

Aktueller Stand zur Kindersicherheit

Dr.-Ing. **H. Johannsen**, Technische Universität Berlin, Kraftfahrzeuge, Berlin

Dipl.-Ing. **G. Müller**, Verein für Fahrzeugsicherheit Berlin e.V., Berlin

Kurzfassung

In dieser Veröffentlichung werden aktuelle Erkenntnisse und Forschungsergebnisse in Bezug auf die Sicherheit von Kindern als Autoinsasse zusammengefasst. Hierbei wird insbesondere auf die Themengebiete Unfalldatenanalyse, Felduntersuchungen, Kinderdummys und Dummymodelle, Verletzungskriterien und Belastungsgrenzen, der neue Regelentwurf für die Zulassung von Kindersitzen sowie Euro NCAP eingegangen.

Abstract

This paper gives an overview about current knowledge and research results in the field of child occupant safety including accident data analysis, field observations, child dummies, child dummy models, injury criteria and load limits, the new draft regulation for the homologation of CRS and EuroNCAP trends.

1. Einleitung

Im Bereich der Kindersicherheit im Fahrzeug hat sich in den letzten Jahren viel getan. Kindersitze wurden und werden kontinuierlich verbessert, neue Techniken wie beispielsweise das ISOFIX-System wurden eingeführt, eine Überarbeitung der Gesetzgebung zur Zulassung von Kindersitzen ist in Arbeit. Dass die genannten Maßnahmen Erfolg haben, zeigen die Unfallzahlen. So ist die Zahl der verletzten und getöteten Kinder im Straßenverkehr in den letzten Jahren kontinuierlich gesunken (siehe Kapitel 2).

Die Feststellung, dass das Hauptproblem im Zusammenhang mit der Nutzung von Kindersitzen deren Fehlbenutzung ist, die deren Schutzwirkung erheblich reduzieren kann, führt zu der Erkenntnis, dass die Verbesserung des Schutzes von Kindern im Pkw nicht allein die technische Verbesserung der Kindersitze zielführend ist, sondern dass die Benutzer durch Aufklärung und gezielte Informationen befähigt werden müssen den Kindersitz richtig zu nutzen. Insofern scheint eine ganzheitliche Denkweise notwendig, in der sowohl der Kindersitz als auch die Einbauumgebung, also das Fahrzeug, der Anwender und nicht zuletzt das Kind selbst im Zusammenhang betrachtet werden. Größere Forschungs-

projekte wie das EU-Projekt CHILD und dessen Nachfolger CASPER verfolgen diesen Ansatz.

2. Unfallstatistik

Bereits seit vielen Jahren lässt sich der positive Trend beobachten, dass die Zahl der im Fahrzeug verletzten und getöteten Kinder zurück geht. So zeigt der Vergleich zwischen den Jahren 2000, 2003 und 2009 einen Rückgang der Zahl der getöteten um insgesamt 64%, bei schwer und leichtverletzten Kinder waren es auch immerhin 43% bzw. 30% (Tabelle 1).

Tabelle 1: Vergleich der verunglückten Kinder in Pkw

Kinder 0 - < 12 Jahre	2000	2003	2009
Leicht verletzte Kinder	10.132	8.924 -12%	7.045 -30%
Schwer verletzte Kinder	1.416	1.096 -23%	802 -43%
Getötete Kinder	74	66 -11%	27 -64%

Beim Vergleich der Entwicklung mit dem Trend der verletzten Erwachsenen Insassen, entsteht auf den ersten Blick der Eindruck, dass die positive Tendenz bei Kindern stärker ist als bei Erwachsenen (Bild 1). Wird die Anzahl der Getöteten jedoch auf den Anteil der Bevölkerung bezogen, so ist in etwa ein identischer Verlauf zu beobachten (Bild 2).

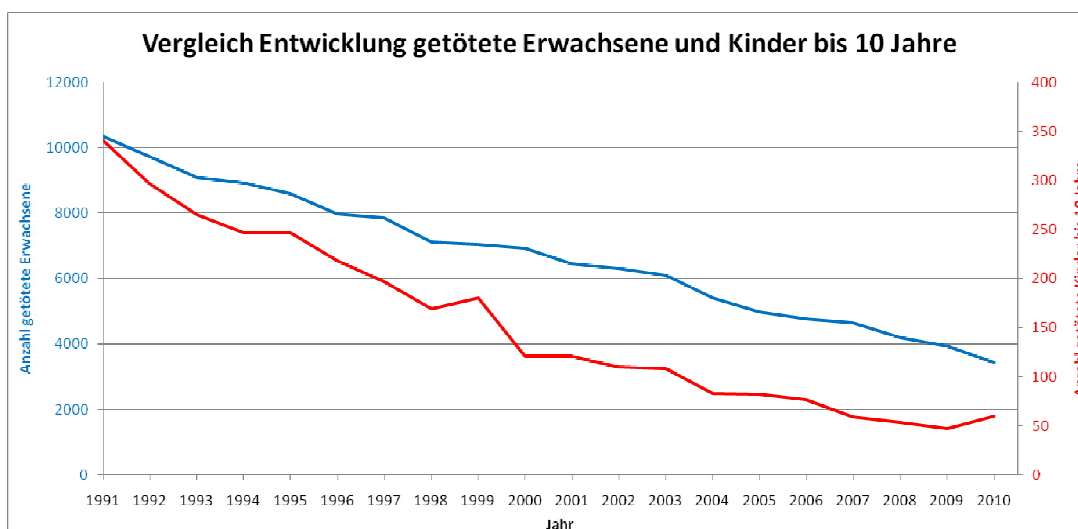


Bild 1: Vergleich getötete Erwachsene und Kinder im Pkw

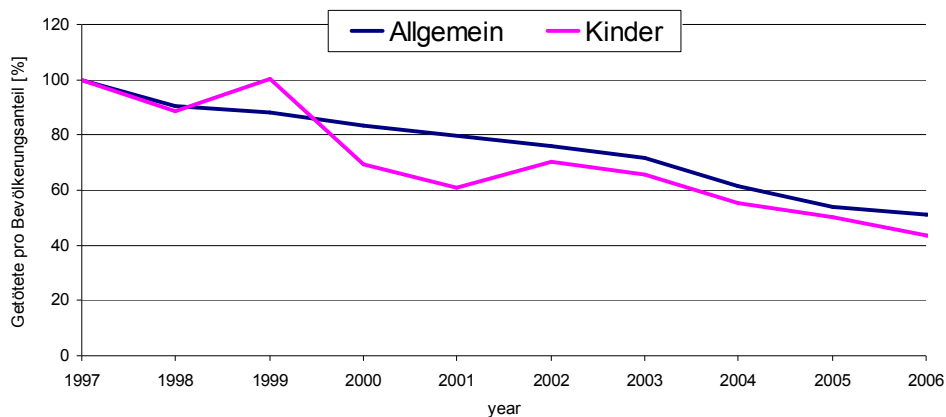


Bild 2: Vergleich getötete Erwachsene und Kinder im Pkw, bezogen auf den Bevölkerungsanteil

