



Sicherheit von Rücksitzinsassen im Pkw

Unfallforschung kompakt

Inhalt

Einleitung	4
Unfallgeschehen	5
Feldstudie	8
Numerische Simulation	11
Maßnahmenfindung und -bewertung	13
Zusammenfassung und Empfehlungen	16
Literaturangaben	17

Einleitung

Verschiedene nationale und internationale Veröffentlichungen zeigen, dass in modernen Fahrzeugen die Sicherheit auf den Rücksitzen nicht das hohe Niveau, das auf den Vordersitzen von Pkw vorhanden ist, erreicht [1, 2, 3]. Ziel der vorliegenden Studie [4] war es, das gegenwärtige Sicherheitsniveau von Rücksitzinsassen im Pkw zu ermitteln und mittels geeigneter Maßnahmen den Sicherheitsbedarf abzuleiten und zu bewerten. Dazu wurden Realunfalldaten analysiert, Befragungen und umfassende numerische Simulationen durchgeführt sowie Schlittentests ausgewertet.

Als Basis der Unfalldatenanalyse dienten die Unfalldatenbank von GIDAS (GIDAS = German In-Depth Accident Study) und die der Unfallforschung der Versicherer (UDV).

Um das typische Verhalten auf den Rücksitzen zu ermitteln, wurden 800 Personen im Alter zwischen 18 und 65 Jahren online befragt. Zur Vertiefung der gewonnenen Erkenntnis wurden zusätzlich in fünf deutschen Städten Interviews mit Fokusgruppen durchgeführt. In den Befragungen konnte u.a. gezeigt werden, dass Rücksitzinsassen häufig eine Sitzposition einnehmen, die von der normalen Sitzposition abweicht. Mit den Erkenntnissen aus Unfallanalyse und Befragung wurden mehrere Simulationsmodelle aufgebaut und validiert, die in der Lage sind, verschiedene Einflussfaktoren anhand biomechanischer Belastungsgrößen zu bewerten.

Unfallgeschehen

Als Basis der Unfalldatenanalyse dienten die GIDAS-Unfalldatenbank und die Unfalldatenbank der Unfallforschung der Versicherer. Der in dieser Studie zur Auswertung herangezogene GIDAS-Datensatz umfasste den Erfassungszeitraum von 1999 bis 2012. Der Datensatz beinhaltet 22.000 Unfälle mit etwa 28.000 Verletzten und 26.000 unverletzten Personen.

Im GIDAS-Unfalldatenmaterial dominiert für den Pkw mit 81 Prozent die Einzelkollision. Bei denen wiederum ist die Hauptanprallrichtung zu 59 Prozent frontal. Alle weiteren Analysen im vorliegenden Beitrag beziehen sich auf diese Teilmenge des Unfalldatenmaterials. Nicht betrachtet werden also Mehrfachkollisionen und Überschlag-Unfälle.

Tabelle 1 zeigt, dass 62 Prozent (n=83) aller schwer verletzten Fondinsassen (MAIS2+) im Datenmaterial bei Frontalkollisionen zu finden sind. Bei höheren Verletzungsschwergraden (MAIS 3+) ist der Anteil der Frontalkollisionen mit 59 Prozent minimal geringer, Heckanstöße verlieren deutlich an Gewicht, die Bedeutung von Seitenkollisionen liegt dagegen etwas höher. Die durchschnittliche Fahrzeugbesetzungsquote lag bei 1,4. 10 Prozent aller Pkw-Insassen im oben beschriebenen Fallmaterial saßen auf den Rücksitzen. Sie waren zu 94 Prozent gesichert. Der 3-Punkt-Automatikgurt gehört inzwischen auf den Rücksitzen zum Standard. 53 Prozent der Fondinsassen waren weiblich. Die Hälfte der Verunglückten ist 17 Jahre und älter. Die Altersgruppe der 17- bis 24-Jährigen ist, wie auf den Vordersitzen, im GIDAS-Unfallmaterial am häufigsten vertreten. Hinsichtlich der Verletzungsschwere der beteiligten Insassen sind im GIDAS-Unfalldatenmaterial Unverletzte (MAIS 0) und Leichtverletzte (MAIS 1) am häufigsten festzustellen (siehe Abb. 1).

