorverlagerungen gemessen wurden. Dies erklärt sich vor allem durch die zu weiche Kraft-Weg-Kennlinie der Sitzbank; denn in Schlittentests mit realen Sitzbänken wurde fast keine Grenzwertüberschreitung festgestellt. [LANGWIEDER, 2003], [DEKRA, 2004]

Nur ISOFIX-Kindersitze der Klassen 0/0+ und 1 sind derzeit nach geltender Vorschrift für den Markt zulassungsfähig. Es gibt auch KSS der Klasse 2/3, die zur zusätzlichen Befestigung des KSS die Haltebügel im Pkw nutzen können. Sie gelten aber nicht als ISOFIX-KKSS.

4.1.5.3 Integrierte Kinderschutzsysteme



Bild 86: Integrierter Kindersitz, Klasse 1

Integrierte Systeme (Bild 86) sind vor allem in Vans zu finden, sind aber in vereinfachter Form als Sitzerrhöhung auch in normalen Pkw verbaut. Sie können herausgeklappt werden, oftmals in zwei Stufen (Klasse 2/3 und 1). Vorteil ist vor allem die ständige Verfügbarkeit des KSS und die durch die dauerhafte Fahrzeuganbindung weitgehend optimal auslegbare Schutzfunktion, die nur durch die Berücksichtigung der Ausklappmöglichkeit eingeschränkt wird. Es muss kein KSS sondern nur das Kind angeschnallt werden, was intuitiver

geschehen kann und vermutlich durch die ständige Verfügbarkeit auch von den Eltern eher getan wird. Die Schutzwirkung kann nur in einer realen Pkw-Umgebung überprüft werden, da diese KSS nicht universell verwendbar sind. Aufgrund des erheblichen Kosten- und Zeitaufwandes für diese Tests sind nur wenige Untersuchungen veröffentlicht worden. Die Testergebnisse liegen hinter guten KSS zurück [ADAC, 2006]. Vor allem im Seitenaufprall sind derzeit keine reduzierten Belastungen zu erwarten.

Das Misuse-Potenzial wird bei integrierten und ISOFIX-KSS durch den Wegfall der Gurtbefestigung des KSS deutlich gesenkt. Die geringe Verbreitung von integrierten KSS oder entsprechenden ISOFIX-Haltebügeln im Pkw, die von den meisten OEM als kostenpflichtige Zusatzausstattung angeboten werden, sowie die fehlende Transparenz der Zulassung der ISOFIX-KSS schränken den Gebrauch jedoch deutlich ein. Somit sind derzeit keine statistisch relevanten Aussagen aus der Unfallforschung zum Thema integrierte oder ISOFIX-KSS möglich.

4.1.6 Unterteilungsmöglichkeiten von KSS

Aufgrund der Klassenerweiterung 0+ durch die ECE-R44 werden keine neuen Babyschalen der Klasse 0 mehr durch den Handel angeboten. Sie befinden sich derzeit aber noch als gebrauchte KSS im Umlauf.

Neben den bereits dargestellten globalen konstruktiven Unterschieden, die sich aus der jeweiligen Massenkategorie und durch die Befestigungsart ergeben, gibt es weitere Möglichkeiten, nach denen KSS unterschieden werden können.

4.1.6.1 Allgemeine Merkmale

Bereits bei der Nennung von Hersteller und Typ des KSS sind deutliche Unterschiede erkennbar. Es gibt KSS, die z. B. auf dem ECE-Label den Hersteller und den Namen des Sitzes vermerkt haben. Außerdem sind manchmal Extra-Aufkleber mit diesen Angaben zu finden. Aber es gibt auch KSS, die weder die eine noch die andere Angabe machen. Zum Teil gibt es in den Bedienungsanleitungen Hinweise darauf, jedoch nicht immer.

Gegurtet oder ISOFIX

Der Vorteil von ISOFIX-Kindersitzen der Klasse 0+ oder Klasse 1 gegenüber gurtbefestigten KSS ist die starre Verbindung mit dem Pkw. Neben

niedrigeren Belastungen des Kindes durch eine zeitigere Teilnahme an der Verzögerung³⁰ konnte auch eine verbesserte Handhabung mit weniger Misuse nachgewiesen werden.

Werkstoffauswahl

In heutigen Kindersitzen wird fast ausschließlich Polypropylen (PP) als Material eingesetzt. Dieses ist preiswert und besitzt ein geringes Volumengewicht. Das macht es für den Einsatz in KSS besonders geeignet, obwohl es temperaturabhängig ist und auch altert. Von PP gibt es Zusammensetzungen mit den unterschiedlichsten Eigenschaften. Das heißt, die Materialeigenschaften lassen sich von den Herstellern in bestimmten Grenzen variieren, auch wenn der Grundstoff derselbe ist. Bei einem Kindersitz ist der Kostendruck sehr hoch, so dass hochwertigere Materialien eher nicht zum Einsatz kommen. Durch gezielte Materialzugabe wird eine höhere Festigkeit an bestimmten Stellen erreicht, ohne andere Materialien zu verwenden. Es kommt hierbei vor allem auf die Stellen an, an denen über den Gurt oder Pkw-Sitzfläche und -lehne Kräfte in das KSS eingeleitet werden. Konstruktive Maßnahmen können somit effizienter umgesetzt werden, als dies durch höherwertige Materialien erfolgen würde.

Die Bauteile eines KSS können entweder als normale Plastikteile hergestellt oder hohl geblasen werden. Letzteres wird oft für die Unterteile der KSS verwendet. Exakte Gurtführungen sind mit den entstehenden Formen nicht möglich, nur große Radien. Für Einzelteile kann diese Herstellungsform genügen, nicht aber für einen kompletten Kindersitz. Gurtführung, Spannmechanismen u. Ä. sollten so detailliert wie möglich ausgebildet sein, auch um eine eindeutige Bedienung zu gewährleisten.

Es gibt KSS, deren dünner Stoffbezug direkt auf dem Plastik aufliegt. Es ist hier kein Komfort bezüglich Temperatur- oder Sitzwohlbefinden zu erwarten. Dickere Stoffe und zum Teil Schäume lassen einen höheren Komfort entstehen. Im Bereich des Kopfes wird zudem oftmals Polystyrol eingesetzt, um bei einer Belastung Energie zu absorbieren. Es gibt auch KSS, die kein energieabsorbierendes Material einsetzen.

Bei der Werkstoffauswahl sind konstruktive Ansprüche zu beachten, die durch Belastungen

entstehen und mit den Komfortansprüchen und der Sicherheitsfunktion abzustimmen sind.

4.1.6.2 Klasse 0+

KSS der Klasse 0+ müssen rückwärtsgerichtet (als Babywanne auch seitlich möglich) verwendet werden. Es gibt außerdem die folgenden Unterscheidungsmerkmale.

Mit oder ohne Basis

Der Vorteil von Babyschalen mit Basis besteht darin, dass nur die Basis im Pkw gesichert wird und darin verbleiben kann. Der Aufsatz, die eigentliche Babyschale, entspricht prinzipiell einem normalen KSS und kann aus dem Pkw herausgenommen und getragen werden. Durch das Aufsetzen auf die Basis entfällt die umständliche Sicherung der Schale mit dem 3-Punkt-Gurt. Allerdings muss die Babyschale sicher in die Basis gesteckt werden und ein Teil des Gurtes zusätzlich auch an ihr befestigt werden. Somit sind zwei unterschiedliche Handlungen zur Sicherung der Babyschale notwendig. Das schränkt den Vorteil ein, da dadurch mehr Misusepotenzial besteht.

Durch die höhere Position der Babyschale auf der Basis konnten geringere Belastungen im TUB-SIPCRS-Testverfahren auf Dummies gemessen werden. Das ist vor allem auf die Höhe der Türoberkante zurückzuführen. Durch die erhöhte Position kommt weniger Fläche des KSS mit der Tür in Kontakt. Dies ist auch im Pkw zu erwarten. [KRAMER, 2004]

Tragebügel in Trageposition oder als Abstützung zur Pkw-Sitzlehne

Je nach KSS-Hersteller ist eine andere Position des Tragebügels während der Fahrt vorgeschrieben. Für die Crashkinematik konnte kein Einfluss festgestellt werden, solange der Kopf des Kindes nicht mit dem Bügel in Berührung kommen kann. Beim Rebound kann der Bügel in Trageposition das KSS gegenüber der Pkw-Lehne abstützen. Gleiches trifft für den Heckaufprall zu.

Platzangebot (Länge des Rückenteils)

Es gibt trotz der Zulassungsbestimmung nach ECE-R44 unterschiedlich große Babyschalen. Bereits ein Q1,5-Dummy ist für einige 0+-KSS zu groß, obwohl die KSS bis 13 kg zugelassen sind. Dies hängt vor allem von der Länge der Rücken-

³⁰ Ride-Down-Effekt: Je zeitiger ein Insasse an der Verzögerung der Umgebung teilnimmt, desto geringer werden die Maximalwerte seiner Belastung.

lehne und der Auflagefläche für die Beine ab. Der Q1,5 wiegt 11 kg und entspricht bezüglich Größe und Masse einem durchschnittlichen Kind von 1,5 Jahren. Er ist also nicht besonders groß und sollte noch sehr gut in die Babyschale passen. Je größer die Babyschalen sind, desto länger könnten sie genutzt werden und die Kinder werden auch länger rückwärtsgerichtet befördert. Dies ist bei einem Unfall besser, da sich das Verletzungsrisiko verringert. Für Neugeborene besteht die Möglichkeit, den Kopf durch spezielle Einleger aus Schaumstoff besonders zu schützen.

Eine Beschränkung der KSS-Größe stellt die Länge des Pkw-Gurtes dar. Bei allen Babyschalen muss der Diagonalgurt um die Schale gelegt werden. Bei älteren Pkw kam es manchmal zu dem Problem, dass auf den hinteren Fahrzeugsitzen der 3-Punkt-Gurt zu kurz war und die Babyschale nicht korrekt installiert und angeschnallt werden konnte. Neue Gurtführungskonzepte könnten hier eine Begrenzung der Größe des KSS durch den Pkw-Gurt vermeiden.

Gurtverstellmechanismus

Kleinkinder wachsen relativ schnell. Daher ist es notwendig, die Gurtgeometrie in der Babyschale immer auf die jeweilige Sitzgröße anzupassen. Die Schultergurte sollten immer auf Höhe der Schultern oder darunter geführt sein und nicht deutlich darüber. Viele Babyschalen bieten nur eine 3-stufige Höhenverstellung, wenige KSS sind auch mit einer 7-stufigen Verstellung erhältlich. Unüblich ist eine stufenlose Verstellbarkeit. Zu diesen Unterschieden kommt hinzu, dass es auch verschiedene Varianten gibt, die Gurte in der Höhe zu verstellen. Bei der 7-stufigen Variante ist eine Einhandbedienung ohne Gurtausbau möglich. Die Verstellung der dreistufigen Variante sieht zum Teil vor, dass das Gurtsystem an einer oder mehreren Stellen auseinander gebaut werden muss. Dies ist damit viel aufwändiger und erfordert mehr Zeit. Vor allem birgt es das Risiko, dass der Gurt nicht wieder zu 100 % korrekt eingebaut wird. Dadurch könnte die Schutzwirkung des KSS komplett verloren gehen.

Gemeinsam mit der Schultergurthöhe wird zum Teil das Kopfpolster verstellt. Damit kann beides auf die jeweilige Größe des Kindes mit einem Handlungsschritt angepasst werden.

3- oder 5-Punkt-Gurt

Die Hauptbelastung beim Frontalaufprall geht im rückwärtsgerichteten und korrekt installierten KSS direkt vom Rücken des Kindes in die Babyschale. Nur beim Rebound, Heckaufprall oder Seitenaufprall wird das Gurtsystem belastet. Es zeigt sich, dass dann ein 5-Punkt-Gurt durch die zusätzliche Abstützung im Beckenbereich das Kind besser halten kann. Für Neugeborene könnte allerdings aufgrund der gespreizten Beinhaltung das 5-Punkt-Gurtsystem umständlicher anzulegen sein.

4.1.6.3 Klasse 1

KSS der Klasse 1 können rückwärts, vorwärts oder in beiden Richtungen verwendet werden. Letztere gibt es als Kindersitze mit einer 0/1-Zulassung. Diese müssen je nach Masse des Kindes zunächst rückwärts als Klasse 0 und dann vorwärts als Klasse 1-KSS benutzt werden. Auch bei KSS dieser Klasse gibt es Unterschiede in der Ausführung mancher Bauteile.

Mit oder ohne Pkw-Gurtspaneinrichtung

Anhand von Studien [LANGWIEDER, 2003] und [FASTENMEIER, 2006] ist bekannt, dass der Pkw-Gurt trotz korrekten Verlaufs oftmals nicht fest genug angezogen wird. Dies hat zur Folge, dass das KSS nicht sicher im Pkw befestigt ist und bei einem Unfall zunächst eine Gurtlose zu überwinden hat, bevor es durch den Gurt verzögert wird. Daher konstruierten einige Hersteller Gurtspaneinrichtungen, die entweder selbstständig funktionieren oder per Hand bedient werden müssen. Bei der selbsttätigen Spanneinrichtung muss der Gurt bei einem aufgeklappten KSS in den dafür vorgesehene Verlauf gelegt werden (Bild 87). Das Zurückklappen der Sitzschale auf die Basis spannt den Gurt selbsttätig vor. Die Bedienung ist einfach und birgt kaum Fehlbedienungsrisiko bei einer deutlich höheren Gurtspannung als ohne diesen Mechanismus.



Bild 87: KSS mit Automatischer Gurtstraffung bei dem Zusammenklappen des KSS

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den eingelegten Gurt per Hand mit einem Straffsystem zu spannen. Das Straffsystem kann dem vielseitigen System von Spanngurten entsprechen (Bild 88). Die Bedienung ist allerdings nicht intuitiv und es ist zu vermuten, dass er nicht immer korrekt genutzt wird. Außerdem existieren Varianten, bei denen ein Hebel zum Spannen des Gurtes am Ende des Befestigungsvorgangs umgelegt werden muss. Die Gefahr besteht, dass dieser zusätzliche Handlungsschritt nicht vorgenommen wird.



Bild 88: Per Hand zu bedienendes Spannsystem in Sitzbasis (links), Detailaufnahme (rechts)

Bei per Hand gestrafften Systemen ist es prinzipiell möglich, höhere Spannungen im Pkw-Gurt als bei der automatischen Straffung zu erzielen. Aber wichtig ist die Reduzierung der Gurtlose, der Einfluss von hoher Spannung im Gurtsystem auf die Belastungswerte des Kindes gegenüber weniger hoher Spannung ist vermutlich nicht so groß.

Gurtverstellmechanismus

Auch in der Gewichtsklasse von 9-18 kg ist mit schnellem Wachstum der Kinder zu rechnen. Daher ist es auch hier notwendig, die Gurtgeometrie auf die jeweilige Sitzgröße einstellen zu können. Viele KSS bieten wie die Babyschalen nur eine 3-stufige Höhenverstellung an, wenige KSS sind auch mit einer 7-stufigen oder stufenlosen Verstellung erhältlich. Die Prinzipien sind mit denen der Babyschalen identisch, daher wird dies hier nicht noch einmal ausführlich dargestellt. Auch hier ist zum Teil der (seitliche) Kopfschutz an die Gurthöhenverstellung gekoppelt und ermöglicht so durch einen Bedienungsschritt eine Anpassung mehrerer Faktoren.

Gurtstraffeinrichtung des internen Gurtsystems

Viele KSS besitzen einen zentralen Straffmechanismus. Durch das Ziehen an einem Gurtstück werden zunächst die Schultergurte gestrafft und diese wirken über das geschlossene Gurtschloss auch auf die weiteren drei Gurte. Vereinzelt sind noch Straffer zu finden, die sich an einem der beiden Schultergurte befinden. Über diesen werden dann alle weiteren Gurte gestrafft. Das ist komplizierter und erfordert mehr Kraft. Daher ist diese Variante weniger effektiv.

Mit oder ohne Basis

Auch bei Klasse 1-KSS finden sich Kindersitze mit Basis, ausschließlich ISOFIX-KSS. Diese sind dann zumeist vorwärtsgerichtete KSS, bei denen zuerst ein Gestell mit einem Stützfuß mit dem Pkw befestigt wird. Darauf wird dann das eigentliche KSS gesteckt und gesichert. Durch die zwei Handlungsvorgänge sind zwar mehr Fehlbedienungen möglich, allerdings ist das Verletzungsrisiko durch die Verwendung von ISOFIX wesentlich minimiert. Der Vorteil besteht darin, dass das KSS leichter ausgeführt werden kann, da sich die Sicherungselemente zum Teil im Untergestell befinden.

Gurtklemmer am KSS

Die ECE-R44 fordert den Einsatz eines Gurtklemmers. Dieser soll das Durchrutschen des Fahrzeuggurtes im KSS verhindern und eine bessere Anbindung an den Pkw während eines Unfalls ermöglichen. Es gibt hier zwei unterschiedliche Bauformen. Die einen sind direkt am KSS befestigt. Sie liegen geometrisch direkt im Verlauf des Gurtes, d.h. bei korrekter Führung verläuft der

Gurt hindurch und der Klemmer muss nur geschlossen werden (Bild 89).



Bild 89: Gurtklemmer direkt am KSS befestigt

Eine weitere Möglichkeit ist, dass ein zusätzlicher Klemmer Diagonalgurt und Beckengurt über dem Gurtschloss klemmt und durch kraftschlüssige Reibung der Gurte am Klemmer und aneinander ein Durchrutschen verhindert. Diese Art von Gurtklemmer, der mittels einer Schnur nachträglich am KSS befestigt ist, wurde nur geschaffen, um die Forderungen der ECE-R44 zu erfüllen (Bild 90). Es ist zu vermuten, dass dieser im realen Straßenverkehr auch nicht zum Einsatz kommt, da er sehr unhandlich und die Funktion nicht klar beschrieben ist³¹.



Bild 90: Gurtklemmer mit Schnur

4.1.6.4 Klasse 2/3

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Bauformen von KSS in der Klasse 2/3 sind noch weniger ausgeprägt als bei Klasse 1.

Mit oder ohne Höhenverstellung von Kopfstütze und Gurtführung

Da alle KSS mit Höhenverstellung der Kopfstütze gleichzeitig auch den Gurtverlauf verstellen, wird dies hier gemeinsam betrachtet. Es ist notwendig, je nach Sitzgröße des Kindes, die seitlichen Kopfstützen in ihrer Höhe anzupassen. Nur so kann der Kopf bei einem Seitenaufprall effektiv geschützt und im KSS gehalten werden. Die Gurtgeometrie sollte für den Frontal- und Seitenaufprall so beschaffen sein, dass der Gurt nicht zu dicht am Hals verläuft, aber auch nicht von der Schulter des Kindes abrutschen kann. Von dort verläuft er über die Brust zum Becken. Es gibt KSS, die nur die Position des Kindes erhöhen, aber keinen weiteren Verstellmechanismus haben.

Mit oder ohne Beckengurtführung

Auch wenn es nach derzeitiger ECE-R44 nicht mehr möglich ist, Sitzerhöhungen ohne Beckengurtführung zuzulassen, sind sie im aktuellen Markt oftmals zu finden. Durch die ehemalige Zulassung nach ECE-R44.03 werden sie auch langfristig nicht gesetzlich verboten werden können. Mit einer Beckengurtführung kann der Gurt deutlich besser den kindlichen Besonderheiten angepasst werden und bietet einen besseren Schutz vor schweren inneren Verletzungen.

Hier muss eine bessere Aufklärungsarbeit geleistet werden, um die trotz ECE-R44.03-Label unsicheren Booster ohne Beckengurtführung aus dem Markt zu drängen.

4.2 Aktueller Stand der Passiven Sicherheit

Durch Sicherheitszelle, Seitenaufprallschutzelementen, Airbags und vor allem durch das Gurtsystem sind heutige Pkw im Vergleich zu früheren Fahrzeuggenerationen für die Insassen deutlich sicherer geworden. Diese so genannte Passive Sicherheit sowie das Rettungswesen wurden in den zurückliegenden Jahren immer weiter entwickelt und verbessert. Das führte zu minimierten Unfallfolgen für die Insassen. Dies zeigt ein Vergleich der Anzahl der verletzten und getöteten Insassen von 1970 und 2005 (Tabelle 6).

³¹ Bei allen in Kapitel 5 durchgeführten Versuchen konnte kein solcher Gurtklemmer verwendet werden, da dies aufgrund der Gurtgeometrie und -positionierung nicht möglich war.

Obwohl sich das Verkehrsaufkommen ungefähr verdreifacht hat, ist ein leichter Rückgang bei Unfällen mit Personenschaden und der Anzahl von Verletzten zu verzeichnen, die Getötetenanzahl ist zudem deutlich zurückgegangen.

	1970	2005	%
Kfz-Bestand [Mio. Stk]	16,78	54,54	325
Gesamtfahrleistungen [Mrd. km]	251	699	278
Unfälle mit Personenschaden	378.000	336.619	89
Verletzte Personen	531.800	433.443	82
Getötete Personen	19.193	5.361	28

Tabelle 6: Verkehrszahlen 1970-2005 [BMVBW, 2006]

Bereits in den 60er Jahren wurden in Deutschland erste Gurte in Fahrzeuge eingebaut, die die Insassen im Falle eines Unfalles im Fahrzeug davor schützen sollten, sich an Innenraumteilen oder durch Herausschleudern aus dem Fahrzeug zu verletzen. Zunächst handelte es sich um Zwei-Punkt-Statikgurte, die im Laufe der Jahre zu Drei-Punkt-Automatikgurten weiterentwickelt wurden. Die Einführung einer allgemeinen Gurteinbaupflicht 1974 führte nicht zu den erhofften Verringerungen der Verletzten- bzw. Getötetenanzahlen. Erst die gesetzliche Anschnallpflicht im Jahr 1977 und später (1984) ein Verwarngeld von 40 DM (ca. 20 EUR) ließen die Sicherheitsquoten steigen und die Geschädigtenzahlen deutlich sinken [LUTTER, 2003].

Heutzutage werden auf fast allen Sitzplätzen im Fahrzeug 3-Punkt-Automatik-Gurte eingebaut. Auch der mittlere Platz auf der Rückbank wird von immer mehr Herstellern damit ausgerüstet. Um im Falle eines Unfalls den Insassen so zeitig wie möglich an der Fahrzeugverzögerung teilhaben zu lassen, werden Gurtstraffer verwendet. Diese ziehen als Aufrollstraffer den Schultergurt, als Schlossstraffer Schulter- und Beckengurt oder als Endbeschlagstraffer nur den Beckengurt an den Körper des Insassen heran. Durch diesen Strafvorgang wird die Gurtlose weitestgehend beseitigt, bevor der Insasse aufgrund seiner Trägheit eine Relativgeschwindigkeit zum verzögerten Fahrzeug aufbaut.

Damit die bei einem Unfall wirkenden hohen Gurtkräfte nicht zu Verletzungen der erwachsenen

Insassen führen, können Gurtkraftbegrenzer die durch den Gurt eingeleitete Kraft steuern, indem sie ab einer bestimmten Maximalkraft weiteren Vorverlagerungsweg freigeben. Durch diese Kraftbegrenzung kann eine bessere Abstimmung zwischen Gurt und Airbag erfolgen. Während der Gurt den Insassen bereits nach 25 ms zurückhalten kann, braucht der Airbag mehr als doppelt so lange, damit er seine Wirkung entfalten und den Insassen großflächig abstützen kann.

Zusätzlich zum Frontalairbagsystem schützen Seitenairbags und Kopfairbags die Insassen. Diese sind kleiner als die Frontalairbags, da sie in einer viel kürzeren Zeit wirksam sein müssen, weil der seitliche Schutzraum sehr viel kleiner ist als nach vorn.

Basis für die Wirkung von Rückhaltesystemen ist der Aufbau der Fahrzeugstruktur. Heutige Fahrzeuge bauen die Crashenergie bei weitem gezielter ab, als das die Vorgängermodelle vermögen. Außerdem ist die Sicherheitszelle steifer geworden.

4.2.1 Wechselwirkungen von KSS und Pkw

Im Laufe der letzten Jahrzehnte haben sich die Pkw deutlich verändert. Dies bezieht sich nicht nur auf den Einbau von Rückhaltesystemen. Der Aufbau dieser Systeme umfasst inzwischen eine Vielzahl von Komponenten, die das gemeinsame Ziel verfolgen, dem Insassen bei einem Unfall bestmöglichen Schutz zu gewähren. Dabei reicht die Auslegung der Hersteller meist von der 5 %-Frau bis zum 95 %-Mann³². Für Kinder müssen zusätzliche Kinderschutzsysteme installiert werden, die dann auch mit den normalen Rückhaltesystemen eines Pkw zusammenwirken müssen. Dabei reagieren KSS auf bestehende Entwicklungen. Das heißt, sie werden erst mit den fertigen Komponenten getestet, die aber nicht speziell für KSS ausgelegt sind. Sollten sich Unzulänglichkeiten herausstellen, muss darauf reagiert werden.

Die entscheidende Wechselwirkung zwischen Pkw und KSS (außer ISOFIX) geschieht durch den Gurt. Dabei stellt das Gurtband nur einen Teil der Wechselwirkung dar. Bei der Einwirkung einer bestimmten Kraft kommt es zu einer Dehnung des Gurtbandes im Bereich von ca. 8-12 %. Durch die Längung des Gurtbandes, die Gurtlose am Insassen und im System sowie den Filmspulef-

³² Die Dummies wurden anhand der realen menschlichen Abmessungen und Massen entwickelt. Nur 5 % aller Frauen sind kleiner und leichter als der 5 %-Dummy. Dagegen sind nur 5 % aller Männer größer als der 95 %-Dummy.

fekt³³ kommt es zu einer Vorverlagerung. Daher wird versucht, den Insassen so zeitig wie möglich an das Fahrzeug zu koppeln und das Kraftniveau gleichmäßig einzusetzen.

Auf den hinteren Fahrzeugsitzen werden inzwischen wie auf den vorderen Sitzplätzen von einigen Fahrzeugherstellern Gurtstraffer verbaut. Dies bedeutet, dass auch Kindersitze von deren Wirkung direkt betroffen sind und dieser Kräfteinleitung standhalten müssen. Untersuchungen über die Auswirkung der Gurtstraffer auf das KSS wurden bisher kaum veröffentlicht. Die Kindersitzhersteller prüfen teilweise die Wechselwirkung, jedoch wurden diese Ergebnisse nicht veröffentlicht. Der Einsatz eines Straffers kann je nach Ausführung Kräfte bis zu 1,5 kN im Schulter- bzw. Beckengurt hervorrufen. Diese Kräfte liegen deutlich unterhalb des Kraftniveaus, welches während eines Unfalles auftreten kann. Somit ist davon auszugehen, dass der Einfluss eines Straffers sich nicht negativ auf das KSS auswirkt, sondern eher die positiven Wirkungen überwiegen, da auch hier wie bei einem erwachsenen Insassen Gurtlose beseitigt wird. Sollte bereits der Straffer Beschädigungen am KSS hervorrufen, ließe dies auf konstruktive Unzulänglichkeiten des KSS schließen.

Die Entwicklung von KSS sollte eigentlich in Abstimmung mit den passiven Schutzsystemen im Pkw erfolgen. Ein vielfach bekannter Problemfall tritt ein, wenn zum Schutz des Beifahrers ein Airbagsystem im Bereich der Instrumententafel installiert ist und auf dem Beifahrerplatz ein rückwärtsgerichteter Kindersitz verwendet wird. Der sich entfaltende Airbag „schießt“ bereits bei einem leichten Unfall das KSS an und kann bei dem Kind schwerwiegende Verletzungen auch mit tödlichem Ausgang verursachen. Daher ist es durch die Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) §35a, Abs. 8 untersagt, bei betriebsbereitem Airbag ein rückwärtsgerichtetes KSS auf dem Beifahrerplatz zu benutzen. Es muss seitens der Pkw-Hersteller, aber auch von den Kindersitzherstellern, vor dieser Gefahr mittels eines Piktogramms gewarnt werden [StVZO, 2004].

Trotz der langjährigen Warnungen in verschiedenen Medien sowie Hinweise in den Bedienungsanleitungen von Pkw und KSS und der vorgeschriebenen Warnaufkleber im Sichtbereich des Pkw sowie des KSS kommt es immer noch zu dieser schwerwiegenden fehlerhaften Sicherung. In Brandenburg verunglückte im November 2004

ein neun Monate altes Baby bei einem Auffahrunfall. Es war in einer rückwärtsgerichteten Babyschale auf dem Beifahrerplatz durch den ausgelösten Airbag getötet worden. Die Mutter wurde lediglich leicht verletzt. [BERLINER ZEITUNG, 2004]

4.2.1.1 Untersuchung des Einflusses von Gurtstraffern und Kraftbegrenzern

Um den Einfluss von Gurtstraffern und Kraftbegrenzern zu untersuchen, wurden auf der Katapultanlage der TU Berlin Versuche durchgeführt. Hierbei wird ein in Ruhe befindlicher Schlitten durch einen Stempel auf 50 km/h beschleunigt. Der dabei entstehende Beschleunigungspuls ist identisch mit einem Verzögerungspuls, bei dem ein Schlitten von 50 km/h zum Stillstand abgebremst wird und entspricht in etwa dem der ECE-R44.04. Er liegt geringfügig darunter, das heißt, die Beschleunigung ist geringer und der Weg länger. Trotzdem sind durch die hohe Reproduzierbarkeit des Beschleunigungsverlaufs die Messwerte der Dummys nicht nur vergleichbar, sondern lassen auch generelle Aussagen zur Schutzwirkung der KSS zu.

Auf dem Schlitten ist eine ECE-R44-Sitzbank befestigt, auf der ein KSS angeschnallt werden kann. Es befindet sich keine feste Barriere für die Simulation des Frontsitzes auf der ECE-Bank. Die Vorverlagerung des Dummykopfes wurde anhand des Hochgeschwindigkeitsvideos bestimmt. Für die Versuche stand ein Q3-Dummy zur Verfügung. Daher wurden die verwendeten KSS so ausgewählt, dass sie in dem Bereich der Masseklasse zugelassen sind, die der Masse des Dummys entspricht.

Es wurden die folgenden Arten von KSS getestet: Sitzerhöher (Booster), 5-Punkt-Gurt, 5-Punkt-Gurt mit Gurtvorspannung, rückwärtsgerichtetes System (RWF), Klasse-2/3-System. Zusätzlich wurde der Dummy einmal ohne KSS, nur mit dem 3-Punkt-Gurt gesichert, getestet.

Die Versuchskonfiguration sah vor, dass jedes System zunächst lediglich mit einem normalen Gurt gesichert war. Im nächsten Schritt wurde ein zweites Gurtsystem benutzt, welches über einen Kraftbegrenzer verfügte, und im dritten Schritt wirkte mit dem gleichen Gurtsystem zusätzlich zum Begrenzer ein Retraktorstraffer. Die meisten Konfigurationen wurden zwei Mal auf der Anlage im Test verwendet, um somit die Gültigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

³³ Filmspuleffekt: Effekt, der die Aufwicklung des Gurtbandes im Gurtautomaten um sich selbst beschreibt

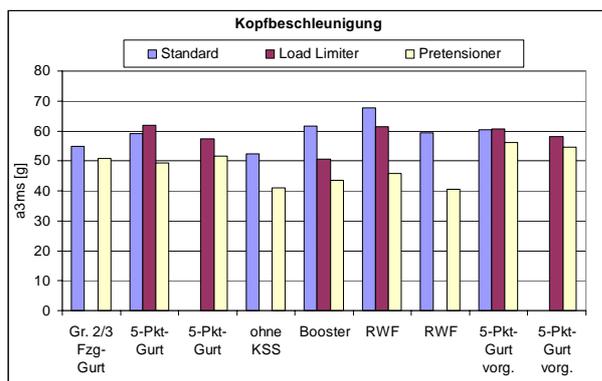


Bild 91: Vergleich der Kopfbeschleunigung der KSS

In Bild 91 ist erkennbar, dass der ausschließliche Einsatz des Kraftbegrenzers die Kopfbelastungen nicht senkt. Erst durch den Gurtstraffer kann das Beschleunigungsniveau am Kopf des Dummies in allen KSS-Klassen deutlich vermindert werden.

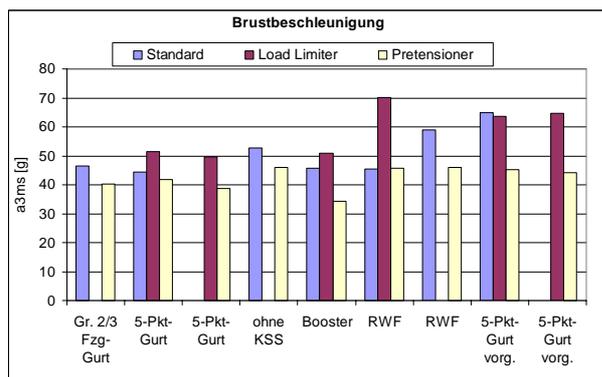


Bild 92: Vergleich der Brustbeschleunigung der KSS

Auch auf die Brustbeschleunigung (Bild 92) hat der Straffer einen positiven Einfluss. Er senkt sie erkennbar im Vergleich zum Standardgurt bzw. zum Gurt mit Begrenzer. Der Begrenzer verursacht bei alleiniger Verwendung zum Teil höhere Brustbeschleunigungen, was nicht erklärlich ist. Auf die Kopfvorverlagerung haben beide Bauteile der Passiven Sicherheit keinen nachweisbaren Einfluss. Dagegen wird die Halszugkraft ebenfalls positiv beeinflusst.

Obwohl die Messwerte für den Fall ohne KSS recht niedrig liegen, zeigt sich bei der Filmanalyse, dass das Verletzungsrisiko sehr hoch ist. Der Beckengurt dringt tief in den Abdominalbereich ein, was zu schweren inneren Verletzungen führen könnte. Außerdem ist die Gurtführung über Schulter und Brust des Dummies nicht optimal und

es kommt zu einem Kontakt zwischen Gurt und Hals.

Die getesteten Gurtsysteme mit Straffer und Begrenzer sind heute in den meisten Fahrzeugen Stand der Technik. Sie haben positiven Einfluss auf die Belastungen der erwachsenen Insassen während eines Unfalls und helfen, die Verletzungsschwere zu senken. Die Untersuchung belegt, dass der Einsatz von Gurtsystemen, bei denen Gurtstraffer zusammen mit Kraftbegrenzern wirken, sich ebenso wie für den erwachsenen Insassen positiv auf die Belastungswerte bei kindlichen Insassen in geeigneten Kinderschutzsystemen auswirkt. Zum Teil konnte die Kopfbelastung erheblich gesenkt werden. Erkennbar ist auch, dass der Einfluss von Straffer und Begrenzer bei den vorgespannten Systemen geringer war. Das bedeutet, dass ein moderner 3-Punkt-Gurt, der ausreichend gespannt ist, bereits allein ein höheres Maß an Sicherheit bietet. Das Kraftniveau der Gurtkraftbegrenzer lag mit ca. 4 kN in der Nähe der wirkenden Kraft im Gurtsystem. Somit konnte der positive Einfluss, die Reduzierung von Gurtkräften über 4 kN, nicht voll ausgeschöpft werden. Je nach Masse der Kinder müssten hier Begrenzer mit weiter reduziertem Kraftniveau wirken.

Dazu wurden inzwischen auch weitere Untersuchungen veröffentlicht, die zum gleichen Ergebnis kommen. Diese Untersuchungen der Belastungswerte auf einen Hybrid-III-Dummy (6 Jahre) belegen, dass für ein mit einem 3-Punkt-Gurt gesichertes KSS ohne eigenes Gurtsystem bei der Verwendung eines Gurtkraftbegrenzers die Belastungen auf den Dummy deutlich sinken. Zusätzlich wurde aufgrund einer dieser Untersuchungen ein MADYMO-Modell von KSS, Dummy und Sitzbank aufgebaut. An diesem validierten Modell wurde die Auslösung eines Gurtstraffers untersucht, der entweder allein oder gemeinsam mit einem Gurtkraftbegrenzer wirkt. Das Ergebnis verdeutlicht den Vorteil der Verwendung von Gurtstraffer und Begrenzer. Die Belastungen reduzieren sich nicht nur für Erwachsene, sondern auch für Kinder. [VAN ROOIJ, 2003; BOHMAN, 2006]

4.2.1.2 Seitenairbags und KSS

Der Einfluss von Seitenairbags auf KSS wurde im BAST-Projekt „Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme“ intensiv untersucht. Dies war notwendig geworden, da Seitenairbags in allen Fahrzeugklassen immer mehr in den Markt vorgedrungen sind. Entwickelt wurden sie, um erwachsene

Fahrzeuginsassen zu schützen. Inwiefern ein Einfluss auf KSS besteht, war davor nicht bekannt.

Ausgehend von einer Literaturstudie und Unfallanalyse wurden Konfigurationen ermittelt, die in Stand- und Full-Scale-Versuchen überprüft wurden. Dabei sind unterschiedliche KSS und Dummies verwendet worden.

Das Ergebnis ist, dass Seitenairbags gesicherte Kinder nicht außerordentlich gefährden und ihnen unter bestimmten Umständen Schutz bieten. Jedoch können sich beim komplexen System Pkw-KSS-Airbag-Kind auch ungünstige Konstellationen ergeben. In diesen Fällen würde der Airbag ein Risiko für die Kinder darstellen.

Dies kann z. B. durch eine optimierte Form des Airbags reduziert werden. Die KSS sollten im Seitenbereich so konstruiert sein, dass der Airbag sich nicht verfangen kann oder Beschädigungen hervorruft. [GEHRE, 2004]

4.2.1.3 Bauliche Interaktion von Pkw und KSS

Jedes Fahrzeug liefert eine andere Umgebung, Sitzflächen sind anders geformt. Insofern wäre es auch nicht möglich, alle Faktoren der Wechselwirkung zwischen Pkw und KSS zu untersuchen. Auf die Steifigkeit der Sitzbank wurde bereits in den vergangenen Kapiteln eingegangen und auch die nachfolgenden Kapitel greifen dies nochmals auf.

In den meisten Fällen sorgt das Gurtsystem für den wichtigsten Kontakt zwischen Pkw und KSS. Für eine sichere Befestigung ist es z. B. notwendig, dass die Gurtschlösser nicht zu lang und die 3-Punkt-Gurte nicht zu kurz sind. Diese Änderungen haben sich aber in aktuellen Fahrzeugumgebungen durchgesetzt. Die dadurch ehemals aufgetretenen Inkompatibilitäten beim Einbau von Kindersitzen in Pkw treten nicht mehr auf.

KSS-seitig muss daher vor allem der Gurtanbindung Rechnung getragen werden. Zu tiefe Gurtführungen, die zu dicht an der Pkw-Sitzbank entlang laufen, bergen die Gefahr, dass das Gurtschloss so zur Anlage am KSS kommt, dass der Gurt nicht mehr gestrafft werden kann. Je größer die Öffnung einer Gurtführung ist, desto schlechter kann ein Kindersitz befestigt werden. Wenn sie aber zu eng ist, kann sich der Gurt verfangen. Gleiches gilt für die Gurtklemmvorrichtung von KSS der Klasse 1. Von der ECE gefordert gibt es die verschiedensten Systeme. Solange sie aber nicht direkt am KSS angebracht sind, können sie zum Teil durch ungünstige Gurtgeometrien am KSS im Pkw nicht benutzt werden und erfüllen damit nicht ihren Zweck.

4.2.1.4 Zusammenfassung

In Hinblick auf die geometrischen Platzverhältnisse und Konstellationen sollten verstärkt Einbauversuche in verschiedene Pkw-Typen gemacht und vergleichend bewertet werden. Eine sichere Verbindung zwischen KSS und Pkw gewährleistet die Sicherheit für Kinder im Pkw. Die zusätzlichen Wechselwirkungen mit Schutzeinrichtungen wie Gurtstraffer oder Seitenairbags sind ausreichend bekannt und können sowohl von Pkw- als auch KSS-Herstellern beachtet werden.

Es ist im Moment nicht notwendig, detailliertere Untersuchungen zu Wechselwirkungen von Pkw-Schutzsystemen und KSS durchzuführen. Der Einfluss von Airbagsystemen ist inzwischen bekannt, sollte aber mit jeweils neuen Generationen erneut überprüft werden. Durch die immer verbreitetere Adaptivität hat der Airbag einen Großteil seiner Aggressivität vergangener Jahre verloren.

4.2.2 „Kindersicherung“ in Pkw-Handbüchern

Die Fahrzeughersteller haben die Notwendigkeit erkannt, den Fahrzeugführern konkrete Hinweise für die Beförderung von Kindern in Pkw geben zu müssen. Daher findet sich in den Bordbüchern neuer Fahrzeuge ein mehr oder weniger großes Kapitel zum Thema Kindersicherheit. Es ist jedoch weder einheitlich gestaltet, noch sind die Informationen gleich. Jeder Hersteller gibt hier seine eigenen Tipps. Auch bei verschiedenen Fahrzeugtypen bzw. -baureihen desselben Herstellers gibt es zum Teil in den Fahrzeugbedienungsanleitungen Unterschiede im Wortlaut.

In fast allen Bordbüchern ist der Hinweis zu finden, dass Kinder bis zu zwölf Jahren oder 1,50 m Körpergröße in KSS gesichert werden müssen und nicht separat oder auf dem Schoß eines Erwachsenen angeschnallt werden sollen. Aber es fehlt zum Teil die Information, dass KSS nur benutzt werden dürfen, wenn sie nach ECE-R44 für diesen Fahrzeugtyp oder universal zugelassen sind. Dies betrifft u. a. die Hersteller BMW, Ford, Mitsubishi, Opel. Manchmal wird sogar auf die ECE-R44.03 hingewiesen (z. B. VW, Seat, Audi), die jedoch nicht mehr aktuell ist.

Vor dem betriebsbereiten Beifahrerairbag bei rückwärtsgerichteten KSS wird von allen Herstellern nicht nur im Bordbuch, sondern auch mit sichtbarem Aufkleber gewarnt. Darauf, dass sich nichts im Entfaltungsbereich von Seitenairbags befinden darf sowie dass sich Gurtstraffer auf den

benutzten Plätzen befinden, wird nur zum Teil hingewiesen. Bei vorwärtsgerichteten KSS auf dem Beifahrerplatz wird teilweise empfohlen, den Sitz in die hinterste Position zu verschieben (z. B. Audi, Mercedes, Renault, Skoda). Andere Hersteller schließen diesen Sitzplatz in manchen Modellen kategorisch aus (z. B. Ford). Prinzipiell wird herstellerübergreifend die Rückbank als bester Einbauort für Kindersitze angegeben, da diese sicherer als der Beifahrersitz gilt.

Problematisch erscheinen zum Teil die empfohlenen KSS. Sofern der Hersteller über keine eigenen Kindersitze im Zubehörprogramm verfügt, werden sehr allgemeine Empfehlungen ausgesprochen. Es werden einfach nach dem Alter der Kinder die verschiedenen KSS zugeteilt. Sie lauten z. B.: „...bis 9 Monate Babyschale... ..danach KSS mit eigenem 5-Punkt-Gurtsystem... ..Ab 4 Jahre sollte eine Sitzerrhöhung verwendet werden, bei der durch Zusatzeinrichtungen (Extra-Gurte) der Gurtverlauf des Pkw-Gurtes der Größe des Kindes angepasst werden kann.“ (Ford). Diese Empfehlungen decken sich nicht mit den Erkenntnissen in der Kindersicherheitsforschung.

Der Hinweis auf die Vorschriften der Kindersitzhersteller ist in manchen Bordbüchern nicht deutlich genug gemacht worden. So lässt sich auch erklären, wieso viele Eltern ungenügend informiert sind: Die Informationen seitens Verkaufspersonal, Handbuch des Kindersitzes und Bordbuch des Pkw unterscheiden sich in manchen Dingen, sodass ein diffuser, nicht immer sachgerechter Kenntnisstand beim Nutzer entsteht.