Je nach Alter des Kindes gibt es unterschiedliche Körperregionen, die besonders geschützt werden müssen. Bei Babys und Kleinstkindern muss insbesondere der Kopf- und Halsbereich geschützt werden. Aufgrund der im Vergleich zum Gesamtgewicht hohen Masse des Kopfes und der kaum ausgeprägten Halsmuskulatur besteht hier eine hohe Gefahr von Halsverletzungen. Um dem entgegen zu wirken und eine Relativbewegung zwischen Kopf und Oberkörper zu vermeiden, sollen Kinder dieser Altersgruppe ausschließlich rückwärtsgerichtet im Pkw befördert werden. Bild 3 zeigt die Anzahl der getöteten kindlichen Autoinsassen in Abhängigkeit des Alters. Es wird vermutet, dass der deutliche Peak bei einem Alter von einem Jahr auf Halsverletzungen von zu früh vorwärts gerichtet beförderten Kindern zurückzuführen ist.

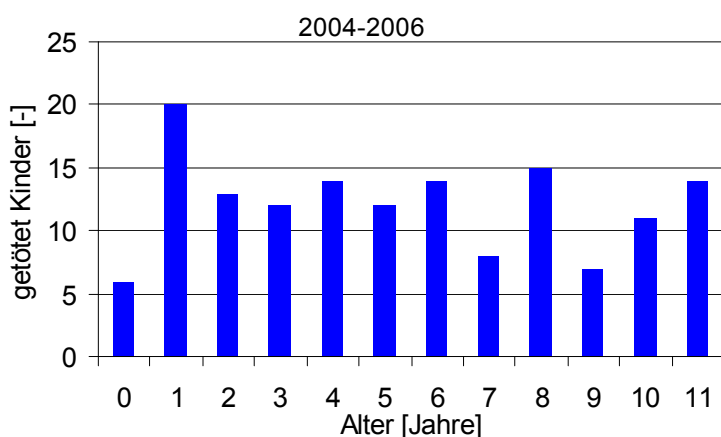


Bild 3: Risikoverteilung für tödliche Verletzungen nach Alter

Bei älteren Kindern sind Thorax- und Abdominalbereich besonders im Fokus. Während der Brustbereich durch die Rippen recht gut geschützt ist und gleichzeitig durch eine geeignete Gurtgeometrie eine breit verteilte Krafteinleitung möglich ist, ist der Bauchraum nicht durch

eine feste Knochenstruktur geschützt. Deshalb ist durch eine geeignete Geometrie des Kindersitzes dafür Sorge zu tragen, dass der Fahrzeuggurt nicht in den Abdominalbereich rutschen kann. Grundsätzlich gilt für Kinder aller Altersgruppen, dass der Kopf vor direkten Kontakt mit Fahrzeugteilen zu schützen ist. So ist es dringend empfehlenswert, dass auch ältere Kinder durch einen Kindersitz, der einen entsprechenden Kopfschutz auch beim Seitenaufprall gewährleistet, geschützt sind.

Im Bild 4 sind die gefährdeten Körperregionen in Abhängigkeit des verwendeten Kinderschutzsystems dargestellt.



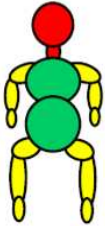


				
Gruppe 0/0+ (rückwärts gerichtet)	Gruppe I (rückwärts gerichtet)	Gruppe I 5-Punkt-Gurt (vorwärts gerichtet)	Gruppe II/III mit Rückenlehne	Gruppe II/III ohne Rückenlehne

Bild 4: Gefährdete Körperregionen in Abhängigkeit des benutzten Kindersitztyps [1]

3. Sicherung von Kindern in Kraftfahrzeugen

Die Fehlbenutzung von Kindersitzen (Misuse) stellt sich immer wieder als drängendstes Problem bei der Beschäftigung mit dem Thema Kindersicherheit im Fahrzeug heraus. So zeigen Tests von Kindersitzen zwar einerseits immer wieder, dass prinzipiell von aktuell erhältlichen Kindersitzen ein hohes Schutzpotential ausgeht, andererseits wird dieses aber erheblich reduziert oder auch ganz aufgehoben, wenn diese Schutzsysteme falsch verwendet werden. Demgegenüber zeigen zahlreiche Feldstudien (z.B. [2]), dass rund zwei Drittel aller Kinder nicht korrekt im Kindersitz gesichert sind. Es zeigt sich also, dass als vordergründige Problemstellung offensichtlich mehr das Vermeiden der fehlerhaften Benutzung von Kindersitzen im Vordergrund stehen muss, als die Verbesserung ihres Schutzpotentials. Dafür sind zwei grundlegende Dinge Voraussetzung: Auf der einen Seite möglichst gut informierte Nutzer, die sich mit der richtigen Nutzung von Kindersitzen vertraut gemacht haben und andererseits Kindersitze, die in der Art gestaltet sind, dass die Gefahr einer Fehlbedienung nach Möglichkeit von vornherein vermieden wird.

Folgende drei Arten der Fehlbenutzung können grundsätzlich unterschieden werden:

- Die Nutzung eines Kindersitzes, der nicht für das Kind geeignet ist. Entsprechend ihres Gewichts gibt es für Kinder Rückhaltesysteme verschiedener Klassen, die auf ihre jeweiligen Bedürfnisse angepasst sind.