Berücksichtigt man neben der Verletzungsschwere den Gurtstatus, ergibt sich für den Fondinsassen folgendes Bild (siehe Abb. 2): Während die unverletzten Fondinsassen zu 97 Prozent angegurtet sind, ist bei den Schwerver-

letzten (MAIS 2+) über ein Viertel der Verletzten ungesichert. Diese Zahl belegt anschaulich die hohe Bedeutung des Gurtes für die Reduzierung der Verletzungsschwere.

Tabelle 1: Gegenüberstellung verschiedener Verletzungsschweren für Pkw-Fondinsassen im Datenmaterial (ohne Mehrfachkollision und Überschlag) [Quelle: GIDAS].

	Unverletzt n = 1.761		MAIS 2+ n = 134		MAIS 3+ n = 32	
Front	1.004	57 %	83	62 %	19	59 %
Seite rechts	167	9 %	10	7 %	5	16 %
Heck	381	22 %	20	15 %	2	6 %
Seite links	209	12 %	21	16 %	6	19 %

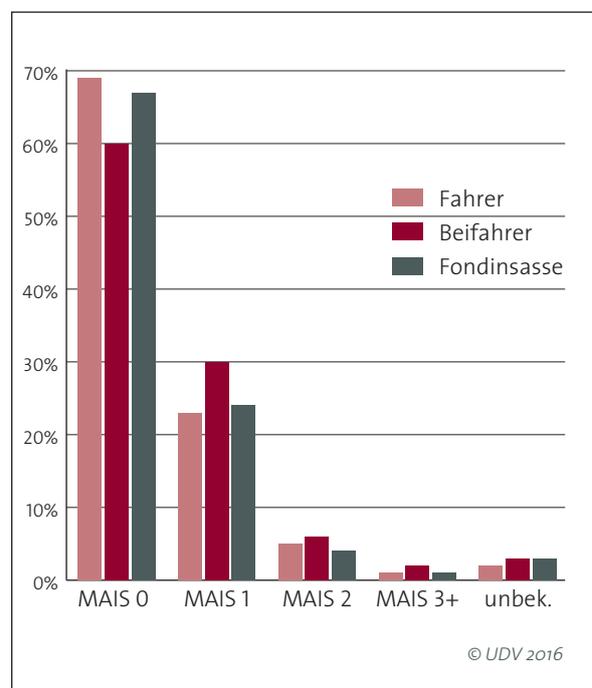


Abb. 1: Verteilung der Unverletzten und Verletzten nach MAIS (frontal, ohne Mehrfachkollision und Überschlag) [Quelle: GIDAS].

Unfallgeschehen

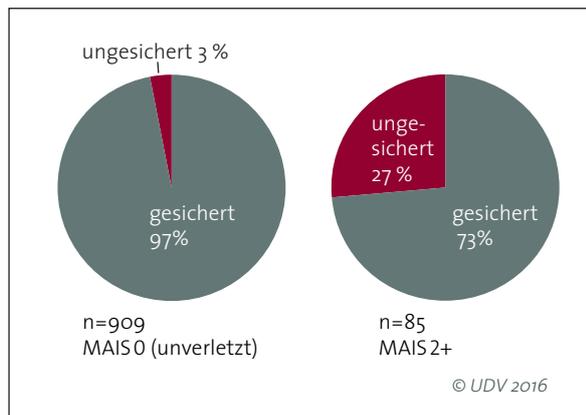


Abb. 2: Gurtstatus und Verletzungsschwere für Fondinsassen (frontal, ohne Mehrfachkollision und Überschlag) [Quelle: GIDAS].