4.3 Stichprobe zur KSS-Benutzung

In der Literatur sind einige Untersuchungen zur Verwendung von KSS zu finden. Der GDV hat zwei große Studien durchgeführt [LANGWIEDER, 1997; LANGWIEDER, 2003]. Das BASt-Projekt „Fehlerhafte Nutzung von Kinderschutzsystemen in Pkw“ lieferte wichtige aktuelle Ergebnisse zu diesem Thema [FASTENMEIER, 2006].

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde eine eigene Erhebung durchgeführt. Diese ist nicht repräsentativ, sondern lediglich als Stichprobe zu betrachten. Ziel war es, das aktuelle Geschehen darzustellen und mit vorherigen Untersuchungen zu vergleichen, sowie Aufschluss über die verwendeten KSS, Sitzplätze im Pkw und deren Besonderheiten sowie über Probleme bei der Kindersitznutzung zu bekommen.

4.3.1 Allgemeines

Die Erhebung fand im Mai 2004 morgens vor zwei Kindertagesstätten in Berlin statt. Eine Kindertagesstätte befand sich im Süden von Berlin im Bezirk Steglitz-Zehlendorf, die andere im Norden im Bezirk Pankow. Außerdem wurden Fragebögen in einer Grundschule in Tempelhof-Schöneberg verteilt. In allen Fällen kann davon ausgegangen werden, dass der Anteil von Kindern aus ausländischen Familien eher gering war. Das zu wissen ist vor dem Hintergrund wichtig, da in den Studien u. a. von [LANGWIEDER, 2003] und [FASTENMEIER, 2006] je nach Herkunft der Eltern mit unterschiedlichen Misuse-Quoten bei der KSS-Verwendung zu rechnen ist. Zum Zweck der Datenerfassung wurde ein Fragebogen entworfen (siehe Anhang), der aus zwei Teilen bestand. Der erste Teil war als Erfassungsbogen konzipiert, sodass er direkt vor Ort von den Experten ausgefüllt werden konnte. Er beinhaltete allgemeine Daten zu Kind, Kindersitz und Fahrzeug. Weiterhin sollten objektive Informationen zur Art der Sicherung des Kindes erfasst werden. Der zweite Teil des Fragebogens wurde den Eltern mit nach Hause gegeben und sollte zurückgesandt werden. Hier wurden detailliertere Daten zum Kindersitz und dem Sicherungsverhalten abgefragt. Im persönlichen Gespräch wurde die Motivation der Eltern geweckt, den zweiten Teil des Fragebogens auszufüllen. Vor Ort hätte die vollständige Erfassung aller Daten zuviel Zeit in Anspruch genommen. Durch den ersten Teil, der von geschulten Beobachtern ausgefüllt wurde, konnte grundsätzlich Daten von Kindern erhoben werden, auch wenn der 2. Teil der Fragebögen nicht zurückgesandt wurde.

4.3.2 Daten zum Fahrzeug

Die erfassten Fahrzeuge sind zwischen 1986 und 2004 erstmals in den Straßenverkehr gebracht worden, wobei die meisten Fahrzeuge nach 1994 zugelassen wurden. Alle Jahrgänge waren ungefähr gleich stark vertreten. Dies entspricht der amtlichen Statistik des Kraftfahrtbundesamtes (Bild 93). Damit könnte die Vermutung widerlegt werden, dass Kinder vorwiegend in älteren Pkw befördert werden.

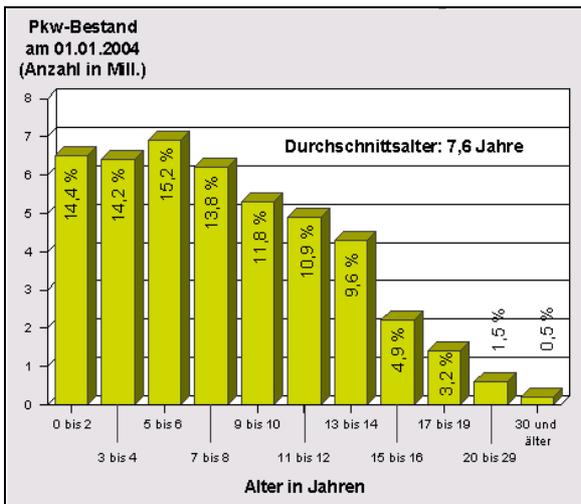


Bild 93: Alter der Personenkraftwagen [KBA, 2004]

Eine Übersicht der Fahrzeughersteller ist im Anhang im Bild 145 zu finden. Genauso wie in den GIDAS-Daten der MHH waren Fahrzeuge aus dem VW-Konzern etwas stärker als in der Bundesstatistik vertreten. Bei mehr als der Hälfte der Fahrzeuge handelte es sich um 4- bzw. 5-Türer. Jedes 3. Fahrzeug war entweder ein Van oder ein 2- oder 3-Türer. In den Fahrzeugen waren Airbagsysteme weit verbreitet. Es ist allerdings deutlich erkennbar, dass neueste Systeme (z. B. Kopfairbag) sich noch nicht vollständig durchgesetzt haben (Bild 94). Dies ist auch eine Folge der Pkw-Altersverteilung.

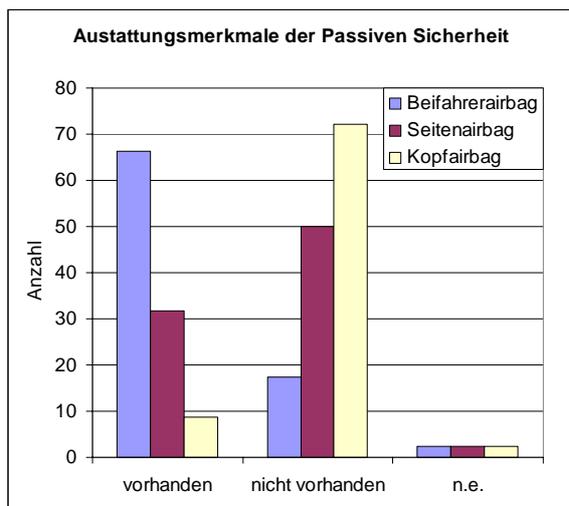


Bild 94: Ausstattungsmerkmale der Pkw bezüglich der Passiven Sicherheit

4.3.3 Daten zum Kindersitz

Die Kindersitze waren überwiegend mehrere Jahre alt. Dies unterstützt die Vermutung, dass KSS zu einem großen Anteil gebraucht gekauft werden (Bild 95). Der Anteil von Markensitzen war bei den älteren KSS wesentlich höher als in der gesamten Stichprobe, was auf höhere Qualität der Materialien und eine längere Dauerhaltbarkeit schließen lässt.

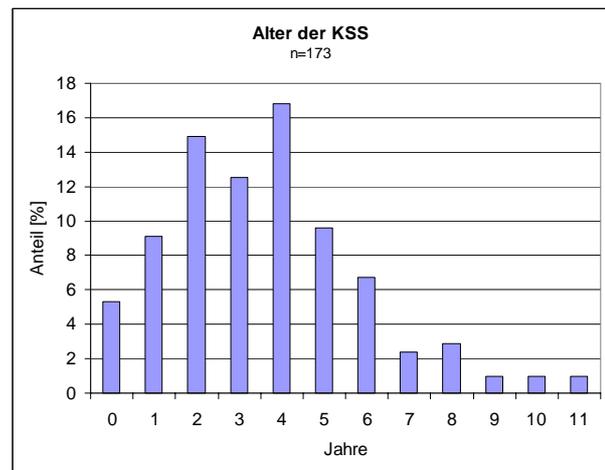


Bild 95: Altersverteilung der KSS

Während das durchschnittliche Alter der Babyschalen 0,8 Jahre betrug, war es für die 5-Punkt-Gurt-Systeme 3,5 Jahre. Das mittlere Alter von Sitzerrhöhungen ohne Rückenlehne war mit 8,5 Jahren noch um ein Jahr höher, als das der KSS mit Rückenlehne, welches 7,5 Jahre betrug.

Durch das zum Teil hohe Alter der KSS war es auch erklärlich, wieso ein großer Anteil nach der alten ECE-R44.02 zugelassen war. Nur die Hälfte der Fragebögen gab zur Frage nach der Prüfnorm eine Antwort, wahrscheinlich hatten die wenigsten KSS den vorgeschriebenen Aufkleber. Von den eingegangenen Antworten nannten 10 % die alte Norm. Es bedeutet, dass mindestens 5 % aller Kinder in KSS befördert wurden, die nach einer alten ECE-Prüfung zugelassen waren. Diese KSS bieten nur geringes Schutzpotenzial. Die in diesen Kindersitzen gesicherten Kinder können bei einem Unfall schwerer verletzt zu werden, als Kinder in neuen KSS. [JAHN, 2002]

Die verschiedenen Kindersitztypen verteilten sich wie folgt (Bild 96).

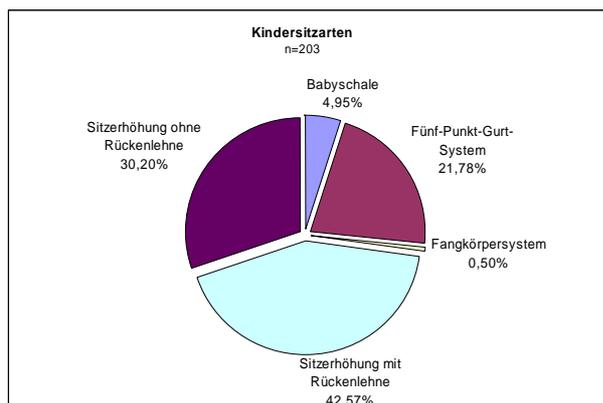


Bild 96: Verwendete Kindersitzarten

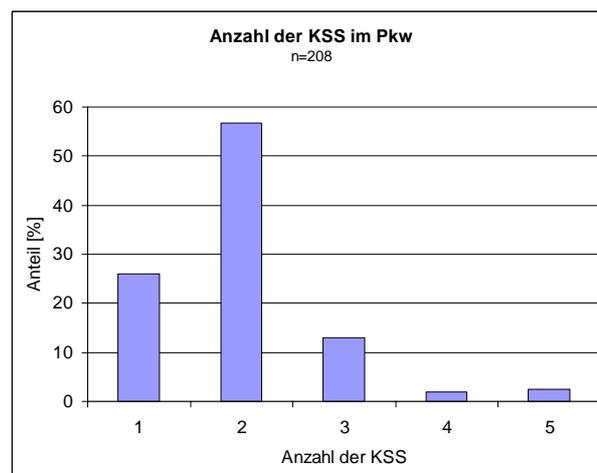


Bild 98: Anzahl der KSS im Pkw

Die Frage nach der Marke des Kindersitzes wurde von einem Viertel der Beteiligten mit „unbekannt“ beantwortet. Die Mehrzahl der Kindersitze waren Sitze eines namhaften Herstellers (Bild 97).

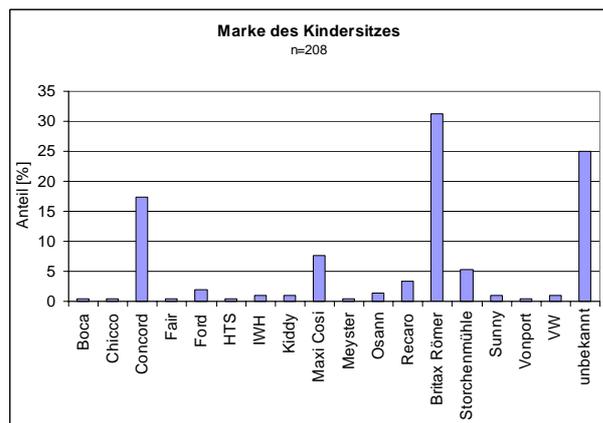


Bild 97: Aufteilung der KSS nach Hersteller

4.3.4 Daten zur Benutzung

In den wenigsten Pkw war nur ein KSS zu finden. In ca. 75 % aller ausgewerteten Fälle befand sich mehr als ein KSS im Pkw, wobei zwei Kindersitze in mehr als der Hälfte vorkamen (Bild 98).

Die meisten Kinder waren auf den äußeren hinteren Plätzen zu finden (Bild 99). Dabei saß fast die Hälfte der Kinder auf dem hinteren rechten und knapp 40 % auf dem linken Platz. Auf dem Beifahrerplatz oder hinten in der Mitte befanden sich jeweils nur ca. 5 % der Kinder.

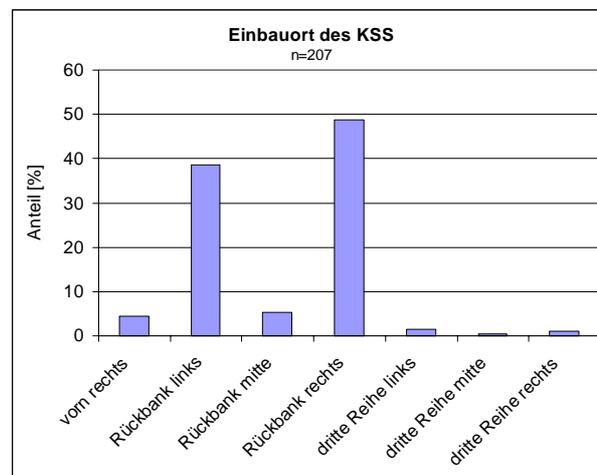


Bild 99: Einbauorte im Pkw

Bei den Kindersitzen fanden sich nur drei Exemplare mit ISOFIX, davon war nur eins mittels ISOFIX im Pkw befestigt. Von den Pkw hatten nur fünf ISOFIX-Haltebügel. Es lässt die Vermutung zu, dass ISOFIX bei Kaufentscheidungen für einen Pkw noch immer keine Rolle spielt.

Die Eltern berichteten kaum von Problemen bei der Benutzung von Kindersitzen und waren auch von der Schutzwirkung überzeugt. Die Kinder fühlten sich prinzipiell wohl im Kindersitz. Sollten die Kinder einmal nicht im KSS befördert werden,

wurden sie nach Angaben der Befragten vorwiegend auf der Rückbank untergebracht und mit dem 3-Punkt-Gurt angeschnallt (Bild 100).

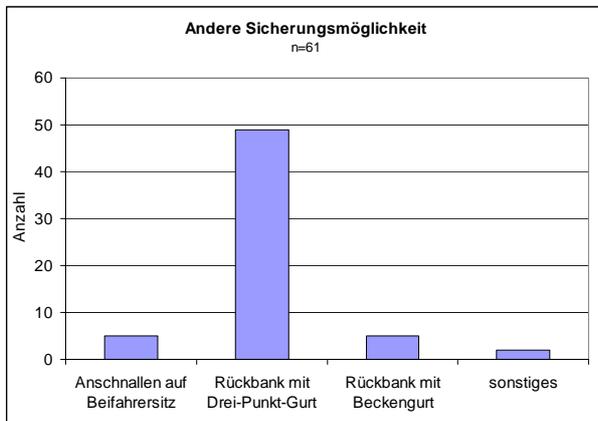


Bild 100: Alternative Sicherungsweise zum KSS

Zusätzlich wurde erhoben, ob die Sicherung im KSS korrekt erfolgte.

	Anzahl	Prozent
Insgesamt untersucht	45	100 %
Davon mit Misuse	25	56 %
ungesichert	4	9 %
leicht	1	2 %
mittel	15	33 %
schwer	9	20 %

Tabelle 7: Misuse-Häufigkeit der Stichprobe

Die Ergebnisse (Tabelle 7) liegen in etwa im gleichen Bereich, wie sie in den großen Münchner Studien erhoben wurden [LANGWIEDER, 2003, FASTENMEIER, 2006]. Die Verteilung der Misuse-Schwere lag anders, da hier bei der Erfassung der Schwerpunkt nur auf mittleren und schweren Misuse gelegt werden konnte. Es zeigte sich jedoch, dass auch hier bei 2 von 3 Kindern eine fehlerhafte Sicherung im Pkw vorlag (vgl. Bild 4).

Eine weitere Stichprobe brachte noch ein deutlich schlechteres Ergebnis. Die Beobachtung wurde im August 2006 morgens vor einer Berliner Grundschule durchgeführt. Hier waren ca. 90 % der Kinder, die von ihren Eltern zur Schule gebracht wurden, nicht angeschnallt. Sie trugen vielfach bereits den Schulranzen auf dem Rücken und passten so nicht in einen Kindersitz oder in den 3-Punkt-Gurt. Sicherlich war der Stichprobencharakter besonders früh morgens vor einer Schule nicht repräsentativ für die allgemeine Sicherung von Kindern im Pkw. Dennoch zeigte sich ein reales Problem, welches berücksichtigt werden muss.

5 Experimentelle Analyse

Dieses Kapitel beinhaltet die Dokumentation der durchgeführten Versuche. Ziel ist es, KSS in den heute verwendeten Testverfahren systematisch und unter gleichen Randbedingungen miteinander zu vergleichen. Den Abschluss bildet eine Bewertung der Versuchsergebnisse.

5.1 Rahmenbedingungen

Die Rahmenbedingungen sollen in allen Testverfahren identisch sein, da nur so ein Vergleich der Tests ermöglicht wird. Es können hinterher auch direkt die Belastungswerte der Dummies miteinander verglichen werden, da die Einflüsse nur von der konstruktiven Lösung für die Befestigungsmöglichkeit der Kindersitze und vom Kindersitz selbst stammen können.

Die Versuche fanden auf der Crashanlage der TU Berlin statt. Es handelte sich hierbei um Schlittenversuche, die je nach Testverfahren einen anderen Aufbau besaßen. Zur Bestimmung, ob der Versuch innerhalb der Spezifikationen war, wurden die Kollisionsgeschwindigkeit und die Schlittenverzögerung gemessen und ausgewertet. Hinzu kam je nach verwendetem Dummy und KSS eine unterschiedliche Anzahl von Belastungswerten. Es wurden zeitgleich bis zu drei Hochgeschwindigkeitsfilme mit einer Bildrate von 1000 Bildern pro Sekunde aufgezeichnet. Dabei gab es zumeist je eine Ansicht von oben, von rechts und von links. Diese Hochgeschwindigkeitsfilme wurden nach dem Versuch mit den Messwerten synchronisiert und für die Analyse mit herangezogen. Vor allem die Bewertung der Kopfvorverlagerung war nur durch die Filmauswertung möglich.

Weiterhin wurde folgendes beachtet: Die Gurte, mit dem die KSS in der Karosse bzw. auf der Sitzbank befestigt wurden, stammten von einer Rolle und wurden in jedem Verfahren mit demselben Spannmechanismus³⁴ eingesetzt. Daher konnten Einflüsse ausgeschlossen werden, die im Gurtsystem begründet wären. Des Weiteren wurden in jedem Verfahren die Dummies nach den Vorschriften der ECE-R44 gesichert. Dies bedeutet, dass bei Systemen der Klassen 0+ und 1 eine definierte Gurtlose im KSS geschaffen wurde. Dazu wurde ein Abstandhalter in den Rücken des anzuschnallenden Dummies gelegt. Danach wurde am Zentralversteller des Gurtes zweimal mit einer Kraft von 250 N gezogen und somit das Hosenträgergurtsystem gespannt.

Abschließend wurde der Abstandhalter entfernt, und die Sicherung des Dummies im Sitz wies die definierte Gurtlose auf.

Die darauffolgende Befestigung des KSS in der Karosse oder auf der Sitzbank war für alle KSS-Klassen gleich. Mithilfe eines Kraftaufnehmers wurde am Schultergurt eine Kraft von 50 N eingestellt. Diese wurde während des Straffvorganges gemessen und es wurde sichergestellt, dass auch der Beckengurt straff anlag. Beide Vorschriften finden sich in der ECE-R44 und wurden für alle vier Testverfahren angewandt. Zum Spannen des Gurtes wurde ein wiederverwendbarer Retraktor benutzt.

Bevor grundlegende Untersuchungen an verschiedenen KSS durchgeführt werden konnten, wurde auf bisher veröffentlichte Testergebnisse zurückgegriffen. In diesen Tests gab es in jeder Klasse gute und schlechte Sitze. Daraus ließen sich Vermutungen ableiten, wie sich die KSS im geplanten Testablauf verhalten werden. Zusätzlich konnten vorab die unterschiedlichen konstruktiven Eigenschaften untersucht werden.

Es wurden somit pro Kindersitzklasse zwei oder mehrere KSS herausgegriffen, von denen im Vorfeld eine Vermutung bestand, wie diese abschneiden könnten. Dabei war es auch wichtig, verschiedene Dummytypen pro KSS-Klasse zu verwenden. Es war anzunehmen, dass die Belastungen und Bewegungsabläufe verschieden sind. Bei einem Klasse-1-System kann ein Q1 mit einem Gewicht von 9 kg genauso verwendet werden wie ein Q3 mit 18 kg. Die bei einem Unfall auf das KSS wirkenden Trägheitskräfte verdoppeln sich somit und können z. B. beim HighSpeed-Verfahren mit 30 g von 2700 N auf 5400 N anwachsen. Beim ECE-Verfahren sind die Kräfte bei 20 g mit 1800 N bzw. 3600 N vergleichsweise gering. Die hohen Kräfte können bei schlecht ausgelegten KSS bereits zu Materialversagen führen. Es ergibt sich aus den Anforderungen die folgende minimale Testmatrix:

- 4 Testverfahren (je zwei frontal/seitlich)
 - 3 KSS-Klassen (0+, 1, 2/3)
 - 2 KSS (je einer „gut“, einer „schlecht“)
 - 2 Dummies (größter und kleinster zugelassener Dummy pro KSS)
 - mind. eine Wiederholung pro Versuch
- mindestens 96 Tests

³⁴ Zum Einsatz kam ein wiederverwendbarer Retraktor.

Die Kosten von Versuchsmaterial (Stahl für die Bremsenrichtung, Gurt, Verbrauchsmaterial) belaufen sich auf ca. 250 Euro pro Versuch. Hinzu kommen regelmäßige Dummykalibrierungen sowie der Ersatz defekter Teile (z. B. Sensoren). Auch die KSS mussten gekauft werden, je nach Klasse und Marke kostet ein KSS zwischen 40 und 250 Euro. Es ist ersichtlich, dass dieser hohe Testaufwand auch einen sehr großen finanziellen Aufwand bedeutet. Daher war es nicht möglich, alle Tests durchzuführen. Es wurde daher eine Auswahl je nach Relevanz für das Unfallgeschehen und Verfügbarkeit der Versuchskomponenten getroffen. Durch die Unterstützung von KSS-Herstellern und vor allem der Firma FTSS, die kostenlos Dummies zur Verfügung stellte, konnten insgesamt 102 Schlittentests durchgeführt werden. In den nachfolgenden Abschnitten werden diese beschrieben und die wichtigsten Parameter auch näher analysiert.

Für die Tests wurden ausschließlich Q-Dummies benutzt. Sie bilden derzeit am besten die kindliche Anatomie bezüglich der biomechanischen Eigenschaften ab und wurden für alle Aufprallarten validiert. In der folgenden Tabelle 8 werden die Größen und Massen beschrieben.

Name	Stehgröße [mm]	Sitzgröße [mm]	Masse [kg]
Q0	(510)	350	3,4
Q1	740	479	9,6
Q1,5	800	499	11,1
Q3	985	544	14,6
Q6	1143	601	22,9

Tabelle 8: Verwendete Dummies

5.2 Ausgewählte Testverfahren

Bereits in Kapitel 2.5 wurden verschiedene Verfahren vorgestellt. Es handelt sich dabei um gesetzliche Verfahren sowie Verbraucherschutztests. Bei der Anwendung der Verfahren lässt sich erkennen, ob KSS so ausgelegt werden, dass sie nur der Gesetzgebung genügen und deshalb ihre Zulassung erhalten oder ob das KSS auch höheren Anforderungen gerecht wird. KSS, die auch hier gute Ergebnisse aufweisen, bieten im realen Unfallgeschehen einen besseren Schutz für die kindlichen Insassen, sofern die KSS nach den Vorschriften installiert wurden.

Dies zeigt sich besonders auch im Seitenaufprall. KSS, die nur die Gesetze zur Zulassung für den europäischen Markt erfüllen, müssen kein

Bestehen eines Seitentestverfahrens nachweisen. Da die Unfallanalyse jedoch zeigt, dass der Seitenaufprall die zweithäufigste Unfallart nach dem Frontalaufprall ist, muss er unbedingt mit in diese Untersuchung einbezogen werden.

Es wurden daher jeweils zwei Testverfahren für den Frontal- und Seitenaufprall gewählt. Beide unterscheiden sich in der Schwere deutlich. Die ausgewählten Verfahren sollen die KSS in einem Maße beanspruchen, wie dies auch im realen Unfall zu erwarten ist.

5.2.1 Frontalaufprall

Für den Frontalaufprall wurden die KSS zunächst nach dem ECE-R44-Prüfverfahren getestet. Das ECE-Verfahren stellt die geringste Anforderung an die unterschiedlichen Systeme, da sie diese bereits für die Marktzulassung erfüllen müssen. Es ist daher zu erwarten, dass beide KSS (das vermeintlich „gute“ und vermeintlich „schlechte“) diese Prüfung bestehen und die Messwerte die gesetzlichen Belastungswerte unterschreiten.

Das andere Verfahren sollte hingegen eine deutlich höhere Belastung darstellen. Technische Gründe führten dazu, dass hier kein bekanntes Standardverfahren genutzt werden konnte. Stattdessen wurde die Rekonstruktionsdatenbank von CHILD durchsucht. Ziel war es, einen Unfall herauszufinden, in dem hohe Belastungen auf das KSS wirkten. Dieser reale Verzögerungsverlauf sollte nachgestellt werden und derselbe Aufbau (ECE-Schlitten) benutzt werden. Damit war es möglich, deutliche Unterschiede zwischen den KSS aufzuzeigen. Denn hier wurden die KSS weit über die in der ECE geforderten Beschleunigungen verzögert, somit wurden die KSS auch stärker und anders beansprucht. Der geometrische Aufbau sowie die anderen Randbedingungen (u. a. Steifigkeit der Sitzbank) wurden dadurch nicht verändert.

5.2.1.1 ECE

Die ECE-R44.03/04³⁵ ist von jedem derzeit im Handel befindlichen Kinderschutzsystem zu erfüllen. Es wird somit die Mindestbelastung festgelegt. Daher werden hier keine deutlichen Unterschiede oder größeren Mängel bei den verwendeten KSS erwartet. Trotzdem ist dieses Verfahren von Bedeutung für dieses Projekt. Durch

³⁵ Hinsichtlich der Belastungsvorgaben besteht kein Unterschied zwischen der ECE-R44.03 und R44.04

die Verwendung von Q-Dummys, die biofideler als die in der ECE-R44 vorgeschriebenen P-Dummys sind, können zusätzliche Erkenntnisse hinsichtlich der Belastungswerte gewonnen werden. Daher sind die Messwerte nicht ohne Einschränkung mit den Grenzwerten der ECE vergleichbar.



Bild 101: ECE-Bank auf Versuchsschlitten

Die ECE-Bank wurde entsprechend den Vorschriften der ECE-R44 auf einem Versuchsschlitten aufgebaut (Bild 101). Die Bank ist in Fahrrichtung montiert. Auf ihr können mittels eines 3-Punkt-Gurtes KSS befestigt werden (Bild 102).



Bild 102: KSS auf der ECE-Bank

Der gesamte Versuchsaufbau wird mittels einer Biegeblechbremse verzögert, die im hinteren Teil von Bild 103 zu erkennen ist.



Bild 103: Verzögerungseinrichtung für Schlittentests

Durch die Verwendung von geeigneten Flachstählen werden ausgehend von einer Kollisionsgeschwindigkeit von 50 km/h der in der ECE vorgeschriebene Verzögerungskorridor sowie der Verzögerungsweg eingehalten (Bild 104). Die Flachstähle stehen in unterschiedlichen Breiten und Dicken zur Verfügung und bestimmen damit die jeweiligen Maxima der Verzögerung. Der Anstieg der Verzögerung ist durch die Eigenschaften des Stahls definiert.

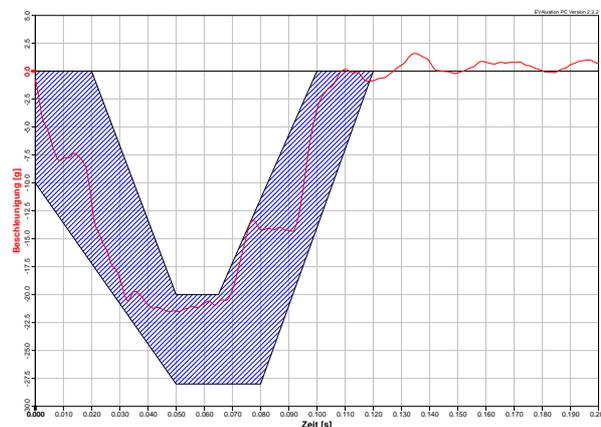


Bild 104: Verzögerungsverlauf mit Korridor ECE-R44

Der Schlitten ist mit mehreren Messaufnehmern ausgestattet, ebenso der Dummy. Dadurch ist es möglich, alle relevanten Belastungen auf den Dummy (Kräfte, Beschleunigungen, Momente, Wege) zu messen und auszuwerten.

5.2.1.2 ADAC

Das zweite Testverfahren im Frontalaufprall sollte zunächst mit der ADAC-Testprozedur überein-

stimmen. Der Verzögerungsverlauf entspricht dem Euro NCAP-Test eines Golf IV mit 64 km/h. Es wird dem gesamten System ein deutlich größerer Anteil an kinetischer Energie zugeführt. Damit ist auch die Belastung, die auf Dummy, KSS sowie die Anbindung an den Pkw wirkt, größer als bei der ECE-R44, die einen Test mit 50 km/h vorschreibt.

Vom TÜV-Süd wurde eine Golf IV-Karosserie zur Verfügung gestellt (Bild 105). Sie war bereits vorher für die hohen Anforderungen bei wiederholten Schlittentests gegenüber einer Serienkarosserie zusätzlich versteift worden und musste noch für den Versuchsschlitten der TU Berlin angepasst werden.



Bild 105: Golf IV-Karosserie auf dem Versuchsschlitten

Schwierigkeiten machte das genaue Einstellen des Verzögerungspulses. Der ADAC verwendet den originalen Puls aus einem EuroNCAP-Versuch. Diesen exakt nachzufahren ist auf der Anlage der TU nicht möglich. Daher musste versucht werden, diesen so genau wie möglich abzubilden. Relevant dabei waren vor allem die maximale Verzögerung, die Steigung der Verzögerungskurve sowie der prinzipielle Verlauf über der Zeit (Bild 106).

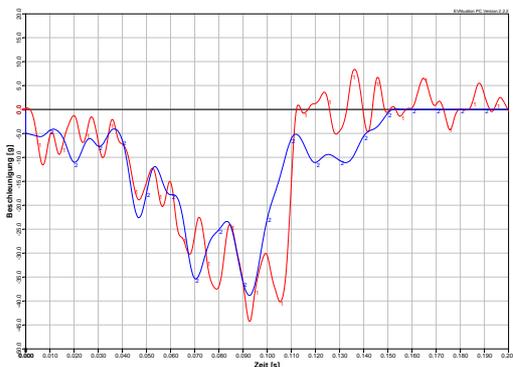


Bild 106: Verzögerungsverlauf ADAC (2 blau) und TU-Aufbau (1 rot) im Vergleich

Der Verlauf konnte nur zufriedenstellend reproduziert werden. Es gab zu viele Abweichungen auch zwischen den einzelnen Versuchen, die einen Vergleich der KSS nicht mit der Güte zugelassen hat, wie sie für dieses Projekt notwendig war. Grund dafür war eine andere Verzögerungseinrichtung als bei den anderen Testverfahren, die aufgrund des langen Verzögerungsweges genutzt werden musste. Es war kein hinreichend genauer reproduzierbarer Verzögerungsverlauf mit den Stahlbändern einstellbar.

Trotzdem soll später kurz auf die vier durchgeführten Tests eingegangen werden, die durchgeführt wurden. Sie zeigen deutlich, dass bei höherer Belastung Schäden zu erwarten sind, auch wenn sie untereinander nicht vergleichbar sind.

5.2.1.3 HighSpeed

Um KSS in einem Maße zu belasten, das über die ECE-R44 hinausgeht, wurde eine eigene Testprozedur definiert. Der Aufbau auf dem Schlitten blieb dabei unverändert gegenüber der ECE-R44. Dies stellt sicher, dass die Ergebnisse ausschließlich vom Verzögerungsverlauf und nicht durch geometrische Randbedingungen oder andere Faktoren beeinflusst werden.

In der CHILD-Datenbank gibt es sehr genau dokumentierte Unfälle und deren Rekonstruktionen. Zum Teil wurden ergänzend Schlittenversuche durchgeführt. Aus diesen wurden die Verzögerungspulse dahingehend überprüft, welche Pulse eine hohe, aber nicht einzigartige Belastung für das KSS darstellen und auf der Crashbahn der TU Berlin durchführbar sind. Die Wahl fiel auf einen Unfall mit einer Kollisionsgeschwindigkeit von ca. 62 km/h. Bei dem Unfall wurde ein breiter Baum getroffen. Die Pkw-Verzögerung stieg zunächst steil auf ca. 40 g an und verlief dann bis 90 ms auf einem Level von ca. 30 g. (Bild 107)

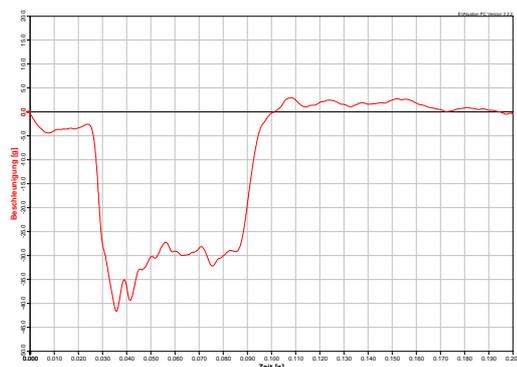


Bild 107: Verzögerungsverlauf der HighSpeed-Versuche

Gut erkennbar ist, dass das Maximum der Beschleunigung sehr schnell erreicht wird. Das stellt eine sehr hohe Anforderung an das KSS dar, da die Belastungen schlagartig wirken. Die mittlere Verzögerung liegt deutlich über den Vorgaben der ECE, in etwa auf dem Niveau des ADAC. Dieser Puls ist geeignet, KSS unter hohen Belastungen zu überprüfen und vergleichen zu können.

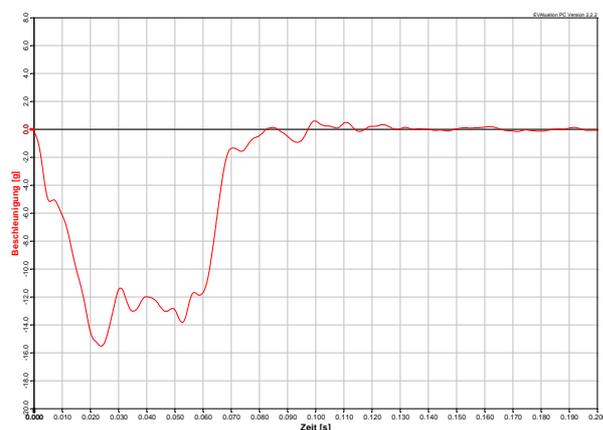
5.2.2 Seitenaufprall

Für den Seitenaufprall gibt es derzeit kein Mindesttestverfahren, wie es die ECE-R44.04 für den Frontalaufprall darstellt. Daher wurde auf gängige Verfahren zurückgegriffen, die auf der TU-Crashbahn umsetzbar sind.

5.2.2.1 TUB-SIPCRS

Das erste verwendete Verfahren im Seitenaufprall war das TUB-SIPCRS. In diesem Verfahren belastet eine Verzögerung (Bild 108) und gleichzeitig eine eindringende Struktur das KSS. Der Versuchsaufbau wurde in 2.5.2.6 beschreiben.

Dieses Verfahren stellt eine hohe Belastung für das KSS dar und konnte, wie das HighSpeed-Verfahren im Frontalaufprall, strukturelle Mängel aufdecken.



bleibende Verformung der Karossee durch die Seitentests zu verhindern.

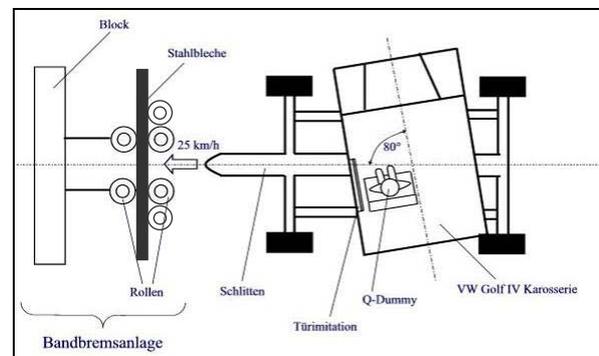


Bild 108: Verzögerungsverlauf der TUB-SIPCRS-Versuche

5.2.2.2 ADAC-Seite

Das ADAC-Seitentestverfahren konnte mit der in 5.2.1.2 beschriebenen Golf-Karossee durchgeführt werden. Hierbei musste allerdings die Karossee gegenüber dem Frontaltestverfahren um 80 Grad gedreht auf dem Schlitten befestigt werden (Bild 109). Es wurden zusätzliche Versteifungen längs zur Krafrichtung eingefügt, um eine

Bild 109: Versuchsaufbau nach [MARSCHNER, 2006]

Auf das KSS wirkt nur die Verzögerung des Versuchsschlittens (Bild 110), aber keine intrudierenden Bauteile, die dem KSS entgegenkommen. Das KSS bewegt sich über die Sitzfläche auf die Tür zu. Diese bildet mittels einer Attrappe eine Pkw-Tür nach. Die Kontaktzone wurde aus den gleichen Materialien wie im ersten eingesetzten Verfahren aufgebaut. Im TUB-SIPCRS-Verfahren wurde die Kennung einer Platte, bestehend aus Holz, Moosgummi und Polystyrol, auf eine durchschnittliche Steifigkeit von Fahrzeugtüren validiert. Durch den Einsatz von gleichem Material auf der Tür ist es möglich, die gemessenen Belastungswerte in den unterschiedlichen Verfahren direkt miteinander zu vergleichen. Es traten so keine Einflüsse auf die Ergebnisse durch unterschiedliche Materialeigenschaften der Türattrappen auf.

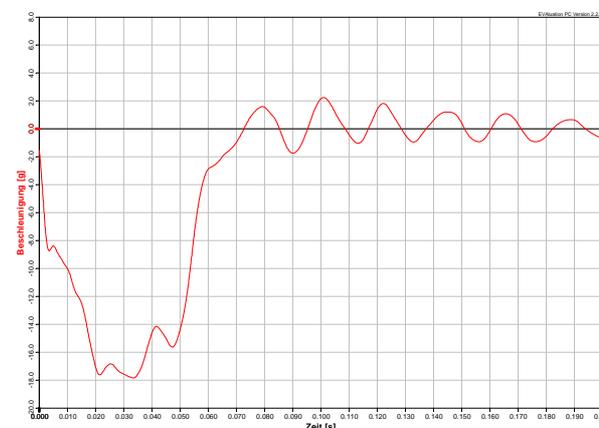


Bild 110: Verzögerungsverlauf der ADAC-Seiten-Versuche

5.3 Testergebnisse

Die erzielten Ergebnisse werden auf den nächsten Seiten beschrieben. Zunächst werden die verwendeten KSS vorgestellt. Für die Analyse wird einerseits auf die Messwerte (Bild 111) eingegangen. Die Messdaten wurden in das Programm EVALUATION, Version 2.2.2, der Firma IAT eingelesen, von diesem grafisch ausgegeben und gleichzeitig wurden die Grenzwerte berechnet.

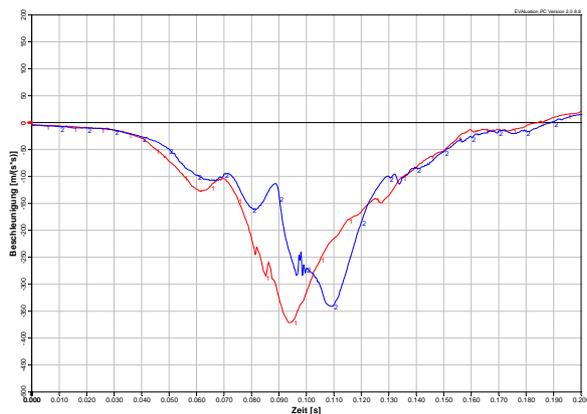


Bild 111: Kurvenvergleich zweier KSS; Kopfbeschleunigung zu verschiedenen Zeitpunkten bei ECE-R44

Andererseits musste auch eine intensive Filmauswertung durchgeführt werden, da nicht immer die Messwerte allein für die Beurteilung ausreichen. (Bild 112).



Bild 112: Videovergleich zweier KSS

Die Messwerte der verschiedenen KSS können nur verglichen werden, wenn die Rahmenbedingungen identisch sind und sich die Schlittenbeschleunigungen in einem engen Korridor befinden (Bild 113). Um zufällige Ergebnisse zu vermeiden, ist es erforderlich, jeden KSS-Test mindestens einmal zu wiederholen.

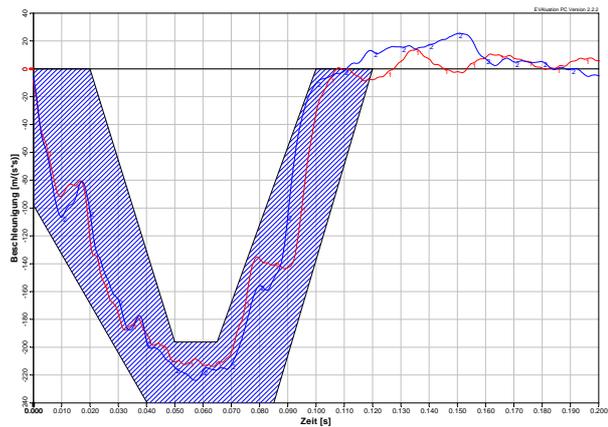


Bild 113: Vergleich der Versuche; zwei Schlittenbeschleunigungen im ECE-Korridor

Die zur Auswertung herangezogenen Ergebnisse liegen zu 90 % innerhalb der vorgeschriebenen Spezifikationen. Durch die Art der Bremsanordnung kommt es bei wenigen Versuchen vor, dass die Beschleunigungskurve einen der vorgegebenen Korridore leicht verlässt. Doch für den Vergleich der KSS untereinander ist es wichtiger, dass der Verzögerungsverlauf der zu vergleichenden Versuche übereinstimmt. Ein gleichartiges Abweichen am Ende der Verzögerung wurde toleriert, da dies den relativen Vergleich der KSS zueinander nicht beeinträchtigt.

Nachfolgend werden alle verwendeten Kindersitze alphabetisch bezeichnet, damit auch klar wird, wenn ein KSS in unterschiedlichen Testkonfigurationen zum Einsatz kam. Es wurden auch in der selben Klasse viele verschiedene KSS getestet, um daraus allgemeingültige Schlussfolgerungen zu ziehen und nicht anhand weniger Modelle notwendige Maßnahmen definieren zu müssen.

Die Auswertung der Testergebnisse erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wird ein Überblick über Preis und Masse des KSS gegeben. Danach sind die wichtigsten Belastungswerte, die gemessen wurden, aufgeführt. Zusätzlich werden die Beschädigungen des KSS beschrieben und sonstige Auffälligkeiten genannt. Daneben erfolgten eine Videoanalyse der einzelnen Versuche sowie ein Vergleich der Kurvenverläufe. Sollten diese Auffälligkeiten ergeben, so sind sie beschrieben.

Im Kopf der Tabelle wird auch die Bewertung der Messergebnisse in Form von Punkten vorgenommen. Da bei der Beschreibung der Testverfahren in Kapitel 2.5 bemängelt wurde, dass es zu unterschiedlichen Bewertungsvarianten gibt, sollen an dieser Stelle keine neuen hinzukommen.