- Die Fehlerhafte Montage des Kindersitzes im Fahrzeug
- Die Fehlerhafte Sicherung des Kindes im Kindersitz

Innerhalb dieser drei Bereiche gibt es eine Vielzahl von möglichen Fehlern, mit mehr oder weniger gravierenden Folgen. Viele mögliche Fehler werden mittels Lösungsansätze adressiert (z.B.[3], [4]), der Erfolg dabei ist jedoch höchst unterschiedlich. Ein Ansatz ist beispielsweise das ISOFIX-System, bei dem der Sitz über eine mechanische Verankerung fest mit dem Fahrzeug verbunden wird. Die Möglichkeit einer Fehlbedienung (hier geht es um die fehlerhafte Befestigung des Kindersitzes im Fahrzeug) in diesem Zusammenhang ist damit erheblich reduziert.

Dennoch gibt es viele Punkte im Gesamtzusammenhang der Kindersicherung, die fehleranfällig sind, was mit potentiell schweren Folgen einhergehen kann. Deshalb scheint die Aufklärung der Nutzer weiterhin das effizienteste Mittel zur Fehlervermeidung zu sein, entsprechende Kampagnen zeigen Wirkung und sollten fortgeführt werden [5].

Als ein besonders schwerwiegendes Risiko wurde die Kombination aus einem aktiven Beifahrerairbag und rückwärts gerichteten Kinderschutzsystemen (KSS) auf dem Beifahrersitz erkannt. Insofern wurde diese Kombination vom Gesetzgeber verboten und in den meisten Fahrzeugen wurden unterschiedliche Möglichkeiten der Airbagdeaktivierung (permanente Abschaltung in der Werkstatt, manuelle Abschaltung, automatische Deaktivierung) angeboten. In einer von der BAST beauftragten Studie wurde untersucht, inwiefern Kinder in rückwärts gerichteten KSS trotz aktiven Airbag oder Erwachsene bei deaktiviertem Airbag auf dem Beifahrersitz befördert werden und welche Auswirkungen davon ausgehen [6].

Als Folge des ehemaligen Verbots des Beifahrersitzes für die Beförderung von Kindern und der Kampagnen zum Thema Beifahrerairbag und rückwärts gerichteten KSS ist die Nutzung des Beifahrersitzes für Kinder in rückwärts gerichteten KSS sehr selten.

Das Fehlbenutzungsrisiko hängt stark von der Möglichkeit der Deaktivierung/Aktivierung des Beifahrerairbags ab. Während bei den untersuchten Fahrzeugen mit automatischer Deaktivierung keine Fehlbenutzung aufgetreten ist, gibt es ein besonders großes Risiko bei Fahrzeugen bei denen die Deaktivierung des Beifahrerairbags entweder gar nicht oder sehr aufwändig (permanente Abschaltung durch Werkstatt oder Nachrüstung eines Schalters) erfolgen kann.

Gegenüber der Fehlbenutzung aufgrund umständlicher Werkstattdeaktivierung des Beifahrerairbags ist in den verbleibenden wenigen Fällen die Fehlbenutzung meist auf Vergessen der Umschaltung mit dem vorhandenen manuellen Schalter zurückzuführen.

Insofern ist davon auszugehen, dass die bei Feldstudien ermittelte Fehlbenutzungsquote in Höhe von durchschnittlich 17,4% (bezogen auf die Fälle mit Kindern in rückwärts gerichteten Kindersitzen auf dem Beifahrerplatz bei Vorhandensein eines Beifahrerairbags) durch die in neueren Fahrzeugen eingesetzten manuellen Deaktivierungsmöglichkeiten des Beifahrerairbags sowie durch die Möglichkeit automatischer Abschaltung in Zukunft noch geringer ausfallen wird. Dieser Trend könnte durch eine verbesserte Anzeige- / Schnittstelle zum Fahrer und ggf. Beifahrer weiter unterstützt werden, da diese Optimierung die Fälle des Vergessens adressieren würde.

Bei der automatischen Abschaltung ist grundsätzlich von keiner Fehlbenutzung auszugehen. Jedoch gibt es auch hier Gefahren, die zur Fehlbenutzung führen können, insbesondere, da derzeit nur die Kombination von Fahrzeug und Kindersitz des gleichen Herstellers verwendet werden kann.

Eine Analyse der GIDAS-Unfalldaten deutet ein geringes Gefährdungspotenzial bei aktiviertem Beifahrerairbag bei der Beförderung von Kindern auf dem Beifahrerplatz und bei der Beförderung von Erwachsenen bei deaktiviertem Airbag an. Hierbei ist allerdings darauf zu verweisen, dass die Fallanzahl als Basis der Untersuchung sehr gering war. So gab es nur einen Fall mit einer Babyschale und aktiviertem Beifahrerairbag. Die Analyse der europäischen Einzelfälle zeigt jedoch, dass unter bestimmten Umständen eine tödliche Gefahr von einem sich entfaltenden Airbag ausgehen kann.

In diesem Zusammenhang durchgeführte Versuche deuten ebenfalls auf eine differenzierte Gefährdung in Abhängigkeit der eingesetzten Airbagtechnologie hin. So haben Luftsackgröße, Luftsackgeometrie, Airbageinbauposition und Kindersitzposition entscheidenden Einfluss auf die tatsächliche Gefährdung. Des Weiteren besteht der Verdacht, dass die Unfallschwere ebenfalls Einfluss auf die Gefährdung durch den Airbag hat. So scheint es wahrscheinlich, dass die unmittelbare Gefährdung durch den Beifahrerairbag eher bei Unfällen mit mittlerer Unfallschwere auftritt und in schweren Unfällen (Euro NCAP Testbedingungen) eine untergeordnete Rolle spielt. Dieser Verdacht beruht im Wesentlichen auf den Versuchsergebnissen, bei denen die Belastung ohne Airbag ohnehin so groß war, dass die zusätzlichen Belastungen durch den Airbag kaum noch ins Gewicht fielen und außerdem auf der Analyse der Einzelunfälle, die insbesondere Probleme bei vergleichsweise geringer Unfallschwere zeigen. Für die Bestätigung dieser These wären weitere Versuche erforderlich.