Mit der Etablierung von EuroNCAP hat die Struktursteifigkeit von Fahrzeugen deutlich zugenommen, um den „Überlebensraum“ für den Insassen zu sichern [5]. Um die dadurch vermutete Veränderung des Verletzungsrisikos der Fondinsassen zu analysieren, werden daher im Weiteren zwei PKW-Zulassungszeiträume untersucht – vor und nach Einführung der EuroNCAP Verbraucherschutztests.

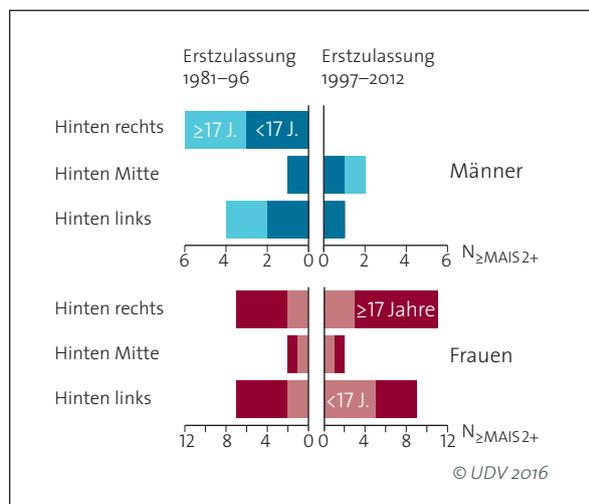


Abb. 3: Geschlechterverteilung der verletzten Fondinsassen für zwei PKW-Zulassungszeiträume (frontal, ohne Mehrfachkollision und Überschlag, gegurtet) [Quelle: GIDAS].

Betrachtet man die verletzten Fondinsassen hinsichtlich der Geschlechterverteilung (siehe Abb. 3) zeigt sich, dass für die beiden männlichen Altersgruppen (kleiner 17 Jahre und größer 17 Jahre) die Zahl der Schwerverletzten (MAIS 2+) im Zulassungszeitraum 1997 bis 2012 zurückging. Anders verhält es sich bei den weiblichen Verletzten. Tendenziell nimmt die Zahl der schwerverletzten, weiblichen Fondinsassen in beiden Altersgruppen zu. Bei den unter 17-Jährigen steigt sie von 5 auf 9 um 80 Prozent und für die Gruppe der >17-Jährigen wächst sie ebenfalls von 11 auf 14 um 30 Prozent. Allerdings handelt es sich um eine sehr geringe Anzahl betroffener Personen.

Betrachtet man die Verteilung der Fondinsassen über der Verletzungsschwere genauer, ergibt sich die folgende Darstellung (siehe Abb. 4). Im Gesamt-Zulassungszeitraum von 1981 bis 2012 beträgt die Zahl der MAIS 2+ verletzten Fondinsassen insgesamt 55 Personen (1981-96: 29 Verletzte MAIS 2+; 1997-2012: 26 Verletzte MAIS 2+). Das Verhältnis der MAIS 2+ Verletzten zu den Unverletzten nahm von 8,1 Prozent auf 5,6 Prozent ab.