Grundlage der hier verwendeten Bewertung ist das von TRL veröffentlichte Bewertungsverfahren nach NPACS, welches zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht endgültig verabschiedet wurde [NPACS, 2006]. Die Endwertung ergibt sich aus einer Addition der Punkte der gewichteten Einzelergebnisse. Grundlage für die Wichtung und Bewertung sind ausführliche Expertendiskussionen auf europäischer Ebene und biomechanische Erfahrungen, welche Messwerte überhaupt relevant sind. Es ist daher sinnvoll, dieses Bewertungsverfahren zu nutzen, auch wenn Kritik an der Wertung und Wichtung der Kopfvorverlagerung besteht (siehe 5.5).

Die Bewertung stellt in Abhängigkeit vom Testverfahren (insbesondere bei den Frontaltests) sehr hohe Anforderungen an die einzuhaltenden Grenzwerte. Diese sind aber nur für das NPACS-Verfahren definiert worden. Bei Tests mit einer höheren als der in der Versuchskonfiguration für NPACS vorgeschriebenen Belastung auf das KSS sind daher geringe Bewertungspunkte zu erwarten. Genauso verhält es sich für Tests, die nur geringe Anforderungen stellen. Diese führen zu hohen Bewertungspunkten. Daher ist es teilweise nicht möglich, Unterschiede zwischen den KSS nur aufgrund der Bewertung der Messwerte festzustellen. Die Grenzwerte des Frontalaufpralls wurden weitestgehend aus Erfahrungswerten und einzelnen Untersuchungen bestimmt. Beim Seitenaufprall wurden zumeist Vorgaben des Frontalaufpralls übernommen, da hier keine Verletzungs-Risiko-Kuven vorliegen.

Somit ist die Bewertung auf den nächsten Seiten immer nur auf das getestete KSS-Paar mit dem jeweiligen Dummy zu beziehen. Eine bessere Bewertung drückt sich durch eine höhere Punktezahl aus. Es können nur relative Unterschiede verdeutlicht werden, nicht jedoch eine absolute Platzierung aller KSS. Dazu wären weitere Untersuchungen und besser abgestimmte Bewertungen bzw. Skalierungsfaktoren notwendig.

Wenn im Nachfolgenden bestimmte Messwerte aus technischen Gründen nicht erfasst wurden, werden sie für die Berechnung des Gesamturteils nicht berücksichtigt. Daher ist es nicht möglich, aus allen getesteten Kindersitzen eine Rangfolge zu bilden. Das war auch nicht Ziel dieses Projektes. Aber es ist möglich, für eine bestimmte Dummygröße das KSS herauszufinden, welches den besten Schutz bei einem bestimmten Testverfahren bietet.

Die hinterlegten Punktetabellen wurden linearisiert ausgewertet. Folgende Grenzwerte wurden dabei für den Frontalaufprall berücksichtigt (Tabelle 9).

Measurement Parameter	Achievable Score	Lower and Upper Limits
Head acceleration (3ms)	55 points (max) (0,11,22,33,44,55)	51g – 120g
Head Excursion	55 points (max) (0,11,22,33,44,55)	270mm-600mm
Chest acceleration (3ms)	20 points (max) (0,4,8,12,16,20)	33g – 65g
Chest compression	20 points (max) (0,4,8,12,16,20)	6–50mm Q6/Q3 5–40mm Q1/Q1,5
Neck moment (M_{res})	20 points (max) (0,4,8,12,16,20)	7Nm – 35Nm
Neck force (F_{res})	20 points (max) (0,4,8,12,16,20)	900N-3000N
Pelvis acceleration (3ms)	10 points (max) (0,2,4,6,8,10)	24g-90g

Tabelle 9: Bewertungsschema Frontalaufprall [NPACS, 2006]

Im Gegensatz zum Frontalaufprall werden im Seitenaufprall (Tabelle 10) nicht das resultierende Halsmoment und die resultierende Halskraft sondern das Moment um die X-Achse und die Zugkraft im Hals bewertet. Im Anhang sind die Bewertungsschemata ausführlicher dargestellt.

Measurement Parameter	Achievable Score	Lower and Upper Limits
Head acceleration (3ms)	30 (max) (0,6,12,18,24,30)	50g – 160g
Head Containment		
Contained	80	
Marginal	20	
not contained	0	
Chest acceleration (3ms)	20 points (max) (0,4,8,12,16,20)	41g – 100g
Chest compression	20 points (max) (0,4,8,12,16,20)	6–39mm Q6/Q3 5–31mm Q1/Q1,5
Neck moment (M_x)	20 points (max) (0,4,8,12,16,20)	10Nm – 35Nm
Neck force (F_z)	20 points (max) (0,4,8,12,16,20)	200N-1900N
Pelvis acceleration (3ms)	10 points (max) (0,2,4,6,8,10)	40g-120g

Tabelle 10: Bewertungsschema Seitenaufprall [NPACS, 2006]

Während bei allen Belastungen ein konkreter Messwert existiert, ist das Head containment per Videoanalyse zu prüfen. Dabei wird der Kopfschutz als „good“ bezeichnet, wenn der Kopf des Dummies zu jedem Zeitpunkt der Belastungsphase innerhalb des KSS gehalten wird. Kommt es zu einem Kontakt zwischen Kopf und Tür oder durchstößt der Dummy die gedachte Ebene in Verlängerung der Tür, erfolgt die Bewertung „not contained“. Sollte das Ergebnis nicht eindeutig sein, dann könnte „marginal“ bewertet werden, was aber in der folgenden Versuchsauswertung nicht vorkommt.

5.3.1 Klasse 0+

5.3.1.1 ECE R44

KSS A mit Q0				KSS B mit Q0			
							
Daten / Ergebnisse		Bewertung		108		109	
Preis [Euro]	37	Masse [kg]	2,4	Preis [Euro]	99	Masse [kg]	3,9
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	36,23	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	12,00	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	36,30	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	11,79
Kopfvorverlagerung [mm]	x	Halskraft (F_{res}) [N]	219,3	Kopfvorverlagerung [mm]	x	Halskraft (F_{res}) [N]	215,0
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	36,42	Brusteindrückung [mm]	x	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	35,39	Brusteindrückung [mm]	x
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	44,46	Brustbeschleunigung (a_z) [g] ³⁶	24,03	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	40,36	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	31,71
Beschädigung				Beschädigung			
Sonstiges	-seitlich für den Dummy viel Platz, daher kein gute Fixierung möglich			Sonstiges	-einfache Gurthöhenverstellung		
<p>Der Q0-Dummy mit einem Gewicht von 4 kg führt zu keiner hohen Belastung der Babyschalen. Es ist kein Sensor für die Brusteindrückung vorhanden. Der Kopf verlässt nicht das KSS und daher ist keine Bestimmung der Kopfvorverlagerung möglich.</p> <p>Die Messwerte zeigen im Großen und Ganzen vermutlich ertragbare Belastungen. Auch im Vergleich zum KSS B sind sie nicht deutlich schlechter. Auffällig sind nur die schlechtere Verarbeitung von KSS A und die geringere Steifigkeit der Konstruktionsausführung. Dadurch biegt sich die Rückenlehne unter der Verzögerung durch. Da es nicht zu plastischen Verformungen kommt, führt dies zu einer Reduzierung der Messwerte ohne zusätzliche Gefährdung.</p>				<p>Die Belastungswerte unterscheiden sich nicht wesentlich vom KSS A. Durch den Sitzverkleinerer, der als zusätzliches Element im KSS B um den Kopf herum liegt, und die höhere Qualität der Verarbeitung, der Stoffe und der Abpolsterung ergibt sich ein subjektiv höheres Sicherheitsgefühl, was sich aber bei diesem Testverfahren mit diesem Dummy anhand der Messdaten nur geringfügig belegen lässt.</p> <p>Der ECE-Grenzwert von 30 g für die Brustbeschleunigung in Z-Richtung wird überschritten, was durch die Messmöglichkeit im Q0 gezeigt wird. Da der Dummy in KSS B flacher liegt als in KSS A, erfährt er eine höhere Beschleunigung entlang der Z-Achse des Dummys. Da für neugeborene Kinder diese Beförderungsart aus medizinischer Sicht vorzuziehen ist, wird der Beschleunigungswert hier nicht bewertet.</p>			

Tabelle 11: Ergebnisse von KSS A und B bei ECE-R44 (Klasse 0+ mit Q0)

Fazit: Beide KSS bieten eine fast gleichwertige Schutzfunktion und unterscheiden sich nur im Komfort (Gurthöhenverstellung) und den Platzverhältnissen.

³⁶ Die Beschleunigung der Brust in Z-Richtung wird in NPACS nicht bewertet. Da dies aber ein entscheidendes Kriterium für den Test nach ECE-R44.04 ist, wird es nachfolgend in den Auswertungen aufgeführt, aber nicht in der Punktevergabe berücksichtigt.

KSS C mit Q1,5		KSS B mit Q1,5																																																																																	
																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung</th> <th>110</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>60</td> <td>Masse [kg]</td> <td>2,4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>45,95</td> <td>Halsmoment (M_{res}) [Nm]</td> <td>18,8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfvorverlagerung [mm]</td> <td>720</td> <td>Halskraft (F_{res}) [N]</td> <td>1220,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>40,57</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>5,63</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>43,72</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>29,26</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3">-Schleifspuren Gurtführung</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3">-KSS zu klein für Q1,5</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse		Bewertung		110	Preis [Euro]	60	Masse [kg]	2,4		Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	45,95	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	18,8		Kopfvorverlagerung [mm]	720	Halskraft (F_{res}) [N]	1220,0		Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	40,57	Brusteindrückung [mm]	5,63		Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	43,72	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	29,26		Beschädigung	-Schleifspuren Gurtführung				Sonstiges	-KSS zu klein für Q1,5				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung</th> <th>117</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>99</td> <td>Masse [kg]</td> <td>3,9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>42,83</td> <td>Halsmoment (M_{res}) [Nm]</td> <td>26,4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfvorverlagerung [mm]</td> <td>640</td> <td>Halskraft (F_{res}) [N]</td> <td>368,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>38,68</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>0,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>43,41</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>26,80</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3"></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3">-einfache Gurthöhenverstellung</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse		Bewertung		117	Preis [Euro]	99	Masse [kg]	3,9		Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	42,83	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	26,4		Kopfvorverlagerung [mm]	640	Halskraft (F_{res}) [N]	368,0		Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	38,68	Brusteindrückung [mm]	0,7		Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	43,41	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	26,80		Beschädigung					Sonstiges	-einfache Gurthöhenverstellung			
Daten / Ergebnisse		Bewertung		110																																																																															
Preis [Euro]	60	Masse [kg]	2,4																																																																																
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	45,95	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	18,8																																																																																
Kopfvorverlagerung [mm]	720	Halskraft (F_{res}) [N]	1220,0																																																																																
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	40,57	Brusteindrückung [mm]	5,63																																																																																
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	43,72	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	29,26																																																																																
Beschädigung	-Schleifspuren Gurtführung																																																																																		
Sonstiges	-KSS zu klein für Q1,5																																																																																		
Daten / Ergebnisse		Bewertung		117																																																																															
Preis [Euro]	99	Masse [kg]	3,9																																																																																
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	42,83	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	26,4																																																																																
Kopfvorverlagerung [mm]	640	Halskraft (F_{res}) [N]	368,0																																																																																
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	38,68	Brusteindrückung [mm]	0,7																																																																																
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	43,41	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	26,80																																																																																
Beschädigung																																																																																			
Sonstiges	-einfache Gurthöhenverstellung																																																																																		
<p>Die Bilder zeigen, dass der Q1,5 von seiner Größe her für KSS C bereits die obere Grenze der Körperhöhe darstellt. Die Lehne der Babyschale verläuft sehr flach. Der Kopf des Dummies überschreitet von oben gesehen noch nicht die Lehnenoberkante. Die Seitenansicht zeigt aber, dass er die Lehne fast überragt. Ein Seitenschutz ist gar nicht mehr gegeben. Die Sitzfläche ist zu kurz für die Beine. Die Höhenverstellung des 3-Punkt-Gurtes ist sehr umständlich zu handhaben.</p> <p>Obwohl das KSS C unter Last etwas nachgibt und damit einen weiteren Weg zurücklegt, sind die Belastungswerte höher als bei KSS B. Der Dummykopf kommt während des Versuchs weit aus dem KSS heraus. Dies führt zu sehr hohen Halsbelastungen (Zugkräften), die ein hohes Verletzungsrisiko nach sich ziehen.</p>		<p>Auch wenn der Dummy in dem Sitz ebenfalls groß wirkt, ist er augenscheinlich besser als in KSS C untergebracht. Durch die etwas längere Lehne der Schale und die hochgezogenen Seitenwangen befindet sich der Kopf innerhalb der Babyschale. Das 5-Punkt-Gurt-System ist einfach zu verstellen und sichert den Dummy gut im KSS B.</p> <p>Die Bewegung des Dummies während des Tests ist deutlich besser. Er wird innerhalb des KSS gehalten und erzielt zudem etwas geringere Belastungen. Die Halskraft beträgt nur ca. ein Drittel. Besonders bei Kleinkindern ist ein Schutz des Kopfes genauso wichtig wie eine Abstützung des Kopfes, damit der Hals nicht zu stark beansprucht wird. Somit tragen die stabilere Konstruktion und größere Ausführung des KSS B deutlich zu mehr Sicherheit bei.</p>																																																																																	

Tabelle 12: Ergebnisse von KSS C und B bei ECE-R44 (Klasse 0+ mit Q1,5)

Fazit: Die Platzverhältnisse in KSS C sind so eng, dass sich dieses KSS nicht für einen Q1,5 eignet. KSS B schützt deutlich besser, was vor allem an dem Messwert der Halsbelastung sichtbar wird.

5.3.1.2 TUB-SIPCRS

KSS A mit Q0				KSS B mit Q0			
							
Daten / Ergebnisse		Bewertung		110		135	
Preis [Euro]	37	Masse [kg]	2,4	Preis [Euro]	99	Masse [kg]	3,9
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	176,60	Halsmoment (M_x) [Nm]	14,1	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	103,70	Halsmoment (M_x) [Nm]	7,8
Head containment	good	Halskraft (F_z) [N]	438,7	Head containment	good	Halskraft (F_z) [N]	251,6
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	128,00	Brusteindrückung [mm]	x	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	82,00	Brusteindrückung [mm]	x
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	91,10	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	29,72	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	63,94	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	24,77
Beschädigung	-Gebrochene Schale			Beschädigung			
Sonstiges				Sonstiges			
<p>Es kommt zu keinem Kontakt zwischen Dummy und eindringender Tür. Aber beim Rückprall dreht sich der Dummy aus dem einen Schultergurt heraus und wird nur durch einen Kontakt zwischen Hals und dem anderen Gurt festgehalten. Die dadurch entstehende Rotation führt zu einem harten Anprall des Kopfes auf die stoßabgewandte Innenseite des KSS. Insgesamt ergeben sich hohe Belastungswerte.</p> <p>Die KSS-Schale bricht unterhalb des Tragegriffes durch den Kontakt mit dem Polystyrol der Tür, was bei einer realen Bewertung zu hohem Punktabzug führen müsste.</p>				<p>Durch die Position des Tragebügels kommt das KSS zeitig mit der Tür in Kontakt und wird lokal stark beansprucht. Danach verformt sich der Sitz komplett in Y-Richtung. Durch die höhere Steifigkeit des gesamten KSS kippt es stärker in Richtung der stoßabgewandten Seite. Aber es sind hinterher keine bleibenden Schäden festzustellen und der Dummy verbleibt die komplette Zeitdauer des Versuches im KSS. Es kommt durch die Polsterung und Dämpfung nur zu geringen Belastungswerten. Die Kopfbelastung liegt unter 60 % gegenüber dem KSS A.</p>			

Tabelle 13: Ergebnisse von KSS A und B bei TUB-SIPCRS (Klasse 0+ mit Q0)

Fazit: Trotz des leichtesten Dummies sind bereits strukturelle Unzulänglichkeiten bei KSS A erkennbar. Auch die Belastungswerte sind deutlich höher als bei KSS B. Die Kopf- und Halsbelastungen sind in KSS B um die Hälfte reduziert.

KSS A mit Q1,5				KSS B mit Q1,5			
							
Daten / Ergebnisse		Bewertung		Daten / Ergebnisse		Bewertung	
Preis [Euro]	37	Masse [kg]	2,4	Preis [Euro]	99	Masse [kg]	3,9
Kopfbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	169,20	Halsmoment (M _x) [Nm]	24,2	Kopfbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	139,00	Halsmoment (M _x) [Nm]	23,1
Head containment	poor	Halskraft (F _z) [N]	1288,0	Head containment	good	Halskraft (F _z) [N]	442,0
Brustbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	80,66	Brusteindrückung [mm]	23,83	Brustbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	70,89	Brusteindrückung [mm]	28,74
Beckenbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	80,63	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	10,84	Beckenbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	68,37	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	12,21
Beschädigung	-Mehrfach gebrochene Schale			Beschädigung			
Sonstiges	-KSS zu klein für Q1,5			Sonstiges	-hohe Seitenwangen		
<p>Der Kopf des Dummys ragt über das Ende der Rückenlehne. Während beim Frontalaufprall „nur“ die Halsbelastung kritisch zu bewerten ist, sind hier beim Seitenaufprall alle Werte überhöht. Dieser Sitz ist nicht für einen Seitenaufprall ausgelegt. Das ist auch daran erkennbar, dass die Schale unter der Belastung bricht. Damit hat die Babyschale lediglich Tragecharakter und ist von der Geometrie und Steifigkeit ungeeignet, Kräfte gezielt zu dämpfen und einen harten Kontakt mit eindringenden Teilen zu vermeiden. Sie kann bei einem Unfall keinen Schutz bieten.</p> <p>(Diese Babyschale kann mit ein Grund dafür sein, dass Kinder zu zeitig in vorwärtsgerichteten KSS befördert werden, da sie nicht mehr in die Babyschale passen und Eltern nicht für einen kurzen Zeitraum eine größere kaufen. Somit trägt sie doppelt zu einer unsicheren Beförderung der Kinder bei.)</p>				<p>Ganz anders stellt sich KSS B dar. Das wichtigste Kriterium, der Schutz des Kopfes, wird auch mit dem größtmöglichen Dummy für diese Klasse sichergestellt. Die Belastungswerte führen zu einer positiven Bewertung. Durch den Erstkontakt der Tür mit dem Tragebügel wird die Babyschale zeitig auf die Schultern des Dummys gedrückt, die sich auf der Innenseite auf der gleichen Höhe befinden. Daraus resultiert eine Bewegung der Schultern weg von der Tür. Währenddessen bewegt sich der Kopf noch aufgrund seiner Trägheit in die andere Richtung. Dies führt zu leicht höheren Scherkräften als bei KSS A (130 N zu 100 N). Trotzdem sind die Kopf- und Halsbelastungen auf einem sehr niedrigen Niveau und haben ein geringes Verletzungsrisiko zur Folge.</p>			

Tabelle 14: Ergebnisse von KSS A und B bei TUB-SIPCRS (Klasse 0+ mit Q1,5)

Fazit: Durch den Kontakt des Dummykopfes mit der Tür und den daraus resultierenden Belastungen bei KSS A ergibt sich ein um ein Vielfaches höheres Schutzpotenzial von KSS B.

5.3.1.3 ADAC-Seite

KSS C mit Q1,5				KSS B mit Q1,5			
							
Daten / Ergebnisse		Bewertung		Daten / Ergebnisse		Bewertung	
		55				158	
Preis [Euro]	60	Masse [kg]	2,4	Preis [Euro]	99	Masse [kg]	3,9
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	146,20	Halsmoment (M_x) [Nm]	20,4	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	107,00	Halsmoment (M_x) [Nm]	12,7
Head containment	poor	Halskraft (F_z) [N]	851,6	Head containment	good	Halskraft (F_z) [N]	557,9
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	61,55	Brusteindrückung [mm]	4,6	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	48,20	Brusteindrückung [mm]	2,62
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	51,81	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	15,94	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	47,94	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	10,89
Beschädigung				Beschädigung			
Sonstiges	-KSS zu klein für Q1,5			Sonstiges	-Hohe Seitenwangen bieten guten Seitenschutz		
<p>Die Füße des Dummys berühren den Haltebügel. Das hat zwar keine messbaren Auswirkungen auf die Sicherheit, jedoch ist es aus Komfortgründen nicht zu erwarten, dass ein gleichgroßes Kind in diesem KSS befördert wird. Problematisch hierbei ist, dass so der zu zeitige Wechsel in die nächst höhere Klasse 1 gefördert wird, obwohl es Babyschalen gibt, die das Kind noch ein, zwei Monate länger rückwärtsgerichtet befördern können.</p> <p>Aufgrund des fehlenden Kopfschutzes ist ein Kontakt zur Tür möglich. Hier würden höher ausgeführte Seitenwangen Schutz bieten, sofern sie auch mit Polstermaterial versehen sind.</p>				<p>Obwohl die Babyschale nicht deutlich größer ist, findet der Dummy viel besser Platz. Im Kopfbereich ist sie sogar etwas enger als KSS C ausgeformt. Je enger hier der Platz ist, desto eher kommt es im Seitenaufprall zu einem Kontakt. Das verringert bei vorhandener Materialauswahl (Polystyrol-Einlagen) die Kopfbelastung.</p> <p>Die stabile Konstruktion und Ausführung hält den Dummy sicher im KSS. Die Auspolsterung der Seitenwangen ist vom Platz her für günstige Kopfbelastungen gewählt, jedoch könnte durch den Einsatz eines anderen, energieabsorbierenden Materials die Beschleunigung weiter gesenkt werden.</p>			

Tabelle 15: Ergebnisse von KSS C und B bei ADAC-Seitenaufprall (Klasse 0+ mit Q1,5)

Fazit: Durch den Kontakt des Dummykopfes mit der Tür und den daraus resultierenden Belastungen bei KSS C ergibt sich ein klar höheres Schutzpotenzial von KSS B.

5.3.2 Klasse 1

5.3.2.1 ECE R44

KSS D mit Q1		KSS E mit Q1																																																																																	
																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung</th> <th>53</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>68</td> <td>Masse [kg]</td> <td>5,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>85,40</td> <td>Halsmoment (M_{res}) [Nm]</td> <td>22,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfvorverlagerung [mm]</td> <td>520</td> <td>Halskraft (F_{res}) [N]</td> <td>2499,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>50,26</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>23,72</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>56,93</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>41,78</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3"></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3">-KSS lässt sich nicht fest anschnallen -KSS-Gurt spannt nur einseitig -Gurtführung -3-Punktgurt sehr fehleranfällig (Unfallanalyse zeigt, dass sogar Ausreißen möglich ist)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse		Bewertung		53	Preis [Euro]	68	Masse [kg]	5,1		Kopfbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	85,40	Halsmoment (M _{res}) [Nm]	22,0		Kopfvorverlagerung [mm]	520	Halskraft (F _{res}) [N]	2499,0		Brustbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	50,26	Brusteindrückung [mm]	23,72		Beckenbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	56,93	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	41,78		Beschädigung					Sonstiges	-KSS lässt sich nicht fest anschnallen -KSS-Gurt spannt nur einseitig -Gurtführung -3-Punktgurt sehr fehleranfällig (Unfallanalyse zeigt, dass sogar Ausreißen möglich ist)				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung</th> <th>92</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>170</td> <td>Masse [kg]</td> <td>10,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>60,20</td> <td>Halsmoment (M_{res}) [Nm]</td> <td>23,9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfvorverlagerung [mm]</td> <td>490</td> <td>Halskraft (F_{res}) [N]</td> <td>1781,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>39,49</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>19,05</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>46,63</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>23,98</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3"></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3">-einfach zu bedienende 7-Stufige Gurthöhenverstellung</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse		Bewertung		92	Preis [Euro]	170	Masse [kg]	10,3		Kopfbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	60,20	Halsmoment (M _{res}) [Nm]	23,9		Kopfvorverlagerung [mm]	490	Halskraft (F _{res}) [N]	1781,0		Brustbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	39,49	Brusteindrückung [mm]	19,05		Beckenbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	46,63	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	23,98		Beschädigung					Sonstiges	-einfach zu bedienende 7-Stufige Gurthöhenverstellung			
Daten / Ergebnisse		Bewertung		53																																																																															
Preis [Euro]	68	Masse [kg]	5,1																																																																																
Kopfbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	85,40	Halsmoment (M _{res}) [Nm]	22,0																																																																																
Kopfvorverlagerung [mm]	520	Halskraft (F _{res}) [N]	2499,0																																																																																
Brustbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	50,26	Brusteindrückung [mm]	23,72																																																																																
Beckenbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	56,93	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	41,78																																																																																
Beschädigung																																																																																			
Sonstiges	-KSS lässt sich nicht fest anschnallen -KSS-Gurt spannt nur einseitig -Gurtführung -3-Punktgurt sehr fehleranfällig (Unfallanalyse zeigt, dass sogar Ausreißen möglich ist)																																																																																		
Daten / Ergebnisse		Bewertung		92																																																																															
Preis [Euro]	170	Masse [kg]	10,3																																																																																
Kopfbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	60,20	Halsmoment (M _{res}) [Nm]	23,9																																																																																
Kopfvorverlagerung [mm]	490	Halskraft (F _{res}) [N]	1781,0																																																																																
Brustbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	39,49	Brusteindrückung [mm]	19,05																																																																																
Beckenbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	46,63	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	23,98																																																																																
Beschädigung																																																																																			
Sonstiges	-einfach zu bedienende 7-Stufige Gurthöhenverstellung																																																																																		
<p>Da der Beckengurt unter dem Sitz geführt ist, ergibt sich ein tiefer Drehpunkt. Dies und die Gestaltung der Gurtführung als Rundung lassen den Sitz im Stand nicht fest erscheinen. Selbst eine höhere Gurtkraft als vorgeschrieben verhindert nicht, dass das KSS auf der Sitzbank wackelt. In der Filmauswertung ist zu sehen, dass sich zunächst das KSS und dann auch der Dummy sehr weit nach vorn bewegen. Es kommt zusätzlich noch zu einer Rotation des KSS, da die Aufstandsfläche nicht flächig ausgebildet auf der Sitzbank liegt. Zudem wird durch die Gurtführung eine seitliche Rotation um die Hochachse (Z-Achse) eingeleitet. Beim Rebound führt das dazu, dass der Dummy das KSS kurzzeitig verlässt.</p> <p>Der ECE-Grenzwert (30 g) für die Brustbeschleunigung in Z-Richtung wurde deutlich überschritten.</p>		<p>KSS E fällt bereits durch die doppelte Masse auf. Die Konstruktion ist sehr robust und bietet die Funktion, dass nach dem Befestigen des Gurtes am Untergestell dieser automatisch gestrafft wird. Dies führt dazu, dass sich die Gurtspannung im oberen Teil des 3-Punkt-Gurtes nicht ändert, aber sich auf der Gurtschloss und –endbeschlagseite von 50N auf ca. 200N vervierfacht. Bereits im Stand lässt sich nunmehr das KSS kaum nach vorn bewegen. Bei der Filmauswertung ist zu sehen, dass dadurch das KSS sehr gut zurückgehalten wird.</p> <p>Es nimmt somit zeitig an der Verzögerung des Schlittens teil und erzielt dadurch geringere Belastungswerte.</p>																																																																																	

Tabelle 16: Ergebnisse von KSS D und E bei ECE-R44 (Klasse 1 mit Q1)

Fazit: KSS E weist deutlich geringere Belastungswerte auf und bietet somit höheren Schutz.

KSS F mit Q3		KSS E mit Q3																																																																	
																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung 72</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>40</td> <td>Masse [kg]</td> <td>4,4</td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>64,52</td> <td>Halsmoment (M_{res}) [Nm]</td> <td>27,2</td> </tr> <tr> <td>Kopfvorverlagerung [mm]</td> <td>546</td> <td>Halskraft (F_{res}) [N]</td> <td>2472,0</td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>39,92</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>29,55</td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>56,05</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>23,48</td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3"> -KSS lässt sich nicht fest anschnallen -Gurthöhenverstellung schwierig und Fehleinbau möglich -Gurtschloss direkt über dem Bauchbereich </td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse		Bewertung 72		Preis [Euro]	40	Masse [kg]	4,4	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	64,52	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	27,2	Kopfvorverlagerung [mm]	546	Halskraft (F_{res}) [N]	2472,0	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	39,92	Brusteindrückung [mm]	29,55	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	56,05	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	23,48	Beschädigung				Sonstiges	-KSS lässt sich nicht fest anschnallen -Gurthöhenverstellung schwierig und Fehleinbau möglich -Gurtschloss direkt über dem Bauchbereich			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung 75</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>170</td> <td>Masse [kg]</td> <td>10,3</td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>57,18</td> <td>Halsmoment (M_{res}) [Nm]</td> <td>27,7</td> </tr> <tr> <td>Kopfvorverlagerung [mm]</td> <td>550</td> <td>Halskraft (F_{res}) [N]</td> <td>2358</td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>49,23</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>29,28</td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>56,39</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>27,38</td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3">-einfach zu bedienende 7-Stufige Gurthöhenverstellung</td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse		Bewertung 75		Preis [Euro]	170	Masse [kg]	10,3	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	57,18	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	27,7	Kopfvorverlagerung [mm]	550	Halskraft (F_{res}) [N]	2358	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	49,23	Brusteindrückung [mm]	29,28	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	56,39	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	27,38	Beschädigung				Sonstiges	-einfach zu bedienende 7-Stufige Gurthöhenverstellung		
Daten / Ergebnisse		Bewertung 72																																																																	
Preis [Euro]	40	Masse [kg]	4,4																																																																
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	64,52	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	27,2																																																																
Kopfvorverlagerung [mm]	546	Halskraft (F_{res}) [N]	2472,0																																																																
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	39,92	Brusteindrückung [mm]	29,55																																																																
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	56,05	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	23,48																																																																
Beschädigung																																																																			
Sonstiges	-KSS lässt sich nicht fest anschnallen -Gurthöhenverstellung schwierig und Fehleinbau möglich -Gurtschloss direkt über dem Bauchbereich																																																																		
Daten / Ergebnisse		Bewertung 75																																																																	
Preis [Euro]	170	Masse [kg]	10,3																																																																
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	57,18	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	27,7																																																																
Kopfvorverlagerung [mm]	550	Halskraft (F_{res}) [N]	2358																																																																
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	49,23	Brusteindrückung [mm]	29,28																																																																
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	56,39	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	27,38																																																																
Beschädigung																																																																			
Sonstiges	-einfach zu bedienende 7-Stufige Gurthöhenverstellung																																																																		
<p>Obwohl sich KSS F und D nach Hersteller und Material unterscheiden, sind hier gleichartige Mängel zu finden. Die Art der Gurtführung des Pkw-Gurtes führt zu einem nicht festen Stand auf der Sitzbank, obwohl der Gurt gespannt ist. Hier ist die Gurtführung zwar enger ausgebildet, aber nicht frei zugänglich. Der Gurt muss hier durch das KSS durchgesteckt werden. Die Höhenverstellung des KSS-Gurtes ist nicht einfach durchzuführen und die Plastikhalterung am unteren Ende zu schwach ausgebildet. Es ist möglich, dass das Gurtende auf eine falsche Plastik-Leiste gesteckt wird, die zu schwach ausgebildet ist. Das könnte ein Herausreißen des Gurtes mit schwerwiegenden Verletzungen zur Folge haben.</p> <p>Die gemessenen Abdominalkräfte liegen höher als bei KSS E. Sie wurden mittels eines neuartigen Sensors gemessen, der in [JOHANNSEN, 2006b] beschrieben ist. Grund für die hohe Belastung ist das direkt vor dem Bauch platzierte Gurtschloss.</p>		<p>Die Belastungswerte sind gegenüber dem KSS F niedriger. Dazu trägt die feste Sicherung des KSS bei. Hinzu kommt ein passender Gurtverlauf der beiden Gurte. Der Pkw-Gurt wird gerade durch das KSS geführt und knickt nicht ein. Außerdem passt er sehr gut in die Gurtführung. Der 5-Punkt-Gurt des KSS liegt einerseits mit dem Gurtschloss tief, so dass die unteren Gurte auch über das Becken des Dummys geführt werden. Die Schultergurte sind gepolstert und stehen dicht zusammen, sodass kein seitliches Herausrutschen möglich ist.</p> <p>Die Abdominalkräfte liegen deutlich niedriger als bei KSS F, da das Gurtschloss und damit auch die Beckengurte nicht über den Bauchraum sondern über das Becken geführt sind.</p>																																																																	

Tabelle 17: Ergebnisse von KSS F und E bei ECE-R44 (Klasse 1 mit Q3)

Fazit: KSS E bietet mehr Sicherheit. Durch die bessere Gurtführung und Vorspannung im KSS werden geringere Belastungen erzielt. Im Gegensatz zu KSS F ist außerdem die Handhabung vereinfacht.

5.3.2.2 HighSpeed

KSS N mit Q3		KSS M mit Q3																																																																																	
																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung</th> <th>22</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>73</td> <td>Masse [kg]</td> <td>5,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>92,55</td> <td>Halsmoment (M_{res}) [Nm]</td> <td>32,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfvorverlagerung [mm]</td> <td>690</td> <td>Halskraft (F_{res}) [N]</td> <td>3345,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>68,20</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>37,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>70,77</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>45,24</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3">-Verstellschiene abgerissen -Gurtführung eingeknickt -Gurtspanner gebrochen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3">-KSS ist nicht fest auf der Sitzbank installierbar</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse		Bewertung		22	Preis [Euro]	73	Masse [kg]	5,3		Kopfbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	92,55	Halsmoment (M _{res}) [Nm]	32,0		Kopfvorverlagerung [mm]	690	Halskraft (F _{res}) [N]	3345,0		Brustbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	68,20	Brusteindrückung [mm]	37,00		Beckenbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	70,77	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	45,24		Beschädigung	-Verstellschiene abgerissen -Gurtführung eingeknickt -Gurtspanner gebrochen				Sonstiges	-KSS ist nicht fest auf der Sitzbank installierbar				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung</th> <th>26</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>280</td> <td>Masse [kg]</td> <td>13,6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>87,45</td> <td>Halsmoment (M_{res}) [Nm]</td> <td>48,9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfvorverlagerung [mm]</td> <td>690</td> <td>Halskraft (F_{res}) [N]</td> <td>2843,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>69,95</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>31,89</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>88,90</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>52,30</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3">-Gurtspanner verbogen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3">-Gummierung der Gurtpolster zerstört -Stützfuß</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse		Bewertung		26	Preis [Euro]	280	Masse [kg]	13,6		Kopfbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	87,45	Halsmoment (M _{res}) [Nm]	48,9		Kopfvorverlagerung [mm]	690	Halskraft (F _{res}) [N]	2843,0		Brustbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	69,95	Brusteindrückung [mm]	31,89		Beckenbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	88,90	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	52,30		Beschädigung	-Gurtspanner verbogen				Sonstiges	-Gummierung der Gurtpolster zerstört -Stützfuß			
Daten / Ergebnisse		Bewertung		22																																																																															
Preis [Euro]	73	Masse [kg]	5,3																																																																																
Kopfbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	92,55	Halsmoment (M _{res}) [Nm]	32,0																																																																																
Kopfvorverlagerung [mm]	690	Halskraft (F _{res}) [N]	3345,0																																																																																
Brustbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	68,20	Brusteindrückung [mm]	37,00																																																																																
Beckenbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	70,77	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	45,24																																																																																
Beschädigung	-Verstellschiene abgerissen -Gurtführung eingeknickt -Gurtspanner gebrochen																																																																																		
Sonstiges	-KSS ist nicht fest auf der Sitzbank installierbar																																																																																		
Daten / Ergebnisse		Bewertung		26																																																																															
Preis [Euro]	280	Masse [kg]	13,6																																																																																
Kopfbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	87,45	Halsmoment (M _{res}) [Nm]	48,9																																																																																
Kopfvorverlagerung [mm]	690	Halskraft (F _{res}) [N]	2843,0																																																																																
Brustbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	69,95	Brusteindrückung [mm]	31,89																																																																																
Beckenbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	88,90	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	52,30																																																																																
Beschädigung	-Gurtspanner verbogen																																																																																		
Sonstiges	-Gummierung der Gurtpolster zerstört -Stützfuß																																																																																		
<p>Die Versuche unter hoher Belastung zeigen starke Vorverlagerungen des KSS N und damit verbunden auch des Dummys. Hinzu kommt eine sehr weite Halsbiegung nach vorn. Der schwere Kopf zieht sehr stark am Hals und die Halskräfte erreichen ein kritisches Niveau.</p> <p>Der Kindersitz kann zwischen einer Liegeposition und der Normalposition verstellt werden. Die Belastung ist so hoch, dass der Sperrmechanismus versagt und das KSS sich selbsttätig aus der Normalposition nach vorn bewegt. Dies hat einen harten Anschlag am Ende der Bewegung zur Folge, welcher eine hohe Belastungsspitze hervorruft. Der einseitige Gurtspanner, der aus Plastik besteht, bricht. Das KSS ist damit nicht in der Lage, die zugeführte Energie ausreichend weiterzuleiten oder zu absorbieren.</p>		<p>KSS M weist eine konstruktive Besonderheit auf: Ein Stützfuß verhindert eine zu starke Rotation um die Y-Achse. Trotzdem kommt es zu hohen Belastungen. Durch die starke Gummierung des Gurtpolsters, wird die Dummykleidung zerstört. Insgesamt ist keine starke Beschädigung erkennbar.</p> <p>Da das KSS auch mit ISOFIX-Verbindung angeboten wird, wurde es in einem 2. Versuch auch damit getestet. Es erzielte hier 30 Punkte. Die feste Anbindung an den Pkw und die damit verbundene zeitige Abbremsung, reduzieren die hohen Belastungswerte effektiver als zuvor in der gurtgesicherten Variante.</p>																																																																																	

Tabelle 18: Ergebnisse von KSS N und M bei HighSpeed (Klasse 1 mit Q3)

Fazit: Die Belastung des Tests ist zu hoch für KSS N, das beschädigt wird. Die Messwerte bei KSS M zeigen eine nicht unerhebliche Belastung, die durch ISOFIX gesenkt werden können.

5.3.2.3 TUB-SIPCRS

KSS F mit Q1				KSS E mit Q1			
							
Daten / Ergebnisse		Bewertung		Daten / Ergebnisse		Bewertung	
Preis [Euro]	40	Masse [kg]	4,4	Preis [Euro]	170	Masse [kg]	10,3
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	117,40	Halsmoment (M_x) [Nm]	13,5	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	99,66	Halsmoment (M_x) [Nm]	26,1
Head containment	good	Halskraft (F_z) [N]	830,7	Head containment	good	Halskraft (F_z) [N]	1143,0
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	80,02	Brusteindrückung [mm]	16,43	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	122,80	Brusteindrückung [mm]	16,38
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	115,60	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	20,13	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	132,40	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	21,75
Beschädigung				Beschädigung			
Sonstiges	-KSS lässt sich nicht fest anschnallen -Gurthöhenverstellung schwierig und Fehleinbau möglich -Gurtschloss direkt über dem Bauchbereich			Sonstiges	-einfach zu bedienende 7-Stufige Gurthöhenverstellung		
<p>Ein seitlicher Kopfschutz ist nur ansatzweise realisiert. Er reicht aus, den Dummy vor einem Kontakt mit der eindringenden Tür zu schützen. Der Sitz kann während des Versuches der Tür ausweichen, da er nicht fest anschnallbar ist. Durch die relativ weichen Seitenteile, die sich unter der Belastung durch die Tür weit durchbiegen, wird der Dummy großflächig belastet. Er kommt beim Rebound etwas aus dem rechten Schultergurt heraus und wird durch einen Hals-Gurt-Kontakt an der linken Seite gehalten. Die weiteren Belastungswerte deuten auf ein niedriges Verletzungsrisiko.</p>				<p>Der Seitenschutz ist bei diesem KSS deutlich ausgeprägt. Dies zeigt sich auch im Test. Alle Dummyteile werden innerhalb des KSS gehalten. Die Seitenstruktur ist steifer als bei KSS F und verformt sich kaum. Daher kommt es zu hohen Belastungen des gesamten Dummys. Außer der Kopfbeschleunigung sind alle Belastungswerte höher als bei KSS F. Die stärkere Struktur und die durch den Straffmechanismus höhere Gurtspannung lässt kaum Bewegung und Verformung zu. Das aber führt zu hohen Insassenbelastungen, da hier kaum Verzögerungsweg ermöglicht ist.</p>			

Tabelle 19: Ergebnisse von KSS F und E bei TUB-SIPCRS (Klasse 1 mit Q1)

Fazit: Während KSS E fest angeschnallt werden kann, wackelt KSS F auf der Sitzbank. Dies führt bei KSS F zu Vorteilen beim Seitenaufprall, bei dem sich das KSS zusätzlich bewegen kann und den Kontakt zur Tür verringert.

KSS F mit Q3		KSS E mit Q3																																																																	
																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th>Bewertung</th> <th>117</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>40</td> <td>Masse [kg]</td> <td>4,4</td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>83,61</td> <td>Halsmoment (M_x) [Nm]</td> <td>25,4</td> </tr> <tr> <td>Head containment</td> <td>good</td> <td>Halskraft (F_z) [N]</td> <td>1354,0</td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>90,17</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>13,07</td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>105,50</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>17,68</td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3">-Seitenteile gebrochen</td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3">-KSS lässt sich nicht fest anschnallen -Gurthöhenverstellung schwierig und Fehleinbau möglich -Gurtschloss direkt über dem Bauchbereich</td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse		Bewertung	117	Preis [Euro]	40	Masse [kg]	4,4	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	83,61	Halsmoment (M_x) [Nm]	25,4	Head containment	good	Halskraft (F_z) [N]	1354,0	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	90,17	Brusteindrückung [mm]	13,07	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	105,50	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	17,68	Beschädigung	-Seitenteile gebrochen			Sonstiges	-KSS lässt sich nicht fest anschnallen -Gurthöhenverstellung schwierig und Fehleinbau möglich -Gurtschloss direkt über dem Bauchbereich			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th>Bewertung</th> <th>114</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>170</td> <td>Masse [kg]</td> <td>10,3</td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>82,69</td> <td>Halsmoment (M_x) [Nm]</td> <td>23,6</td> </tr> <tr> <td>Head containment</td> <td>good</td> <td>Halskraft (F_z) [N]</td> <td>1268,0</td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>91,51</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>21,01</td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>106,00</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>14,52</td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3">-einfach zu bedienende 7-Stufige Gurthöhenverstellung</td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse		Bewertung	114	Preis [Euro]	170	Masse [kg]	10,3	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	82,69	Halsmoment (M_x) [Nm]	23,6	Head containment	good	Halskraft (F_z) [N]	1268,0	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	91,51	Brusteindrückung [mm]	21,01	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	106,00	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	14,52	Beschädigung				Sonstiges	-einfach zu bedienende 7-Stufige Gurthöhenverstellung		
Daten / Ergebnisse		Bewertung	117																																																																
Preis [Euro]	40	Masse [kg]	4,4																																																																
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	83,61	Halsmoment (M_x) [Nm]	25,4																																																																
Head containment	good	Halskraft (F_z) [N]	1354,0																																																																
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	90,17	Brusteindrückung [mm]	13,07																																																																
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	105,50	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	17,68																																																																
Beschädigung	-Seitenteile gebrochen																																																																		
Sonstiges	-KSS lässt sich nicht fest anschnallen -Gurthöhenverstellung schwierig und Fehleinbau möglich -Gurtschloss direkt über dem Bauchbereich																																																																		
Daten / Ergebnisse		Bewertung	114																																																																
Preis [Euro]	170	Masse [kg]	10,3																																																																
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	82,69	Halsmoment (M_x) [Nm]	23,6																																																																
Head containment	good	Halskraft (F_z) [N]	1268,0																																																																
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	91,51	Brusteindrückung [mm]	21,01																																																																
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	106,00	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	14,52																																																																
Beschädigung																																																																			
Sonstiges	-einfach zu bedienende 7-Stufige Gurthöhenverstellung																																																																		
<p>Die großflächige Seitenstruktur verhindert einen Kontakt des Dummies mit der Tür und verteilt die eingeleitete Energie. Das führt zu Belastungswerten im mittleren Bereich. Insgesamt wird der Sitz deutlich verformt, ohne aber hinterher bleibende Schäden aufzuzeigen. Die Seitenwand ist etwas zu niedrig und kann den Dummy beim Rebound nicht aufhalten. Er verlässt kurzzeitig das KSS. Insgesamt bleibt weiterhin das Problem, dass das KSS nicht fest anzuschlagen ist. Neben der weichen Struktur des KSS kann es sich auch von der Tür wegdrehen und durch diesen zurückgelegten Weg Energie abbauen. KSS F gleicht somit durch seine Konstruktionsschwächen die Belastungen zufällig positiv aus, sodass die Messwerte niedriger liegen als bei KSS E.</p>		<p>Die stabile Konstruktion schützt den Dummy sicher vor der eindringenden Tür. Alle Körperteile verbleiben im KSS. Beim Rebound reicht auch hier die Größe der Kopfstütze nicht aus, den Kopf zu halten. Er pendelt etwas hinaus. Da das KSS mit einer hohen Gurtspannung auf der Sitzbank befestigt ist, nimmt es zeitig an der Verzögerung teil.</p> <p>Da die Belastungen vorwiegend durch den harten Kontakt mit der steifen Struktur des KSS zustande kommen, bietet KSS E großes Potenzial, durch geringe konstruktive Änderungen Verbesserungen zu erzielen.</p>																																																																	

Tabelle 20: Ergebnisse von KSS F und E bei TUB-SIPCRS (Klasse 1 mit Q3)

Fazit: Beim größeren Q3-Dummy ist der Vorteil des leichten wackeligen KSS F nicht mehr so deutlich, wie beim Q1. Es bleibt beim höheren Potenzial von KSS E, den Seitenaufprall effektiver zu dämpfen.