Bezüglich des Seitenairbags haben Untersuchungen gezeigt, dass von ihm keine negativen Einflüsse auf den Kindersitz bzw. das darin befindliche ausgehen. Tendenziell tragen sie eher zusätzlich zum Schutz des Insassen bei [7].

Wie bereits oben erwähnt zielte die Einführung von ISOFIX auf die Vermeidung der Einbaufehlbedienung ab. Die Befestigung des Kindersitzes mit dem Auto erfolgt hierbei insbesondere über 2 genormte Metallbügel. Aufgrund der möglichen Gefahr einer Rotation des Kindersitzes um die beiden Metallbügel, wurde jedoch eine Antirotationseinrichtung gefordert, die entweder in Form eines Stützfußes, der sich am Boden vor dem Kindersitz abstützen soll oder in Form eines oberen Haltegurtes (TopTether), der den Kindersitz nach hinten abspannt für universelle bzw. semi-universelle Kindersitze vorgeschrieben. Hierdurch kann die Verwendung für den Benutzer kompliziert zu werden. Sofern der Kindersitz mit TopTether ausgestattet ist, müssen die dazugehörigen Verankerungspunkte im Auto gefunden werden. Diese befinden sich entweder offensichtlich in der Nähe der Rückenlehne bzw. an der Rückenlehne, sind irgendwo versteckt (z.B. unter der Kofferraumbodenabdeckung oder als Gepäckverzurrösen am hinteren Ende des Kofferraums) oder sind gar nicht vorhanden. Im Falle eines Kindersitzes mit Stützfuß, muss der Verbraucher anhand der Fahrzeugliste, die dem Kindersitz beiliegen muss, überprüfen, ob der Kindersitz für sein(e) Auto(s) geeignet ist. Des Weiteren sind einige ältere Fahrzeuge mit ISOFIX-Verankerungen (teilweise sogar ISOFIX + TopTether) ausgestattet, die nur für bestimmte ISOFIX-Kindersitze zugelassen sind. Zusätzlich sind in wenigen Fahrzeugen die ISOFIX-Verankerungen nur sehr schwer zugänglich. In Kombination wird von Laien, denen ISOFIX erklärt wurde und die es ausprobieren konnten häufig geäußert, dass sie von der Qualität der Befestigung im Fahrzeug beeindruckt seien aber die Benutzung für kompliziert hielten. Insofern scheint das ursprüngliche Ziel (noch) nicht erreicht worden zu sein.

4. Kinderdummys

In Europa befinden sich die P-Dummyserie und die Q-Dummyserie im Einsatz, während in den USA Kinderdummys der Hybrid III Familie genutzt werden. Im Folgenden wird fast ausschließlich auf die europäischen Dummys eingegangen.

Die P-Dummys wurden im Zusammenhang mit der Einführung der ECE R44, der Regelung für die Zulassung von Kinderschutzsystemen, entwickelt und eingeführt. In Folge der Einführung der Gruppe 0+ wurde der P1.5 Dummy später zu der Serie von P0, P3/4, P3, P6 und P10 ergänzt. Die Dummys sind standardmäßig nur mit Brustbeschleunigungssensoren ausgestattet, es können aber auch Kopf- und Beckenbeschleunigung sowie teilweise auch die Halskräfte gemessen werden.

Die Q-Dummys stellen eine Weiterentwicklung der P-Dummys dar, während der P1.5 vom Entwicklungsstand zwischen den restlichen P-Dummys und den Q-Dummys angesiedelt ist. Aktuell existieren Q0, Q1, Q1.5, Q3 und Q6 als Seriedummys. Die Q-Dummys wurden

ursprünglich für einen omnidirektionalen Gebrauch entwickelt und werden in Europa auch für Frontal-, Heck- und Seitenaufprall eingesetzt. Bei der Entwicklung und Verbesserung wurde jedoch mehr Wert auf die Einhaltung der Biofidelitätskorridore für den Frontalaufprall gelegt. In Folge dessen, scheint die Schulter aber auch der Thorax für den Seitenaufprall zu steif zu sein.

In Ermangelung eines geeigneten amerikanischen Seitenaufpralldummys wurde ausgehend von der NHTSA in Zusammenarbeit mit FTSS, Transport CANADA und TAKATA Japan die Entwicklung des Q3s und Q6s gestartet. Dies sind reine Seitenaufpralldummys basierend auf dem Q3 und dem Q6.

Die Q-Dummys können in der Regel mit Beschleunigungssensoren an Kopf, Brust, Becken, 6-axialer Kraftmessdose für Hals und Lendenwirbelsäule, Kopfdrehratensensor sowie Brusteingdrückungssensor (entweder frontal oder seitlich verwendet) ausgestattet werden [1]. Im Rahmen des CASPER Projekts werden zusätzliche Abdominalsensoren bestehend aus 2 zylindrischen Druckblasen, die im Baucheinsatz befestigt werden, vorgeschlagen, um dem Abdominalverletzungsrisiko von älteren Kindern zu begegnen. Um jedoch das volle Potenzial der Bauchsensoren auszuschöpfen, muss der Dummy eine realistische Kinematik aufweisen. Diese realistische Kinematik wird durch eine Lücke zwischen Oberschenkel und Becken (siehe Bild 5) verhindert, in die der Beckengurt eintauchen kann und somit Submarining verhindert.



Bild 5: Lücke zwischen Oberschenkel und Becken beim Q3 [8]

Um dieses Problem zu lösen, sollen Verstärkungen in den Anzug eingearbeitet werden. Erste Validierungsversuche mit lokalen Verstärkungen, die am Anzug angebracht wurden, zeigten die gewünschte Verbesserung in den Fällen bei denen ein höheres Submariningrisiko erwartet wurde und nur einen geringen bis keinen Einfluss auf die Dummykinematik bei Kindersitzen, die durch ihre Konstruktion Bauchverletzungen vorbeugen.