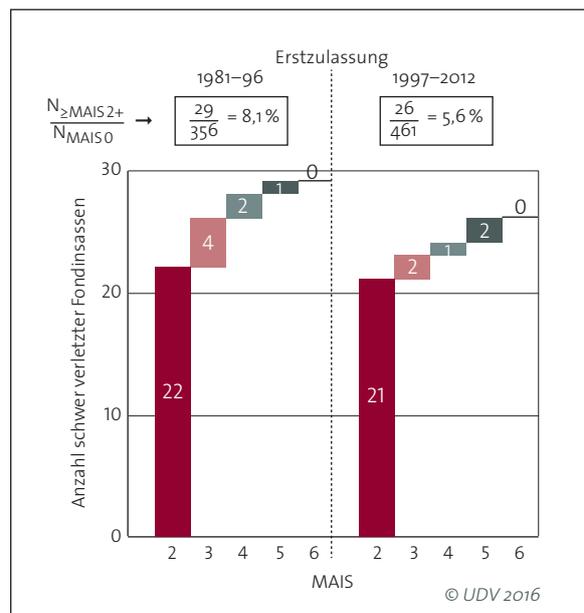


Abb. 4: Verteilung der MAIS2+ Verletzten zu den unverletzten Fondinsassen abhängig vom Pkw-Zulassungszeitraum (frontal, ohne Mehrfachkollision und Überschlag, gegurtet) [Quelle: GIDAS].

Allgemein kann man feststellen, dass sich die Gesamtzahl der verletzten, gegurteten Fondinsassen bei frontalen Einzelkollisionen über die Zulassungszeiträume verringert hat, die Anzahl der Einzelverletzungen aber angestiegen ist. Abb. 5 zeigt, dass die Rücksitzinsassen über die Jahre deutlich weniger von neuen Sicherheitstechnologien profitierten als der Fahrer. Reduzierten sich für die Fahrer schwere Verletzungen, bezogen auf alle unverletzten Personen, um 52 Prozent so waren es nur 37 Prozent für die Rücksitzinsassen.

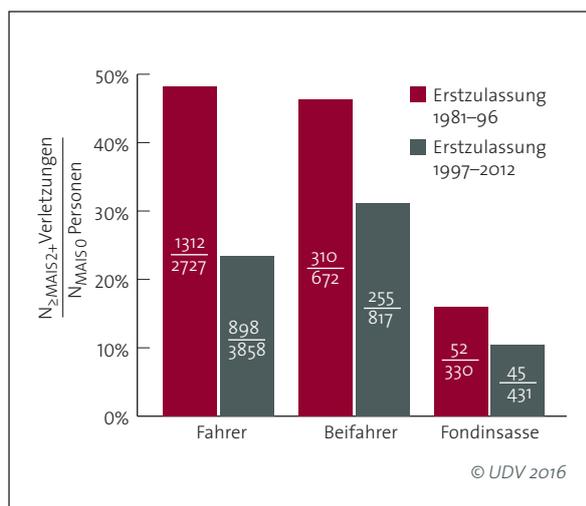


Abb. 5: Verhältnis der schweren Verletzungen zu den unverletzten Erwachsenen abhängig von dem PKW-Zulassungszeitraum (frontal, ohne Mehrfachkollisionen und Überschlag, gegurtet) [Quelle: GIDAS].

Untersucht man die Ursachen der Verletzungen, so zeigt sich, dass häufig die durch das Gurtband des Sicherheitsgurtes übertragenen Kräfte Brust- und Bauchverletzungen verursachen. Ein Kontakt zu Innenraumteilen ist häufig Ursache für AIS 2 Kopf- und Gesichtsverletzungen. Betrachtet man nun die Insassen ein und desselben Unfallfahrzeugs mit ähnlichen Bedingungen in Bezug auf die Insassenmerkmale (Alter, Körpergröße und Körpergewicht) und vergleicht die Verletzungsschwere in der ersten und zweiten Reihe, so findet man im GIDAS-Fallmaterial 59 entsprechende Fälle mit unverletzten und verletzten Insassen. Fälle mit identischen Verletzungs-

schweren zwischen Front und Rücksitz repräsentieren mit 71,9 Prozent die größte Gruppe (siehe Abb. 6). Ein Vergleich der verbleibenden Fälle mit nicht identischen Verletzungsschweregraden bei den Front- und Fond-Insassen ergibt, dass nur in 3,5 Prozent aller hier betrachteten Unfälle die Rücksitzinsassen leichter, aber in 19,3 Prozent schwerer verletzt wurden. Das bedeutet, dass – unter gleichartigen Unfall-Bedingungen – die Fondinsassen häufiger schwerer verletzt werden als die Frontinsassen.