5.3.2.4 ADAC-Seite

KSS D mit Q3				KSS E mit Q3			
							
Daten / Ergebnisse		Bewertung		Daten / Ergebnisse		Bewertung	
		71				145	
Preis [Euro]	68	Masse [kg]	5,1	Preis [Euro]	170	Masse [kg]	10,3
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	44,30	Halsmoment (M_x) [Nm]	22,8	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	68,53	Halsmoment (M_x) [Nm]	16,1
Head containment	poor	Halskraft (F_z) [N]	1323,0	Head containment	good	Halskraft (F_z) [N]	906,2
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	64,45	Brusteindrückung [mm]	6,02	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	60,64	Brusteindrückung [mm]	10,43
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	69,36	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	15,89	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	87,11	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	25,50
Beschädigung				Beschädigung			
Sonstiges	-KSS lässt sich nicht fest anschnallen - KSS-Gurt spannt nur einseitig -Gurtführung -3-Punktgurt sehr fehleranfällig (Unfallanalyse zeigt, dass Ausreißen möglich ist)			Sonstiges	-einfach zu bedienende 7-Stufige Gurthöhenverstellung		
<p>Ein besonderes Problem ist, dass das KSS trotz normal gespannten Fahrzeuggurtes nicht fest auf der Sitzbank steht. Die Gurtführung ist derart schlecht konzipiert, dass sich das KSS mehrere Zentimeter in Y-Richtung hin und her schieben lässt. Das liegt daran, dass große Öffnungen am KSS-Unterbau als Gurtführung dienen. Der Gurt kann nicht platziert geführt werden, da spezielle Elemente fehlen. Dadurch ist kein Straffen des Gurtes möglich, was zu der Beweglichkeit des KSS führt.</p> <p>Durch fehlende Seitenwangen kommt es zu einem Kopfkontakt mit der Tür. Durch den relativ weiten Weg, den der Kopf zurücklegen kann, sind die Beschleunigungen gering. Entscheidend für die Bewertung der Schutzwirkung ist aber der Kopfkontakt.</p>				<p>Das Gewicht des KSS E ist deutlich höher als bei KSS D. Dies kommt zum einen durch den sehr stabilen Aufbau von Untergestell und Oberteil. Zudem kommt eine Einrichtung hinzu, die den Fahrzeuggurt zusätzlich vorspannt. Dadurch kann dieser Sitz sehr fest auf der Sitzbank installiert werden. Durch die breiten Seitenwangen im Kopf- und Beckenbereich, stützt sich der Sitz an der Tür ab und es kommt zu keinem Kontakt zwischen Dummy und Fahrzeugteilen. Die Seitenwangen im Kopfbereich sind recht steif, daher sind hohe Beschleunigungen zu messen.</p> <p>Das KSS wirkt hochwertig und verfügt über klare Gurtführungspunkte, in die der Fahrzeuggurt gerade eingelegt wird und sich nicht unter Zugspannung zusammenrollen kann.</p>			

Tabelle 21: Ergebnisse von KSS D und E bei ADAC-Seite (Klasse 1 mit Q3)

Fazit: Der fehlende Kopfschutz ist der Hauptgrund für das schlechte Abschneiden von KSS D. Im Gegensatz dazu schützt KSS E den Dummy besser vor hohen Belastungen.

5.3.3 Klasse 2/3

5.3.3.1 ECE R44

KSS G mit Q3		KSS H mit Q3																																																																																	
																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung</th> <th>74</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>43</td> <td>Masse [kg]</td> <td>3,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung (a_{res} 3 ms) [g]</td> <td>79,39</td> <td>Halsmoment (M_{res}) [Nm]</td> <td>24,2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfvorverlagerung [mm]</td> <td>390</td> <td>Halskraft (F_{res}) [N]</td> <td>3424,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung (a_{res} 3 ms) [g]</td> <td>49,40</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>34,85</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung (a_{res} 3 ms) [g]</td> <td>46,35</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>17,49</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3"></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3"> -keine definierte Schultergurtführung, daher Halskontakt des Gurtes -KSS kippt ohne Kräfteinwirkung um -Höhenverstellung rastet kaum ein und bewegt sich fast selbst </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse		Bewertung		74	Preis [Euro]	43	Masse [kg]	3,0		Kopfbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	79,39	Halsmoment (M _{res}) [Nm]	24,2		Kopfvorverlagerung [mm]	390	Halskraft (F _{res}) [N]	3424,0		Brustbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	49,40	Brusteindrückung [mm]	34,85		Beckenbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	46,35	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	17,49		Beschädigung					Sonstiges	-keine definierte Schultergurtführung, daher Halskontakt des Gurtes -KSS kippt ohne Kräfteinwirkung um -Höhenverstellung rastet kaum ein und bewegt sich fast selbst				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung</th> <th>104</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>125</td> <td>Masse [kg]</td> <td>4,6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung (a_{res} 3 ms) [g]</td> <td>62,93</td> <td>Halsmoment (M_{res}) [Nm]</td> <td>19,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopfvorverlagerung [mm]</td> <td>360</td> <td>Halskraft (F_{res}) [N]</td> <td>2793,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung (a_{res} 3 ms) [g]</td> <td>41,67</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>34,48</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung (a_{res} 3 ms) [g]</td> <td>34,76</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>15,79</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3"></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3"> -gute Einstellbarkeit der Kopfstütze mit Gurtführung -Montageplatte zur zusätzlichen Befestigung des Sitzunterbaus an der Sitzbank </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse		Bewertung		104	Preis [Euro]	125	Masse [kg]	4,6		Kopfbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	62,93	Halsmoment (M _{res}) [Nm]	19,7		Kopfvorverlagerung [mm]	360	Halskraft (F _{res}) [N]	2793,0		Brustbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	41,67	Brusteindrückung [mm]	34,48		Beckenbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	34,76	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	15,79		Beschädigung					Sonstiges	-gute Einstellbarkeit der Kopfstütze mit Gurtführung -Montageplatte zur zusätzlichen Befestigung des Sitzunterbaus an der Sitzbank			
Daten / Ergebnisse		Bewertung		74																																																																															
Preis [Euro]	43	Masse [kg]	3,0																																																																																
Kopfbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	79,39	Halsmoment (M _{res}) [Nm]	24,2																																																																																
Kopfvorverlagerung [mm]	390	Halskraft (F _{res}) [N]	3424,0																																																																																
Brustbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	49,40	Brusteindrückung [mm]	34,85																																																																																
Beckenbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	46,35	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	17,49																																																																																
Beschädigung																																																																																			
Sonstiges	-keine definierte Schultergurtführung, daher Halskontakt des Gurtes -KSS kippt ohne Kräfteinwirkung um -Höhenverstellung rastet kaum ein und bewegt sich fast selbst																																																																																		
Daten / Ergebnisse		Bewertung		104																																																																															
Preis [Euro]	125	Masse [kg]	4,6																																																																																
Kopfbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	62,93	Halsmoment (M _{res}) [Nm]	19,7																																																																																
Kopfvorverlagerung [mm]	360	Halskraft (F _{res}) [N]	2793,0																																																																																
Brustbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	41,67	Brusteindrückung [mm]	34,48																																																																																
Beckenbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	34,76	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	15,79																																																																																
Beschädigung																																																																																			
Sonstiges	-gute Einstellbarkeit der Kopfstütze mit Gurtführung -Montageplatte zur zusätzlichen Befestigung des Sitzunterbaus an der Sitzbank																																																																																		
<p>Auffällig ist die hohe Kopfbelastung. Daraus resultiert auch eine hohe Halskraft. Konstruktiv zu bemängeln ist der Gurtverlauf, der bereits im Ruhezustand direkt am Hals des Dummys verläuft, da es keine Gurtführung gibt. Beim Test selbst wird der Kontakt noch verstärkt.</p> <p>Insgesamt ist die Verarbeitung und die Stabilität des KSS G auf keinem hohen Niveau, was auch die Tests beweisen. Die Kräfte und Momente sind höher als bei KSS H.</p>		<p>Die Gurtgeometrie ist so gestaltet, dass es auch hier zu einem Kontakt zwischen Gurt und Hals kommt. Die Gefahr eines schweren Kontaktes besteht durch die Vorverlagerung des Dummys, bevor der Gurt richtig gestrafft ist und den Dummy zurückhält. Die Gefahr wäre durch zusätzliche Straffer oder eine andere Gurtführung minimierbar.</p> <p>Es wurden reduzierte Belastungen gemessen, die im Vergleich zum anderen KSS G zum Teil nur 75 % betragen. Durch die zusätzliche Bodenplatte und die runde Ausformung der Gurtführung wird das KSS im unteren Teil gut zurückgehalten und nimmt zeitig an der Verzögerung teil. Daraus resultiert die niedrige Beckenbelastung.</p>																																																																																	

Tabelle 22: Ergebnisse von KSS G und H bei ECE-R44 (Klasse 2/3 mit Q3)

Fazit: Die Bewertung von KSS H ist in allen Bereichen besser. Die konstruktive Auslegung führt zu einem höheren Schutzpotenzial.

KSS L mit Q6				KSS J mit Q6			
							
Daten / Ergebnisse		Bewertung		Daten / Ergebnisse		Bewertung	
Preis [Euro]	35	Masse [kg]	2,9	Preis [Euro]	140	Masse [kg]	4,9
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	64,23	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	38,5	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	62,85	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	35,1
Kopfvorverlagerung [mm]	340	Halskraft (F_{res}) [N]	2368,0	Kopfvorverlagerung [mm]	340	Halskraft (F_{res}) [N]	2110,0
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	49,59	Brusteindrückung [mm]	49,91	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	39,48	Brusteindrückung [mm]	39,02
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	39,57	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	38,10	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	38,07	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	23,09
Beschädigung				Beschädigung			
Sonstiges	-keine Schultergurtführung, daher beim Versuch Halskontakt -keine rote Farbmarkierung der Gurtführung			Sonstiges	-einfach verstellbare Kopfstütze		
<p>Obwohl die reinen Messwerte nicht deutlich über den des anderen KSS liegen, führen hier mehrer Faktoren zu einem schlechten Ergebnis. Durch eine systembedingte höhere Gurtlose kommt es zu einer höheren Vorverlagerung des KSS. Beim Rückprall biegt sich die etwas zu kurze Kopfstütze weit durch. In Pkw ohne eigene Kopfstütze würde es wie im Versuch zu einer Überdehnung (Extension) des Halses kommen, die bei größeren Kindern noch stärker wäre.</p> <p>Der ECE-Grenzwert (30 g) für die Brustbeschleunigung in Z-Richtung wurde deutlich überschritten.</p>				<p>Diese Gurtgeometrie ist bereits vor dem Versuch auffällig. Der Gurt verläuft mittig über die Schulter und über den Brustkorb. Das führt zu einer guten Rückhaltung bei dem Test und spiegelt sich in geringen Belastungswerten wieder. Es kommt hier nicht wie bei anderen KSS-Modellen zu einem Kontakt zwischen Hals und Gurt. Auch sonst führt das KSS zu niedrigen Belastungswerten.</p> <p>Von der Verarbeitung und der Gurtführung her ist dieses KSS J deutlich höherwertig als das KSS L.</p>			

Tabelle 23: Ergebnisse von KSS L und J bei ECE-R44 (Klasse 2/3 mit Q6)

Fazit: Durch eine geeignete Gurtführung wird der Unterschied zwischen den beiden KSS bestimmt. KSS J bietet dem Q6 einen höheren Schutz als KSS L.

Sitzerhöhung K mit Q6		Gurtführung mit Q6																																																																	
																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>5</td> <td>Masse [kg]</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>79,25</td> <td>Halsmoment (M_{res}) [Nm]</td> <td>47,2</td> </tr> <tr> <td>Kopfvorverlagerung [mm]</td> <td>x</td> <td>Halskraft (F_{res}) [N]</td> <td>2314,0</td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>38,50</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>47,74</td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>34,72</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>19,98</td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3">-zerbrochen</td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3">-keine Schultergurtführung, daher beim Versuch Halskontakt -keine Beckengurtführung, daher hohe Belastung im Bauchbereich</td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse		Bewertung		Preis [Euro]	5	Masse [kg]	1,0	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	79,25	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	47,2	Kopfvorverlagerung [mm]	x	Halskraft (F_{res}) [N]	2314,0	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	38,50	Brusteindrückung [mm]	47,74	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	34,72	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	19,98	Beschädigung	-zerbrochen			Sonstiges	-keine Schultergurtführung, daher beim Versuch Halskontakt -keine Beckengurtführung, daher hohe Belastung im Bauchbereich			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>15</td> <td>Masse [kg]</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>78,71</td> <td>Halsmoment (M_{res}) [Nm]</td> <td>48,5</td> </tr> <tr> <td>Kopfvorverlagerung [mm]</td> <td>x</td> <td>Halskraft (F_{res}) [N]</td> <td>2581,0</td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>45,29</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>(47,74)</td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]</td> <td>40,25</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>20,11</td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3">-Abdominalpenetration</td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse		Bewertung		Preis [Euro]	15	Masse [kg]	1,0	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	78,71	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	48,5	Kopfvorverlagerung [mm]	x	Halskraft (F_{res}) [N]	2581,0	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	45,29	Brusteindrückung [mm]	(47,74)	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	40,25	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	20,11	Beschädigung				Sonstiges	-Abdominalpenetration		
Daten / Ergebnisse		Bewertung																																																																	
Preis [Euro]	5	Masse [kg]	1,0																																																																
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	79,25	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	47,2																																																																
Kopfvorverlagerung [mm]	x	Halskraft (F_{res}) [N]	2314,0																																																																
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	38,50	Brusteindrückung [mm]	47,74																																																																
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	34,72	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	19,98																																																																
Beschädigung	-zerbrochen																																																																		
Sonstiges	-keine Schultergurtführung, daher beim Versuch Halskontakt -keine Beckengurtführung, daher hohe Belastung im Bauchbereich																																																																		
Daten / Ergebnisse		Bewertung																																																																	
Preis [Euro]	15	Masse [kg]	1,0																																																																
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	78,71	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	48,5																																																																
Kopfvorverlagerung [mm]	x	Halskraft (F_{res}) [N]	2581,0																																																																
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	45,29	Brusteindrückung [mm]	(47,74)																																																																
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	40,25	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	20,11																																																																
Beschädigung																																																																			
Sonstiges	-Abdominalpenetration																																																																		
<p>Es handelt sich hierbei um eine einfache Sitzerhöhung aus Polystyrol. Ziel ist, durch die erhöhte Sitzposition einen besseren Gurtverlauf des 3-Punkt-Gurtes zu schaffen. Allerdings ist fraglich, ob das für alle Kinder gilt, die diesen Sitz benutzen dürfen. Aufgrund der Zulassung ist er von 15-36 kg benutzbar, was einer Größe von ca. 90-150 cm entspricht. Beim Test ist erkennbar, dass der Gurt sehr tief in den Bauchbereich des Dummies einschneidet. Die Sitzerhöhung wird zerstört. Beim Rebound schlägt der Dummykopf hart auf die Lehne auf und berührt sogar Metallteile. Das wäre auch in einem Pkw möglich.</p> <p>Da bei dem Versuch mit der Sitzerhöhung K keine Kopfvorverlagerung gemessen wurde, wurden die vorherigen KSS zum besseren Vergleich neu bewertet. Ohne die Bewertung dieses Messwerts kommt KSS L auf 55 und KSS J auf 66 Punkte. Die Sitzerhöhung ist mit 49 Punkten deutlich schlechter.</p>		<p>Der Schultergurt wird mithilfe des Beckengurtes nach unten gezogen. So soll der korrekte Verlauf des Schultergurtes sichergestellt werden. Dabei wird aber der Beckengurt etwas nach oben gezogen und verläuft direkt über dem Bauch. Beim Versuch führt das dazu, dass der Dummy über den Bauch zurückgehalten wird. Der hohe Schwerpunkt und der ungünstige Gurtverlauf führen zu einer starken Rotation des Dummies. Dies hätte eine hohe Verletzungsschwere im Bauchbereich und zwischen Hals und Kopf zur Folge. Es besteht ein sehr großer Unterschied zwischen dieser Einrichtung und dem KSS J. Nicht nur die Maximalwerte liegen deutlich höher, auch der Anstieg der Beschleunigungen ist steiler.</p>																																																																	

Tabelle 24: Ergebnisse Q6 mit Sitzerhöhung K und Gurtführung bei ECE-R44 (Klasse 2/3 mit Q6)

Fazit: Die Sitzerhöhung und die Gurtführung wurden als Vergleich zu den zuvor beschriebenen KSS getestet. Die Bewertung ist aufgrund hoher Messwerte sehr schlecht.

5.3.3.2 HighSpeed

KSS O mit Q3				KSS J mit Q3			
							
Daten / Ergebnisse		Bewertung (39)		Daten / Ergebnisse		Bewertung (37)	
Preis [Euro]	43	Masse [kg]	2,9	Preis [Euro]	140	Masse [kg]	4,9
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	101,60	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	39,7	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	95,87	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	34,3
Kopfvorverlagerung [mm]	410	Halskraft (F_{res}) [N]	4708,0	Kopfvorverlagerung [mm]	460	Halskraft (F_{res}) [N]	3985,0
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	58,62	Brusteindrückung [mm]	41,13	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	58,28	Brusteindrückung [mm]	38,22
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	53,83	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	38,69	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	63,85	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	32,83
Beschädigung	-Sitzfläche seitlich eingeknickt			Beschädigung			
Sonstiges	-keine Schultergurtführung, daher Gurt-Hals-Kontakt			Sonstiges			
<p>Durch die fehlende Einstellmöglichkeit der Kopfstütze ist auch keine Höhenverstellung des Schultergurtes möglich.</p> <p>Vor allem die Anfangspositionierung des Gurtes beeinflusst die Kinematik. Der Kopf wird sehr weit ausgelenkt und die Kräfte auf den Hals sowie die Kopfbelastung würden erhebliche Verletzungen verursachen. Der Gurt dringt tief in den Abdominalbereich ein. Durch die fehlende Gurtführung wird der Gurt bei der Vorwärtsbewegung des Dummys sehr schnell in Richtung Hals gestrafft und der Dummyhals gleitet an der scharfen Kante nach vorn. Auch hier besteht ein sehr hohes Verletzungsrisiko.</p>				<p>Der Kinematikverlauf von KSS J ist ähnlich dem von KSS O. Auch hier ist vor allem die Ausgangsposition ausschlaggebend. Die Gurtführung verhindert weitestgehend den Gurt-Hals-Kontakt. Auch hier sind jedoch hohe Hals- und Kopfbelastungen zu verzeichnen. Sie sind etwas niedriger als bei KSS O. Da das Bewertungsschema dem NPACS-Puls angepasst ist, spiegelt sich das nicht in der Punktebewertung wieder. Die gemessenen Belastungswerte sind damit höher und fast außerhalb des Bereiches der Punkte.</p> <p>KSS J schneidet nach Analyse aller Daten besser ab.</p>			

Tabelle 25: Ergebnisse von KSS O und J bei HighSpeed (Klasse 2/3 mit Q3)

Fazit: Unter den schweren Testbedingungen ist die Schutzwirkung beider KSS ähnlich. Die Kopf- und Halsbelastung ist bei KSS J etwas geringer.

5.3.3.3 TUB-SIPCRS

KSS L mit Q3				KSS J mit Q3			
							
Daten / Ergebnisse		Bewertung		Daten / Ergebnisse		Bewertung	
Preis [Euro]	35	Masse [kg]	2,9	Preis [Euro]	140	Masse [kg]	4,9
Kopfbeschleunigung (ares 3 ms) [g]	89,24	Halsmoment (Mx) [Nm]	33,3	Kopfbeschleunigung (ares 3 ms) [g]	79,62	Halsmoment (Mx) [Nm]	24,0
Head containment	poor	Halskraft (Fz) [N]	3005,0	Head containment	good	Halskraft (Fz) [N]	1629,0
Brustbeschleunigung (ares 3 ms) [g]	84,88	Brusteindrückung [mm]	22,1	Brustbeschleunigung (ares 3 ms) [g]	127,00	Brusteindrückung [mm]	15,39
Beckenbeschleunigung (ares 3 ms) [g]	124,00	Brustbeschleunigung (az) [g]	15,90	Beckenbeschleunigung (ares 3 ms) [g]	118,70	Brustbeschleunigung (az) [g]	20,11
Beschädigung				Beschädigung			
Sonstiges				Sonstiges			
<p>Das KSS L bietet kein seitliches Schutzpotenzial. Die angedeuteten Seitenelemente verhindern nicht den Kontakt des Dummies mit der Tür. Lediglich das Becken erfährt keinen direkten Kontakt. Der Kopf trifft genau die Türkante, was zu einer sehr hohen Halsbelastung führt. Beim Rebound gibt es gar keinen Kontakt zum KSS L.</p>				<p>Kopf und Becken werden vom KSS J gut geschützt. Bei beiden kommt es zu keinem Kontakt mit der Tür. Dagegen hat die Schulter einen harten Kontakt, was zu einer hohen Beschleunigung der Brust in Y-Richtung führt³⁷. Da die seitliche Kopfstütze von KSS J sehr dick ausgebildet ist und zu einem großen Teil aus einem energieabsorbierenden Schaum besteht, kann ein langsamer Kraftanstieg im Kopf- und Halsbereich realisiert werden. Erst beim Rebound zeigt sich, dass die Kopfstütze zu weich ist und den Kopf in der entgegengesetzten Richtung ohne Abstützung nicht halten kann.</p>			

Tabelle 26: Ergebnisse von KSS L und J bei TUB-SIPCRS (Klasse 2/3 mit Q3)

Fazit: Während KSS L keinen Seitenschutz bietet, ist bei KSS J nur beim Rebound Schwächen erkennbar. Während der Belastungsphase wird vor allem der Kopf sehr gut geschützt.

³⁷ Durch die konstruktive Ausbildung der Q-Dummy-Schulter und der Messstelle für die Brustbeschleunigung führt ein Kontakt immer zu einer hohen Brustbelastung. Inwieweit das auf einen Menschen übertragbar sein kann, ist unklar. [TYLKO, 2006]

KSS L mit Q6				KSS J mit Q6			
							
Daten / Ergebnisse		Bewertung		Daten / Ergebnisse		Bewertung	
Preis [Euro]	35	Masse [kg]	2,9	Preis [Euro]	140	Masse [kg]	4,9
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	68,84	Halsmoment (M_x) [Nm]	30,1	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	56,20	Halsmoment (M_x) [Nm]	31,4
Head containment	poor	Halskraft (F_z) [N]	2159,0	Head containment	fair	Halskraft (F_z) [N]	1749,0
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	76,38	Brusteindrückung [mm]	16,83	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	98,94	Brusteindrückung [mm]	13,82
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	85,36	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	12,65	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	102,80	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	14,59
Beschädigung				Beschädigung			
Sonstiges				Sonstiges			
<p>Es kommt zu einem harten Kontakt zwischen Tür und Kopf. Auch die Schultern kommen mit der Tür in Kontakt. Beim Rebound wird der Dummy nur noch im Bauchbereich gehalten. Das KSS bietet diesem Dummy keinen Seitenschutz.</p>				<p>Becken und Kopf sind durch großflächige Seitenpolster gut innerhalb des KSS gesichert. Brust und Schulter haben keinen Schutz. Dies führt nach dem Schulterkontakt mit der Tür zu einer sehr hohen Brustbeschleunigung. Während beim Kopf die Energie durch die großen Polster gut abgebaut werden kann, kommt es auch beim Becken zu einem harten Kontakt innerhalb des KSS mit hohen Beschleunigungswerten.</p> <p>Beim Rebound sind Schwächen erkennbar. Es befindet sich nur noch das Becken im KSS, der Körper verlässt das KSS. Es zeigt sich, dass der verwendete Dummy das Maximum für dieses KSS darstellt. Schwerere oder größere Kinder können hier kaum noch gehalten werden.</p> <p>Das Konzept des breiten energieabsorbierenden Schaums sollte auch für Becken, Brust und Schultern verwendet werden.</p>			

Tabelle 27: Ergebnisse von KSS L und J bei TUB-SIPCRS (Klasse 2/3 mit Q6)

Fazit: Während KSS L keinen Seitenschutz bietet, ist bei KSS J der Dummy seitlich geschützt. Während der Belastungsphase wird vor allem der Kopf sehr gut vor einem harten Kontakt geschützt.

5.3.3.4 ADAC-Seite

KSS G mit Q3				KSS H mit Q3																																																																																			
																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung</th> <th>50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>43</td> <td>Masse [kg]</td> <td></td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>91,42</td> <td>Halsmoment (M_x) [Nm]</td> <td></td> <td>20,8</td> </tr> <tr> <td>Head containment</td> <td>poor</td> <td>Halskraft (F_z) [N]</td> <td></td> <td>1370,0</td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>72,36</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td></td> <td>10,54</td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>53,79</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td></td> <td>10,10</td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3">-Eindrückung auf Höhe der Brust</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3"></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Daten / Ergebnisse		Bewertung		50	Preis [Euro]	43	Masse [kg]		3,0	Kopfbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	91,42	Halsmoment (M _x) [Nm]		20,8	Head containment	poor	Halskraft (F _z) [N]		1370,0	Brustbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	72,36	Brusteindrückung [mm]		10,54	Beckenbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	53,79	Brustbeschleunigung (a _z) [g]		10,10	Beschädigung	-Eindrückung auf Höhe der Brust				Sonstiges					<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung</th> <th>157</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>125</td> <td>Masse [kg]</td> <td></td> <td>4,6</td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>67,74</td> <td>Halsmoment (M_x) [Nm]</td> <td></td> <td>15,3</td> </tr> <tr> <td>Head containment</td> <td>good</td> <td>Halskraft (F_z) [N]</td> <td></td> <td>635,1</td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>56,86</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td></td> <td>7,28</td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung (a_{res 3 ms}) [g]</td> <td>60,07</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td></td> <td>16,32</td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3"></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3"></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Daten / Ergebnisse		Bewertung		157	Preis [Euro]	125	Masse [kg]		4,6	Kopfbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	67,74	Halsmoment (M _x) [Nm]		15,3	Head containment	good	Halskraft (F _z) [N]		635,1	Brustbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	56,86	Brusteindrückung [mm]		7,28	Beckenbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	60,07	Brustbeschleunigung (a _z) [g]		16,32	Beschädigung					Sonstiges				
Daten / Ergebnisse		Bewertung		50																																																																																			
Preis [Euro]	43	Masse [kg]		3,0																																																																																			
Kopfbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	91,42	Halsmoment (M _x) [Nm]		20,8																																																																																			
Head containment	poor	Halskraft (F _z) [N]		1370,0																																																																																			
Brustbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	72,36	Brusteindrückung [mm]		10,54																																																																																			
Beckenbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	53,79	Brustbeschleunigung (a _z) [g]		10,10																																																																																			
Beschädigung	-Eindrückung auf Höhe der Brust																																																																																						
Sonstiges																																																																																							
Daten / Ergebnisse		Bewertung		157																																																																																			
Preis [Euro]	125	Masse [kg]		4,6																																																																																			
Kopfbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	67,74	Halsmoment (M _x) [Nm]		15,3																																																																																			
Head containment	good	Halskraft (F _z) [N]		635,1																																																																																			
Brustbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	56,86	Brusteindrückung [mm]		7,28																																																																																			
Beckenbeschleunigung (a _{res 3 ms}) [g]	60,07	Brustbeschleunigung (a _z) [g]		16,32																																																																																			
Beschädigung																																																																																							
Sonstiges																																																																																							
<p>Durch einen Kopfkontakt, kommt es zu einem relativ hohen Verletzungsrisiko. Auch die anderen Belastungswerte sind recht hoch. Dieses KSS bietet keinen Seitenschutz.</p>				<p>Auf den Bildern sind ausgeprägte Seitenwangen im Kopf- und Schulterbereich zu erkennen. Sie halten den Dummy beim Seitenaufprall innerhalb des Sitzes und verhindern einen Kontakt mit der Tür. Dabei verformt sich das zur Polsterung angebrachte Polystyrol bestimmungsgemäß plastisch.</p>																																																																																			

Tabelle 28: Ergebnisse von KSS G und H bei ADAC-Seite (Klasse 2/3 mit Q3)

Fazit: KSS G bietet keinen Seitenschutz. KSS H schützt den Dummy sehr gut, alle Belastungswerte sind sehr niedrig.

KSS G mit Q6				KSS H mit Q6			
							
Daten / Ergebnisse		Bewertung		Daten / Ergebnisse		Bewertung	
Preis [Euro]	43	Masse [kg]	3,0	Preis [Euro]	125	Masse [kg]	4,6
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	71,05	Halsmoment (M_x) [Nm]	18,5	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	50,21	Halsmoment (M_x) [Nm]	16,4
Head containment	poor	Halskraft (F_z) [N]	1861,0	Head containment	good	Halskraft (F_z) [N]	769,3
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	60,88	Brusteindrückung [mm]	36,2	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	46,51	Brusteindrückung [mm]	36
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	53,99	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	8,46	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	51,66	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	11,25
Beschädigung				Beschädigung	-Polystyrol der Seitenpolster bricht		
Sonstiges				Sonstiges			
<p>Es kommt zu einem Kopfkontakt mit der Tür. Bei diesem KSS ist kein Schutz bei einem Seitenaufprall feststellbar. Lediglich das breite Untergestell verhindert einen noch größeren Kontakt des Dummies mit der Tür.</p>				<p>Auch für den schwereren Q6 Dummy kann dieses KSS noch Seitenschutz bieten. Obwohl es äußerliche leichte Beschädigungen im Polystyrol gibt, sind die Belastungswerte auf einem niedrigen Niveau. Die Seitenwangen sind speziell im Brustbereich noch zu schmal ausgebildet. Dies zeigt sich bei diesem Testverfahren mit schräger Abbremsung, unter 90° wäre dies womöglich nicht aufgefallen.</p>			

Tabelle 29: Ergebnisse von KSS G und H bei ADAC-Seite (Klasse 2/3 mit Q6)

Fazit: Dieser Test ergibt, dass KSS G keinen Seitenschutz hat, während KSS H ein hohes Schutzpotenzial bietet.

Sitzerhöhung K mit Q6																																			
																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Daten / Ergebnisse</th> <th colspan="2">Bewertung</th> <th>42</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preis [Euro]</td> <td>5</td> <td>Masse [kg]</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Kopfbeschleunigung ($a_{\text{res } 3 \text{ ms}}$) [g]</td> <td>84,88</td> <td>Halsmoment (M_x) [Nm]</td> <td>16,8</td> </tr> <tr> <td>Head containment</td> <td>poor</td> <td>Halskraft (F_z) [N]</td> <td>1977,0</td> </tr> <tr> <td>Brustbeschleunigung ($a_{\text{res } 3 \text{ ms}}$) [g]</td> <td>62,50</td> <td>Brusteindrückung [mm]</td> <td>45,97</td> </tr> <tr> <td>Beckenbeschleunigung ($a_{\text{res } 3 \text{ ms}}$) [g]</td> <td>46,97</td> <td>Brustbeschleunigung (a_z) [g]</td> <td>8,43</td> </tr> <tr> <td>Beschädigung</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Sonstiges</td> <td colspan="3">-keine Schultergurtführung, daher Halskontakt</td> </tr> </tbody> </table>		Daten / Ergebnisse	Bewertung		42	Preis [Euro]	5	Masse [kg]	1,0	Kopfbeschleunigung ($a_{\text{res } 3 \text{ ms}}$) [g]	84,88	Halsmoment (M_x) [Nm]	16,8	Head containment	poor	Halskraft (F_z) [N]	1977,0	Brustbeschleunigung ($a_{\text{res } 3 \text{ ms}}$) [g]	62,50	Brusteindrückung [mm]	45,97	Beckenbeschleunigung ($a_{\text{res } 3 \text{ ms}}$) [g]	46,97	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	8,43	Beschädigung				Sonstiges	-keine Schultergurtführung, daher Halskontakt				
Daten / Ergebnisse	Bewertung		42																																
Preis [Euro]	5	Masse [kg]	1,0																																
Kopfbeschleunigung ($a_{\text{res } 3 \text{ ms}}$) [g]	84,88	Halsmoment (M_x) [Nm]	16,8																																
Head containment	poor	Halskraft (F_z) [N]	1977,0																																
Brustbeschleunigung ($a_{\text{res } 3 \text{ ms}}$) [g]	62,50	Brusteindrückung [mm]	45,97																																
Beckenbeschleunigung ($a_{\text{res } 3 \text{ ms}}$) [g]	46,97	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	8,43																																
Beschädigung																																			
Sonstiges	-keine Schultergurtführung, daher Halskontakt																																		
<p>Die Sitzerhöhung bietet keinen Seitenschutz. Aufgrund der Messwerte wird eine Punktzahl von 42 erreicht. Diese Bewertung ist noch schlechter als zuvor die von KSS G. Die etwas niedrigere Beckenbeschleunigung bei Sitzerhöhung K resultiert daraus, dass sich hier der Dummy frei über die Sitzerhöhung in lateraler Richtung bewegen kann. Durch das Festhalten des Dummybeckens in einem KSS ergibt sich nicht nur eine andere Kinematik des gesamten Dummyoberkörpers, auch die Belastungswerte steigen, da für den Abbau der Energie weniger Weg zur Verfügung steht.</p>																																			

Tabelle 30: Ergebnisse von Sitzerhöhung K bei ADAC-Seite (Klasse 2/3 mit Q6)

Fazit: Die Sitzerhöhung K bietet konstruktionsbedingt keinen Seitenschutz und erreicht das schlechteste Ergebnis. Im Vergleich dazu schneidet aber auch KSS G nicht besser ab. Dass es überhaupt Bewertungspunkte gibt, liegt am Bewertungsverfahren sowie der Kombination von Türverkleidung und Dummy.

5.3.4 ADAC-Frontal

Hier sollen die Messwerte der Versuche kurz dargestellt werden, auch wenn es keine Wiederholungsversuche gegeben hat. Sie zeigen aber sehr gut den Unterschied zwischen den Bauformen.

5.3.4.1 Klasse 1

KSS F mit Q3				KSS E mit Q3			
							
Daten / Ergebnisse		Bewertung		Daten / Ergebnisse		Bewertung	
Preis [Euro]	40	Masse [kg]	4,4	Preis [Euro]	170	Masse [kg]	10,3
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	72,56	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	17,1	Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	66,59	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	26,9
Kopfvorverlagerung [mm]	x	Halskraft (F_{res}) [N]	2075,0	Kopfvorverlagerung [mm]	x	Halskraft (F_{res}) [N]	2119,0
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	45,81	Brusteindrückung [mm]	26,93	Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	46,81	Brusteindrückung [mm]	26,47
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	51,82	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	19,96	Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	52,18	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	24,73
Beschädigung	-Gurtsystem herausgerissen -Rückwand zerstört			Beschädigung			
Sonstiges	-KSS lässt sich nicht fest anschnallen -Gurthöhenverstellung schwierig und Fehleinbau möglich -Gurtschloss direkt über dem Bauchbereich			Sonstiges	-sichere mehrstufige Gurthöhenverstellung		
<p>Beim Versuch wird das Gurtsystem herausgerissen. Die Umlenkung in der Sitzlehne besteht nur aus einem dünnen Plastiksteg. Dieser kollabiert vollständig. Dadurch wird der Dummy sehr weit nach vorn geschleudert und nicht zurückgehalten, es kommt auch zu einem Kontakt des Kopfes mit den Knien. Bis auf die Kopfbeschleunigung sind die Messwerte durch die ungewollte Vorverlagerung im Vergleich zu dem andern KSS im ähnlichen Bereich.</p>				<p>Die Sitzstruktur übersteht den Test unbeschadet, es sind keine Beschädigungen mit dem Auge erkennbar. Der Dummy wird durch das Gurtsystem am Oberkörper zurückgehalten. Dadurch ergibt sich die für diese Kindersitzart typische Kopf- und Halsbewegung. Es entstehen höhere Belastungen als beim ECE-R44-Testverfahren.</p>			

Tabelle 31: Ergebnisse von KSS F und E bei ADAC-Frontal (Klasse 2/3 mit Q3)

Fazit: Während das KSS E den Test äußerlich unbeschadet übersteht, führen die höheren Belastungen zu einem zerbrochenen KSS F. Es zeigt sich deutlich, dass hier nur Mindestvorgaben umgesetzt wurden.

5.3.4.2 Klasse 2/3

KSS L mit Q3				KSS J mit Q3			
							
Daten / Ergebnisse		Bewertung		Daten / Ergebnisse		Bewertung	
Preis [Euro]	35	Masse [kg]	2,9	Preis [Euro]	140	Masse [kg]	4,9
Kopfbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	100,30	Halsmoment (M _{res}) [Nm]	47,1	Kopfbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	101,20	Halsmoment (M _{res}) [Nm]	27,7
Kopfvorverlagerung [mm]	x	Halskraft (F _{res}) [N]	(3500,0)	Kopfvorverlagerung [mm]	x	Halskraft (F _{res}) [N]	2736,0
Brustbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	92,01	Brusteindrückung [mm]	27,00	Brustbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	74,25	Brusteindrückung [mm]	32,99
Beckenbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	63,64	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	20,57	Beckenbeschleunigung (a _{res} 3 ms) [g]	59,58	Brustbeschleunigung (a _z) [g]	19,71
Beschädigung				Beschädigung			
Sonstiges	Dummy Halssensor zerstört			Sonstiges			
<p>KSS der Klasse 2/3 haben vor allem die Funktion, den Gurtverlauf auf die Größe des Kindes anzupassen. Die Gurtgeometrie wird hier durch eine zu große Gurtführung am Hals und am Becken bestimmt. Es kommt durch eine leichte Drehung von KSS und Dummy um die Hochachse bereits frühzeitig zu einem Hals-Gurt-Kontakt. Die Belastungen auf Kopf und Hals werden so hoch, dass der Beschleunigungsaufnehmer am Hals zerstört wird. Die Zugkräfte im Hals steigen bis dahin weit über 3500N.</p> <p>Da die Beanspruchung durch den Test sehr hoch ist, ergeben sich hohe Dummybelastungen. Diese werden durch das Bewertungsschema nicht ausreichend berücksichtigt.</p>				<p>Die gemeinsame Rückhaltung von KSS und Dummy geschieht hier über den 3-Punkt-Gurt. Die Gurtgeometrie ist besser als in KSS L, sodass die Drehung um die Z-Achse deutlich geringer ist. Es kommt infolge dessen nicht zu einem so starken Halskontakt, ganz vermieden kann er aber auch nicht werden. Die gemessenen Belastungen sind hoch, jedoch auf niedrigerem Niveau als bei KSS L.</p>			

Tabelle 32: Ergebnisse von KSS L und J bei ADAC-Frontal (Klasse 2/3 mit Q3)

Fazit: Es zeigt sich der Einfluss der Gurtgeometrie. Durch eine bessere Gurtführung von KSS J kann nicht nur der Halskontakt vermieden werden, es können auch die Belastungen reduziert werden. Beim KSS L wird die Gurtgeometrie vor allem durch den 3-Punkt-Gurt des Pkw bestimmt und kann nicht ausreichend angepasst werden.

5.4 Zusammengefasste Versuchsergebnisse

In den nächsten Unterkapiteln werden die Versuchsergebnisse zusammengefasst dargestellt und Schlussfolgerungen gezogen.

5.4.1 Belastungswerte

Zuerst erfolgt eine Gegenüberstellung aller Messwerte des Frontalaufpralls.

		Frontal						
		ECE-R44					HighSpeed	ADAC Frontal
		Q0	Q1	Q1,5	Q3	Q6	Q3	Q3
0+	A	108						
	B	109		117				
	C			110				
1	D		45					
	E		80		70			65
	F				67			66
	M						26	
	N						22	
2/3	G				48			
	H				73			
	J					66	21	23
	K					49		
	L					55		20
	O						17	

Bild 114: Übersicht Bewertung Frontal

Die Übersicht (Bild 114) zeigt die Bewertung über alle Versuche ohne das Kriterium Kopfvorverlagerung. Wie bereits angesprochen, sollte dies nicht ohne Beachtung der verschiedenen KSS-Klassen in Hinblick auf ihre konstruktiven Eigenschaften angewendet werden. Das hauptsächliche Ziel, der direkte Vergleich zweier KSS miteinander, wurde bereits ausführlich dargestellt. Daher geht es in der Übersicht vor allem darum, weitere allgemeine Tendenzen zu zeigen. Es ist ersichtlich, dass alle KSS in ECE-Versuchen deutlich höher bewertet werden als in den anderen Versuchskonfigurationen. Dies liegt daran, dass die anderen Verfahren eine höhere Kollisionsgeschwindigkeit haben. Daher ist die abzubauenende Energie höher und alle Belastungswerte steigen an. Die Belastungen der HighSpeed-Tests sind außerdem höher als im ADAC-Verfahren, was zu noch niedrigeren Bewertungen führt. Durch diesen neuen, nicht bekannten Test, zeigt sich, dass eine schlagartige Belastung von heutigen KSS kaum entscheidend

gemindert werden kann. Trotzdem ist ein Unterschied zwischen einem guten und schlechten Sitz erkennbar. Das lässt den Schluss zu, dass hochwertige Kindersitze prinzipiell besser schützen, auch in unbekanntem Konstellationen.

Werden die Testergebnisse mit dem Q3 verglichen, fällt auf, dass die KSS der Klasse 1 nahe beieinander liegen. Ausgehend nur von den Belastungswerten erfährt der Q3 den besten Schutz allerdings in KSS der Klasse 2/3, wobei das schlechte Klasse 2/3-KSS deutlich schlechter als das Klasse 1-KSS ist. Wird das Video zum Versuch mit KSS H betrachtet, ist erkennbar, dass sich der Dummy aufgrund der konstruktiven Unsymmetrie des 3-Punkt-Gurtes aus dem KSS herausdrehen beginnt. Zu vermuten ist, dass bei höheren Belastungen dieser Prozess zunimmt. Die Messwerte des HighSpeed- und des ADAC-Frontal-Verfahrens zeigen, dass die Belastungen dann bei höherer Beanspruchung in der Klasse 1 niedriger sind. Damit ist das Schutzpotenzial in einem KSS der Klasse 1 grundsätzlich höher zu bewerten. Es besteht aber weiteres Potenzial, die Belastungen zu senken, ohne das Konzept des 5-Punkt-Gurtes aufzugeben.