Ein mögliches weiteres, jedoch bisher ungelöstes Problem stellt die Schulter der Q-Dummys im Vergleich zu den P-Dummys dar. Während bei den P-Dummys erhöhte Anstrengungen notwendig sind, ein Abrutschen des Diagonalgurts von der Schulter zu vermeiden, rutscht bei den Q-Dummys der Gurt unter Belastung zum Hals, wo er eine sichere Position findet [8]. Es ist unklar, ob dieses Verhalten tatsächlich ein Problem im Sinne eines unrealistischen Verhaltens darstellt, oder ob das P-Dummyverhalten unrealistisch ist. Obwohl Unfälle berichtet werden, bei denen der Gurt nicht sicher an der Schulter anlag, ist es unklar, ob der Gurtverlauf bereits vor dem Unfall inkorrekt war oder sich der Verlauf im Laufe des Unfalls ergeben hat.

Für einen vollständigen Ersatz der P-Dummys durch die Q-Dummys fehlt aktuell noch ein Ersatz für den P10. Im Rahmen des EPOCH Projekts wird ein Q10 Dummy entwickelt und aktuelle Testverfahren für die Anwendbarkeit des Q10 überprüft. Der Q10 ist insgesamt mit einer Größe von 1,45 m und 34,4 kg [9] größer und schwerer als der P10.

Während in der Vergangenheit das Testing im Entwicklungsprozess eines Kindersitzes die größte Rolle spielte und Simulation kaum zum Einsatz kam, rücken letztere immer mehr in den Fokus der Kindersitzhersteller und durch die Planungen von Euro NCAP (siehe unten) auch in den von Fahrzeugherstellern. Während die P-Dummys fast nur als MKS-Modelle zur Verfügung stehen, liegt der Bedarf der Industrie eher im Bereich der FE-Dummys. Die heutigen Seriedummys der Q-Serie existieren komplett als FE-Dummy-Modelle, zumindest als LS-Dyna Version [10]. Das Q-6 Modell wird zurzeit in einem Konsortium aus Humanetics, einigen Autoherstellern, TU Berlin und Verein für Fahrzeugsicherheit Berlin e.V. auf einen qualitativ sehr hochwertigen Stand gebracht. Am Q10-Modell wird zurzeit gearbeitet.

5. Verletzungskriterien und Grenzwerte

P-Dummys sind standardmäßig nur mit einem dreiaxialen Beschleunigungsaufnehmer in der Brust ausgestattet. Hierbei werden die resultierende Brustbeschleunigung und die Brustbeschleunigung in Z-Richtung im Rahmen der Zulassung von Kindersitzen und Euro NCAP Frontalaufprall beurteilt. Des Weiteren wird die Kopfvorverlagerung bewertet. Dabei wird ausgehend von einem fixen Punkt am Testschlitten / am Fahrzeug der maximale Abstand in X bzw. Z Richtung zur Kopfaußenkontur gemessen. Die Kopfvorverlagerung ist ein sinnvoller Indikator für das Risiko eines Kopfkontakts zum Innenraum des Fahrzeugs bei Schlittenversuchen mit nur einer Testbank für den Prüfsitz. Im Gegensatz dazu erscheint die Beurteilung der Kopfvorverlagerung in Fahrzeugtests (z.B. Euro NCAP) eher ungeeignet zu sein. Hier kann das Risiko eines Kopfkontakts mit Hilfe der Beurteilung ob ein Kontakt

stattgefunden hat oder nicht eingeschätzt werden, da unterschiedliche Fahrzeuge unterschiedlichen Raum zur Verfügung stellen. Beim Euro NCAP Seitenaufprall wird die Kopfbeschleunigung analysiert.

Tabelle 2: EEEV Kriterien und Grenzwerte [1]

ECE R94 (scaled) injury criteria IARVs per dummy							
		Unit	Q0	Q1	Q1.5	Q3	Q6
Head Impact Criterion	HIC ₃₆	s	477	447	526	710	986
Head Acceleration 3ms	A _{3ms}	g	79	67	70	75	82
Upper Neck Tension Force	F _z	N	433	951	1080	1350	1824
Upper Neck Flexion Moment	M _y	Nm	13	42	48	63	94
Thorax Chest Deflection	D _{chest}	mm	NA	52	49	46.5	42

AIS3+ 20%CM injury criteria IARVs per dummy							
		Unit	Q0	Q1	Q1.5	Q3	Q6
Head Impact Criterion	HIC ₁₅	s	530	497	585	790	1097
Head Acceleration 3ms	A _{3ms}	g	88	75	79	84	92
Upper Neck Tension Force *)	F _z *)	N	498	1095	1244	1555	2101
Upper Neck Flexion Moment	M _y **)	Nm	17	53	61	79	118
Thorax Chest Deflection	D _{chest}	mm	NA	42	40	38	35

AIS3+ 20%LR injury criteria IARVs per dummy							
		Unit	Q0	Q1	Q1.5	Q3	Q6
Head Impact Criterion	HIC ₁₅	s	523	491	578	780	1083
Head Acceleration 3ms	A _{3ms}	g	85	72	76	81	89
Upper Neck Tension Force *)	F _z	N	498	1095	1244	1555	2101
Upper Neck Flexion Moment *)	M _y	Nm	17	53	61	79	118
Thorax Chest Deflection	D _{chest}	mm	NA	40	38	36	33

AIS3+ 50%CM injury criteria IARVs per dummy							
		Unit	Q0	Q1	Q1.5	Q3	Q6
Head Impact Criterion	HIC ₁₅	s	631	591	696	940	1306
Head Acceleration 3ms	A _{3ms}	g	97	82	86	92	101
Upper Neck Tension Force *)	F _z	N	546	1201	1364	1705	2304
Upper Neck Flexion Moment *)	M _y	Nm	20	64	74	96	143
Thorax Chest Deflection	D _{chest}	mm	NA	53	51	48	44