Die Babyschalen schützen die Insassen sehr gut. Im Vergleich zu den anderen KSS erzielen sie sehr hohe Bewertungspunkte. Obwohl jeder Dummytyp prinzipiell andere Messwerte liefert, ist die bessere Bewertung nicht allein durch die Verwendung eines anderen Dummys zu erklären. Der Einfluss der Dummymasse auf die resultierenden Kräfte und Beschleunigungen führt eher dazu.

Die Bewertung der guten KSS für den kleineren der zugelassenen Dummys ist im Vergleich zu dem größeren pro Kindersitzklasse besser. Daher kann geschlossen werden, dass KSS grundsätzlich einen höheren Schutz für Kinder bieten, die mit ihrer Masse am unteren Ende der zugelassenen Masseklasse liegen. Sie sind zumeist auch kleiner und daher kann die KSS-Struktur effektiver wirken. Die Gefahr besteht daher für schwerere und größere Kinder, dass unter bestimmten Unfallkonstellationen das Schutzpotenzial von schlechten KSS gering ist. Dies bedeutet nicht, dass Kinder schnellstmöglich in eine höhere Klasse gesetzt werden sollten.

Der Unterschied zwischen Klasse 1- und Klasse 2/3-KSS liegt im Grundkonzept begründet. Während in der Klasse 1 die Dummys über das KSS-eigene Gurtsystem bestmöglich zurückgehalten werden, wird die Rückhaltung von KSS und Insasse in Klasse 2/3 ausschließlich durch den Fahrzeuggurt gewährleistet. Dieser erlaubt eine größere Vorverlagerung im Gegensatz zur

Klasse 1. Damit ergibt sich über den längeren Verzögerungsweg eine geringere Beschleunigung. Aber trotzdem ist diese Klasse nicht grundsätzlich besser einzuschätzen. Die Auswertung der Videos zeigt, dass kleinere Dummies mit hohem Schwerpunkt die Tendenz haben, sich aus dem Gurt und KSS herauszudrehen. Bei höheren Testkonfigurationen ist zu erwarten, dass sie sich komplett lösen könnten. Somit sind KSS der Klasse 2/3 erst ab einer bestimmten Körpergröße des Kindes zu empfehlen.

Die Bewertungen im Seitenaufprall zeigt die nächste Abbildung (Bild 115).

		Seite							
		TUB SIPCRS				ADAC Seite			
		Q0	Q1	Q1,5	Q3	Q6	Q1,5	Q3	Q6
0+	A	110		20					
	B	135		115			158		
	C						55		
1	D							71	
	E		109		114			145	
	F		121		117				
	M								
2/3	N								
	G							50	45
	H							157	153
	J				114	63			
	K								42
	L				22	38			
O									

Bild 115: Übersicht Bewertung Seitenaufprall

Das wichtigste Kriterium im Seitenaufprall ist, dass der Kopf innerhalb des KSS bleibt. Sobald dieses Head containment nicht erreicht wird, muss die Bewertung für das KSS schlecht sein, da es seinen Hauptzweck nicht erfüllt. Ein schlechtes Head containment weisen vor allem die billigen Vertreter der Klassen 0+ und 2/3 auf.

Die unterschiedlichen Testverfahren zeigen, dass Klasse 1-KSS kein einheitlich besseres Schutzpotenzial bieten. Im TUB-SIPCRS-Verfahren erreicht ein sog. Billigsitz aufgrund der Messwerte eine höhere Bewertung als der Markensitz. Sobald die Befestigung des KSS auf der Sitzbank und die Videoanalyse ebenfalls analysiert werden, relativiert sich die Bewertung. Dies bestätigt auch das Abschneiden im ADAC-Seitenverfahren. Der Markensitz weist wiederum ein hohes Schutzpo-

tenzial auf, während das andere KSS deutlich schlechter abschneidet.

Auch im Seitentestverfahren ergibt sich, dass die Bewertungen von sehr guten KSS der Klassen 1 und 2/3 ähnlich hoch sind. Hier machen vor allem die Videoanalysen Unterschiede erkennbar. Kinder, die in etwa dem Q3-entsprechen, sind besser in Klasse 1-KSS geschützt. Doch das Schutzpotenzial der Klasse 2/3, die vor allem im Seitenbereich viel stärker gepolstert ist und nur durch die Verwendung des 3-Punkt-Gurtes Nachteile haben, ist auf fast dem gleichen Niveau.

5.4.2 Zusätzliche Videoauswertung

Es ist erkennbar, dass ein Kontakt des Dummies im Seitenaufprall mit der Tür immer hohe Beschleunigungswerte zur Folge hat. Daher ist es unerlässlich, diese Kontakte zu vermeiden.

Die KSS der Klasse 2/3 bestehen alle aus Polypropylen. Für die energieabsorbierenden Schäume wird stets das kostengünstige Polystyrol in unterschiedlichen Ausführungen bezüglich der Härte und Dicke verwendet. Zusätzliche Potenziale würden sich durch die Nutzung anderer energieabsorbierender Schäume erschließen lassen [SCHOENEICH, 2005]. Dies unterbleibt aber vermutlich mit Rücksicht auf die Kosten. Wenn die Kopfstützen sehr breit ausgebildet sind, hat das zur Folge, dass der Kopf beim Seitenaufprall schnell zur Anlage kommt und die Energie abgebaut werden kann. Manche Kopfstützen sind allerdings zu weich, sodass sie sich nach hinten biegen und der Kopf den Halt verliert und nicht zurückgehalten wird.

Die Rückhaltung mit dem 5-Punkt-Gurt in Klasse-1-KSS ist zum Teil kritisch zu sehen. Es wurde sichtbar, dass durch die starke Rückhaltung des Oberkörpers der Kopf sehr weit nach vorn ausgelenkt wird. Dies führt zu starker Halsbiegung und -belastung. Bei Klasse 2/3-Systemen tritt das nicht im selben Maße auf. Allerdings zeigen die Messwerte und die Videoauswertungen, dass der Q3 in einem Klasse-1-KSS insgesamt besser geschützt ist, da die anderen Belastungen geringer sind. Noch geringere Belastungen werden erreicht, wenn Kinder rückwärtsgerichtet befördert werden. Hier kann der Kopf direkt am Kindersitz abgestützt werden und somit wird der Hals weniger belastet. Es darf somit nicht zu zeitig von rückwärts nach vorwärts gewechselt werden. Auch der Wechsel zu größeren Kindersitzen sollte erst kurz vor Überschreiten des maximal zugelassenen Gewichts erfolgen, weil die Größen- und Proportionsverhältnisse eine entscheidende Rolle spielen.

5.4.3 Beschädigungen

Im nachfolgenden Abschnitt soll auf die aufgetretenen Beschädigungen an den KSS eingegangen werden.



Bild 116: Gebrochene Gurtführung bei ADAC-Frontal (KSS F)

Nur eine sichere Gurtführung kann den Schutz des Kindes gewährleisten. Daher ist es zwingend notwendig, sie so auszulegen, dass sie nicht bricht (Bild 116). Es kommt sonst zu unkontrollierten Bewegungen, die zu schweren Verletzungen führen können. Wichtig ist auch, dass bei einer Gurthöhenverstellung im KSS die Gurte nicht umständlich ein- und ausgefädelt werden müssen. Letzteres kann dazu führen, dass beim Einbau der Laie nicht alles wieder in die korrekte Anordnung bringt. Daher sind Höhenverstellungen besser, bei denen der Gurt nicht ausgebaut werden muss.



Bild 117: Zerbrochene Sitzerrhöhung K bei ECE-R44

Wenn während eines Tests ein Kindersitz irreversibel zerstört wird, kann dieser Test nicht als bestanden gewertet werden, auch wenn die Messwerte möglicherweise nicht so schlecht erscheinen. Zerstörte Bauteile brechen spontan. Es ist nicht vorhersehbar, wie viel Energie sie an welcher Stelle abbauen können. Daher ist

Polystyrol als alleiniges Strukturmaterial ungeeignet (Bild 117).

Aber dauerhafte Deformationen am KSS sind nicht immer negativ zu bewerten. Plastische Verformungen sind bei energieabsorbierenden Strukturen Voraussetzung für die Erfüllung der Funktion. Damit ist es mit dem gezielten Einsatz von Polystyrol möglich, ein KSS sicher auszulegen und auch ein geringes Gewicht zu ermöglichen.



Bild 118: Eingedrückter Unterbau und abgeknickte Gurtführung bei HighSpeed (KSS O links, KSS N rechts)

Bei einigen Modellen wurde festgestellt, dass sie nicht torsionssteif sind. Der verwendete Werkstoff ist zu weich, zum Teil auch die Konstruktion zu dünn. Wahrscheinlich war hier das Ziel, das Gewicht des KSS so gering wie möglich halten. Je leichter ein KSS ist, desto flexibler kann es gehandhabt werden. Doch für die Sicherheit ist nicht vorherzusagen, ob und wann die Konstruktion knickt. Abgeknickte Gurtführungen (Bild 118) sind gefährlich, da sie ggf. den Gurtverlauf verändern und unter bestimmten Umständen den Gurt sogar freigeben. Aber auch auf der Unterseite dürfen diese Beschädigungen nicht auftreten.



Bild 119: Endstellung durch gebrochene Sitzschiene bei HighSpeed (KSS N)

Bei KSS N (Bild 119) hat die Verschiebetechnik von Normal- in Schlafposition versagt. Es kam

während des Versuchs zu einer Drehbewegung. Prinzipiell ist diese nicht als negativ zu bewerten. Allerdings darf sie nicht durch einen Konstruktionsfehler zustande kommen und nicht in einem harten Anschlag enden. Dieser führt zu einer hohen Belastungsspitze. In vorliegendem Fall waren die Verriegelungsstifte auf der Schiene, die die Verschiebung ermöglicht, so dünn, dass sie unter Belastung weggerissen sind.



Bild 120: Gebrochene Babyschale A bei TUB-SIPCRS

Der Seitenaufprall stellt für Kindersitze die größte Herausforderung dar. Hier kommen sie direkt mit anderen Teilen in Berührung, was beim Frontalcrash in der Regel nicht passiert. In Bild 120 ist gezeigt, wie durch diesen Kontakt die zu spröde ausgebildete Außenwand einer Babyschale gebrochen ist. Durch eine optimierte Struktur und ggf. andere Werkstoffauswahl ist dies vermeidbar.



Bild 121: Aufgeplatzter Unterbau bei HighSpeed-Test (KSS M)

Zu sehen ist in Bild 121 ein mehrteiliger Unterbau, der unter der Beanspruchung des HighSpeed-Tests aufgeplatzt ist. Auch dies deutet auf konstruktive Schwachstellen hin, die relativ leicht beseitigt werden können.

5.4.4 Konstruktive Mängel

Mängel an der Konstruktion führen zu weitreichenden Reaktionen. Diese werden hier dargestellt.



Bild 122: Gurteindringung (links) und hohes Gurtschloss (rechts) durch schlechte Gurtführung (KSS F)

Durch eine zu hohe Positionierung des Gurtschlosses (Bild 122) wird vor allem beim Frontalaufprall sehr viel Kraft in den Bauchraum eingeleitet. Das führt bei Unfällen zu schweren inneren Verletzungen [JOHANNSEN, 2006b]. Die Tests mit Abdominalsensoren zeigen dabei bei KSS F doppelt so hohe Belastungswerte wie bei KSS E. Hinzu kommt außerdem, dass die seitlichen Beckengurte zum Erreichen des hoch liegenden Gurtschlosses ebenfalls über den Bauch geführt werden müssen. Zusammen ergibt sich durch solch eine Konstruktion vor allem im Frontalaufprall ein hohes Verletzungsrisiko. Vermeidbar wird dies durch die Änderung der Höhe des Gurtschlosses und der Beckengurtgeometrie.



Bild 123: Beschädigung der Dummykleidung (links) durch gummierte Gurtpolster (rechts) (KSS M)

KSS M fiel durch eine starke Gummierung der Gurtpolster auf. Inwieweit dies Einfluss auf die Kinematik hatte, konnte nur ansatzweise untersucht werden. Es scheint, dass dies die Rückhaltungswirkung der Schultergurte verstärkt, hatte aber den Effekt, dass die Kleidung des Dummys zerstört wurde (Bild 123). Das lässt auf eine große Reibkraft schließen.

5.5 Schlussfolgerungen

Die Schlussfolgerungen werden in den nachfolgenden Abschnitten entweder den KSS oder den Testverfahren zugeordnet. Bei den KSS geht es um Verbesserungsvorschläge, die sich aus den Versuchen ergeben. Bezüglich der Testverfahren wird gezeigt, in welche Richtung sie sich entwickeln sollten, damit sie in Zukunft besser die Schutzwirkung eines Kindersitzes beurteilen können.

5.5.1 KSS

Heutige Kindersitze haben nur zum Teil ein hohes Schutzpotenzial erreicht. Sie können klar in zwei getrennte Klassen eingeteilt werden, solche mit guter und solche mit schlechter Sicherheit. Vor allem beim Seitenaufprall wird das deutlich. Es gibt bis auf eine Ausnahme nur KSS, die entweder gutes oder schlechtes Head containment haben. Im Frontalaufprall zeigen dann die guten KSS auch bessere Ergebnisse, wobei hier durch die gesetzlichen Mindestanforderungen ein gewisser Basisschutz existiert.

Beim Seitenaufprall muss besser als bisher der gesamte Körper des Insassen vor einem Kontakt mit dem Fahrzeug geschützt werden. Es reicht nicht aus, nur den Kopf zu schützen, da dies zu Relativbewegungen zwischen Kopf (der zurückgehalten wird) und Körper (der sich bewegen kann) führen kann. Außerdem führt jeglicher Kontakt des Insassen mit Teilen der Pkw-Struktur zu hohen Beschleunigungen, auch äußere Verletzungen sind zu erwarten. Die Konstruktionen der KSS sind zum Teil nicht steif genug ausgeführt, sodass bei schweren Insassen oder höheren Belastungen Teile nachgeben. Dabei ist auch der Rebound zu beachten. Während im Testverfahren seitlich neben dem KSS ein freier Raum existiert, dann kann das in der Realität anders aussehen. Daher muss zuerst einmal das KSS so befestigt sein, dass es nicht den Sitzplatz verlassen kann. Das Kind darf auch in der Reboundphase das KSS nicht verlassen. Dies ist bisher nur bei KSS der Klassen 0+ und 1 gewährleistet. Wenn der Kopf dann auf ein anderes Objekt oder einen anderen Insassen trifft, kann das zu schweren Verletzungen führen.

Die Ergebnisse des Frontaufpralls fallen deutlich besser aus. Dies ist nicht verwunderlich, da durch die ECE-R44 eine Mindestanforderung geschaffen wurde. Trotzdem ist auch hier ein Unterschied zwischen verschiedenen KSS festzustellen. Fällt dieser bei dem ECE-Verfahren noch vergleichsweise gering aus, ist er bei höheren Belastungen

deutlich erkennbar. Hier kommt es sogar zu Systemversagen, allerdings nur bei der Gruppe der „Billigsitze“. Während bei diesen vor allem die Handhabung im Vordergrund stand und leichte Kindersitze konstruiert wurden, sind für preislich höhere KSS auch unter größerer Last keine Sicherheitsmängel festzustellen. Es treten aber systemspezifische Nachteile auf. Zum Beispiel dreht sich ein kleiner Dummy aufgrund seines hohen Schwerpunkts und der ungünstigen Geometrie deutlich stärker aus einer Klasse 2/3-Sitz als ein größerer Dummy. Bei dem Klasse-1-System wird der Dummyoberkörper sehr gut zurückgehalten. Dadurch kommt es aber zu großen Belastungen des Halses und des Kopfes. Eine Kopplung der Bewegung von Kopf und Oberkörper oder eine andere Einleitung der Kraft³⁸ könnte das vermeiden.

5.5.2 Testverfahren

In Hinblick auf die Unfallanalyse bleibt festzustellen, dass die getesteten Verfahren zusammengekommen in der Lage sind, wesentliche Teile des Unfallgeschehens abzubilden. Trotzdem ergeben sich einige Vorschläge, wie in Zukunft KSS überprüft werden sollten.

Allgemein ist anzumerken, dass die ECE-Sitzbank lediglich aus einem Schaumstoffkissen mit bekannter Steifigkeitsfunktion besteht. Heutige Pkw-Sitzbänke oder Einzelsitze sind davon sehr verschieden. Es ist nicht einfach, eine allgemeingültige Umgebung zu schaffen, aber die ECE-Bank stellt keine geeignete Abstraktion für reale Sitzbänke oder Einzelsitze dar. Der Anstieg der Kraft-Weg-Kennung ist im Gegensatz zu den heute verwendeten Sitzbänken (z. B. Rücksitzbank) und Einzelsitzen (z. B. Beifahrersitz) zu gering. Vor allem während des Frontalaufpralls spielt aber die Kraft, mit der sich das KSS gegen die Rotationsbewegung auf der Sitzbank abstützt, eine entscheidende Rolle, da sie die Rotation um die Querachse beeinflusst.

Für die Bewertung der Schutzwirkung eines KSS bei einem Frontalaufprall ist die Messung der Vorverlagerung des Dummykopfes wichtig, da eine zu hohe Vorverlagerung zu einem Kontakt des Kopfes mit Pkw-Bauteilen und damit zu einem sehr hohen Verletzungsrisiko führt. Je nach Pkw-Größe und Stellung bzw. Abstand des Fahrer- oder Beifahrersitzes oder der Instrumententafel ergeben

³⁸ Eine bekannte Idee ist, das Kind in mehr waagerechter Lage zu befördern, damit die Z-Belastung nicht als Zug- sondern als Druckkraft auftritt, die weniger Verletzungen hervorruft.

sich aber mehr oder weniger große Freiräume für die Vorverlagerung eines Kindes. Bereits eine um einige Zentimeter größere Vorverlagerung kann die Belastungen auf den Insassen senken. Ziel müsste es somit sein, den zur Verfügung stehenden Vorverlagerungsweg definiert auszunutzen und nicht den Insassen ausschließlich zurückzuhalten. Heutzutage berücksichtigen dies die bekannten Bewertungsverfahren nicht. Es wird nur das Maß der Vorverlagerung bezüglich eines ortsfesten Punktes (C-Punkt) bewertet. Der Grenzwert, ab dem z. B. bei NPACS keine Bewertungspunkte vergeben werden, liegt bei 550 mm. Je geringer dieses absolute Maß ist, desto höher ist die Bewertung. Problematisch dabei ist die Art der Messung. Durch optische Verzerrungen ist es nicht möglich, mit einem einzigen herkömmlichen Objektiv, das nicht direkt auf dem Schlitten und auf Höhe der maximalen Vorverlagerung des Dummykopfes befestigt ist, den Vorverlagerungsweg auf den Millimeter genau zu messen. Nähere Ausführungen sind in [SCHULTZ, 2006] zu finden.

Daraus ergeben sich zwei Forderungen zur Verbesserung: zum Einen an die Bewertung der Kopfvorverlagerung und zum Anderen an die Bestimmung des Messwertes.

Bei KSS gibt es die verschiedenste Ausbildungen von Rückenlehnen sowie KSS-Modelle, die gar keine Rückenlehne haben. Bisher wird für die Bewertung der Kopfvorverlagerung eine Messung der Entfernung des Dummykopfes vom C-Punkt durchgeführt (Bild 124 oben). KSS ohne Rückenlehne werden bisher durch diese Bewertung bevorzugt, da der Dummy in der Grundposition einige Zentimeter weiter hinten sitzt als in einem KSS mit Rückenlehne. Dadurch ergeben sich kleinere absolute Messwerte. Die Analyse der anderen Testergebnisse zeigt aber, dass KSS ohne Rückenlehne und die damit verbundene schlechtere Gurtführung unsicherer sind als KSS mit Rückenlehne, da die Belastungen auf die einzelnen Körperteile zum Teil erheblich höher sind. Daher sollte die Vorverlagerung ausgehend von der wirklichen Startposition des Kopfes bewertet werden. Gleichzeitig ist ein ortsfestes Maximum erforderlich, das nicht vom Kopf des Dummies überschritten werden darf. Die Beurteilung der Kopfvorverlagerung könnte zum Einen vom Maximum ausgehen. Das heißt, bewertet werden könnte der Weg, der zwischen diesem ortsfesten Maximum und der realen Kopfvorverlagerung verbleibt. Je kleiner dieser Abstand (bis zu einem bestimmten Sicherheitsmaß) ist, und desto größer zum Anderen der reale Weg der Kopfvorverlagerung von der Startposition bis zur maxima-

len Vorverlagerung war, umso mehr Energie konnte über Bewegung abgebaut werden (Bild 124 unten). Das ist für die Belastungen von Vorteil. Da das örtliche Maximum von vielen pkw-spezifischen Faktoren abhängt, sind hier weitere Untersuchungen notwendig, inwieweit 550 mm der Realität entsprechen.

Es hat sich gezeigt, dass eine nachträgliche Messung oder Berechnung der Kopfvorverlagerung anhand eines Bildes einer ortsfesten, nicht mitfahrenden Kamera nicht genau ist. Daher sind, wie für alle Messwerte, auch hier exakte Vorgaben zu machen, wie die Messung erfolgen soll. Da vor einem Test nicht klar ist, wie hoch die Vorverlagerung ist, scheiden rein optische Nachvermessungen weitestgehend aus. Maßbänder müssten sonst so nah wie möglich am Dummy in Kopfhöhe angebracht werden, anhand derer nachträglich eine Umrechnung erfolgen kann.

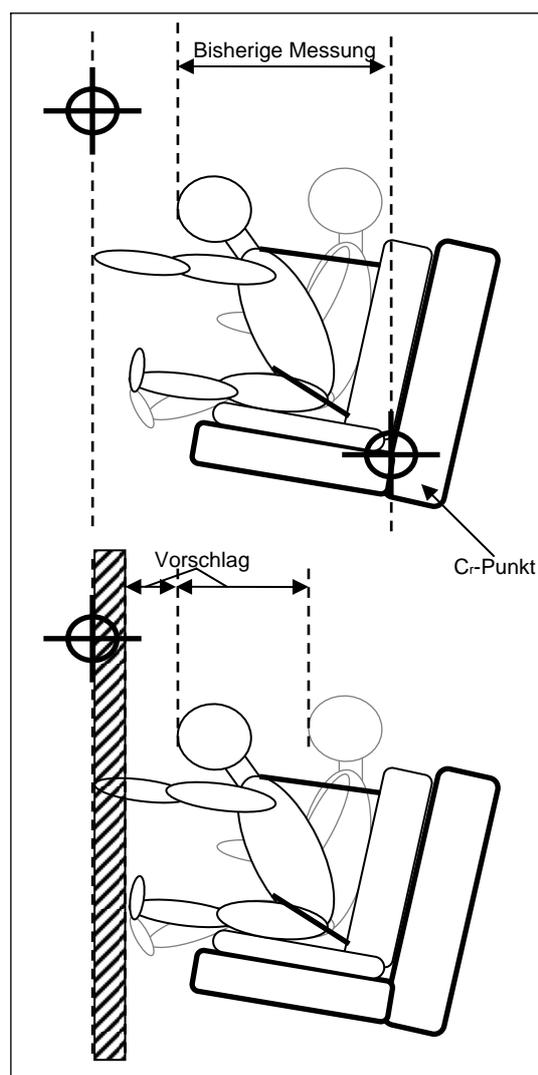


Bild 124: Bisherige Messung der Kopfvorverlagerung (oben) und Vorschlag für eine verbesserte Messung (unten)

Denkbar sind andere Arten zur exakten Bestimmung der Vorverlagerung. Zunächst könnten mehrere Kameras eingesetzt werden und anhand von geeigneten Markierungen das reale Maß rechnerisch ermittelt werden (Fotogrammetrie). Außerdem könnte eine berührungslose Abstandsmessung erfolgen. Entweder wird dafür ein bestimmter Abstand überprüft, den der Dummykopf zu einer Ebene einhält oder im Dummykopf ist ein weiterer Sensor zu installieren.

Es ist auch vorstellbar, auf dem Testschlitten Linienlaser ortsfest zu installieren. Bei einem Versuch würde es möglich sein, auf den Bildern der normalen Kameras anhand der Laserlinien auf dem Dummykopf die Vorverlagerung einzuordnen. Dies wäre in einer Genauigkeit von 10-20 mm ausreichend.

Beim Seitenaufprall sollten Testverfahren unbedingt die Geschwindigkeit berücksichtigen, mit der eine Tür ins Fahrzeug eindringt. Aus der Unfallanalyse hat sich ergeben, dass Intrusionen in den meisten Fällen vorliegen, bei denen Kinder schwer verletzt werden. [JOHANSEN, 2006]. Verfahren ohne eindringende Tür sind nicht realistisch.

Der Befestigung der Kindersitze im Pkw muss eine große Aufmerksamkeit gewidmet werden. Bei den Tests hat sich gezeigt, dass einige KSS nicht sicher auf der Sitzbank zu installieren waren. Dadurch ergeben sich bereits ohne Unfall Situationen, in denen das KSS verrutschen oder kippen kann. Sollte es zum Beispiel nach einem Schleudern zu einem Unfall kommen, kann nicht abgeschätzt werden, ob das Kind im KSS geschützt wird oder das KSS eine Gefahr für andere Insassen darstellt.

Der Grund für die nicht sichere Befestigung der KSS ist in der Gurtgeometrie und der Gurtführung zu suchen. Wenn der Gurt in großen Öffnungen mit großen Radien liegt, erleichtert dies das Verrutschen. Der 3-Punkt-Gurt des Fahrzeugs sollte so kurz wie nötig und so gerade wie möglich geführt werden. Wenn eine Gurtspanneinrichtung wie bei KSS E hinzukommt, ist es möglich, das KSS fest im Auto zu installieren.

Unter den in Kapitel 3 analysierten Unfällen befanden sich einige Überschläge. In einem Fall löste sich das KSS vom Fahrzeuggurt und wurde mit dem darin befindlichen Kind herausgeschleudert. Das Kind erlitt dabei tödliche Verletzungen. Ursächlich dafür dürfte das soeben beschriebene Problem der zu großen Gurtführungen sein. Auch unter einer dynamischen Belastung³⁹ müsste der korrekte Gurtverlauf sichergestellt sein und es darf nicht zu einem Abrutschen kommen.

Es zeigt sich die Schwierigkeit einer objektiven Bewertung von KSS. Es ist nicht möglich, eine Bewertung nur anhand der Messwerte zu erstellen. Ebenso muss der Bewegungsverlauf der Dummys anhand von Hochgeschwindigkeitsvideos analysiert und bewertet werden. Hinzu kommt dann immer noch die Bewertung der verständlichen und intuitiven Handhabung. Nicht unberücksichtigt bleiben darf, ob es nach dem Test offensichtliche Beschädigungen am KSS gibt, die aufgrund der Belastung aufgetreten sind. Daher ist ein Bewertungsverfahren genau so gründlich und detailliert zu definieren wie das Testverfahren.

³⁹ In der ECE ist nur eine quasi statische Überkopprüfung beschrieben, bei der ein Dummy ein bestimmtes Maß in Z-Richtung nicht überschreiten darf

6 Vorschläge für optimierte KSS

Im Folgenden werden die Anforderungen beschrieben, die sich für ein optimiertes KSS aus den vorherigen Kapiteln ergeben. Dieses Projekt hat vor allem einen technischen Hintergrund, darf jedoch nicht losgelöst von anderen Einflussgrößen, wie der Benutzung der technischen Lösungen, betrachtet werden und reiht sich in bestehende Vorschläge ein. Auch bei [FASTENMEIER, 2006] finden sich Verbesserungsvorschläge und Empfehlungen, die an KSS- und Pkw-Hersteller, an die Gesetzgebung und an die Forschung sowie an zukünftige Verkehrssicherheitsarbeit gerichtet sind. Diese stellen eine umfassende Anforderung an die Kindersicherheit dar. Es ist nicht möglich, die Sicherheit von Kindern signifikant zu erhöhen, indem nur ein Teilaspekt betrachtet wird.

6.1 Allgemeine Bedingungen

Es sollen Maßnahmen definiert werden, welche die Belastungen im KSS reduzieren. Das kann durch technische Maßnahmen erreicht werden. Dabei werden die Konstruktion des KSS oder ihre Bauteile optimiert. Außerdem ist es möglich, geänderte Bedingungen zu schaffen. Dies kann auch eine günstigere Position des Kindes bei einem Unfall betreffen wie auch das Wirken von Pkw-seitigen passiven Sicherheitselementen.

Eine der wichtigsten Bedingungen ist, dass alle technischen Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit nicht den Misuse fördern dürfen. Ohne zu gewährleisten, dass die Bedienung des KSS verständlich bleibt und/oder vereinfacht wird, sollte keine technische Veränderung durchgeführt werden. Es besteht sonst die Gefahr, dass das KSS fehlerhaft benutzt wird und somit das Schutzpotenzial nicht aufbauen kann. Gefahren bestehen vor allem bei komplizierten Gurtverläufen oder –spanneinrichtungen. Es sollte vermieden werden, dass hoher Kraftaufwand oder zuviel Fingerspitzengefühl erforderlich wird. Es muss für einen Laien möglich sein, das KSS und das Kind mit wenigen einprägsamen Handgriffen ohne spezielle Kraftanstrengung zu sichern. Bereits in der Konstruktionsphase des KSS und der speziellen Sicherungselemente ist daher darauf zu achten, dass die Bedienung intuitiv ist. Unterstützend wirken sollen Piktogramme auf dem KSS und die Erklärungen in der Bedienungsanleitung. Hier sind die wesentlichen Informationen kurz und prägnant zu vermerken, wenn möglich auch dauerhaft auf dem KSS.

Die Tauglichkeit dieser Mensch-Maschine-Schnittstelle auf die gewünschte Funktion ist durch Stichproben oder Feldstudien im Vorfeld zu überprüfen.

Eine besondere Bedeutung kommt der Verbindung zwischen KSS und Pkw zu. Ziel ist, das KSS und das Kind so zeitnah wie möglich an der Pkw-Verzögerung teilhaben zu lassen. Dies ist Grundlage für später ansprechende Schutzsysteme, wie z. B. das Gurtsystem des KSS. Erreicht werden kann die zeitige Kopplung an den Pkw am besten durch eine starre Verbindung. ISOFIX-KSS und integrierte Kindersitze haben hier einen systembedingten Vorteil. Im Zusammenwirken mit weiteren Bauteilen, die die Rotation um die Y-Achse nach vorn reduzieren, sind hier beste Belastungswerte zu erwarten. Soll der 3-Punkt-Gurt das KSS mit dem Pkw verbinden, muss dieser zwingend gespannt werden können. Dabei sind bereits einfache Klappmechanismen in der Lage, die Gurtspannung signifikant zu erhöhen und dadurch eine festere Verbindung zu gewährleisten. Die Bedienung sollte mit einer Hand und relativ wenig Kraftaufwand erfolgen. Die Gurtführung muss einfach gehalten werden. Wenn sich der Gurt auf geraden Bahnen durch das KSS zieht und an den Berührungspunkten eng und definiert geführt wird, ist es möglich, ihn insgesamt zu spannen, wenn der Diagonalgurt gespannt wird. So kann die Befestigung des KSS auch von fahrzeugseitigen Gurtstraffern profitieren. Es darf nicht sein, dass er von einem Teilstück zum nächsten gespannt werden muss oder er z. B. am Gurtschloss verdreht ist. Dies alles hemmt den Spannprozess und führt zu einer konstruktiv bedingten Gurtlose. Es ist fraglich, ob diese dann im Alltagsgebrauch überhaupt entdeckt und beseitigt werden kann.

KSS müssen außerdem so konstruiert werden, dass sie auch hohen Belastungen standhalten. Durch das schwerste zugelassene Kind können hohe Kräfte auf das KSS wirken und das KSS muss auch unter diesen Belastungen sein Schutzpotenzial für das Kind sicherstellen. Bei einem Verkehrsunfall kann das bedeuten, dass die Kräfte und Beschleunigungen auf das KSS und sein Gurtsystem doppelt so hoch wie im ECE-R44-Test sind. Jegliches Materialversagen muss trotzdem ausgeschlossen sein. Es ist wichtig, dass die Seitenstruktur der KSS und die gesamte Schale so steif ausgebildet sind, dass Kräfte im KSS von der gestoßenen Seite auf die stoßabgewandte Seite geleitet werden können. Bei der Pkw-Sicherheitsauslegung ist dies bereits üblich. Das

Ziel ist es, vor harten Teilen zu schützen, mit denen das Kind sonst in Kontakt kommen könnte. Hierbei geht es darum, diese Teile nicht in das KSS eindringen zu lassen. Es dürfen sich beim Seitenaufprall auch nicht Teile des KSS so verbiegen, dass sie sich dann am Kind abstützen.

Die Seitenpolster auf der Innenseite müssen so geformt sein, dass sie den Kopf und Körper des Insassen beim Seitenaufprall im KSS halten und die Energie abbauen können. Dabei können sie umso besser Schutz gewähren, je großflächiger sie mit dem Insassen in Kontakt kommen. Es zeigte sich, dass hier z. B. Polystyrol als Werkstoff geeignet ist. Es ist sehr leicht und kann einfach verbaut werden. Durch verschiedene Kraft-Weg-Kennungen können relativ weiche Kontaktzonen geschaffen werden, die Energie gezielt in plastische Verformungsarbeit wandeln. Weitere Vorteile lassen hier Werkstoffe erwarten, die im Normfall weich sind und erst bei schneller Kompression ausreichend Widerstand zur Verfügung stellen (z. B. EA-Schäume).

In vielen KSS ist es notwendig, die KSS-Gurte in der Höhe der Schulter des Kindes anzupassen. Dazu ist ein einfach zu bedienender Mechanismus zu verwenden. Er muss den Bereich des leichtesten bis zum schwersten Kind abdecken. Dabei sind auch die Kinder zu berücksichtigen, die etwas größer oder kleiner als der Durchschnitt sind. Der Verstellmechanismus sollte über eine ausreichend feine Abstufung verfügen. Die Gurtgeometrie hat einen Einfluss auf die Rückhaltung. In ungünstigen Fällen, wenn z. B. der Gurt an der Rückenlehne zu tief platziert ist und steil nach oben zur Kinderschulter verläuft, wird eine zusätzliche Gurtlose geschaffen. Zu hohe Gurte sind daher tendenziell als etwas besser zu betrachten als zu tiefe. Dies sollte aber noch einmal genauer z. B. mittels Numerischer Simulation untersucht werden.

Die Höhenverstellung des Gurtes sollte intuitiv erfolgen können und der Gurt dafür nicht ausgefädelt werden müssen. Beim Zusammenbau sind die verschiedensten Fehler denkbar. Diese sind vornehmlich ein falscher Gurtpfad oder sie betreffen die Endsicherung. Bei dieser können z. B. die Gurte auf nicht dafür vorgesehene Teile gesteckt werden.

Auch bei Erfüllung der genannten Anforderungen, dürfen KSS nicht zu breit konstruiert werden. Es sollte immer die Möglichkeit bestehen, neben dem KSS befindliche Plätze normal zu nutzen. Sobald sich z. B. auf beiden äußeren Plätzen der Rückbank mehrere KSS befinden, ist in vielen Pkw der mittlere Platz derart eingeschränkt, dass keine Person mehr Platz nehmen kann. Von den KSS

darf keine Gefahr für daneben sitzende Personen ausgehen. Daher muss die Außenstruktur glatt und großflächig gestaltet sein.

Vor allem beim Frontalaufprall kommt es zu einer Rotation des Kindersitzes und zu einem Eintauchen in die Sitzbank. Je mehr diese Rotation unterbunden wird, desto geringer fallen die Belastungswerte aus. Es ist möglich, durch zusätzliche Elemente (z. B. Top-Tether oder Stützfuß) die Rotation sehr stark zu reduzieren. Allerdings hat auch die Ausbildung der Aufstandsfläche des KSS Einfluss auf die Bewegung. Ist sie großflächig ausgebildet, kann sie durch die Interaktion mit der Sitzfläche bereits einen Teil der Energie absorbieren, da das Eintauchen verringert und damit auch die Rotation reduziert wird. Anders ist das bei einer schmalen Aufstandsfläche. Diese hat nur einen kleinen Einfluss auf das Eintauchen in das Sitzpolster, über die schmale Fläche kann auch kaum Rückhaltung aufgebaut werden sodass das KSS nach vorn rutschen kann. Beides erhöht die Gefahr einer hohen Rotation des KSS nach vorn. Außerdem kippeln KSS mit geringer Aufstandsfläche deutlich mehr und sind viel mehr auf der Sitzbank trotz Befestigung mittels 3-Punkt-Gurt verschiebbar als diejenigen mit einer großen Aufstandsfläche.

6.2 Klasse 0/0+

Die Babyschalen werden für Babys und Kleinkinder genutzt. Sind sie zu klein ausgebildet, fördert das den zu frühen Wechsel in ein vorwärtsgerichtetes Klasse 1 System. Die rückwärtsgerichtete Beförderung ist jedoch wichtig, da nur so die Belastungen für das Kleinkind ertragbar sind. Vor allem die hohen Halskräfte, die durch die Kopfbewegung entstehen, könnten bei einem vorwärtsgerichteten KSS zu schweren, sogar tödlichen Verletzungen führen. Daher ist es wichtig, dass Babyschalen so groß wie möglich konstruiert werden und z. B. einem Q1,5 sicheren Schutz gewähren. Die Schale muss kopf- und fußseitig lang genug ausgebildet sein und in diesen Bereichen auch einen ausreichend hohen Seitenschutz liefern. In ihr könnten dann Kinder wirklich bis zu 13 kg sicher befördert werden. Um das zu unterstützen, könnte die ECE-R44 geändert und KSS der Klasse 1 erst ab 12 kg zugelassen werden. Das würde die Überschneidung der Klassen 0+ und 1 reduzieren und eine längere Beförderung in Babyschalen fördern, da nicht zu zeitig in ein Klasse 1-System gewechselt werden darf.

Fast alle Babyschalen werden in derselben Weise angeschnallt. Der Diagonalteil des 3-Punkt-Gurtes wird um die Babyschale gelegt und der Beckengurt über das Fußende. So ist sichergestellt, dass die Hauptbeanspruchung über den Schultergurt abgebaut wird und das System kinematisch stabil ist. Ein Vertauschen der Gurte kann dazu führen, dass das KSS sich unter Belastung aufstellt und die Gurte aus den Führungen rutschen. Daher ist dafür Sorge zu tragen, dass ein Vertauschen konstruktiv ausgeschlossen wird und zumindest die Gurtführung eindeutig gekennzeichnet ist.

Die eindeutige Beschriftung betrifft aber nicht nur den Sicherungsvorgang. Bereits die Richtung, in der das KSS eingebaut werden soll, muss klar gekennzeichnet sein. Bis heute sind immer wieder Babyschalen in Pkw zu beobachten, die vorwärtsgerichtet eingebaut sind. Im Falle eines Unfalls ist der Gurt nicht in der Lage, das KSS sicher mit dem Pkw zu verbinden, da die Gurtführung darauf nicht ausgelegt wurde. Daher sollten verstärkt Maßnahmen entwickelt werden, die diesen Fehlgebrauch unterbinden.

Für den Frontalaufprall ist die Stellung des Tragebügels wichtig. Er darf nicht in Fahrtrichtung stehen, da das Kind diesen mit dem Kopf berühren kann. Dies führte bereits zu tödlichen Verletzungen [LESIRE, 2006].

Beim Seitenaufprall ist die Anbindung des Tragebügels entscheidend. Er sollte so ausgelegt sein, dass er die Kraft optimal in das KSS und auf die stoßabgewandte Seite weiterleiten kann. Im inneren Bereich sollte das KSS besonders ausgepolstert sein. Aus Gründen der Belastung ist es ungünstig, den Drehpunkt des Tragebügels geometrisch auf der gleichen Höhe zu platzieren, in der sich der Kopf des Kindes befindet. Der Drehpunkt steht bei fast allen Babyschalen seitlich über die Außenkontur heraus und würde somit nicht nur zuerst von einer eindringenden Struktur mit einer Verzögerung beaufschlagt, sondern der Kinderkopf würde sich somit auch im Bereich versteifter Struktur des KSS befinden. Besser geeignet sind daher Tragebügel, die vom Kopf des Kindes weit weg positioniert sind und seitlich nicht über der äußeren Kontur des KSS überstehen. Damit wird ein großflächiger gleichmäßiger Kontakt der KSS-Struktur mit Pkw-Teilen ermöglicht. Wenn das KSS gleichmäßig mit einer Kraft beaufschlagt wird, kann es auch beim Seitenaufprall zu einer reduzierten Rotation um die Z-Achse kommen. Es ist zu vermuten, dass auch im Realunfall eine zeitige und breite Anlagefläche die Beschleunigungen auf das Kind reduzieren.

6.3 Klasse 1

Klasse 1-Sitze besitzen ein hoch beanspruchtes eigenes Gurtsystem. Dieses muss so ausgelegt werden, dass es auch einer dynamischen Zugkraft von ca. 8-10 kN standhält. Hierauf ist vor allem bei den Gurtumlenkpunkten im KSS zu achten. Einfache Plastikführungen könnten ausreißen. Auch für den Gurtspanner und die Endbeschläge des 5-Punkt-Gurts gilt, dass sie einer definierten Zugkraft widerstehen müssen. An Stellen, an denen das Gurtsystem mit dem Insassen in Kontakt kommt, sollten die Gurte so breit wie möglich ausgebildet sein. Dies führt zu einer geringeren lokalen Beanspruchung des Insassen.

Bei Kindersitzen der Klasse 1 sollte das Gurtsystem nicht ausgebaut werden müssen, wenn der Bezug zum Waschen o. Ä. abgenommen wird. Es besteht sonst die große Gefahr, dass beim Zusammenbau Fehler gemacht werden und das Gurtsystem dann keinen Schutz mehr bieten kann.

Für den Rebound ist darauf zu achten, dass die Sitzlehne hoch genug ist, damit der Kopf nicht das KSS verlässt und den Hals nach hinten überstreckt (Extension). Trifft der Kopf bei dieser Bewegung auf eine Abschlusskante des KSS, sind schwere lokale Verletzungen möglich. Daher sollten auch in diesem Bereich Polster- bzw. Dämpfungsmaterialien vorgesehen sein. Es gibt KSS, bei denen die Kopfbelastungen durch einen harten Kontakt im Rebound höher als in der Belastungsphase der Vorwärtsbewegung sind.

Es ist vorgeschrieben, dass die KSS einen Gurtklemmer besitzen. Extra Gurtklemmer, die nicht an der KSS-Struktur befestigt sind und nur den Becken- und Schultergurt zusammenklemmen, erfüllen nicht ihren Zweck. In vielen Fällen sind diese nicht einsetzbar, da die Gurtgeometrie dies nicht zulässt. Sind sie im Bereich des normalen Gurtverlaufs am KSS angebracht, können sie einfacher gehandhabt werden und den Gurt effektiver klemmen. Dafür muss der Gurtverlauf unterhalb des Klemmers so gestaltet werden, dass er mit wenig Aufwand gestrafft werden kann.

Für den Seitenaufprall sind Seitenwangen wichtig, die groß genug ausgebildet sind. Sie sollten außen prinzipiell steif sein, innen aber mit Dämpfungsmaterial beschichtet. So kommt der Insasse schnell zur Anlage an das KSS und seine Bewegungsenergie kann absorbiert werden.

Es wurden keine rückwärtsgerichteten KSS der Klasse 1 untersucht. Sie bieten aufgrund ihrer Beförderungsrichtung große Vorteile für das Kind und senken die Belastungen erheblich. Technisch bedingt gelten für sie prinzipiell die gleichen

Anforderungen. Wenn es sich um kein ISOFIX- oder integriertes KSS handelt, ist sicherzustellen, dass das KSS über die Gurtführung sicher im Pkw befestigt ist, ggf. sind zusätzliche Gurte o. Ä. zu verwenden.

6.4 Klasse 2/3

KSS der Klasse 2/3 sichern das Kind mit dem Pkw-Gurt. Ihre Hauptaufgabe besteht darin, die Gurtgeometrie der jeweiligen Größe des Kindes anzupassen. Hierbei ist es wichtig, den Beckengurt so zu führen, dass er relativ tief verläuft und nicht in den Abdominalbereich des Kindes hoch rutschen kann. Dafür sollten die Gurtführungen am KSS entsprechend groß und rund ausgebildet sein. Wenn sie zu klein sind, ist der Spannvorgang des Gurtes erschwert, da die Bewegung des Gurtes konstruktiv behindert wird.

Der Schultergurt muss so über den Körper des Kindes geführt werden, dass sichergestellt ist, dass es zu keinem Gurt-Hals-Kontakt kommt. Tritt dieser bereits unter normalen Bedingungen auf, ist zu erwarten, dass das Kind den Gurt aus Komfortgründen nicht ordnungsgemäß platziert, sondern z. B. unter dem Arm durchführt. Auch bei einem Unfall muss der Hals-Gurt-Kontakt vermieden werden, da er sonst schwere Verletzungen verursachen kann. Daher sind der Verlauf des Gurtes und die Höhe der Kopfstütze je nach Sitzgröße des Kindes anzupassen. Auch hier sollte eine feine Abstufung und intuitive Bedienung, auch wenn das Kind bereits im KSS sitzt, möglich sein.

Heutige Schultergurtführungen sind zum Teil zu eng ausgebildet, was die Sicherung von Kind und KSS erschwert. Die obere Gurtführung des Schultergurtes muss so leichtgängig ausgebildet sein, dass der Gurt hindurchgeführt werden kann, ohne zu knicken. Dies bedeutet sonst im täglichen Gebrauch eine mechanische Beanspruchung des Pkw-Gurtes.

Eine generelle Benutzung der Sitzerrhöhungen mit und ohne Rückenlehne sollte eindeutig von der Größe abhängig gemacht werden. Kleinere Kinder werden in 5-Punkt-Gurt-Systemen sicherer befördert. In Pkw auf Sitzplätzen ohne Kopfstütze sollte der Einsatz von Boostern verboten werden.

6.5 Misuse

Neben den technischen Maßnahmen am KSS, die konstruktiv die Belastungswerte reduzieren, sollten bewusst Misuse vermeidende Maßnahmen eingesetzt werden. Die kann u. a. die Gurtspannung im KSS betreffen. Es gibt bereits KSS, die die Spannung visualisieren und damit Eltern bei der Kindersicherung unterstützen. An der TU Berlin findet derzeit dazu eine Studie statt. In ihr wird ein KSS dahingehend optimiert, dass es wesentliche Misusefälle dem Nutzer anzeigt. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, die Sicherheitsqualität von KSS und Kind deutlich zu verbessern.

7 Einsatz der Numerischen Simulation

Neben der herkömmlichen Methodik, reale Unfälle durch Tests im Labor nachzustellen, werden immer mehr rechnergestützte Untersuchungen durchgeführt. Dieses Kapitel geht auf die Grundlagen, Vorteile und Einsatzmöglichkeiten der Berechnungsmethoden ein.

7.1 Grundlagen der Simulation

Vor allem zwei Faktoren beschleunigten die Implementierung von rechnergestützten Untersuchungsmethoden in der Automobilindustrie: Zeit und Geld. Die Simulation verfolgt das Ziel, die Funktionsweise und das Verhalten eines mechanischen Systems bereits frühzeitig in der Entwicklungsphase zu analysieren und Prognosen abzugeben, wie sich das System in bestimmten Belastungsfällen verhalten wird.

Computergestützte Entwicklungen gehören von der Konstruktion von Bauteilen über den Zusammenbau ganzer Systeme und deren Überprüfung mithilfe bestimmter Tests zum aktuellen Stand der Technik in der Automobil- und Zulieferindustrie. Die immer höheren Kundenansprüche an neue Fahrzeuggenerationen und die großen Entwicklungsschritte von z. B. Elektronikbauteilen und Sensoren führten zu einem hohen Zeitdruck, in kürzester Zeit neuere Modelle implementieren zu müssen. Hinzu kam, dass der Aufbau von Prototypen sehr kosten- und zeitintensiv war. Es war positiv, dass die Entwicklung der Computer ebenfalls sehr schnell vorstatten ging. Die Rechenleistung und das Speicherangebot wuchsen an. Somit konnten Bauteil- und Fahrzeugmodelle aufgebaut und verfeinert werden. Daraus erwuchs ein großes Potenzial an Einflussmöglichkeiten. Bereits in der frühen Phase der Entwicklung besteht heute die Möglichkeit, Auswirkungen von bestimmten Auslegungen oder Maßnahmen abzuschätzen und Einfluss zu nehmen. Fehlentwicklungen können vermieden werden, da Problemstellen frühzeitig erkannt und beseitigt werden können. So kann nicht nur die Entwicklungszeit reduziert werden, sondern auch die Kosten. Diese sind speziell am Anfang einer Entwicklung sehr hoch.

Daher sollten rechnerische Methoden so zeitig wie möglich im Entwicklungsprozess eingesetzt werden, weil hier noch mehr Freiheitsgrade für Entscheidungen vorhanden sind und genutzt werden können (Bild 125).

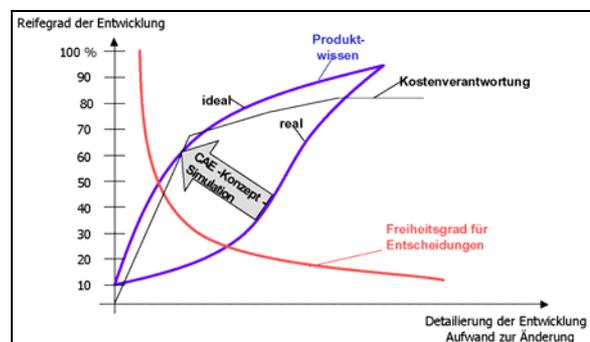


Bild 125: Kostenverantwortung und Produktwissen in der Produktentwicklung [SCHOENEICH, 2005]

7.2 Voraussetzungen

Der Aufbau realer Prototypen kostet viel Zeit und verursacht dadurch hohe Kosten. Zum Teil müssen für die Fertigung und die spätere Erprobung bestimmte infrastrukturelle Bedingungen geschaffen werden. Der Aufbau bestimmter Teile und Simulationsumgebungen ist im Computer zeitlich schneller durchzuführen. Allerdings ist mit einer hohen Detailtreue auch hier ein hoher Aufwand verbunden. Statt Kosten für das Material fallen Kosten für die Validierung des Materialmodells an. Hierbei muss das Verhalten des einzelnen simulierten Bauteils unter verschiedenen Randbedingungen geprüft werden. Die Vorhersagegüte des Modells muss anhand der realen Versuche validiert werden. Es gibt bisher nur wenige Tools, die diese Arbeit vollautomatisch unterstützen. Meist ist das Ergebnis von der Erfahrung des Entwicklers abhängig, der diese Arbeit durchführt. Nach der Validierung jedes einzelnen Bauteils ist allerdings noch nicht sicher, dass sich das gesamte Modell genauso wie in der Realität verhält. Daher sind nicht nur die einzelnen Bauteile, sondern auch Baugruppen oder komplette Modelle zu validieren.

Anhand dieser Erfahrungen und der validierten Bauteile ist es nun möglich, mittels der Numerischen Simulation Vorhersagen für neue Konstruktionen zu treffen. Je detaillierter das Modell aufgebaut ist, desto größer ist die erforderliche Rechenzeit. Daher ist auch die technische Ausstattung der Computer entscheidend. Mehrstündige Rechnungen sind dabei nicht ungewöhnlich. Da meist mit der technischen Verbesserung der Computer in Hinblick auf die Rechenleistung auch der Detaillierungsgrad der Modelle steigen kann, wird im Endeffekt die

Rechenzeit nicht kürzer aber die Qualität der Aussagen der Numerischen Simulation steigt ständig.

Neben den validierten Bauteilen und den Erfahrungswerten des Entwicklungsingenieurs sind auch qualitativ hochwertige Dummymodelle für die Simulation notwendig. Diese müssen ein Abbild der verwendeten Dummies sein, da sonst kein Vergleich zum realen Versuch möglich ist. Nur aus dem Zusammenwirken aller Faktoren lassen sich Aussagen mit einer hohen Vorhersagegüte treffen. [GEHRE, 2007]

7.3 Vorgehensweise

Zwei unterschiedlichen Verfahren, die je nach Anwendungsfall zum Einsatz kommen, ermöglichen einen Aufbau von numerischen Modellen (Bild 126).

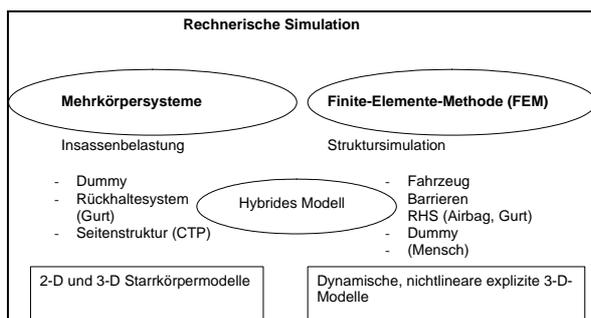


Bild 126: Methoden der Simulation, nach [APPEL, 1994]

In der Mehr-Körper-Simulation (MKS) werden die einzelnen Bauteile des Modells durch Starrkörper aufgebaut. Die Starrkörper besitzen Konturen von einfachen geometrischen Formen. Ihre Eigenschaften werden durch die Masse und die Trägheitseigenschaften sowie Kraft-Deformations-Kennungen des Materials beschrieben. Zwischen den Körpern befinden sich in der Regel Gelenke. Auch für diese werden bestimmte Eigenschaften (Freiheitsgrade, Reibmomente u. A.) definiert.

Die Gelenk- und die Materialkennungen der Körper bestimmen bei Kontakt zwischen zwei Körpern die resultierende Bewegung. Kontaktoberflächen verformen sich nicht, sondern dringen ineinander ein. Aus den jeweilig hinterlegten Funktionen entstehen dadurch die resultierenden Kräfte. Diese können ausgegeben und damit umfassend analysiert werden.

Das andere grundsätzlich verschiedene Verfahren ist die Finite Element Methode (FEM). Hier werden

die Oberflächen detailgetreu nachgebildet, sodass jede Form möglich ist. Das sog. FE-Netz besteht aus einer unterschiedlich großen Anzahl von Knoten und Elementen. Je mehr es sind, desto genauer ist in der Tendenz das Ergebnis aber desto höher ist auch der benötigte Rechenaufwand. Es können Verformungen von Bauteilen realistisch ermittelt und visualisiert werden, die durch das Einwirken von Kräften oder durch Kontakte hervorgerufen werden. Pre-Prozessoren helfen bei der Erstellung der FE-Netze, die dann per Hand nur noch wenig verändert werden müssen.

Beide Verfahren haben ihre Vor- und Nachteile vor allem bezüglich des Detaillierungsgrades und damit der Genauigkeit der Ergebnisse sowie des Zeitaufwands für eine Berechnung. In der Automobilindustrie geht der Trend weg von MKS hin zu FEM. Häufig sind auch Mischformen zu finden. Nicht alle Bauteile sind immer zwingend notwendig mit FEM darzustellen. Oftmals reicht eine sichtbare FE-Oberfläche aus, hinter der ein MKS-System wirkt (Facetten-Modell). Die Oberfläche dient dabei nur der anschaulicheren Visualisierung.

Hybride Modelle werden dort eingesetzt, wo die Schnelligkeit der MKS-Rechnung mit der Genauigkeit der FE-Rechnung noch stärker kombiniert werden soll. Nur Körper, die mit anderen in Kontakt kommen, müssen als FE-Netz vorhanden sein. Dabei werden Teilsysteme mit großen Verschiebungen als MKS und Teilsysteme mit hoher Verformung mittels FEM dargestellt. Diese Maßnahme verringert erheblich die benötigte Rechenzeit und ergibt trotzdem eine hohe Ergebnisgüte.

Damit stehen der Konstruktion von Bauteilen und der Entwicklung ganzer Systeme die verschiedensten numerischen Programme zur Verfügung. Mit ihrer Hilfe lassen sich z. B. ausschließliche Belastungen testen. Es können durch die Einleitung von Kräften in das Bauteil hoch belastete Stellen gefunden werden.

Oder es werden Beschleunigungen auf ein numerisches System, bestehend aus einem Aufbau z. B. einer KSS-Struktur und eines Dummies, aufgebracht. Die Beschleunigungen rufen Bewegungen und Belastungen am Dummy hervor. Die verwendeten Dummies haben wie die realen Crash-Dummies Messstellen, die ausgelesen werden können. Aus diesen Daten lassen sich direkt die jeweiligen Ergebnisse ablesen oder Schutzkriterien berechnen. So kann der Einfluss bestimmter Bauteileigenschaften des Modells untersucht werden.

7.4 Aufbau der Berechnungsmodelle

Da es bisher nicht möglich ist, geeignete numerische Modelle nur anhand des Zusammenfügens einzelner Bauteile aufzustellen, müssen Validierungen durch den Vergleich mit Experimenten durchgeführt werden. Erst durch den Einsatz von validierten Modellen können Vorhersagen getroffen werden. Dabei ist es möglich, dass ein Modell je nach Lastfall unterschiedlich validiert werden muss.

Für die Erstellung der Simulationsmodelle wurden mehrere Programme genutzt, die nachfolgend kurz genannt werden.

Ein Teil der benötigten FE-Modelle wurde zunächst in CATIA, V5, der Firma Dassault Systemes konstruiert. Dieses Programm ist ein integriertes Softwarepaket und besteht aus CAD, CAE und CAM⁴⁰-Modulen. Es bietet Möglichkeiten angefangen von einer einfachen 3-D-Konstruktion bis hin zur parameterbasierten Entwicklung eines Bauteils, was heute Standard in der europäischen Automobilindustrie ist.

Um die Geometriedaten in der Simulation nutzen zu können, müssen FE-Netze erzeugt werden. Dies wurde mit HyperMesh der Firma Altair durchgeführt.

Für die Analyse mittels numerischer Simulation wurde das Programm MADYMO⁴¹, Version 6.2.1, der Firma TNO Automotive Safety Solutions genutzt. Es wird vor allem im Bereich der Passiven Sicherheit für die Berechnung des dynamischen Verhaltens von Starrkörpersystemen eingesetzt, z. B. bei der Entwicklung von Rückhaltesystemen. Für diesen Zweck ist MADYMO ein weltweit verwendetes Tool für die Insassensimulation. Weiterhin ist es möglich, aus MKS- und FE-Teilen bestehende gekoppelte hybride Systeme zu berechnen. Für MADYMO steht eine Vielzahl validierter Dummymodelle zur Verfügung, die in der Lage sind, direkt bestimmte Messgrößen auszugeben und auch Schutzkriterien zu berechnen.

Für die Berechnung werden einzelne Körper nachgebildet, über Gelenke verbunden und in einem System zusammengefasst. Auf die Starrkörpersysteme oder FE-Modelle wirken äußere Faktoren ein, die definiert werden müssen (Bild 127).

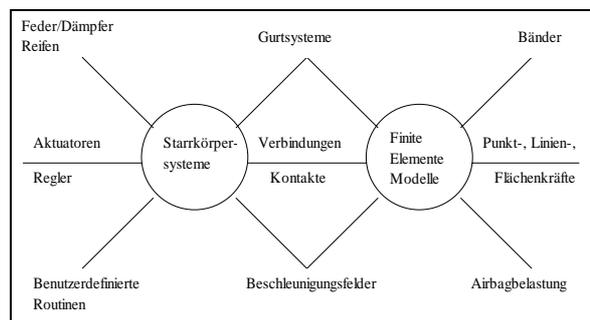


Bild 127: Modellaufbau und Elemente von MADYMO nach [MADYMO, 2003]

Das so erstellte Simulationsmodell soll die Realität abbilden. Durch die Simulation kann das Wirken von Beschleunigungen u. Ä. berechnet und Prognosen über das Verhalten des Systems getroffen werden.

Für die Arbeit mit MADYMO existiert eine Vielzahl von Pre- und Postprozessoren, die die Bedienung erleichtern sollen. Hier wurde außer dem MADYMO eigenen X-Madgic kein weiteres Programm genutzt. Zur Auswertung wurde HyperView der Firma Altair verwendet. Das Programm kann die Kurvenverläufe der Messwerte anzeigen und die Simulation visualisieren. Nicht nur die MADYMO-Ergebnisdateien können angezeigt und ausgewertet werden. Es ist auch möglich, Hochgeschwindigkeitsfilme der Schlittenversuche einzubinden. Diese können dann mit der Simulation synchronisiert werden. Somit lässt sich die Validierung des Modells mit diesem Programm komfortabel durchführen, da die Kinematik sowie die Messwerte in Versuch und Simulation verglichen werden können.

7.5 Validierung der Modelle

Nachdem die einzelnen Komponenten (Bild 128) in MADYMO implementiert worden sind, musste das Simulationsmodell validiert werden. Dafür wurden alle Randbedingungen den Anforderungen entsprechend genau nachgebildet. Es war nicht notwendig, die Verzögerungsanlage des Schlittens nachzubilden, sondern der Verzögerungspuls wurde direkt auf den Dummy, das KSS und die Gurte gegeben. Für die eigentliche Simulation war es notwendig, Voruntersuchungen zu tätigen. Der Dummy musste korrekt in dem KSS positioniert werden, sodass keine Reaktion am Anfang der Simulation zu erwarten war, sondern ein Kräftegleichgewicht bestand. Weiterhin war auch das

⁴⁰ Computer Aided Design, Engineering und Manufacturing

⁴¹ MADYMO: MAThematical DYNamic Model (MKS-basiert)

Gurtsystem betroffen. Es musste zunächst an den Dummy herangezogen werden. Nachdem alle Vorarbeiten erledigt waren, konnte die Rechnung für die Validierung erfolgen.

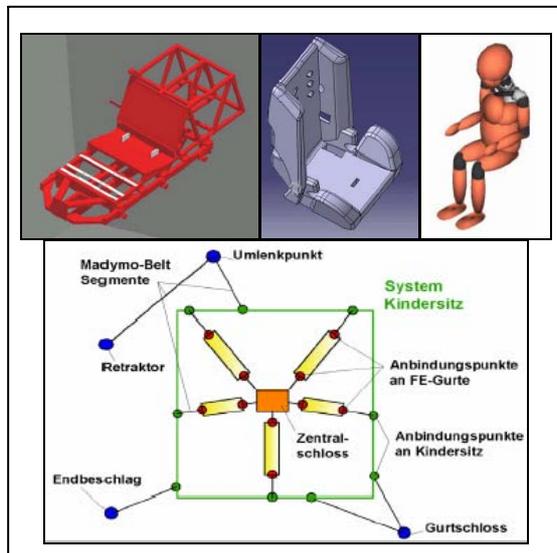


Bild 128: Einzelne Elemente des Simulationsmodells (oben links: Sitzbank, o. Mitte: KSS, o. rechts: Q3, unten hybrides Gurtsystem [NAAMANE, 2005])

Beim Vergleich mit den Messwerten aus dem Versuch zeigte sich, dass weitere Änderungen am Modell notwendig waren. Zum Beispiel musste am Q3-Modell im Bereich der Schlüsselbeine zwei zusätzliche Ellipsoide eingefügt werden. Normalerweise wird darauf verzichtet, die validierten Modelle der Dummies zu verändern, da dies die gesamte Kinematik verändern kann. Doch die Schultergurte des 5-Punkt-Gurtes rutschten von den Dummieschultern ab bzw. in diese hinein. Daher mussten zusätzliche Kontakte geschaffen werden. Die Ellipsoide besaßen keine Masse und keine Reibungseigenschaften, sodass sich ihr Einfluss darauf beschränkte, den Gurt auf den Schultern zu halten. Durch diese Maßnahme konnte die Realität besser abgebildet werden. Weiterhin wurden Reibbeiwerte erhöht. Dies geschah zum Einen an den Schultern zwischen Gurt und Ellipsoiden, damit der Gurt nicht abrutschen kann. Zum Anderen betraf das die Kennungen der Ellenbogen- und Kniegelenke. Sie streckten sich im Gegensatz zum Versuch deutlich weiter durch. Durch diese Änderungen wurde das ursprüngliche Q3-Modell nicht wesentlich verändert, aber zeigte in den Bereichen der Veränderung deutlich realistischere Reaktionen als zuvor.

Auch an den FE-Facetten des KSS mussten geringe Änderungen durchgeführt werden. Die Sitzfläche wurde durch MADYMO-Ebenen ersetzt.

Nach den o. a. Veränderungen des Modells wurden Parameter bestimmt, die die Validierungsgüte weiter erhöhen und damit die Genauigkeit und Aussagekraft des Modells verbessern sollten. Diese waren im Einzelnen:

- Position (D-Ring, Gurtschloss, Gurtendbeschlag, Schwerpunkt KSS)
- Reibwert (D-Ring, Gurtschloss)
- Kontaktreibung (KSS und Sitzpolster, KSS und Dummy, Gurt und Dummy)
- Kontaktsteifigkeit (KSS und Sitzpolster, KSS und Dummy)
- Verzögerung Retraktorzündung
- Skalierung Retraktorfunktion
- Gurtlose

Durch Anpassung dieser Parameter wurde das Simulationsmodell validiert. Die Parameter wurden einzeln und gemeinsam verändert. Dies erforderte eine große Anzahl von Rechenläufen. Die Validierung war abgeschlossen, als die Verzögerungsverläufe von Becken, Brust und Kopf über der Zeit für den vorliegenden Zweck weitestgehend übereinstimmten.

Zunächst wurde die Beckenbeschleunigung betrachtet (Bild 129). Über die Gurte und den Kontakt zur Sitzfläche war es möglich, einen Verlauf zu erreichen, der in der Höhe der maximalen Beschleunigungswerte sowie im zeitlichen Verlauf mit dem realen Versuch übereinstimmt.

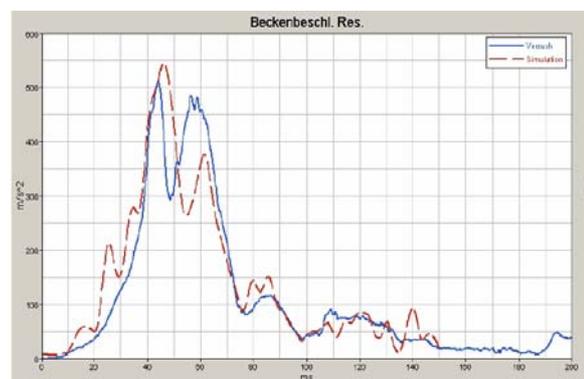


Bild 129: Verlauf der resultierenden Beckenbeschleunigung von Versuch (durchgezogen) und Simulation (gestrichelt), [NAAMANE, 2005]

Die Brust des Dummys ist nur über die Gurte am System angebunden. Somit kann die Brustbeschleunigung vor allem dadurch verändert werden, dass dieser Kontakt variiert wird. Der Verlauf (Bild 130) zeigt, dass er im validierten Modell zeitlich sehr gut mit dem realen Versuch übereinstimmt aber die maximalen Beschleunigungswerte nicht ganz erreicht. Diese Abweichungen sind tolerierbar und schränken nicht die spätere Aussagekraft des Modells ein.

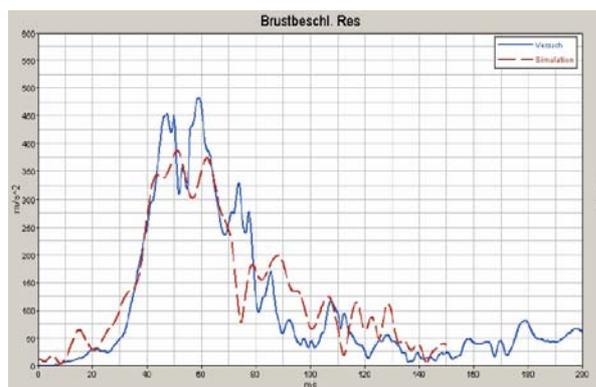


Bild 130: Verlauf der resultierenden Brustbeschleunigung von Versuch (durchgezogen) und Simulation (gestrichelt), [NAAMANE, 2005]

Der Kopf ist über keine direkte Verbindung mit dem Schlitten verbunden. Über den Hals besteht die Verbindung zum Körper des Dummymodells. Somit können keine direkten Kennungen verändert werden, um den Verlauf der Beschleunigung zu beeinflussen. Alle Veränderungen der Parameter wirken sich somit zuerst auf Becken und Brust und danach erst auf den Kopf aus. Vor diesem Hintergrund entspricht auch der Verlauf der Kopfbeschleunigung (Bild 131) den Anforderungen.

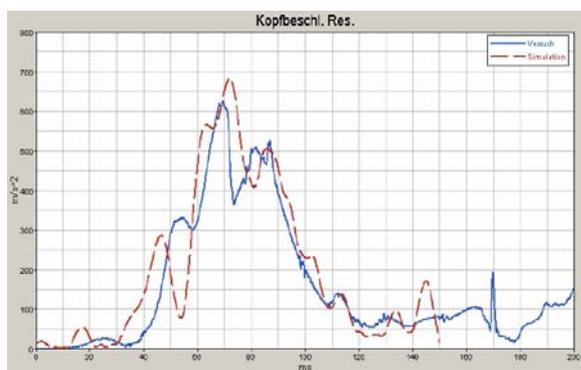


Bild 131: Verlauf der resultierenden Kopfbeschleunigung von Versuch (durchgezogen) und Simulation (gestrichelt), [NAAMANE, 2005]

Nach der Validierung des Modells anhand der Kurvenverläufe des Realversuchs wurden auch die Hochgeschwindigkeitsfilme ausgewertet. Es wurde überprüft, inwieweit die Anfangsposition und die Bewegungsverläufe zeitlich und optisch identisch waren (Bild 132).

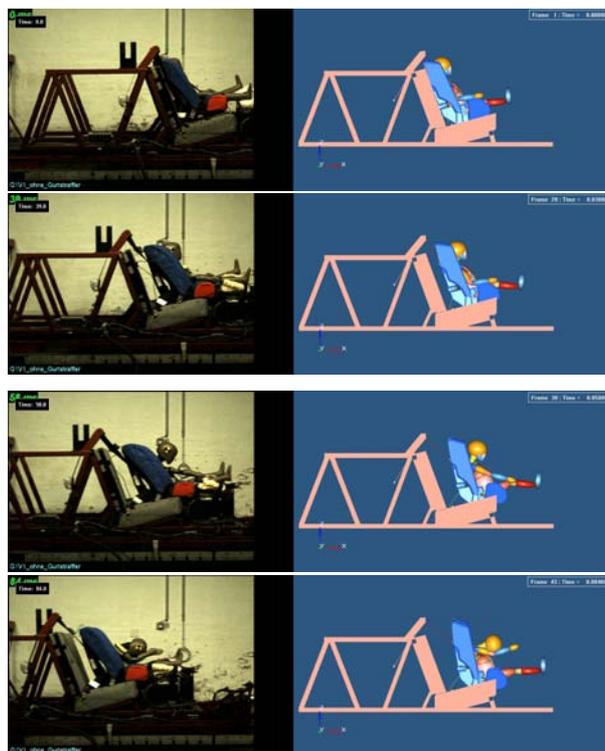


Bild 132: Vergleich von realem Versuch (links) und Simulation (rechts) zu bestimmten Zeitschritten [NAAMANE, 2005]

Es ist erkennbar, dass der Abgleich von Simulation und realem Versuchsbild zum Teil schwierig ist. Durch die ortsfeste Kameraposition im realen Versuch, weist jedes Bild einen Parallaxefehler auf, wenn sich der Dummy durch die Ebene der Objektivachse bewegt. Auch die Sitzbank verzerrt scheinbar im Gegensatz zur feststehenden Simulation, in der ein rechtwinkliges Bild von allen Teilen projiziert wird. Die entstehende Lücke zwischen Sitzlehne und KSS im Versuch erscheint dadurch größer als bei der Simulation. Das ist sie in der Realität aber nicht. Abhilfe könnte hier eine fotogrammetrische Auswertung, basierend auf mindestens zwei Highspeed-Kameras schaffen, die aber nicht zur Verfügung standen.

Bereits durch diese Arbeiten zur Abstimmung des Simulationsmodells konnte Wissen gesammelt werden, welche Parameter größeren oder kleineren Einfluss auf die Ergebnisse hatten. Dies wurde genutzt, um mögliche Varianten einzugrenzen.

zen, welche bei Optimierungsvorschlägen am KSS untersucht werden sollten.

7.6 Simulatorische Veränderung von KSS

In den nachfolgenden Abschnitten wird beschrieben, wie für zwei KSS-Klassen Simulationsmodelle für den Frontalaufprall aufgebaut wurden. Es handelt sich dabei um eine Babyschale sowie ein vorwärtsgerichtetes KSS der Klasse 1. Es wird von beiden Modellen zunächst der Aufbau dargestellt und danach die Maßnahmen der Optimierung, die zum Ziel die Erhöhung des Schutzes von Kindern hatten.

In [STOLLREITER, 2005] wurde die Optimierung eines integrierten KSS dargestellt. Nur mit Hilfe der numerischen Simulation war es möglich, einen integrierten Kindersitz für 3- und 10-jährige Dummies auszulegen.

7.6.1 Klasse 0+- Babyschale

Für die Optimierung eines KSS der Klasse 0+ wurde bei [NAAMANE, 2006] zunächst das KSS B digitalisiert. Dieses stellt eine Babyschale mit einer hohen Schutzwirkung dar (vgl. S. 76ff.). An ihr sollen daher Möglichkeiten der Erhöhung des Insassenschutzes aufgezeigt werden. Es entstand zunächst ein CAD-Modell, welches in das Simulationsprogramm MADYMO überführt wurde. Zur Verwendung kam ein P^{3/4}-Dummy.

Zunächst soll auf die Wirkungsweise der Belastungen bei der rückwärtsgerichteten Anordnung der Babyschale eingegangen werden. Die Belastungen können wie folgt dargestellt werden (Bild 133).

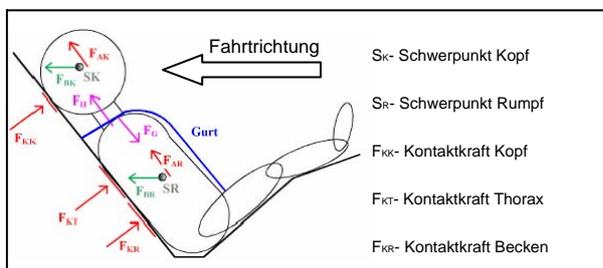


Bild 133: Wirkrichtungen der Belastungen in der Babyschale, nach [NAAMANE, 2006]

Durch die zur Fahrtrichtung entgegengesetzte Ausrichtung und die großflächige Abstützung des Körpers am Rückenteil der Babyschale entstehen bei einem Unfall keine Relativbewegungen zwischen Kopf und Körper, sodass der Hals nicht

so stark auf Scherung belastet wird. Es treten Kontaktkräfte am Kopf sowie am oberen und unteren Teil des Dummyrückens auf. In der Abbildung wurden sie als Thorax- und Beckenkraft benannt. Aufgrund der schrägen Sitzlehne ergibt sich eine aufwärtsgerichtete Bewegung des Insassen. Dabei wirkt der Gurt auf die Schultern und somit der Bewegung entgegen. Da der Oberkörper im Gegensatz zum Kopf zurückgehalten wird, ergibt sich eine Zugbelastung des Halses.

- Variation der Anbindung des KSS an den Schlitten
 - Zwei Varianten wurden aufgebaut. Es handelte sich zum Einen um die gurtbefestigte Anbindung des KSS an den Schlitten und zum Anderen um die ISOFIX-Lösung. Während die Schultergurt- und Halskräfte bei beiden Varianten ähnlich hoch sind, verringerte sich die Kontaktkraft des Kopfes und damit auch die Beschleunigung bei der ISOFIX-Variante gegenüber dem mit einem Standardgurt befestigten KSS.
 - Ausgehend von der Variante mit den geringeren Belastungen wurden weitere Untersuchungen durchgeführt. Der Anstellwinkel der Rückenlehne wurde gegenüber der Ausgangslage von 45° auf 90° verändert. Die Kontaktkraft am Rücken stieg dabei leicht an und die Kontaktkraft am Kopf blieb annähernd gleich. Eine deutliche Reduzierung um mehr als die Hälfte der Maximalwerte ergab sich für die Schultergurt- und Halsbelastung.

Babys und Kleinkinder sollten aus ergonomischer Sicht möglichst waagrecht befördert werden und nicht zu lange sitzen, da sie den Kopf noch nicht allein halten können. Daher ist es nicht möglich, die Sitzposition dauerhaft zu verändern. Aber bei einem Unfall sollte versucht werden, die Babyschale in eine Position zu bringen, in der die Schultergurtkräfte und Halsbelastungen günstiger sind. Je steiler die Rückenlehne ist, desto geringer werden die Zug- und Scherkräfte im Hals, da die Aufwärtsbewegung reduziert wird. Um die Kontaktkräfte im Kopf und Rücken zu minimieren, sollte zusätzlicher Weg für die Verzögerung des Dummies freigegeben werden. Einerseits kann dies durch einen geeigneten Schaumstoff im Kindersitz erfolgen. Andererseits ist eine Drehbewegung der Babyschale denkbar. Nicht geeignet ist eine Dehnung der Gurte. Dies führt zwar auch zu der

gewünschten Verlängerung des Verzögerungsweges, aber es ist nicht sichergestellt, dass mit den gedehnten Gurten, z. B. bei Mehrfachkollisionen oder einem Überschlag, der Insasse im KSS verbleibt.

Aus diesen skizzierten Anforderungen ergab sich als Lösungsmöglichkeit eine Schaukelbewegung, die die Belastungen im KSS weiter reduzieren und damit die Schutzwirkung erhöhen kann. Daraus wurde folgendes Konzept erstellt (Bild 134).

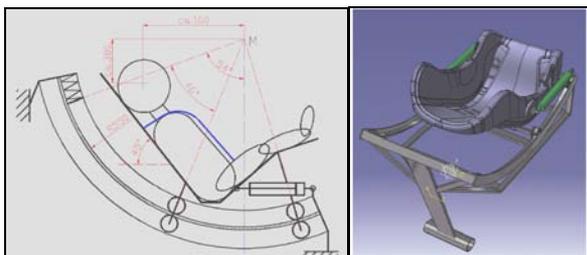


Bild 134: Konzept (links) und CAD-Modell (rechts) einer beweglichen Babyschale [NAAMANE, 2006]

Aufgebaut wurde das Konzept auf eine ISOFIX-Basis mit Stützfuß. Die KSS-Schale entspricht dem KSS B. Sie ist mit Rollen auf zwei kreisförmig gebogenen Schienen gelagert. Die Bewegung des Systems wurde durch die Trägheit von KSS und Insasse ausgelöst. Von der Ausgangslage, in der sich die Lehne in einem Winkel von bis zu 45° zur Vertikalen befand, sollte eine Bewegung um 45° zugelassen werden, sodass sich der Rücken des Insassen nahezu senkrecht befinden kann.

Mit diesen Eingangsparametern wurde das Simulationsmodell aufgebaut und mit den anderen beiden zuvor genannten Simulationsmodellen (gegurtet und ISOFIX) verglichen. Die Ergebnisse des optimierten KSS bestätigten die Vermutungen. Durch die Veränderung der Position des Dummies, die allein durch die Trägheit hervorgerufen wurde, konnten alle Belastungswerte reduziert werden.

Bei einem konstanten Moment von 520 Nm, das der Drehbewegung entgegen wirkte, ergaben sich die niedrigsten Belastungswerte für den Dummy. Sie resultierten aus einem schwachen Anstieg und Abfall der Bewegung. Durch das verwendete Moment war kein Anschlag zur Begrenzung der Drehbewegung erforderlich, da sie selbstständig zum Stillstand kam.

Sogar die Kontaktkräfte im Rücken des Dummies verringerten sich. (Bild 135)

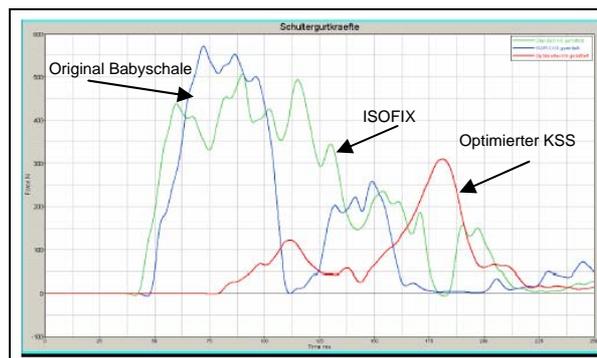


Bild 135: Beispiel für die Reduktion eines Messwertes durch Schaukelprinzip: Schultergurtkraft [NAAMANE, 2006]

Durch die Simulation konnte bewiesen werden, dass sich die Belastungswerte mit einer drehenden Babyschale um mehr als 25 % reduzieren lassen. Speziell die Halskräfte, die aufgrund der noch nicht ausgebildeten Muskulatur erhebliche Verletzungen hervorrufen könnten, wurden um mehr als die Hälfte gesenkt. Durch die Verwendung eines anderen, weicheren Materials für den Kontakt des Dummies zur Rückenlehne, wurde dies noch weiter verbessert. Es ist zu erwarten, dass durch die Summe der Maßnahmen das Verletzungsrisiko für Babys in Klasse 0+-KSS deutlich verringert wurde.

Eine weitere Möglichkeit für das Aufrichten des Dummies könnte dadurch erreicht werden, dass unterschiedlich stark deformierbare Materialien in der Rückwand der Babyschale benutzt werden. Wenn im Bereich des Beckens und unteren Rückens deutlich mehr Deformationsweg zugelassen wird als im Kopfbereich, ergibt sich dadurch auch eine gewisse Aufstellung des Insassen.

7.6.2 Klasse 1- 5-Punkt-Gurt-KSS

Das Simulationsmodell entspricht in etwa dem getesteten KSS E. Es wurde in [SÖLTER, 2006] so entwickelt, dass Parameter leicht veränderbar und überprüfbar sind. Daher wurde es prinzipiell als MKS-Modell aufgebaut. Es besteht aus Flächen und Ellipsoiden. Die Eigenschaften des Modells wurden so angepasst, dass es in der Masse und den Trägheitseigenschaften dem KSS E entsprach.

Wie auch im Versuch wurde das KSS mit einem Gurtsystem auf der Sitzbank gesichert. Der Pkw-3-Punkt-Gurt wurde durch MADYMO-Standardgurte abgebildet. Dies ist möglich, da der Gurt als im Kindersitz fixiert zu betrachten ist. Für die Verbindung des KSS mit dem Dummy wurde ein

hybrides Gurtsystem aufgebaut. Dies besteht aus MADYMO-Standardgurten, die mit einem FE-Gurt gekoppelt sind. Dadurch kann auch der Bereich, in dem ein Kontakt zwischen Dummy und Gurt entsteht, realistisch simuliert werden.

Die Beschleunigung, die auf das System wirkte, entsprach der Schlittenbeschleunigung bei den ECE-R44 Versuchen (5.2.1.1 und weitere). Im Gegensatz zum Versuch, bei dem der Schlitten ausgehend von einer bestimmten Geschwindigkeit abgebremst wird, wurde sie auf den Dummy und die beweglichen Bauteile gegeben, während der Schlitten selbst ortsfest stehen blieb.

Obwohl bereits ein Simulationsmodell existiert, musste die neue Konfiguration mit dem veränderten KSS noch einmal validiert werden. Dabei wurde mit dem Becken begonnen, danach folgte die Brust und zum Schluss der Kopf. Da auf den Kopf keine äußeren Einwirkungen bestehen, muss für ein verändertes Resultat auch immer die Brust- oder Beckenbelastung geändert werden, da die Kopfbelastung ausschließlich von diesen abhängt.

Nach der Validierung wurde untersucht, welchen Einfluss die folgenden Varianten einzeln auf das Schutzpotenzial des Kindersitzes haben. Die Bewertung erfolgte bezüglich des Ausgangsmodells.

- Variation der Masse des Kindersitzes
 - Bei Erhöhung der Masse erhöhten sich die Belastungen, vor allem auf Kopf und Hals. Wurde die Eigenmasse verringert, zeigte das bis zu einer Masse von 50 % keine deutlichen Veränderungen.
 - Daraus ergibt sich, dass keine Belastungsveränderungen durch die Veränderung der Masse zu erreichen sind. Tendenziell ergibt eine höher Masse des KSS auch höhere Belastungen am Dummy.
- Variation der Gurtgeometrie des Pkw-Gurtes durch Vorverlagerung der Beckengurtführung
 - Die hinten liegenden Führungen für den Gurt, wurden in Fahrtrichtung in Richtung der Vorderkante des KSS verschoben. Durch diese Maßnahme sanken die Vorverlagerung von KSS und Dummy. Aber die Becken- und Brustbeschleunigung sowie der HIC-Wert stiegen um ca. 33 % gegenüber dem Ausgangszustand. Der Grund dafür könnte die zeitlich längere

Rotation des KSS um die Y-Achse mit größerem Winkel sein.

- Da die Verschiebung der Gurtpunkte in Richtung der KSS Vorderseite zu einer Erhöhung der Belastungen am Dummy führt, sollte versucht werden, die Gurtführung für das KSS weit hinten anzubringen. Das Ziel ist vor allem, eine gute Rückhaltung des KSS zu erreichen und gleichzeitig die Rotation um die Y-Achse weitgehend zu verhindern.
- Variation der Steifigkeit des 5-Punkt-Gurtes des KSS
 - Die Steifigkeit des Ausgangsgurtes lag bei 8 %. Für die Validierung des Modells wurde sie skaliert. Ausgehend von dem validierten Modell, welches eine deutlich geringere Steifigkeit gegenüber dem Ausgangsgurt aufwies, wurde die Steifigkeit um jeweils 50 % erhöht und verringert. Die Verringerung brachte eine weitere Vorverlagerung des Dummys mit sich. Die Kräfte und Beschleunigungen setzten später und etwas steiler als beim Ausgangsmodell ein, die Maximalwerte der Kopfbelastungen waren sogar höher. Auch die Erhöhung der Steifigkeit brachte keine eindeutige Verbesserung der Belastungswerte mit sich. Während die Beckenbeschleunigungen sanken, stiegen die Brust- und Kopfbeschleunigungen leicht an.
 - Eine Reduzierung der Steifigkeit der Gurte bringt einen späteren aber steileren Anstieg der Belastung und eine hohe Vorverlagerung mit sich. Auch eine Erhöhung der Gurtsteifigkeit führt zum Teil zu höheren Belastungen. Es wäre genau zu prüfen, ob nur einzelne Gurtsegmente steifer gestaltet werden können. Eine Verbreiterung der Gurte könnte die lokalen Belastungen auf den Dummy weiter senken.
- Variation der Gurtlose im KSS-Gurtsystem
 - In einem Gurtsystem befindet sich immer mehr oder weniger Gurtlose. Diese beeinflusst den Zeitpunkt, an dem der Dummy an der Schlittenverzögerung teilnimmt. Je später er liegt, desto größere Relativgeschwindigkeiten haben sich bereits aufgebaut. Setzt die Verzögerung des Dummys eher ein, ist auch mit geringeren Belastungen zu rechnen. Daher wurde versucht, durch den Einsatz eines

Straffers die Gurtlose frühzeitig zu eliminieren. Die Kopf- und Halsbelastungen wurden dadurch gesenkt, zum Teil um bis zu 25 %. Die Brust- und Beckenbeschleunigungen reduzierten sich auch, allerdings nur im geringeren Maße.