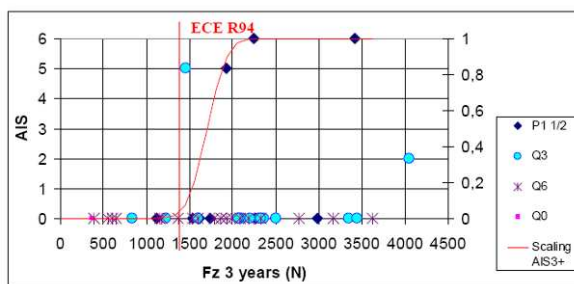
AIS3+ 50%LR injury criteria IARVs per dummy							
		Unit	Q0	Q1	Q1.5	Q3	Q6
Head Impact Criterion	HIC ₁₅	s	671	629	741	1000	1389
Head Acceleration 3ms	A _{3ms}	g	104	88	93	99	109
Upper Neck Tension Force *)	F _z	N	546	1201	1364	1705	2304
Upper Neck Flexion Moment *)	M _y	Nm	20	64	74	96	143
Thorax Chest Deflection **)	D _{chest}	mm	NA	59	56	53	49

Notes:

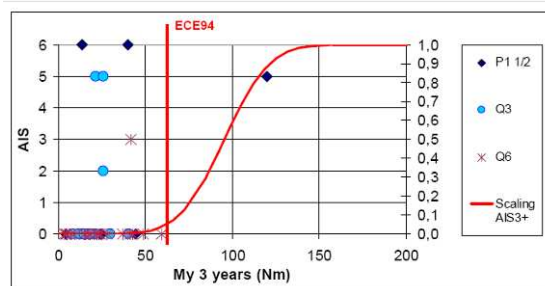
- *) Upper Neck Tension Force (F_z) and Flexion Moment (M_y) values come from literature scaling and are not specifically associated with CM or LR statistical methods
- **) Thorax Chest Deflection larger than 55 mm are considered unrealistic from human point of view and physically impossible to measure with the Q-dummies

Während die Kriterien und Grenzwerte für die P-Dummys einen eher praktischen Hintergrund haben, wurden in EU geförderten Projekten (CREST, CHILD, CASPER) biomechanische Versuche durchgeführt mit dem Ziel wissenschaftlich fundierte Kriterien und Grenzwerte aufzustellen. Bei den biomechanischen Versuchen handelt es sich um experimentelle Unfallrekonstruktionen, um die im Unfall beobachteten Verletzungen mit Messwerten am Dummy zu vergleichen. Die Versuchsergebnisse wurden von EEVC analysiert und um skalierte Grenzwerte von Erwachsenendummys ergänzt.

Hierbei ist anzumerken, dass basierend auf den Auswertungen des CHILD Projekts ausschließlich für Kopfbeschleunigung und HIC für den Frontalaufprall ausreichend viele Messpunkte für eine abgesicherte Risikokurve vorlagen [11]. Für den Hals führt EEVC bereits aus, dass hier nur skalierte Werte von Erwachsenendummys berücksichtigt wurden. Während die Grenzwerte für den Kopf als ausreichend gesichert angenommen werden können, ergeben sich für den Hals und die Brust Zweifel. Bei der Brust ist anzumerken, dass die Brusteingdrückung ein Indikator für Rippenbrüche ist, die jedoch bei Kindern sehr selten vorkommen. Die häufiger beobachteten Organverletzungen werden durch dieses Kriterium nicht adressiert. In Bezug auf die Halsgrenzwerte fallen zwei Dinge auf. Die Grenzwerte für Halsmomente liegen weit oberhalb normaler Weise gemessenen Belastungen, während die für die Zugkräfte sehr niedrig ausfallen. Des Weiteren sind die Grenzwerte zwischen Q1 und Q6 annäherungsweise linear skaliert und nur beim Neugeborenen wird eine besondere Verletzbarkeit berücksichtigt. Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Erkenntnisse aus der Unfallforschung, siehe Bild 3, erscheint diese Annahme jedoch nicht korrekt zu sein.



Risikofunktion Halszugkraft Q3



Risikofunktion Halsbiegemoment Q3

Bild 6: Vergleich der Biomechanischen Datenpunkte mit den skalierten Halsrisikofunktionen [1]

Des Weiteren zeigt der Vergleich der Ergebnisse aus dem CHILD Projekt mit den skalierten Risikofunktionen (siehe Bild 6), dass in den meisten Fällen mit einer Halskraft oberhalb der

festgelegten Grenze keine Halsverletzungen auftreten, während alle Fälle mit Halsverletzungen ein Biegemoment deutlich unterhalb der festgelegten Grenzen aufweisen.

Im CASPER Projekt, das 2012 abgeschlossen werden wird, sollen insbesondere neue Erkenntnisse für Risikofunktionen für den Hals und das Abdomen für Frontalaufprälle sowie Kopf bei Seitenaufprällen gewonnen werden. Insofern kann davon ausgegangen werden, dass für diese Körperbereiche ausreichend validierte Grenzwerte zum Projektende zur Verfügung stehen werden.

6. Neuplanung Zulassung von Kindersitzen

Auf Initiative von Frankreich startete 2008 eine Arbeitsgruppe eine Neufassung der Zulassungsbedingungen für Kindersitze. Die Arbeit der Arbeitsgruppe wurde in verschiedenen Phasen organisiert. Phase 1 (ISOFIX Kindersitze mit integriertem Gurtsystem) befindet sich zurzeit im Abstimmungsprozess. In Phase 2 widmet sich die Arbeitsgruppe ISOFIX Kindersitzen bei denen das Kind mit dem Fahrzeuggurt gesichert wird.

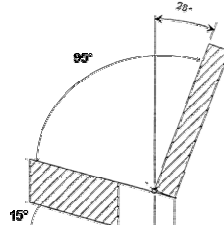
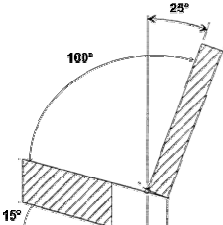
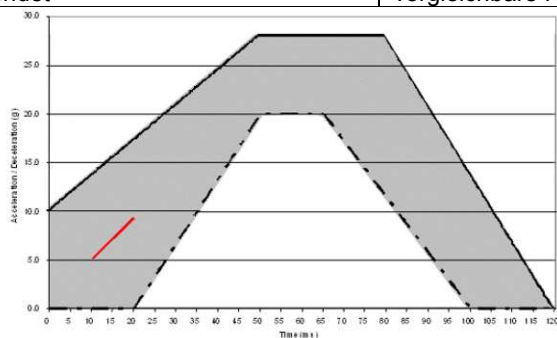
Im folgenden wird ein kurzer Vergleich der neuen Regelung zur ECE R44 aufgestellt, die erwarteten Verbesserungen für die Sicherheit von Kindern in Kraftfahrzeugen skizziert und die Auswirkungen, die die Neuregelung für die Fahrzeugentwicklung hat dargestellt.

6.1. Vergleich der neuen Regelung mit der ECE R44

Die Regelung, die aktuell erarbeitet wird, soll eine neue Nummer erhalten und zumindest kurzzeitig parallel zur ECE R44 existieren. Da die neue Nummer noch nicht bekannt ist, wird die neue Regelung im Folgenden als ECE R1XX bezeichnet.

In der folgenden Tabelle 3 werden alte und neue Regelung anhand der wichtigsten Parameter verglichen.

Tabelle 3: Vergleich der neuen Zulassungsregelung für Kindersitze mit der ECE R44

Beschreibung	ECE R44	ECE R1XX
Zulassungsarten	Universal, Semi-Universal (Kindersitzhersteller muss Verbaubarkeit überprüfen und eine Fahrzeugliste beifügen), eingeschränkt, fahrzeugspezifisch	Universal (in der Regelung i-size genannt), fahrzeugspezifisch
Kindersitzklassen	Einteilung in starre Gewichtsklassen (am Markt im Wesentlichen befindlich: Gruppe 0+ bis 13 kg, Gruppe I 9 – 18 kg, Gruppe II/III 15 – 36 kg)	Kindersitzhersteller weist seinem Produkt einen relativ frei wählbaren Größenbereich (Körpergröße) zu, für den Sitz geeignet ist.
Einschränkung der Einbaurichtung	Gewichtsklassen 0 und 0+ dürfen nicht vorwärts gerichtet sein	Kinder bis zu einem Alter von 15 Monaten (zz in Diskussion) dürfen nicht vorwärts gerichtet befördert werden
Antirationseinrichtungen ISOFIX	TopTether universal für Gruppe I vorwärts gerichtete ISOFIX Sitze, TopTether für andere Sitze und Stützfuß allgemein Semi-Universal	TopTether und Stützfuß universal, besondere Anforderungen an den Stützfuß in Bezug auf Lage und Längenverstellung
Testbank	 <p>Für die ECE R44 Testbank wird ein relativ weiches Polstermaterial verwendet</p>	 <p>Das Polstermaterial für die neue Testbank hat eine mit heutigen Pkw vergleichbare Kennung</p>
Testverfahren Frontalaufprall	 <p>Generelle Testbedingungen sind bei neuer und alter Regelung gleich, Unterschiede bestehen in Bezug auf Testbank (s.o.), Dummyverwendung (s.u.) etc.</p>	
Dummykriterien Frontalaufprall	Kopfvorverlagerung < 550 mm (500 mm für ISOFIX, 600 mm rückwärts gerichtet), a3ms Brust < 55 g; a3ms Brust Z < 35 g	Kopfvorverlagerung < 500 mm (700 mm rückwärts gerichtet); HPC < 600 bzw. 800; a3ms Kopf < 75 g bzw. 80 g; a3ms Brust < 55 g
Testverfahren Heckaufprall	Für rückwärts gerichtete KSS	Für rückwärts gerichtete KSS, vergleichbar mit ECE R44
Testverfahren Überschlag	Quasistatischer Überschlag um X- und Y-Achse	Quasistatischer Überschlag um X- + Y-Achse, vergleichbar mit ECE R44
Testverfahren Seitenaufprall	Kein Test vorgesehen	Testverfahren mit flacher Tür mit linearer Intrusion
Kinderdummys	P-Dummys (P0, P3/4, P1.5, P3, P6, P10)	Q-Dummys (Q0, Q1, Q1.5, Q3, Q6, Q10 in Vorbereitung)
Geometrische Überprüfung (intern)	P-Dummys	Geometrische Überprüfung von Sitzhöhe, Schulterhöhe, Schulterbreite, Beckenbreite anhand des 5. und des 95. percentilen gemäß Größenangaben des Herstellers
Geometrische Überprüfung extern	Für ISOFIX KSS verschiedene Prüfkörper (F1, F2, F2X, R1, R2, R3, L1, L2)	Universal maximal F2x (B1) bzw. R2 (D)

6.2. Erwartete Verbesserungen für die Kindersicherheit

Verbesserungen für die Sicherheit von Kindern in Pkw werden aufgrund der folgenden Änderungen erwartet:

Seitenaufprallschutz

Obwohl Seitenaufprallanforderungen bereits durch verschiedene Verbraucherschutztestverfahren existieren, gibt es bisher keine verbindlichen Anforderungen. Im Rahmen der Validierung des Seitenaufpralltestverfahrens konnte gezeigt werden, dass insbesondere für die Einhaltung der Kopfgrenzwerte zusätzliche Maßnahmen an heute gut bewerteten KSS erforderlich sind und bei einigen KSS Probleme bestehen, den Kopf ausreichend im Sicherheitsbereich der Schale zu halten.

Längere Beförderung in rückwärts gerichteten Systemen

Experten sind sich einig, dass Kinder so lange wie möglich rückwärts gerichtet in Pkw befördert werden sollten. In der Realität wechseln die meisten Eltern jedoch bei einem Alter von ca. 8 – 12 Monaten von einem rückwärtsgerichteten KSS zu einem vorwärtsgerichteten. Deutliche Überhöhungen der Anzahl der getöteten mit einem Alter von 1 Jahr sind die Folge (siehe Bild 3). Im Wesentlichen können 2 Faktoren ausgemacht werden, die einen frühen Wechsel begünstigen. Obwohl die Gruppe 0+ theoretisch dafür vorgesehen ist Kinder bis einem Alter von 18 Monaten aufzunehmen, reicht der Platz in der Babyschale in der Regel nicht aus. Der Grund hierfür liegt hauptsächlich an den Anforderungen an den Kindersitz mit in Bezug auf die Crashkinematik, während die begrenzte Pkw-Gurtbandlänge zu berücksichtigen ist. Der zweite Grund dürfte das natürliche Bestreben sein, Fortschritte zu erkennen und zu zeigen. Durch die Festlegung auf ausschließlich ISOFIX können neue Konzepte für rückwärts gerichtete KSS umgesetzt werden und die klare Kennzeichnung von vorwärts gerichteten Systemen, dass sie erst ab einem Mindestalter von 15 Monaten verwendet werden dürfen, lassen Verbesserungen erwarten.