- Die Reduzierung der Gurtlose führt zu einer deutlichen Verringerung der Belastungswerte, vor allem für Kopf und Hals. Daher sollte bereits durch konstruktive Maßnahmen eine selbsttätige Spannung des Gurtsystems vorgesehen werden. Gurtstraffer, wie sie im Pkw verwendet werden, können auch zum Ziel führen, sofern sie den kindlichen Belangen angepasst werden und ein niedrigeres Kraftniveau aufweisen. Es sollte aber geprüft werden, welche weiteren Möglichkeiten der Gurtstraffung es gibt.
- Variation der Reibung zwischen KSS und Sitzfläche
 - Die Erhöhung der Reibung zwischen Aufstandsfläche des KSS und Pkw-Sitzbank führte zu einer besseren Anbindung des KSS an die Sitzfläche mit einer geringeren Vorverlagerung des KSS. Allerdings verstärkte sich auch die Rotation um die Y-Achse. Daraus ergab sich eine höhere Kopfbeschleunigung und Halsbelastung.
 - Die Erhöhung der Reibung ist nur zielführend, wenn gleichzeitig die Rotation unterbunden werden kann.
- Variation der Rotation des KSS um die Y-Achse
 - Die o. g. Variationen zeigten zum Teil, dass positive Tendenzen für eine Belastungsreduzierung vorhanden waren, aber die einsetzende stärkere Rotation diese wieder verringert. Daher wurde das KSS am Kopfteil mittels eines Gurtes zusätzlich am Schlitten befestigt (Top-Tether). Dies veränderte die KSS-Kinematik grundlegend. Das KSS wurde nur am oberen Ende zurückgehalten, während die Unterseite verstärkt nach vorn gerutscht ist. Auch die Dummy-Kinematik wurde dadurch stark verändert. Die Kopfvorverlagerung nahm deutlich ab. Die resultierenden Becken- und Brustbeschleunigungen waren nahezu unverändert, da sich die einzelnen Beschleunigungskomponenten von der X-Richtung hin zur Z-Richtung verschoben haben. Die Kopfbelastung verbes-

serte sich am meisten. Die Beschleunigung sank um 40 %, der HIC um 70 %. Gleiches traf auf die Brustbeschleunigung zu. Auch die Brusteingdrückung reduzierte sich deutlich.

- Da das KSS am oberen Punkt befestigt ist, wird die Rotation um die Y-Achse wirksam unterdrückt. Dies bringt deutlich geringere Belastungswerte mit sich.
- Variation der Anbindung des KSS an den Schlitten
 - Da bereits die obere Anbindung des KSS sehr gute Ergebnisse brachte, sollte nun auch eine ISOFIX-Variante überprüft werden. In ihr ist kein Fahrzeuggurt vorhanden, sodass es keine Gurtlose oder -dehnung gibt. Es wurde als ideales ISOFIX-System ausgelegt, um das Potenzial zu zeigen, welches in diesem System steckt. Das heißt, es wurde keine Bewegung zwischen KSS und Sitzbank zugelassen. Besonders auffällig war die zeitige Teilnahme des Dummys an der Schlittenverzögerung. Alle Belastungen (Kräfte, Beschleunigungen und Momente) stiegen früher aber nicht so steil an und die Maximalwerte sanken um mehr als 30 % (Bild 136). Der HIC verringerte sich sogar um 70 %.
 - Die Einführung eines ISOFIX-Systems zeigt, dass die Belastungswerte dadurch sehr deutlich sinken können. ISOFIX verhindert sehr effektiv die Bewegung des KSS auf der Sitzbank.

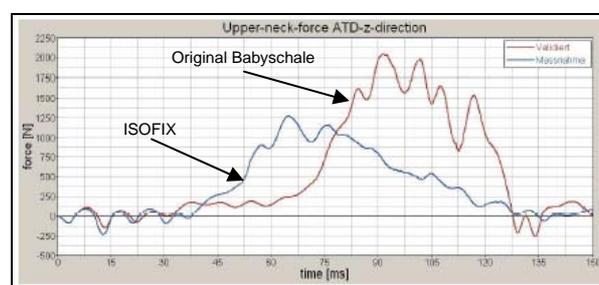


Bild 136: Beispiel für die Reduktion eines Messwertes durch ISOFIX: Zugkraft oberer Hals [SÖLTER, 2006]

- Variation der Stellung der KSS-Schale
 - Bei KSS mit eigenem Gurtsystem wird der Oberkörper des Kindes sehr gut zurückgehalten. Da der Kopf frei ist, kommt es zu einer starken Relativgeschwindig-

keit zwischen ihm und dem Oberkörper. Das führt zu einer hohen Halsbelastung und Biegung nach vorn (Flexion). Untersuchungen zeigten, dass es nicht sinnvoll ist, die Gurtdehnung zu erhöhen, um den Oberkörper nicht so stark zu halten. Daher wurde untersucht, ob es möglich ist, die KSS-Schale beweglich auszuführen. Sie konnte sich, sobald ein bestimmtes Kraftniveau erreicht wurde, translatorisch parallel zur Sitzfläche bewegen. Die Ergebnisse sind noch besser als beim idealen ISOFIX. Die Belastungswerte sanken um mehr als 40 %, HIC um 80 %.

- Die Auslegung des KSS in der Weise, dass es sich bei einer bestimmten einwirkenden Kraft bewegen kann, zeigt die meiste Wirkung auf die Belastungswerte des Dummys. Alle Maximalwerte sinken deutlich.

Es konnte mit Hilfe der Numerischen Simulation gezeigt werden, dass es verschiedene Maßnahmen gibt, die deutliche Verbesserungen für die Schutzwirkung eines KSS der Klasse 1 erzielen. Die größte Veränderung gegenüber einem herkömmlich mittels des Fahrzeuggurtes gesicherten KSS bringt die Einführung eines ISOFIX-Systems und eines Anti-Rotations-Elementes. Hier können die Belastungswerte am stärksten sinken. Auch die Verwendung eines Gurtstraffers ist für die Insassenbelastung positiv. Beides geht auf den Ride-Down-Effekt zurück, der eine zeitige Ankopplung des Insassen an die Verzögerung fordert. In der Variante, in der die geringsten Belastungen erzielt wurde, kann sich das KSS zusätzlich definiert nach vorn bewegen und den Vorverlagerungsweg optimal ausnutzen. Dadurch reduzieren sich die Belastungswerte weiter gegenüber dem ISOFIX-System. Vorstellbar ist, dass eine Kombination aus all diesen Varianten das bestmögliche Ergebnis erzielt und damit den meisten Schutz für einen Insassen bietet.

7.7 Zusammenfassung

Der Stellenwert der Numerischen Simulation ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Im Labor rekonstruierte Unfälle können genutzt werden, um Simulationsmodelle zu validieren. So ist es möglich, Realunfälle im Computer darzustellen.



Bild 137: Möglichkeiten der Unfallanalyse; Oben links: Realunfall, rechts: Laborversuch; unten links: Laborversuch, rechts: Simulation

Der größte Aufwand muss für die Validierung der Modelle aufgewendet werden. Es ist nicht ausreichend, nur die einzelnen Bauteile zu validieren. Auch ihr Zusammenspiel im gesamten System muss überprüft werden. Sobald die Modelle dem Zweck entsprechend ausreichend genau validiert sind und die Modelle numerisch stabil rechnen, ist eine hohe Prognosegüte möglich. Es können nun Vorhersagen dahingehend getroffen werden, wie sich unter bestimmten Situationen das System verhält, sofern die Grenzen der Validierung nicht zu weit verlassen werden.

Auf diesem Wege wurden KSS-Modelle mit einer großen Zahl von möglichen Modifikationen systematisch untersucht. Durch Vergleich mit dem Referenzmodell hat sich gezeigt, welche Variationen vielversprechender sind als andere. Sobald das KSS fest im Pkw befestigt ist, z. B. über ISOFIX oder Top-Tether, lassen sich Belastungen senken und das KSS gezielter optimieren. Hier ist ein Ansatzpunkt für weitere Forschung gegeben.

Durch den Aufbau detaillierterer und besser validierter Modelle lassen sich genauere Aussagen zur Wirkungsweise von KSS treffen und die Schutzwirkung aller Klassen deutlich verbessern. Dafür muss aber die Numerische Simulation von Anfang einer Entwicklung an methodisch eingesetzt werden, wie es in [SCHOENEICH, 2005] beschrieben ist.

8 Aufbau optimierter Systeme

Im nachfolgenden Kapitel sollen für die Klassen 0+ und 1 konkrete Verbesserungsvorschläge dargestellt und bewertet werden. Sie beziehen sich im Wesentlichen auf die Ergebnisse der Simulation im Kapitel 7.6.

8.1 Klasse 0+

Es hat sich in den Versuchen in Kapitel 5.3.1.1 gezeigt, dass vor allem bei dem größeren Q1,5-Dummy die Halsbelastungen gegenüber dem Q0 stark ansteigen (Bild 138).



Bild 138: Q1,5 im KSS C bei maximaler Vorverlagerung

Aus Erfahrungen der Biomechanik und Unfallanalyse ergibt sich, dass der Kopf eines Kleinkindes den Hals überproportional beansprucht. Die Muskeln sind noch nicht soweit ausgebildet, dass sie den Kopf halten können, sobald mehr als die Erdbeschleunigung wirkt. Durch die rückwärtsgerichtete Beförderung wird ein Großteil der belastungsverursachenden Energie direkt in die Babyschale geleitet. Da aber die Kinder in einer fast liegenden Position fahren, treten beim Frontalaufprall Kräfte im Hals auf. Für die Halsbelastung wäre es also gut, wenn alle Kräfte direkt in das KSS abgeleitet werden könnten und keine Scherkräfte auftreten. Das ist der Fall, wenn der Insasse senkrecht stehend belastet wird. Daher ist es sinnvoll, in der Unfallsituation die Babyschale aus der fast waagerechten in eine senkrechte Position zu drehen.

Für die Umsetzung dieses Konzeptes wurde das Simulations-Modell in Kapitel 7 aufgebaut. Das Konzept berücksichtigt den Platz im Pkw. Es wurde so ausgelegt, dass die Bewegung innerhalb einer KSS-Basis ablaufen kann. Es zeigte sich in der Simulation, dass die Insassenbelastungen durch diese Maßnahme gesenkt werden könnten.

Für die experimentelle Analyse konnten die gekrümmten Bahnradialen, auf denen sich die Babyschale auf der Basis abrollen sollte, nicht ohne größeren Aufwand als Einzelstücke gefertigt werden. Daher wurde nur das Grundprinzip beibehalten und die Babyschale an einer Art Schaukel aufgehängt. Die Bewegung, der Mittelpunkt der Bahnkurve und weitere Randbedingungen wurden dadurch nicht verändert (Bild 139).

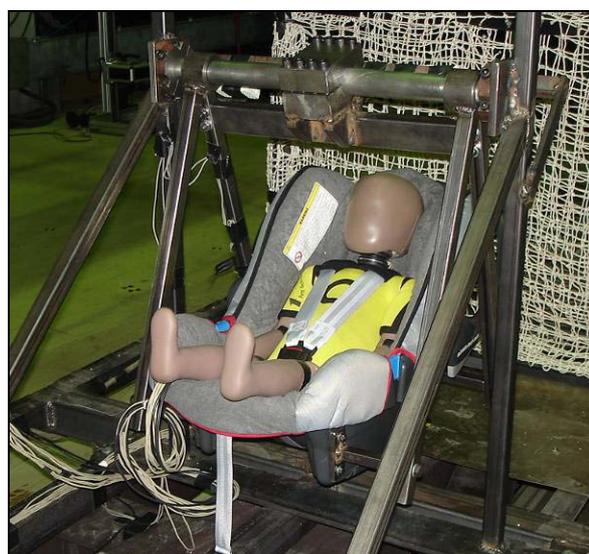


Bild 139: Aufbau Drehsitz mit KSS B und Q1,5

Das Ziel war es, eine Drehbewegung nur durch die Wirkung der Trägheit zu ermöglichen und dadurch die Belastungswerte zu senken. Sollte dies vom Grundansatz her funktionieren, kann das Konzept verfeinert und besser abstimmt werden. Dies war nicht Inhalt der vorliegenden Untersuchung.

Für den Versuchsaufbau wurde das KSS B, welches das bessere der getesteten KSS der Klasse 0+ ist, an den Rahmen angepasst. Hierfür wurden die Aufstandsfüße mit Schrauben versehen. Weitere Änderungen wurden KSS-seitig nicht durchgeführt. Die starre Anbindung an den Schlitten hat dieselbe Auswirkung wie eine optimale ISOFIX-Anbindung.

Der Schlitten wurde zu Vergleichszwecken entsprechend dem ECE-R44-Testverfahren verzögert. Daher ist ein direkter Vergleich der Ergebnisse des Drehsitzes mit denen der herkömmlichen Babyschale möglich. Bild 140 zeigt die Anfangs- und Endstellung des Drehsitzes.



Bild 140: Anfangs- und Endstellung des Drehsitzes

Es ist erkennbar, dass sich nur ein Winkel von unter 45° eingestellt hat. Dies liegt daran, dass sich der Dummyoberkörper bereits in der horizontalen Position des KSS in einem Winkel von ca. 45° befindet. Eine Drehung um mehr als 45° würde daher den Dummy über die Senkrechte aufrichten. Um die Drehbewegung abzubremesen, wurde eine Bremsenrichtung mittig über dem KSS angebracht. Die dort vorhandenen acht Schrauben (M10 8.8) wurden mit jeweils 35 Nm angezogen. Dadurch wurde eine Reibkraft zwischen den zwei Stahlteilen erzeugt, die die Drehbewegung hemmte. Als Notanschlag war ein Querträger aus Stahl montiert, der aber nicht berührt wurde.

Die Messergebnisse nach ECE-R44 sind in Tabelle 33 zu sehen.

Daten / Ergebnisse		Bewertung	134
Preis [Euro]	xx	Masse [kg]	xx
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	33,61	Halsmoment (M_{res}) [Nm]	16,4
Kopfvorverlagerung [mm]	xx	Halskraft (F_{res}) [N]	326,5
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	31,44	Brusteindrückung [mm]	3,01
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	28,20	Brustbeschleunigung (a_z) [g]	16,78
Beschädigung			
Sonstiges			

Tabelle 33: Ergebnisse von KSS B mit Q1,5 bei ECE-R44 und Schaukelprinzip

Im Vergleich dazu betrug die Bewertung der herkömmlichen Babyschale 115 (siehe auch Tabelle 12, Bewertung *ohne* Kopfvorverlagerung). Es zeigte sich, dass das Drehkonzept wesentlich geringere Belastungen hervorruft. Die Beschleunigungen von Kopf, Brust und Becken konnten jeweils um mehr als 25 % reduziert werden. Einzig die Halsbelastung in Z-Richtung (Zugkraft), die aber nicht in die Punktebewertung eingeht, betrug statt 168 N jetzt 265 N. Dieser Anstieg von ca. 100 N ist wahrscheinlich nicht kritisch und in dieser Größenordnung auch durch ein Kind ertragbar. Durch die viel deutlichere Reduzierung der Scherbelastungen (Kraft in X-Richtung von 304 N auf 151 N; sowie Y-Richtung von 130 N auf 8 N) wird insgesamt eine niedrigere Beanspruchung des Halses erzielt. Doch es zeigt sich ein Zielkonflikt, der entsteht, wenn zwar die Brust- und Kopfbeschleunigungen als Zahlenwert reduziert werden, zeitlich allerdings so aufeinander treffen, dass sie gegeneinander wirken. Da die Verbindung zwischen Körper und Kopf der Hals ist, kann dieser unter bestimmten Umständen trotz geringer Einzelbeschleunigungswerte stark belastet werden. Dies ist jedoch durch eine gezielte Auslegung der Komponenten weiter reduzierbar.

Ein Seitenaufprall konnte vor dem Hintergrund einer einfachen Realisierung des Versuchsaufbaus nicht experimentell untersucht werden. Es ist zu erwarten, dass das veränderte KSS genauso wie im Originalzustand einen sehr guten Schutz bietet.

8.2 Klasse 1

Bereits bei [SCHLACHT, 2001] wurde ausgehend von einem Simulationsmodell ein optimiertes Kindersitzmodell der Klasse 1 entwickelt. Dieses wurde nur am oberen Lehnende gehalten und konnte sich frei nach vorn bewegen. Dadurch konnte die Aufprallenergie gedämpft und die Belastungsspitzen zeitlich und vektoriell verschoben werden. Ein Ziel kann außerdem gewesen sein, die starke, durch Biegung auftretende Halsbelastung zu reduzieren, indem das Kind in eine liegende Position⁴² gebracht wird. Am Ende der Drehbewegung stiegen jedoch die Belastungen deutlich an. Eine gesteuerte Drehbewegung, die nicht allein auf der Trägheit beruht, ist nur unter hohem Aufwand realisierbar. Die Beschleunigung, die notwendig ist, um das Kind in eine belastungsgünstige horizontale Position zu bringen, müsste innerhalb von 30 ms ca. 50 cm Höhe überwinden

⁴² Im Gegensatz zu rückwärtsgerichteten KSS ist bei vorwärtsgerichteten KSS eine liegende Position des Insassen besser, da hier der ungeschützte Kopf nicht frei beweglich ist.

und wieder sanft abgebremst werden. Dafür wären kurzzeitige Beschleunigungen von mehr als 100 g notwendig, was einen technisch sehr hohen Aufwand bedeuten würde und wiederum Belastungen auf den Insassen hervorruft. Es wird aus Platzgründen im Pkw nicht möglich sein, dieses Konzept so umzusetzen, selbst wenn die Abbremsung besser gedämpft wäre. Daher wird das Konzept der Drehbewegung bei dieser KSS-Klasse hier nicht weiter verfolgt.

Im Folgenden werden verschiedene Optimierungsmöglichkeiten von KSS dargestellt. Als Bewertungsgrundlage der erzielten Messergebnisse dient fast dasselbe Bewertungsschema, welches auch in Kapitel 5 benutzt wurde. Allerdings wird darauf verzichtet, die Kopfvorverlagerung in der gleichen Weise zu bewerten. Die hohe mögliche Punktzahl würde zu stark die Abschlussbewertung beeinflussen. Trotz der hohen Priorität des Schutzes des Kopfes müssen Anreize geschaffen werden, bei der Entwicklung von KSS den im Pkw real zur Verfügung stehenden Platz auszunutzen. Je größer die Vorverlagerung ist, desto geringer können die Beschleunigungen auf die Körperteile des Kindes sein. Wenn ein bestimmtes ortsfestes Maximum überschritten wird, muss eine deutliche Abwertung des gesamten Ergebnisses erfolgen (siehe Bild 124).

Daher wurde die gemessene Kopfvorverlagerung in folgender Abstufung bewertet (Tabelle 34):

Kopfvorverlagerung [mm]	Punkte
$x > 550$	-20
$500 < x \leq 550$	0
$475 < x \leq 500$	2
$450 < x \leq 475$	4
$425 < x \leq 450$	6
$400 < x \leq 425$	7
$375 < x \leq 400$	8
$350 < x \leq 375$	9
$x \leq 350$	10

Tabelle 34: Bewertungsverteilung der Kopfvorverlagerung

Die Bewertung der Kopfvorverlagerung wurde absolut gestaltet, dass heißt nicht zwischen den einzelnen Bewertungsmaßstäben linearisiert. Bewegt sich der gemessene Weg zwischen zwei Werten gibt es dieselbe Anzahl von Punkten. Dies soll der Schwierigkeit Rechnung tragen, die Kopfvorverlagerung genau genug messen zu können. Für einen Bewertungsmaßstab muss

daher nicht nur genau angegeben werden, wie die Signale zu filtern sind, sondern auch unter welchen Bedingungen sie aufgenommen werden müssen. Die schwache Stufung der Bewertung bewirkt, dass eine um 2 g reduzierte Beschleunigung des Kopfes höher bewertet wird als eine um 10 mm geringere Kopfvorverlagerung. Dadurch könnte bei der Auslegung von KSS das Ziel entstehen, eher die Belastungen des Kindes durch Ausnutzung des Vorverlagerungsweges zu senken und nicht durch andere Maßnahmen eine geringe Kopfvorverlagerung zu erreichen.

Zum Einsatz kam ein KSS, welches mit ISOFIX ausgestattet war (ohne Stützfuß u. Ä.). Getestet wurden drei verschiedene Varianten der Befestigung mit dem ECE-R44-Verfahren.

In der nachfolgenden Tabelle 35 sind die Messwerte sowie die sich daraus ergebene Bewertung angegeben.

Belastungswerte	ISOFIX gegurtet	ISOFIX	ISOFIX und Top-Tether
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	55,59	58,73	47,92
Kopfvorverlagerung [mm]	540	510	380
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	45,76	37,75	32,52
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	52,26	49,57	41,10
Halsmoment (M_{res}) [Nm]	21,80	22,95	21,07
Halskraft (F_{res}) [N]	2187	2278	1955
Brusteindrückung [mm]	31,70	29,94	30,10
Brustbeschleunigung (a_z) [g]	22,59	27,29	24,19
Bewertung	78	77	106

Tabelle 35: Belastungswerte und Bewertung ISOFIX-KSS

Im 1. Fall wurde der Kindersitz nicht mit ISOFIX befestigt sondern mit dem normalen Fahrzeuggurt. Diese Variante ist bei den meisten ISOFIX-KSS zusätzlich zur ISOFIX-Befestigung zugelassen, um auch die Verwendung in einem anderen Pkw oder auf einem universal geeigneten Sitzplatz zu ermöglichen. Der 2. Versuch diente als Vergleichswert. Hier wurde ISOFIX nach Herstellervorgabe genutzt. Variante 3 sah neben der ISOFIX-Befestigung auch die Verwendung eines Top-Tethers vor. Alle Versuche wurden einmal

durchgeführt. Hinzu kam auch wie bei allen anderen Versuchen die Analyse der Highspeed-Videoaufnahmen. Es wurde dabei vor allem die Kinematik von KSS und Dummy betrachtet (Bild 141).



Bild 141: Vergleich der maximalen Vorverlagerung bezogen auf das gegurtete KSS (von oben: KSS gegurtet, ISOFIX, ISOFIX mit Top-Tether) nach [SCHULTZ, 2006]

Überraschenderweise zeigt sich, dass die Bewertung des normalen ISOFIX genauso hoch ist wie die des gegurteten KSS, da die Kopf- und Halsbelastungen leicht höher sind. Der Grund für den geringen Unterschied der Messwerte zwischen gegurtetem KSS und der ISOFIX-Anbindung ist in der relativ weichen ECE-Sitzbank begründet. Auf realen Fahrzeugsitzen, die deutlich steifer ausgeführt sind, würde ein größerer Unterschied messbar werden. Als im 3. Versuch zusätzlich ein Top-Tether angebracht wurde, konnte die Rotation um die Y-Achse auf der ECE-Bank so effektiv unterbunden werden, dass die Belastungswerte des Q3 stark reduziert wurden. Damit wird der sehr große Einfluss der Rotation um die Y-Achse des KSS auf die Belastung des Dummies, wie in der Simulation nachgewiesen, auch im Versuch sichtbar. Es liegt das Prinzip zugrunde, dass eine zeitige Anbindung an die Fahrzeugverzögerung und Vermeidung von

Relativgeschwindigkeiten zwischen Pkw, KSS und Dummy die Belastungswerte am Dummy senkt.

Für ein als sicher bewertetes KSS ohne ISOFIX mit automatischer Spanneinrichtung des Pkw-Gurtes sollte daher untersucht werden, ob eine Vermeidung der Rotation um die Y-Achse auch hier den entscheidenden Vorteil in der Belastungsreduzierung bringen kann. Dazu wurde ein KSS mit einem Top-Tether ausgestattet. In einer zusätzlichen Studie wurden weitere Varianten zur Optimierung von KSS analysiert und bewertet. Die besten Varianten wurden ebenfalls experimentell untersucht. [SCHULTZ, 2006].

Dabei haben die gegurteten Varianten die nachfolgende Bezeichnung:

1. Referenzsitz
2. Neigungsänderung
3. Top-Tether
4. höhere Gurtssteifigkeit
5. keine Gurtlose
6. Kopf- und Halsstütze

Versuch 1 dient als Referenz am unveränderten Modell, um die veränderten Varianten mit dem Ausgangsmodell vergleichen zu können. In Versuch 2 wird getestet, inwieweit eine Neigungsänderung des KSS zur Belastungsreduzierung beiträgt. Die Neigungsänderung wurde auf Basis der vorhandenen Komfortverstellung konstruktiv ermöglicht. Es wurde versucht, durch die Trägheit von KSS und Dummy eine Bewegung des KSS-Aufbaus zu erzielen, die das KSS samt Insassen in eine günstigere Sitzposition bringt, in der Belastungen reduziert oder besser ertragbar sind. Für Versuch Nummer 3 wurde der zusätzliche Top-Tether an dem KSS befestigt (Bild 142). Für die 4. Variante wurde die Gurtsteifigkeit im KSS erhöht. Eine höhere Gurtsteifigkeit bedeutet eine geringere Dehnung des Gurtes unter Last. Dies sollte eine bessere Anbindung des Dummies an das KSS und gleichzeitig geringere Belastungen zur Folge haben. Daher wurden zwei KSS-Gurte zusammengeknüpft und dadurch die Steifigkeit nahezu verdoppelt.



Bild 142: Top-Tether an normalem KSS [SCHULTZ, 2006]

Für Variante 5 spielte wieder der wichtigste Ansatz bei der Insassensicherung, die zeitige Kopplung von Dummy und KSS, eine Rolle. Hier sollte gezeigt werden, was durch die Verringerung der Gurtlose an Schutzpotenzial geschaffen werden kann. Es wurde kein Straffer o. Ä. eingesetzt, sondern die sonst bei allen Versuchen standardisierte Gurtlose weggelassen, die Rücken des Dummies normalerweise eingestellt wurde. Zum Abschluss kam mit Nummer 6 ein Kopf-Hals-Schutzsystem zum Einsatz.



Bild 143: Kopf-Hals-Stütze aus Polystyrol [SCHULTZ, 2006]

Die große Relativbewegung zwischen Körper und Kopf in einem Klasse 1-KSS bringt eine hohe Verletzungswahrscheinlichkeit mit sich. Sie kann durch ein Schutzsystem verringert werden, das aus dem Rennsport bekannt ist⁴³. Bei diesem wird zur Unterstützung des Halses eine direkte Verbindung und Abstützung des Kopfes an den Rumpf geschaffen. Es wurde aus energieabsorbierendem Schaum eine Stütze für den Kopf erstellt, die von vorn auf die Schultern geschoben wurde.

Die erzielten Belastungswerte und deren Bewertung werden in Tabelle 36 gezeigt.

Belastungswerte	1	2	3	4	5	6
Kopfbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	52,35	67,64	45,17	56,46	48,46	51,75
Kopfvorverlagerung [mm]	540	560	480	540	510	410
Brustbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	41,13	44,93	35,81	36,46	33,49	34,99
Beckenbeschleunigung ($a_{res\ 3\ ms}$) [g]	50,19	72,87	46,09	47,55	46,46	50,73
Halsmoment (M_{res}) [Nm]	23,25	18,22	17,56	21,46	23,9	20,79
Halskraft (F_{res}) [N]	1905	2501	1841	1908	1936	1910
Brusteindrückung [mm]	30,21	33,48	28,26	30,96	30,50	30,26
Brustbeschleunigung (a_z) [g]	25,12	39,3	27,97	25,88	25,93	29,75
Bewertung	85	42	100	84	96	100

Tabelle 36: Belastungswerte und Bewertung optimierte KSS

Gegenüber dem Referenzversuch hat sich die 2. Variante (Neigungsänderung) stark verschlechtert. Der Neigungsverstellung erfolgte durch die Trägheit, aber der Anschlag am Ende der Bewegung war zu hart, sodass die Belastungswerte stiegen. Außerdem war die Kopfvorverlagerung zu groß, sodass es zu einem Punktabzug kam. Variante 4 (Erhöhung der Gurtsteifigkeit) zeigt tendenziell keine Veränderung gegenüber der Ausgangssituation, wie auch in der Simulation gezeigt wurde. Der KSS-Gurt ist für die geringe Masse des Kindes bereits in der Ausgangskonfiguration so steif, dass erst eine deutliche Reduzierung der Steifigkeit eine höhere Vorverlagerung des Kindes zur Folge hätte. Die weiteren Varianten 3, 5 und 6 weisen deutliche Verbesserungen auf. Während Variante 3 das KSS besser an den Schlitten anbindet, bindet Variante 5 das Kind besser an das KSS. Beide ermöglichen so eine schnellere Teilnahme an der Schlittenverzögerung als beim Originalmodell. Aber auch die Variante 6 weist ein hohes Schutzpotenzial auf. Durch die Verbindung von Kopf und Körper wird die starke Rotation des Kopfes minimiert und die Kopf- und Brustbelastungen sinken. Die Halsbelastungen bleiben dagegen erhalten. Es wäre vorstellbar, heutige Schlafstützen für Kinder nach diesem Vorbild zu fertigen. Dies würde verhindern, dass der Kopf der Kinder beim Schlafen auf die Brust fällt.

Ein gegurtetes KSS ohne Straffung des Pkw-Gurtes weist im Test auf der ECE-Bank kein deutlich schlechteres Verhalten auf als ein ISOFIX-

⁴³ HANS® device (Head and Neck Support device): Integralhelm mit festem Halsschutz, der an den Sicherheitsgurten des Sportwagens befestigt wird

KSS, welches ohne Top-Tether installiert wurde. Beide sind im dynamischen Test zu beweglich und können daher kein hohes Schutzpotenzial aufbauen. Die Belastungswerte liegen bei einem KSS mit Gurtstraffung des Pkw-Gurtes deutlich tiefer als bei den beiden erstgenannten Modellen.

Wird die Rotation um die Y-Achse verhindert, sinken in beiden Fällen die Belastungen weiter. Das Schutzpotenzial eines ISOFIX-KSS liegt nun durch die starre Anbindung an den Pkw weit über dem gegurteten Modell. Weitere Maßnahmen, vor allem die Reduzierung der Gurtlose im KSS führen ebenfalls zu einer Reduzierung des Verletzungsriskos.

Werden die Ergebnisse insgesamt betrachtet, lassen sich daraus drei Hauptforderungen ableiten:

- Das KSS muss fest an den Pkw angebunden werden. Die beste Anbindung bietet ISOFIX, da hier auch die Handhabung gegenüber einem gegurteten KSS vereinfacht wird. KSS mit Spannsystemen sind dazu nur bedingt eine Alternative, aber ungespannten KSS vorzuziehen.
- Die Rotation des KSS um die Y-Achse muss verhindert werden. Die Steifigkeiten heutiger Sitzbänke werden dies nur ungenügend sicherstellen können, daher sind zusätzliche Anti-Rotations-Elemente, z. B. Top-Tether oder Stützfüße notwendig.
- Die Gurtlose im KSS muss minimiert werden. Dazu sollte bereits während der normalen Nutzung des KSS eine definierte Grundspannung im KSS-eigenen Gurtsystem erzeugt werden, die bei einem Unfall erhöht werden könnte.

Es gibt eine Vielzahl weiterer Maßnahmen, die einzeln oder in Kombination mit anderen eine Erhöhung der Schutzwirkung von KSS erzielen. Doch es ist notwendig, dass die Benutzung von KSS einfach gehalten wird und auch für den Laien nachvollziehbar bleibt, welche Sicherheitselemente am wichtigsten sind.

Durch starre Verbindung des ISOFIX-KSS mit dem Pkw ergeben sich neue Möglichkeiten Energie gezielt abzubauen. Das KSS-Gurtsystem sollte dabei nicht dehnbarer ausgelegt werden, obwohl damit Energie absorbiert werden kann und der Insasse geringer belastet wird. Bei Mehrfachkollisionen, Überschlag oder Rebound könnte ein gedehnter Gurt dazu führen, dass der Insasse nicht mehr ausreichend im KSS gehalten wird und mit Bauteilen des Pkw in Kontakt kommt. Besser wäre die Möglichkeit, die ISOFIX-Befestigung mit

einer Kraftbegrenzung zu versehen. Dies würde dazu führen, dass zusätzlicher Weg nur in der Längsrichtung freigegeben wird und dadurch Belastungen beim Frontalaufprall sinken. Eine definierte Freigabe (siehe 7.2) auf ca. 100 mm zusätzlichen Weg könnte bei geeigneter Auslegung die Beschleunigungen um ein Drittel reduzieren. Ein weiterer Vorteil ist, dass es durch solche Maßnahmen bei entsprechender Kennzeichnung auch für den Laien überprüfbar wird, ob das KSS bereits einem Unfall ausgesetzt war oder nicht. Die Tests haben ergeben, dass bei den guten KSS keine auffälligen Beschädigungen nach dem Versuch erkennbar sind.

8.3 Zusammenfassung

Die vorgestellten Verbesserungsvorschläge wurden experimentell untersucht und sind auch durch Berechnungsmodelle nachgewiesen worden. Es hat sich gezeigt, dass es möglich ist, für alle untersuchten Kindersitzklassen das Schutzpotenzial zu erhöhen.

Bei der Klasse 0+ betrifft dies vor allem die Reduzierung der Kopf- und Halsbelastung. KSS müssten einerseits so ausgelegt sein, dass sie den Kopf ausreichend stützen. Andererseits könnte eine Aufrichtung des Insassen dazu führen, die Belastungen des sensiblen Halses weiter zu senken. Durch eine ISOFIX-Anbindung können Babyschalen symmetrisch zurückgehalten werden und der komplizierte Gurtverlauf entfällt.

Bei Klasse 1-KSS führt ebenfalls eine ISOFIX-Anbindung an den Pkw zu deutlichen Vorteilen in der Belastung und bei der Handhabung. Wenn zusätzlich die Rotation des KSS um die Querachse gemindert wird, können fast alle Belastungswerte gesenkt werden. Dies gilt auch für gurtbefestigte KSS. Ein weiteres Problem stellt die Gurtlose dar. Wenn sie bei diesen KSS ausgeschlossen wird, sind ebenfalls reduzierte Belastungen zu erwarten.

Das ideale KSS ist ein ISOFIX-KSS mit Bauteilen zur Verringerung der Rotation um die Querachse. Zusätzlich wird die Gurtlose im KSS minimiert. Weitere Maßnahmen, die den Kopf aktiv stützen, sind als zusätzliche Systeme zu betrachten und vor allem auf Möglichkeiten der Fehlbenutzung zu untersuchen. Komfortansprüche sind dabei ein nicht zu unterschätzender Faktor, der den Lösungsraum der technisch vorteilhaften Möglichkeiten deutlich einschränkt. Das ISOFIX-System sollte an dieser Stelle auch weiter verbessert und analysiert werden, um eine weitere Belastungsreduzierung z. B. durch eine definierte Kraftbegrenzung zu erreichen.

9 Zusammenfassung/Ausblick

Die vorliegende Arbeit zeigt auf, dass für Kinder in Deutschland im Pkw weiterhin ein höheres Risiko existiert, im Straßenverkehr bei einem Unfall schwer verletzt oder getötet zu werden, als es für ungeschützte Verkehrsteilnehmer wie Fahrradfahrer oder Fußgänger besteht. Obwohl in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte in der technischen Entwicklung von Sicherheitselementen gemacht wurden, stirbt im Pkw immer noch die Hälfte aller im Straßenverkehr getöteten Kinder.

Heutige Pkw schützen ihre Insassen durch verbesserte Crashstrukturen im Frontal- und Seitenaufprall besser als in früheren Fahrzeuggenerationen. Hinzu kommen weitere Bauteile der Passiven Sicherheit, die die Belastungen auf die Insassen weiter reduzieren. Jedoch sind nicht alle dafür geeignet, Kinder im gleichen Maße wie die Erwachsenen zu schützen.

Kinder unterscheiden sich nicht nur durch ihre Körpergröße von Erwachsenen. Die Proportionen sind genauso verschieden wie die Massenverteilung. Daneben ist die körperliche Ausbildung von Kindern noch nicht abgeschlossen. Muskeln haben weniger Kraft, Knochen sind noch nicht vollständig verfestigt und können keine hohen Kräfte aufnehmen. Dies sind u. a. die Faktoren, weswegen Kinder eigene, speziell für sie entwickelte Schutzsysteme für die Beförderung im Pkw benötigen. Die Gesetzgebung hat seit den 80er Jahren darauf reagiert und verbindliche Standards geschaffen.

Das Zusammenwirken von Pkw und KSS ist bis auf wenige Ausnahmen detailliert untersucht worden. Bauteile der Passiven Sicherheit, wie z. B. der Beifahrerairbag, die für Kinder gefährlich werden können, wurden inzwischen entschärft. Die meisten erhöhen ohnehin das Schutzpotenzial für Kinder genauso wie für die Erwachsenen. Neuartige Komponenten sollten aber frühzeitig auf ihre Wechselwirkung mit KSS untersucht werden und ggf. auch für Kinder ausgelegt werden.

Zum Test der Schutzwirkung der KSS wurden in vorliegender Studie vier Verfahren untersucht. Dabei handelt es sich um zwei Verfahren für den Frontaltest sowie zwei Seitentestverfahren. Die Versuche brachten eindeutige Ergebnisse. Es gibt Kindersitze, die bereits heute ein hohes Schutzpotenzial bieten. Diese wurden nicht auf das Bestehen eines speziellen Testverfahrens ausgelegt, sondern bieten in allen Verfahren ein hohes Maß an Sicherheit. Dagegen gibt es auch KSS, die lediglich der derzeit gültigen Gesetzgebung genügen.

Sobald sie in einem anderen Verfahren untersucht werden, steigen die gemessenen Belastungswerte an. Die Gesetzgebung definiert bisher kein Seitentestverfahren, daher finden sich hier besonders starke Unterschiede zwischen den KSS. Die Billigprodukte weisen hier zum Teil überhaupt kein Seitenschutzpotenzial auf.

Aus den Tests ergaben sich aus technischer Sicht Anforderungen an die Konstruktion von KSS.

- Ein KSS muss allen Belastungen standhalten und darf nicht brechen.
- Die Konstruktion muss daher eine sichere Krafteinleitung durch den Gurt ermöglichen.
- Speziell beim Seitenaufprall müssen Kräfte, die durch den Kontakt des KSS mit Teilen des Pkw entstehen, mithilfe einer stabilen Struktur durch das KSS geleitet werden können.
- Die Schale, in der das Kind sitzt, muss vollständig mit energieabsorbierendem Material ausgekleidet sein. Nur so können harte Kontakte zwischen Insassen und dem KSS vermieden werden, die zu schweren Verletzungen führen können.
- Das Gurtsystem spielt dabei auch eine wesentliche Rolle. Es muss geometrisch so ausgebildet sein, dass es die Kräfte an entsprechend belastbaren Stellen in den Körper des Kindes einleitet. Dabei darf das Gurtsystem wie alle anderen Bauteile des KSS auch unter hoher Last nicht nachgeben.
- Wenn kein ISOFIX vorhanden ist, muss die Befestigung mit dem Fahrzeuggurt so straff wie möglich sein.
- Gurte dürfen auch unter besonderen Lastfällen, wie Überschlägen oder Mehrfachkollisionen, nicht von ihrem Gurtpfad abweichen.

Die genannten Punkte bieten durch eine gezielte Auslegung einen weiteren Optimierungsansatz. Anhand der experimentellen Untersuchung und der Simulation konnte der positive Einfluss der folgenden technischen Optimierungen zur Erhöhung des Schutzpotenzials nachgewiesen werden.

- ISOFIX-Anbindung
- Verhinderung der Rotation nach vorn um die Y-Achse (nicht nur ISOFIX-KSS)
- Definierte Vorverlagerung im ISOFIX-System
- Ausnutzung von kinetischer Energie, um günstigere Lage zu erreichen
- Systeme, die den KSS-Gurt straffen

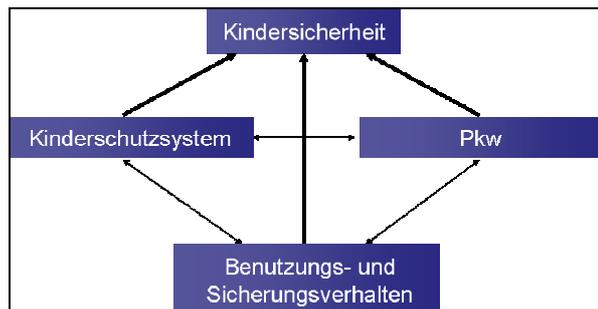


Bild 144: Einflussgrößen auf die Kindersicherheit

Die Handhabung von KSS wurde in diesem Projekt nur anhand einer Stichprobe untersucht. Sie führte zu denselben Ergebnissen wie größere Feldstudien. Dies belegt die Notwendigkeit, bereits bei der Entwicklung von technischen Lösungen die Bedienbarkeit zu berücksichtigen, um Misuse bereits bei der Konstruktion weitestgehend auszuschließen.

Trotz der guten Ausgangslage und des aufgezeigten Optimierungspotenzials sind weitere Grundlagenuntersuchungen notwendig. Insbesondere betrifft dies die Unfallanalyse. Bisher werden oftmals die Daten von Kinderunfällen nicht detailliert genug erfasst. Es ist notwendig, dass die Erfassung detaillierter fortgeführt und die von verschiedenen Institutionen aufgenommenen Daten vereinheitlicht werden. Durch deren Analyse lassen sich in Zukunft Einflüsse von technischen Änderungen oder andere Parameter sowohl von Seite des Pkw als auch des KSS besser erkennen und bewerten.

Die Sicherheit von Kindern im Pkw wird nicht allein durch die Technik des KSS bestimmt (Bild 144). Vielmehr ist das Zusammenwirken von mehreren Faktoren dafür entscheidend, wie gut ein Kind bei einem Unfall im Pkw geschützt werden kann. Dabei bilden das KSS, der Pkw und die Bedienung des KSS die Hauptkomponenten. Aber auch die Wechselwirkungen dazwischen haben Einfluss auf die Sicherheit.

Eine große Aufgabe besteht also darin, die Benutzung von technisch optimierten Kindersitzen zu vereinfachen und die KSS an den jeweiligen Pkw anzupassen. KSS sollten weitgehend selbstständig Misuse erkennen und dem Nutzer anzeigen. Dafür muss die Schnittstelle KSS-Pkw erweitert werden und beide Systeme besser aufeinander abgestimmt werden. Das bedeutet aber nicht nur, dass KSS und Pkw so konstruiert werden müssen, dass sie intuitiver bedient werden können, sondern es muss auch das Bewusstsein für die Notwendigkeit der korrekten Kindersicherung in der Bevölkerung geschaffen werden. Dies kann zum Beispiel durch Schulungen von allen Personengruppen, die mit Kindern und Eltern in Kontakt kommen, erreicht werden.

Es bleibt zu hoffen, dass auch die Gesetzgebung schneller auf technische Entwicklungen und andere veränderte Randbedingungen reagiert. Während ein Großteil der heute auf dem Markt befindlichen KSS die Anforderungen der Gesetzgebung überschreiten und dadurch für Kinder mehr Sicherheit bieten, gibt es immer noch Billigmodelle, die nur Mindestanforderungen erreichen. Zum Wohle der Kinder müssen Maßnahmen geschaffen werden, diese KSS aus den Pkw zu verbannen.