Stärkung von ISOFIX

ISOFIX ist trotz seiner Vorzüge bei den meisten Verbrauchern nicht bekannt. Durch die Festlegung der neuen Regelung auf ausschließlich ISOFIX-Systeme sowie die Schaffung der Voraussetzungen für universale ISOFIX KSS mit Stützfuß wird erwartet, dass die Verbreitung von ISOFIX Kindersitzen signifikant steigt und die Nutzung weniger „administrativ“ kompliziert wird.

6.3. Folgen für die Kfz-Entwicklung

Für die Erfolgreiche Umsetzung der neuen Regelung sind weitere Anforderungen an Kfz erforderlich. Zusätzlich zu der bereits beschlossenen Verpflichtung ISOFIX mit TopTether zu verbauen ergibt sich die Anforderung innerhalb bestimmter geometrischer Rahmenbedingungen einen mechanisch ausreichend belastbaren Boden für KSS mit Stützfuß anzubieten. Für die meisten Pkw stellt diese Anforderung keine besondere Herausforderung dar; Probleme können jedoch z.B. bei Fahrzeugen mit Bodenstaufach, Sandwichböden etc. auftreten.

Schwerwiegender dürfte die Anforderung sein, ausreichend Platz für sowohl die Prüfkörper F2X als auch R2 zur Verfügung zu stellen.

Für die Phase 2 sind weitere Prüfkörper für ISOFIX-Sitzerhöhungen erforderlich, die aktuell in der ISO Arbeitsgruppe für Kindersicherheit entwickelt werden.

7. Euro NCAP

Seit 2001 werden bei Euro NCAP auf der Rückbank Kinderdummys (P1.5 und P3) in vom Autohersteller bestimmten Kindersitzen getestet. Seit 2003 werden die Kindersicherheitstests bewertet und seit 2009 fließt die Kindersicherheitsbewertung in das Gesamtergebnis ein. Neben der dynamischen Performance werden auch Labels an Kindersitz und Auto, Verfügbarkeit von ISOFIX-Verankerungen etc. bewertet.

Analysen der BAST [12] zeigen, dass nur wenige verschiedene Kindersitze zum Einsatz kommen. Des Weiteren wird bemängelt, dass auf fahrzeugseitig nur wenig für die Verbesserung der Kindersicherheit unternommen wurde. Aktuelle Planungen sehen daher vor, dass größere Kinderdummys verwendet werden sollen und für Kindersitze für jüngere Kinder die Verbaubarkeit der Sitze getestet werden soll.

Insbesondere aufgrund mangelnder Erfahrung mit größeren Dummys der Q-Serie ist es wahrscheinlich, dass in der nächsten Umstellung des Kindersicherheitsprotokolls zunächst Q1.5 und Q3 anstelle von P1.5 und P3 eingesetzt werden. Diese sollen später durch Q6 und Q10 ersetzt werden.

8. Referenzen

[1] Wismans, Waagmeester, LeClaire, Hynd, de Jager, Palisson, van Ratingen, Trosseille: "Q-dummies Report – Advanced Child Dummies and Injury Criteria for Frontal Impact", EEVC, 2008

- [2] Fastenmeier, Lehnig: „Fehlerhafte Nutzung von Kinderschutzsystemen in Pkw“ Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, M 178. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2006
- [3] Johannsen: “Concepts towards Reduced Misuse Rates” 5th International Conference Protection of Children in Cars, München 2007, http://www.fahrzeugsicherheit-berlin.de/files/pdf/2007_01%20Paper%20Concepts%20towards%20Reduced%20Misuse%20Rates.pdf
- [4] Müller, Borgmann, Johannsen: “Technical options for reduction of misuse of group 1 CRS” 7th International Conference Protection of Children in Cars, München 2009, http://www.fahrzeugsicherheit-berlin.de/files/pdf/2009_03%20Paper%20Technical%20Reduction%20of%20Misuse.pdf
- [5] Müller, Johannsen: “Three Years of Experience with Child Safety Education for Multipliers” 8th International Conference Protection of Children in Cars, München, 2010, http://www.fahrzeugsicherheit-berlin.de/files/pdf/2010_04%20Paper%20Three%20Years%20Experience%20withChild%20Safety%20Training.pdf
- [6] Müller, Johannsen, Fastenmeier: „Fehlgebrauch der Airbagabschaltung bei der Beförderung von Kindern in Kinderschutzsystemen“ Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, F75. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2010
- [7] Gehre, Kramer, Schindler: "Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme", Berichte der BASt, Fahrzeugtechnik Heft F50, 2004, ISBN 3-86509-157-1
- [8] Beillas, Alonzo, Lemmen, Burleigh, Johannsen: “CASPER: Q3 and Q6 Updates for Submarining” COVER Workshop, München 2010, <http://www.biomechanics-coordination.eu/downloadables/Child%20Safety%20Workshop%2029-30%20November%202010/Proposed%20Q3%20and%20Q6%20dummy%20updates%20for%20submarining.pdf>
- [9] Waagmeester: “EPOCH Project: Q10 Dummy Development Status Review Biofidelity Performance Validation”, COVER Workshop, München 2010, <http://www.biomechanics-coordination.eu/downloadables/Child%20Safety%20Workshop%2029-30%20November%202010/Q10%20development.pdf>
- [10] Johannsen, Lehmann, Kant, Lemmen: “Dummy Modelling”, COVER Workshop, München 2010, <http://www.biomechanics-coordination.eu/downloadables/Child%20Safety%20Workshop%2029-30%20November%202010/Dummy%20model%20development.pdf>

[11] Palisson, Cassan, Troiseille, Lesire, Alonzo: "Estimating Q3 dummy injury criteria for frontal impacts using the child project results and scaling reference values" IRCOBI conference 2007

[12] Lorenz, Schnottale, van Ratingen: „Current Status of the Euro NCAP Child Safety Working Group“; 7th International Conference Protection of Children in Cars, München, 2009