10 Literaturverzeichnis

- [ADAC, 2003]: N.N.: Mitteilung der juristischen Zentrale Nr. 7/2003: „Vorschriften zur Kindersicherung bei Auslandsfahrten“, Artikel, 14.08.2003
- [ADAC, 2005]: Brieter, K.: „Lebensgefahr!“, ADAC motorwelt, Heft 2/2005, Seite 28-30, Zeitschriftenaufsatz, 2005
- [ADAC, 2006]: Ratzek, A.; Gauss, C.: „Activities of ADAC regarding child safety in cars“, Protection of Children in Cars, 4th International Conference, München, Präsentation, 2006
- [APPEL, 1994]: Appel, H., Krabbel, G.: „Biomechanik und Kraftfahrzeugsicherheit“, Umdruck zur gleichnamigen Vorlesung, TU Berlin, WS 1994/1995
- [AUTOMOBIL INDUSTRIE, 1997]: N.N.: „Kinder fahren (noch?) gefährlich“ Automobil Industrie, Band 42, Heft Mai, Seite 58-60, Zeitschriftenaufsatz, 1997
- [BERLINER ZEITUNG, 2004]: Berliner Zeitung, Zeitschriftennotiz, Ausgabe vom 26.11.2004
- [BMVBW, 2006]: Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: „Verkehr in Zahlen 2005/2006“, Bericht, 2006
- [BOHMAN, 2006]: Bohman, K.; Boström, O.; Olsson, J.; Haland, Y.: „The effect of a pretensioner and a load limiter on a III 6Y, seated on four different types of booster cushions in frontal impacts“, IRCOBI, Madrid, Präsentation, 2006
- [CARLSSON, 1991]: Carlsson, G.; Norin, H.; Ysander, L.: „Rearward-facing child seats - the safest car restraint for children?“, Accident Analysis and Prevention, Band 23, Heft 2/3, Seite 175-182, Zeitschriftenaufsatz, 1991
- [CHILD, 2006]: Weber, S. et al.: „WP 2: Experimentation and Modelling- Overview and Objectives“, Präsentation, CHILD-Abschluss-Workshop, Berlin, 30./31.5.2006
- [DEKRA, 2004]: <http://www.dekra.de>, N.N.: „Mehr Sicherheit für Kinder im Auto“, Dekra, Internetseite, 20.4.2003
- [DETER, 1996]: Deter, Th., Lutter, G.: „Development of a new Side Impact Component Test Facility“, 1st European MADYMO Users Meeting, 1996
- [ECE-R44]: Einheitliche Bedingung für die Genehmigung der Rückhalteeinrichtungen für Kinder in Kraftfahrzeugen („Kinderrückhaltesysteme“), Stand: 20.02.2002, Kirschbaumverlag Bonn, 2003
- [EURO NCAP, 2004]: <http://www.euroncap.com>: „CHILD PROTECTION ASSESSMENT PROTOCOL“, Juni 2004
- [FASTENMEIER, 2006]: Fastenmeier, W.; Lehnig, U.: „Fehlerhafte Nutzung von Kinderschutzsystemen in Pkw“. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M178, ISBN 3-86509-492-9. Bergisch Gladbach, 2006
- [FTSS, 2006]: Waagmeester, K.: Präsentation innerhalb des CHILD-Projektes, 2006
- [GAUSS, 2003]: Gauß, C.: „CRS Testing for Consumer Information“, Protection of Children in Cars, Haus der Technik e.V., Köln, Präsentation, 2003
- [GAUSS, 2004]: Gauß, C.: „Comparison of different Rating Procedures for Child Safety“, Protection of Children in Cars, Haus der Technik e.V., Köln, Präsentation, 2004
- [GDV, 2000]: „Kinder sichern im Auto“, Broschüre, München, 2000
- [GDV, 2003]: www.gdv.de: Internetseiten des GDV, 08.12.2003
- [GEHRE, 2004]: Gehre, C.; Kramer, S.; Schindler, V.: „Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F50. ISBN- 3-86509-137-1, Bergisch-Gladbach, 2004
- [GEHRE, 2007]: Gehre, C.: „Development of a model of the new-born child dummy Q0“, Dissertation, D83 TU Berlin, 2007
- [GERICKE, 2006]: Dorschner, U.; Lippold, M.; Gericke, C.: „Situationsanalyse und Maßnahmen zur Prävention von Verkehrsunfällen bei Kindern in Deutschland: Evidenzbasierte Verkehrspolitik in Deutschland?“, Projektbericht, TU Berlin, 2006
- [HUELKE, 1992]: Huelke, D.; Mackay, G.; Morris, A.; Bradford, M.: „Car Crashes and Non-Head Impact Cervical Spine Injuries in Infant and Children“, SAE Paper 920562, 1992

- [JAHN, 2002]: Jahn, P.: „Gebrauchte Kindersitze- Erkenntnisse aus der Inspektion und dynamischen Versuchen nach ECE-R44“, Innovative Kindersicherungen im Pkw, Haus der Technik e.V., Köln, Präsentation, 2002
- [JOHANNSEN, 2003]: Johannsen, H.; Schoeneich, O.; Gehre, C.; Schindler, V.: „Restrained Children in Side Impacts - Crashtests and Simulation“, Protection of Children in Cars, Haus der Technik e.V., Köln, Präsentation, 2003
- [JOHANNSEN, 2006]: Johannsen, H.; Weber, S.; Schindler, V.; Schnottale, B.: „Latest Developments in Side Impact Testing for CRS“, Protection of Children in Cars, 4th International Conference, München, Präsentation, 2006
- [JOHANNSEN, 2006b]: Johannsen, H.: „The Assessment of Abdominal Injury Risks by Dummy Tests“, Dissertation D83, TU Berlin, Berlin, 2006
- [KBA, 2004]: KBA: <http://www.kba.de>: „Bestand an Personenkraftwagen am 1. Januar 2004 nach Zulassungsjahren und Antriebsarten“, Kraftfahrtbundesamt, Internet, 26.08.2004
- [KRAMER, 1998]: Kramer, F.: „Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen“, ISBN 3-528-06915-5, Braunschweig/Wiesbaden, 1998
- [KRAMER, 2004]: Kramer, S.: „Parameteruntersuchung zur Optimierung und Weiterentwicklung des Testverfahrens für Kinderschutzsysteme im Seitenaufprall der Technischen Universität Berlin“, Diplomarbeit 03/04, TU Berlin, 2004
- [LDS, 2006]: Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg, Außenstelle Frankfurt (Oder), E-Mails aus 2005/06, 2006
- [LANGWIEDER & HUMMEL, 1989]: Langwieder, K., Hummel, Th.: „Children in Cars“, Their Injury Risks and the Influence of Child Protection Systems, 12th ESV Conference, Göteborg, Schweden, Präsentation, 1989
- [LANGWIEDER, 1997]: Langwieder, K.; Stadler, P.; Hummel, Th.; Fastenmeier, W.; Finkbeiner, F.: „Verbesserung des Schutzes von Kindern im Pkw“, Berichte der BAST, Heft M73, Bergisch Gladbach, 1997
- [LANGWIEDER, 2001]: Langwieder, K., Hummel, Th., Roselt, Th., Wagner, B.: „ISOFIX – Chancen und Probleme eines neuen Kinderschutzsystems“, VDI-Bericht Nr. 1637, 2001
- [LANGWIEDER, 2003]: Langwieder, K.; Hummel, Th.; Finkbeiner, F.; Roselt, Th.: „Kinder im Auto“, Studie zur Verwendung von KSS und Verbesserungspotenziale durch ISOFIX, 0304, GDV, Bericht, 2003
- [LESIRE, 2006]: Cataldi, M.; Lesire, P.; Alonzo, F.; Tejera, G.: „How can the experience gained in testing CRS misuse in laboratory be useful for the comprehension of real life crash consequences?“, Protection of Children in Cars, 4th International Conference, München, Präsentation, 2006
- [LOWNE, 2005]: Lowne, R.: „Progress Report and Results from the NPACS Research Project“. Protection of Children in Cars, 3rd International Conference, München, Präsentation, 2005
- [LUTTER, 2003]: Lutter, G.: „Statistik- Zeitliche Entwicklung und ausgewählte Fakten“, Vorlesung Biomechanik, TU Berlin, WS 2002/2003, 2003
- [MADYMO, 2003]: Madymo V6.1. Theory Manual. TNO, 2003
- [MARSCHNER, 2006]: Marschner, C.: „Überprüfung von Testverfahren für Kinderschutzsysteme auf ihre Relevanz im Unfallgeschehen“, Studienarbeit 08/05, TU Berlin, 2006
- [MOT, 1997]: N.N., „Sitze ohne Lobby“, mot, Heft 24, Seite 72-75, Zeitschriftenaufsatz, 1997
- [MÜLLER, 2005]: Müller, G.: „Testverfahren für Kinderschutzsysteme“, Studienarbeit 16/04, TU Berlin, 2005
- [NAAMANE, 2005]: Naamane, S.: „Aufbau validierter Kindersitze mittels MADYMO“, Studienarbeit 13/04, TU Berlin, 2005
- [NAAMANE, 2006]: Naamane, S.: „Konstruktion eines optimierten Kindersitzes“, Diplomarbeit 14/05, TU Berlin, 2006
- [NETT, 2001]: Nett, R.; Schindler, V.: „Aktuelle Forschungsergebnisse zur Kindersicherheit in Pkw“, Konferenzbericht, VDI-Bericht 1637, Berlin, 2001
- [NETT, 2003]: Nett, R.: „Testverfahren zur Bewertung und Verbesserung von Kinderschutzsystemen beim Pkw-Seitenaufprall“, Dissertation D83 TU Berlin, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F43, ISBN 3-86509-016-8, Bergisch Gladbach, 2003

- [NPACS, 2006]: TRL: „Additional Work to Deliver NPACS Protocols – Final Report“, <http://www.trl.co.uk>, 2006
- [OTTE, 2003]: Otte, D.: „Injury Risk of Children in Car“, Protection of Children in Cars, Haus der Technik e.V., Köln, 2003
- [PAINE, 2003]: Paine; Griffith; Brown; Case; Johnstone: „The Australian experience“, Konferenzbericht, Paper 193, 18. ESV, Nagoya, 2003
- [VAN ROOIJ, 2003]: Rooij, L. van; Sherwood, C.; Crandell, J.; Orzechowski, K.; Eichelberger, M.: „The effects of vehicle seat belt parameters on the injury risk for children in booster seats.“ Konferenz-Einzelbericht: SAE-SP Band 1776, Seite 33-45, Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers (SAE), 2003
- [SCHLACHT, 2001]: Schlacht, T.: „Simulationsintegration in allen Phasen des Produktentwicklungsprozesses bei dynamisch / hybriden Problemstellungen“, Dissertation, Universität Essen, 2001
- [SCHOENEICH, 2005]: Schoeneich, O.: „Virtuelle Testmethoden zur Unterstützung der Entwicklung von Kinderrückhaltesystemen“. Dissertation, D83 TU Berlin, Fortschritt-Berichte-VDI, Reihe 12, Nr. 600, ISBN 3-18-360012-9, Düsseldorf, 2005
- [SCHULTZ, 2006]: Schultz, H.: „Erhöhung der Sicherheit von Kinderschutzsystemen durch Schlittentests“, Studienarbeit 04/06, TU Berlin, 2006
- [SOBOTTA, 1972]: Sobotta, J.; Becher, H.; Ferner, H.; Staubesand, J. „Atlas der Anatomie des Menschen“, Band 1, München, 17. Auflage, 1972
- [SÖLTER, 2006]: Sölter, K.: „Erhöhung des Schutzpotenzials von Kindersitzen“, Studienarbeit 05/05, TU Berlin, 2006
- [STATIS 2005]: Statistisches Bundesamt: E-Mail-Mitteilung vom 29. Juli 2005
- [STATIS 2006]: Statistisches Bundesamt: E-Mail-Mitteilung vom 07. August 2006
- [STOLLREITER, 2005]: Stollreiter, O.: „Optimierung eines integrierten Kindersitzes mittels numerischer Simulation“, Diplomarbeit 19/04, TU Berlin, 2005
- [STVO, 1993]: Straßenverkehrs-Ordnung Deutschland, www.verkehrsportal.de, 19.02.2004
- [STVZO, 2004]: Straßenverkehrs-Zulassungsordnung Deutschland, www.verkehrsportal.de, 19.02.2004
- [TARRIERE, 1995]: Tarriere, C.: „Children are not Miniature Adults“, IRCOBI, Brunnen, 1995
- [TREUFELD, 1997]: Treufeld, E.; Noeske, V.: „Zum Stand des Sicherheitspotenzials von Rückhalteeinrichtungen für Kinder“, Konferenzbericht, VDI-Bericht 1354, Düsseldorf, 1997
- [TYLKO 2006]: Tylko, S.: „Performance of the Q3 and Q3s in biofidelity and car-to-car side impact crash tests“, Protection of Children in Cars, 4th International Conference, München, Präsentation, 2006
- [WAVO, 2005]: http://mywavo.com/produkte/schematisch_is_ofix.shtml, 08.03.2005
- [WILLINGER ET AL, 2006]: Willinger, R.; Marjoux D.; Baumgartner D.; Deck C.: „Head Injury Prediction Capability of the HIC, HIP, SIMON and ULP Criteria“, University Louis Pasteur of Strasbourg, IRCOBI, Madrid, 2006

Anhang

Vorschriften zur Sicherung von Kindern in Pkw in anderen Ländern

Interne Sammlung von CHILD-Partnern, Mitte 2006.

Country	Adult	Child	The law	Remarks
Sweden	All vehicle occupants must use a seat belt	Less than 7 years old	The child shall be restrained in a child restraint instead of or together with the adult seat belt. The exception is that on a short trip and the correct child restraint is not available, the adult seat belt only may be used.	
		Aged 7 to 15 (under 15)	The child shall be restrained by the adult seat belt or other appropriate safety devices	
France	All vehicle occupants must use a seat belt, where fitted	Aged under 10	Children are prohibited from travelling in the front seat until aged 12 years old. Children under 12 years of age must be seated in the rear and use a seatbelt or an approved child seat. However, a child in an approved rear-facing safety seat can be placed in the front seat.	Children aged under 12, not in a rearward facing infant carrier, can be seated in the front seat where the vehicle does not have rear seats
		Aged 10 and over	Children seated in the front seat must be seated in a child restraint appropriate to their weight and age.	
Germany	All vehicle occupants must use a seat belt	Child aged under 12 years and under 1.50 metres tall	Correct child restraint (according to ECE-R44) must be used. Rearward facing infant carriers must not be used in a seat protected by a frontal air-bag unless the air-bag has been deactivated. Taxi – all taxi's must carry 2 CRS for use by children aged 1 to 12. Children aged under 1 must be secured in a CRS provided by the parent/carer	
Italy	All vehicle occupants must use a seat belt	Aged 0 to 3 years	Children must use an approved restraint system suitable for their age and weight. These children can travel in both front passenger and rear seating positions except for rear-facing seats with airbag. If such a system is not available, they must not travel in the vehicle. Rearward facing infant carriers must not be used in a seat protected by a frontal air-bag unless the air-bag has been deactivated.	Exceptions for seat belt wearing by adults are: People involved in police services in emergency conditions Drivers and passengers of vehicles in the emergency services Certified bodyguards during their protection services Instructors accompanying learner drivers Special cases where people hold a medical certificate.

		Children up to 1.50 metres (but no age specification)	It is compulsory that they use an approved restraint system suitable for their stature and weight. If there is not a suitable restraint system available, they must not travel in the front passenger seat. In taxis or rented cars with driver, they are allowed not to use a CRS only if they are in the rear seating position with at least another passenger aged 16 or over.	If there is an approved restraint system suitable for the stature and weight of these occupants, they can travel in the front passenger seat. If there is not an approved restraint, It is not clear if they can travel without any restraint system or if they have to use the adult belt.
Spain	All vehicle occupants must use a seat belt	Aged 0 to 3 years	It is compulsory that they use and approved restraint system suitable for their stature and weight.	Seat belt rules for adults apply except when: The driver is manoeuvring rearward or parking Special cases where people hold a medical certificate Taxi drivers for urban journeys only Drivers & passengers in emergency service vehicles Instructors accompanying learner drivers when they are in control of additional steering systems. These children can travel in both front passenger and rear seating positions
		Aged over 3 years and shorter than 150 cm (up to any age)	They should use an approved restraint system suitable for their stature and weight whenever it is available in the vehicle. If not available, these occupants must be seated in the rear seating positions and use the adult seat belt.	If there is an approved restraint system suitable for the stature and weight of these occupants, they can travel in the front passenger seating position. There is no requirement related to age (it was in the past).
UK	All vehicle occupants must use a seat belt must if fitted.	Aged under 3 years	A correct child restraint must be used if the child is in the front passenger seat. A correct child restraint must be used, if available, if the child is a rear passenger.	
		Aged 3 to 11 years and under 1.5 metres	A correct child restraint must be used if available. If not an adult seat belt must be worn.	This relates to both front and rear seat passengers

Country	Adult	Child	The law	Remarks
UK, (date to be confirmed but expected September 2006)	Seat belt must be worn if fitted.	Aged under 3 years	A correct child restraint must be used in the front seat. A correct child restraint must be used in the rear seat. Rear-facing baby seats must not be used in a seat protected by a frontal air-bag unless the air-bag has been deactivated manually or automatically.	If one is not available in a taxi, the child may travel unrestrained.
		Aged 3 to 11 years and under 1.35 metres	A correct child restraint must be used in the front seat. In the rear seat, the correct child restraint must be used where seat belts are fitted. The exceptions where the child must use adult belt are: in a taxi, the correct child restraint is not available on a short and occasional trip, the correct child restraint is not available two occupied child restraints prevent fitment of a third.	
Sweden, with effect from 1st July 2006	Seat belt must be worn if fitted	Aged under 3 years or under 1.35 metres	The child shall be restrained in a CRS instead of or together with the adult seat belt in the front or rear seat. The exception is that on a short trip and the correct child restraint is not available, the adult seat belt only may be used. Taxi – No CRS is needed if the trip is short. The child may not be seated in the front passenger seat.	
		Aged 3 to 15 (under 15) and more than 135 cm	The child shall be restrained by the adult seat belt, in the front or rear seat, or by other appropriate safety devices.	

Weitere Auswertung GIDAS-Daten

Es folgen hier einige ausgewählte Diagramme aus den GIDAS-Daten, die nur sekundär für die Auswertung wichtig, aber für die Einordnung der Unfall-Realität interessant sind.

Bild 145 zeigt einen Vergleich der Fahrzeugpopulationen der Zulassungsstatistik 2003/2004 und den Erstzulassungen in den GIDAS-Daten und der eigenen Erhebung.

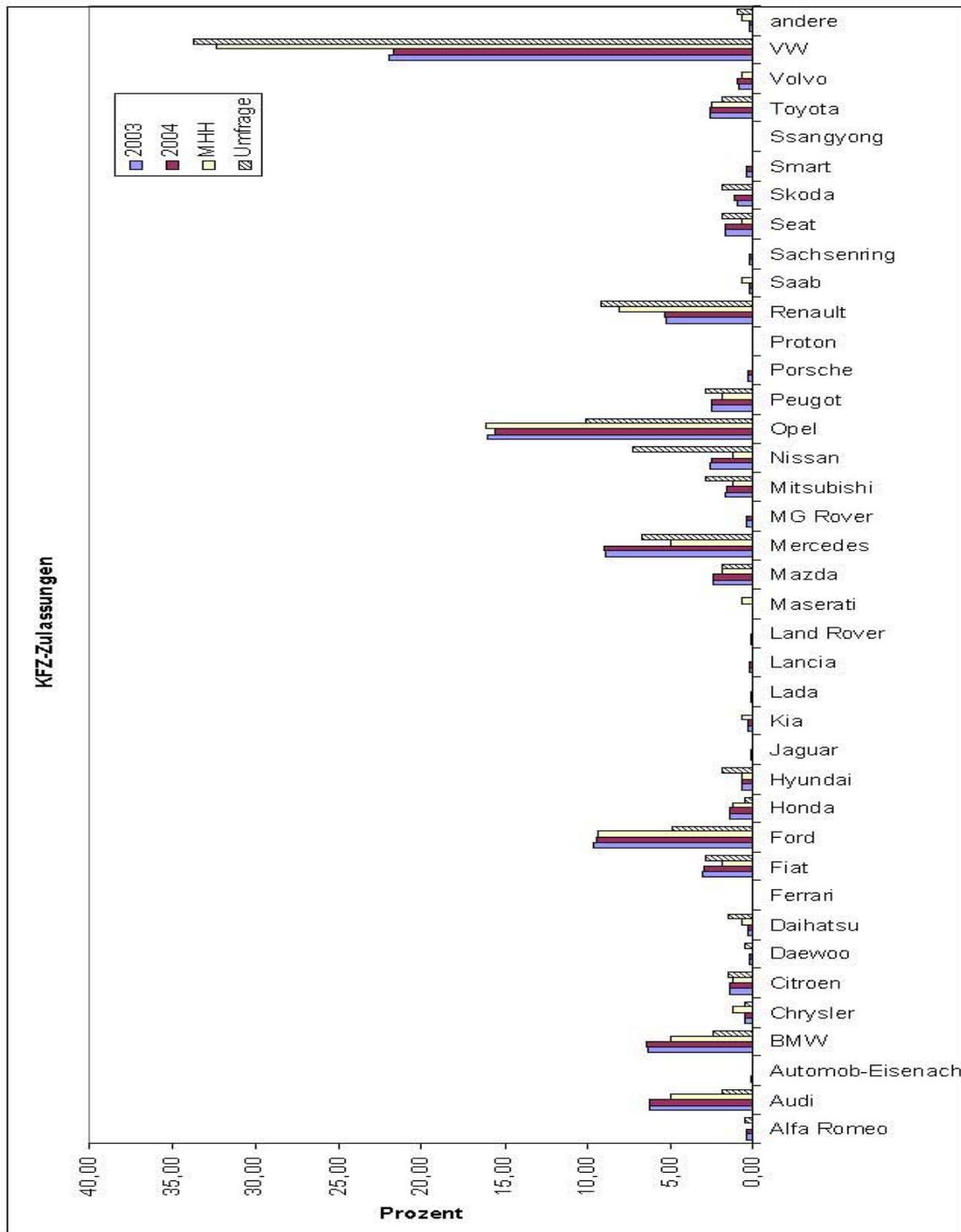


Bild 145: Verteilung der Fahrzeughersteller

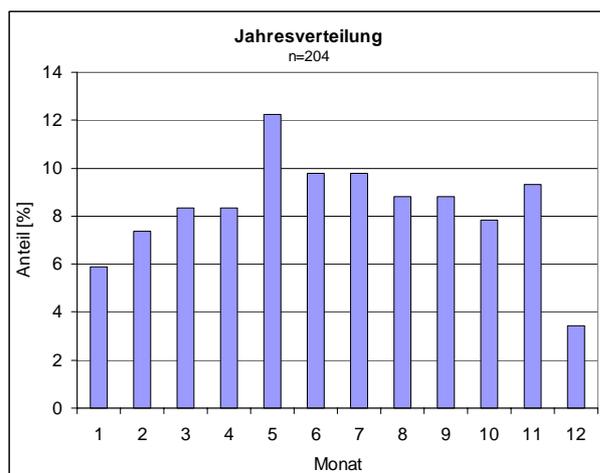


Bild 146: Verteilung der Unfälle über das Jahr

Die Verteilung der Unfälle über das Jahr ist relativ gleichmäßig mit einem etwas höheren Anteil in den wärmeren Monaten von Mai bis November (Bild 146).

Erwartungsgemäß passiert ein Großteil der Unfälle mit Kinderbeteiligung tagsüber zwischen 7 und 20 Uhr, wobei das Maximum zur Nachmittagszeit, also in der Freizeit, erreicht wird (Bild 147).

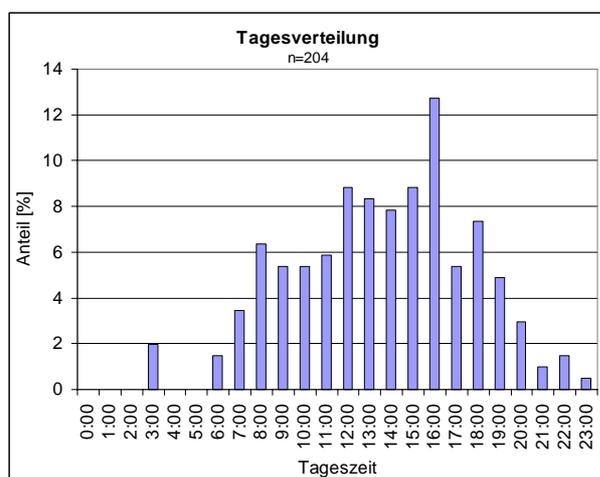


Bild 147: Verteilung der Unfälle aus GIDAS über den Tag

Diese Verteilung wird bestätigt durch das folgende Diagramm. Es beinhaltet, zu welchem Zweck die Fahrt stattgefunden hat, bei der der Unfall passiert ist (Bild 148).

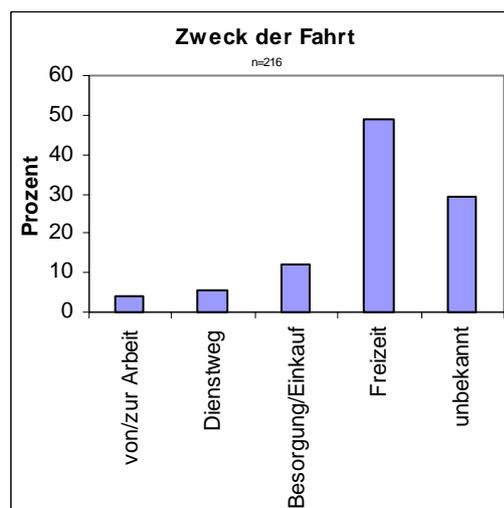


Bild 148: Zweck der Fahrt

Fast die Hälfte der Unfälle (48 %) passieren in der Freizeit. Das könnte auch den Anstieg der Unfallzahlen in den Sommermonaten erklären, da zu dieser Jahreszeit vermutlich mehr Freizeitverkehr stattfindet. Es bleibt unklar, wo der Bring- und Holverkehr für Schule und Kindergarten eingeordnet ist.

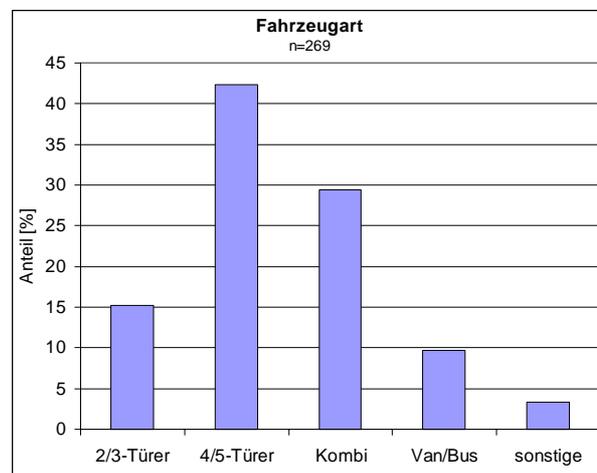


Bild 149: Fahrzeugart

Die überwiegende Anzahl der Fahrzeuge sind 4- bzw. 5-Türer. Die extra aufgeführten Kombis machen ein Drittel aus, während Vans noch keine entscheidende Rolle spielen (Bild 149).

Fragebogen (Teil 2)

1. Welches Auto fahren Sie?

Marke: _____ Modell: _____

2. Wann wurde Ihr Auto zugelassen? ■ ■

3. Bitte tragen Sie hier die Typschlüsselnummer Ihres Kfz ein!

4. Mein Auto ist ein:

2/3-Türer 4/5-Türer Van sonstiges _____

5. Mein Auto ist ausgestattet mit:

- Beifahrerairbag
- Seitenairbag
- Kopfairbag
- ISOFIX-Halterung
- Weiß nicht

6. Wie viele Kindersitze haben Sie im Auto?

Kindersitze

7. Welche Firma hat den Kindersitz hergestellt und wie heißt das Modell?

Kindersitz 1: Marke: _____ Modell: _____

Kindersitz 2: Marke: _____ Modell: _____

Kindersitz 3: Marke: _____ Modell: _____

8. Um welches System handelt es sich bei Ihrem Kindersitz?

	Kindersitz 1	Kindersitz 2	Kindersitz 3
1 Babyschale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Fünf-Punkt-Gurt-System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Drei-Punkt-Gurt-System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Fangkörpersystem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Sitzerrhöhung mit Rückenlehne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Sitzerrhöhung ohne Rückenlehne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sonstiges _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Wie alt ist der Kindersitz?

Kindersitz 1: _____ Kindersitz 2: _____ Kindersitz 3: _____

10. Wie ist der Kindersitz im Auto befestigt?

	Kindersitz 1	Kindersitz 2	Kindersitz 3
mit einem Drei-Punkt-Gurt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mit einem Beckengurt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mittels ISOFIX-System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mit einem Drei-Punkt-Gurt + Zusatzgurt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
der Kindersitz ist in das Auto integriert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
der Kindersitz ist gar nicht befestigt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
andere Befestigung: (<i>Bitte nennen!</i>)	_____		

11. In welcher Richtung ist der Kindersitz eingebaut?

	Kindersitz 1	Kindersitz 2	Kindersitz 3
vorwärts	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
rückwärts	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
sonstiges	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. Hatten Sie Probleme beim Einbau des Kindersitzes ins Auto?

	KS 1	KS 2	KS 3
Nein, der Einbau war unkompliziert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ja, ich hatte folgende Probleme:			
die Einbauanleitung war schwer verständlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
der Gurtverlauf war kompliziert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
zusätzliches Befestigungsmaterial war erforderlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Platzmangel im Fahrzeug	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonstiges: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Welcher Gruppe entspricht der Kindersitz?

	Kindersitz 1	Kindersitz 2	Kindersitz 3
Gruppe 0 0 bis 10kg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gruppe 0+ 0 bis 13kg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gruppe 0/I 0 bis 18kg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gruppe 0/I/II 0 bis 25kg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gruppe 0/I/II/III 0 bis 36kg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gruppe I 9 bis 18kg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gruppe I/II 9 bis 25kg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gruppe I/II/III 9 bis 36kg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gruppe II 15 bis 25kg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gruppe II/III 15 bis 36kg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gruppe III 22 bis 36kg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
nicht ermittelbar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. Welcher Prüfnorm entspricht der Kindersitz?

	Kindersitz 1	Kindersitz 2	Kindersitz 3
ECE-R 44.02	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ECE-R 44.03	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kennzeichnung nicht gefunden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
sonstige	_____		

15. Wo befindet sich der Kindersitz im Auto?

	Kindersitz 1	Kindersitz 2	Kindersitz 3
vorn Mitte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
vorn rechts	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rückbank links	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rückbank Mitte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rückbank rechts	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
dritte Reihe links	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
dritte Reihe Mitte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
dritte Reihe rechts	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
sonstige	_____		

16. Wie viele Kinder bis 12 Jahre befördern Sie normalerweise im Auto?

Kinder

17. Wie alt, wie groß und wie schwer ist das Kind, das Sie befördern?

	Kind 1:	Kind 2:	Kind 3:
Geburtsdatum:	XX. .	XX. .	XX. .
Größe:	cm	cm	cm
Gewicht:	kg	kg	kg

18. Wie wohl fühlt sich Ihr Kind im Kindersitz?

	Kind 1	Kind 2	Kind 3
-fühlt sich wohl	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
-fühlt sich für kurze Strecken wohl	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
-sitzt nicht gern im Kindersitz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
-setzt sich gar nicht in den Kindersitz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
-hat gar keinen Kindersitz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

19. Hat sich Ihr Kind schon einmal selbstständig während der Fahrt abgeschnallt?

	Kind 1	Kind 2	Kind 3
Ja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

20. Kommt es vor, dass Sie Ihr Kind nicht im Kindersitz anschnallen?

NEIN, kommt nicht vor	<input type="radio"/>
JA, kann vorkommen, weil:	
das Anschnallen zu lange dauert	<input type="radio"/>
sich das Anschnallen für die kurze Strecke nicht lohnt	<input type="radio"/>
nicht genügend Platz im Auto ist	<input type="radio"/>
mir das zu kompliziert ist	<input type="radio"/>
ich keinen Kindersitz habe	<input type="radio"/>
mein Kind nicht in den Kindersitz will	<input type="radio"/>
ich ein Fremdauto ohne Kindersitz fahre	<input type="radio"/>
ich mehrere Kinder mitnehme	<input type="radio"/>
sonstige Gründe _____	<input type="radio"/>

21. Wenn Sie Ihr Kind nicht im Kindersitz anschnallen, wie sichern Sie es dann?

	Kind 1	Kind 2	Kind 3
Ich schnalle es auf dem Beifahrersitz an.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich schnalle es auf der Rückbank mit dem Drei-Punkt-Gurt an.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich schnalle es auf der Rückbank mit dem Beckengurt an.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es sitzt unangeschnallt auf dem Beifahrersitz.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es sitzt unangeschnallt auf der Rückbank.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonstiges _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

22. Der wievielte Kindersitz ist das für Ihr Kind?

Kind 1	Kind 2	Kind 3
. Sitz	. Sitz	. Sitz

23. Wie lange brauchen Sie, um Ihr Kind im Kindersitz anzuschnallen?

Kind 1	Kind 2	Kind 3
Minuten	Minuten	Minuten

24. Sind Sie von der Schutzwirkung des Kindersitzes überzeugt?

	Kindersitz 1	Kindersitz 2	Kindersitz 3
Ja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Weiß nicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fragebogen für die Datenerhebung bei Unfällen



<u>Datenerhebung: Unfälle mit Kindern als Pkw-Insassen</u>			
Unfalldatum:	<input type="text"/>	Unfallzeit:	<input type="text"/>
Alter des Kindes:	<input type="text"/> Jahre	Gewicht:	<input type="text"/> kg
		Größe:	<input type="text"/> cm
1. Verletzungen des Kindes			
<input type="checkbox"/> unverletzt <input type="checkbox"/> leicht verletzt <input type="checkbox"/> schwer verletzt <input type="checkbox"/> getötet			
Beschreibung der Verletzung: <input type="text"/>			
2. Sitzplatz des Kindes im Pkw			
<input type="checkbox"/> vorn <input type="checkbox"/> 2. Reihe <input type="checkbox"/> 3. Reihe <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> Mitte <input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> unbekannt			
3. Ausgelöste Airbag-Systeme am Sitzplatz des Kindes			
<input type="checkbox"/> Beifahrerairbag <input type="checkbox"/> Seitenairbag <input type="checkbox"/> Kopfairbag <input type="checkbox"/> sonstige			
4. Wurde ein Kindersitz während der Fahrt benutzt?			
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt Wenn nein, ist die Erhebung hier beendet			
5. Welche Kindersitzart war im Pkw vorhanden?			
<input type="checkbox"/> Babyschale <input type="checkbox"/> 5-Punkt-Gurt-System <input type="checkbox"/> Fangkörpersystem <input type="checkbox"/> Sitzerrhöhung mit Rückenlehne <input type="checkbox"/> Sitzerrhöhung ohne Rückenlehne <input type="checkbox"/> Styroporsitzerrhöhung sonstiges: <input type="text"/>			
Marke: <input type="text"/>		Modell: <input type="text"/>	
6. Gewichtsklasse des Kindersitzes			
			
<input type="checkbox"/> Klasse 0 <input type="checkbox"/> Klasse 0+ <input type="checkbox"/> Klasse 0/I 0 bis 10 kg 0 bis 13 kg 0 bis 18 kg			
<input type="checkbox"/> Klasse 0/II <input type="checkbox"/> Klasse 0/II/III 0 bis 25 kg 0 bis 36 kg			
<input type="checkbox"/> Klasse I <input type="checkbox"/> Klasse II <input type="checkbox"/> Klasse III/III 9 bis 18 kg 9 bis 25 kg 9 bis 36 kg			
<input type="checkbox"/> Klasse II <input type="checkbox"/> Klasse II/II <input type="checkbox"/> Klasse III 15 bis 25 kg 15 bis 36 kg 22 bis 36 kg			
<input type="checkbox"/> nicht ermittelbar			
Prüfnohm			
<input type="checkbox"/> ECE- <input type="checkbox"/> ECE- <input type="checkbox"/> unbekannt R 44.02 R 44.03/04			
7. Befestigung des Kindersitzes im PKW			
<input type="checkbox"/> Drei-Punkt-Gurt <input type="checkbox"/> Beckengurt <input type="checkbox"/> ISO FIX-System <input type="checkbox"/> Drei-Punkt-Gurt + Zusatzgurt <input type="checkbox"/> Kindersitz ist im PKW integriert <input type="checkbox"/> Kindersitz ist nicht befestigt andere Befestigung: <input type="text"/>			
Einbaurichtung			
<input type="checkbox"/> vorwärts <input type="checkbox"/> rückwärts <input type="checkbox"/> nicht bekannt			
8. War der Kindersitz entsprechend den Vorgaben eingebaut ?			
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> nicht bekannt			
9. Kam es an dem Kindersitz zu Beschädigungen ?			
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein			
Wenn ja, welche ? <input type="text"/>			

Bewertungen NPACS

		min. Points	max. Points	Lower Limit	Upper Limit
Front Impact					
	Head acceleration		0	>120	
		0	11	100	120
		11	22	85	100
		22	33	72	85
		33	44	60	72
		44	55	<51	60
	Head Excursion		0	>600	
		0	11	500	600
		11	22	415	500
		22	33	350	415
		33	44	300	350
		44	55	<270	300
	Chest acceleration (3msec)		0	>65	
		0	4	55	65
		4	8	47	55
		8	12	40	47
		12	16	35	40
		16	20	<33	35
	Chest compression		0	>40	
		0	4	30	40
4		8	21	30	
8		12	14	21	
12		16	9	14	
16		20	<5	9	
Chest compression (Q3/Q6)		0	>50		
	0	4	38	50	
	4	8	27	38	
	8	12	18	27	
	12	16	11	18	
	16	20	<6	11	
Neck Moment		0	>35		
	0	4	28	35	
	4	8	21	28	
	8	12	15	21	
	12	16	10	15	
	16	20	<7	10	
Neck Force		0	>3000		
	0	4	2200	3000	
	4	8	1600	2200	
	8	12	1200	1600	
	12	16	1000	1200	
	16	20	<900	1000	
Pelvis acceleration		0	>90		
	0	2	70	90	
	2	4	53	70	
	4	6	40	53	
	6	8	30	40	
	8	10	<24	30	
Abdominal Penetration					
Collapsing system					
Ejection					

Bild 150: Bewertungsprotokoll frontal [NPACS, 2006]

		min. Points	max. Points	Lower Limit	Upper Limit
Side Impact					
	Head acceleration (3msec exceedance)		0	>160	
		0	6	120	160
		6	12	91	120
		12	18	73	91
		18	24	60	73
		24	30	<50	60
	Head Containment				
	contained	80			
	marginal	20			
	not contained	0			
	Chest acceleration (3msec exceedance)		0	>100	
		0	4	80	100
		4	8	65	80
		8	12	53	65
		12	16	45	53
		16	20	<41	45
	Chest compression (Q1/Q1,5)		0	>31	
		0	4	24	31
		4	8	18	24
		8	12	13	18
		12	16	8	13
		16	20	<5	8
	Chest compression (Q3/Q6)		0	>39	
	0	4	30	39	
	4	8	22	30	
	8	12	16	22	
	12	16	10	16	
	16	20	<6	10	
Neck Moment		0	>35		
	0	4	28	35	
	4	8	20	28	
	8	12	17	20	
	12	16	13	17	
	16	20	<10	13	
Neck Force		0	>1900		
	0	4	1300	1900	
	4	8	900	1300	
	8	12	600	900	
	12	16	350	600	
	16	20	<200	350	
Pelvis acceleration		0	>120		
	0	2	95	120	
	2	4	75	95	
	4	6	60	75	
	6	8	48	60	
	8	10	<40	48	

Bild 151: Bewertungsprotokoll lateral [NPACS, 2006]

Kindersitzdaten

Es folgt eine Übersicht der im Projekt getesteten Kindersitze sowie ihr Kaufdatum.

Bezeichnung	Name	Firma	Kaufdatum
A	Carry Easy	Osann	29.07.2005
B	Baby Safe	Römer	28.07.2006
C	Motec	Avanti	01.08.2006
D	Travel Basic	IWH	06.03.2006
E	King	Römer	30.03.2005
F	Nania	Osann	30.03.2005
G	City Travel	IWH	06.03.2006
H	Rodi XP	Maxi-Cosi	06.03.2006
J	Lift	Concord	08.11.2005
K	Touring	Sunny	31.10.2005
L	Intro	Osann	21.11.2006
M	Priorifix	Maxi-Cosi	---
N	Remi	??	06.03.2006
O	„Bärchen“	??	06.03.2006

Tabelle 37: Im Projekt verwendete KSS

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

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 Lichttransmission von Pkw-Scheiben
Teil 1: Kontrastwahrnehmung im nächtlichen Straßenverkehr bei Fahrern mit verminderter Tagessehschärfe
Junge
Teil 2: Kontrastwahrnehmung in der Dämmerung bei Fahrern mit verminderter Tagessehschärfe
Chmielarz, Siegl
Teil 3: Wirkung abgedunkelter Heckscheiben - Vergleichsstudie
Derkum € 14,00
- F8: Anforderungen an den Kinnschutz von Integralhelmen
Otte, Schroeder, Eidam, Kraemer € 10,50
- F 9: Kraftschlußpotentiale moderner Motorradreifen
Schmieder, Bley, Spiekermann, 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 „Verkehrssicherheit von Fahrrädern“
Nicklisch € 22,50
- F 16: Messung der tatsächlichen Achslasten von Nutzfahrzeugen
Sagerer, Wartenberg, Schmidt € 12,50
- F 17: Sicherheitsbewertung von Personenkraftwagen – Problemanalyse 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 – Untersuchungen zum Einfluß der Profiltiefe unterschiedlich breiter Reifen auf den Kraftschluß bei Nässe
Fach € 14,00

1997

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

1998

- F 24: Beurteilung der Sicherheitsaspekte eines neuartigen Zweiradkonzeptes
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 PKW-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 – Verkehrssicherheit '95 – Analyse aus Erhebungen am Unfallort
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

2001

- F 33: Sicherheitsbelange aktiver Fahrdynamikregelungen
Gaupp, Wobben, Horn, Seemann € 17,00
- 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 Fußgängerschutz
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: Entwicklung eines Prüfverfahrens 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 Notausstieg-systems 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, Krems € 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
- F 50: Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme
Gehre, Kramer, Schindler € 14,50
- F 51: Brandverhalten der Innenausstattung von Reisebussen
Egelhaaf, Berg, Staubach, Lange € 16,50
- F 52: Intelligente Rückhaltesysteme
Schindler, Kühn, Siegler € 16,00
- F 53: Unfallverletzungen in Fahrzeugen mit Airbag
Klanner, Ambos, Paulus, Hummel, Langwieder, Köster € 15,00
- F 54: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende Lkw
Niewöhner, Berg € 16,50

2005

- F 55: 1st International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“ – Reports on the ESAR-Conference on 3rd/4th September 2004 at Hannover Medical School € 29,00

2006

- F 56: Untersuchung von Verkehrssicherheitsaspekten durch die Verwendung asphärischer Außenspiegel
Bach, Rüter, Carstengerdes, Wender, Otte € 17,00
- F 57: Untersuchung von Reifen mit Notlaufeigenschaften
Gail, Pullwitt, Sander, Lorig, Bartels € 15,00
- F 58: Bestimmung von Nutzfahrzeugemissionsfaktoren
Steven, Kleinebrahm € 15,50
- F 59: Hochrechnung von Daten aus Erhebungen am Unfallort
Hautzinger, Pfeiffer, Schmidt € 15,50
- F 60: Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit
Vollrath, Briest, Schießl, Drewes, Becker € 16,50

2007

- F 61: 2nd International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“ – Reports on the ESAR-Conference on 1st/2nd September 2006 at Hannover Medical School € 30,00
- F 62: Einfluss des Versicherungs-Einstufungstests auf die Belange der passiven Sicherheit
Rüter, Zoppke, Bach, Carstengerdes € 16,50
- F 63: Nutzerseitiger Fehlgebrauch von Fahrerassistenzsystemen
Marberger € 14,50
- F 64: Anforderungen an Helme für Motorradfahrer zur Motorradsicherheit
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Schüler, Adolph, Steinmann, Ionescu € 22,00
- F 65: Entwicklung von Kriterien zur Bewertung der Fahrzeugbeleuchtung im Hinblick auf ein NCAP für aktive Fahrzeugsicherheit
Manz, Kooß, Klinger, Schellinger € 17,50

2008

- F 66: Optimierung der Beleuchtung von Personenwagen und Nutzfahrzeugen
Jebas, Schellinger, Klinger, Manz, Kooß € 15,50
- F 67: Optimierung von Kinderschutzsystemen im Pkw
Weber € 20,00

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
Internet: www.nw-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.