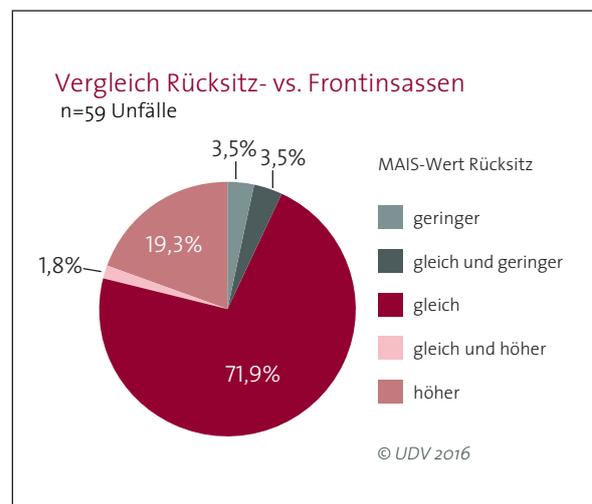


Abb. 6: Vergleich der Verletzungsschweregrade bei PKW-Unfällen unter ähnlichen Bedingungen – Rücksitz- zu Front-Insassen (frontal, keine Mehrfachkollision und Überschlag, gegurtet) [Quelle: GIDAS]

Die Untersuchungen mit dem Datenmaterial der Unfallforschung der Versicherer (UDV) zeigten ein mit den GIDAS-Daten vergleichbares Bild. Grundlage der UDV-Daten sind schwere Haftpflicht-Schadenfälle mit verletzten Personen und einem Schadenaufwand von mindestens 15.000 Euro. Im betrachteten Datenmaterial befanden sich insgesamt n = 709 Unfälle mit 1.100 Pkw ab einer Erstzulassung 1997 und einem Hauptanstoß an der Fahrzeugfront mit 1.623 gegurteten Insassen. Vergleicht man die Verletzungen von Fahrern und Rücksitzinsassen, so zeigt sich, dass im vorliegenden Fallmaterial lebensbedrohliche Verletzungen (AIS4+) zwar nur vereinzelt, aber ausschließlich bei den Rücksitzinsassen auftre-

Feldstudie

ten. Betroffen ist hier der Bereich des Brustkorbes. Insgesamt dominieren beim Rücksitzinsassen aber eher leichte Verletzungen AIS1-2. Sowohl bei den Rücksitzinsassen als auch bei den Beifahrern treten die meisten AIS 2+-Einzelverletzungen am Brustkorb und an der Brustwirbelsäule auf. Dabei weisen Rücksitzinsassen mehr Brustkorb- und deutlich mehr Unterleibverletzungen auf als Beifahrer. Beifahrer hingegen haben fast doppelt so viele Verletzungen an den Armen.

Dieses Bild wird durch Einzelfälle bestätigt, bei denen in einem Fahrzeug Insassen gleichen Alters und gleichen Geschlechts verunglückten: Tragen die Frontinsassen nur leichte Verletzungen davon, so erleiden die Rücksitzinsassen vereinzelt schwerste oder sogar tödliche Verletzungen vor allem im Brustbereich.

Feldstudie

Um das typische Verhalten von Insassen auf den Rücksitzen zu ermitteln, wurden eine Online-Befragung und Interviews mit Fokusgruppen durchgeführt. In der Online-Befragung wurden 800 Personen befragt, die innerhalb der letzten drei Monate mindestens eine Fahrt auf dem Rücksitz eines Pkw unternommen hatten. Generell bestätigte sich, dass eine Position auf einem der vorderen Sitze gegenüber einer Position auf der Rückbank bevorzugt wird (70 Prozent zu 30 Prozent). Entsprechend gaben die Befragten an, insbesondere dann auf der Rückbank zu sitzen, wenn die vorderen Plätze belegt sind. Wird jedoch auf der Rückbank gesessen, wird der Platz hinter dem Beifahrer als beliebtester Platz genannt (siehe Abb. 7).

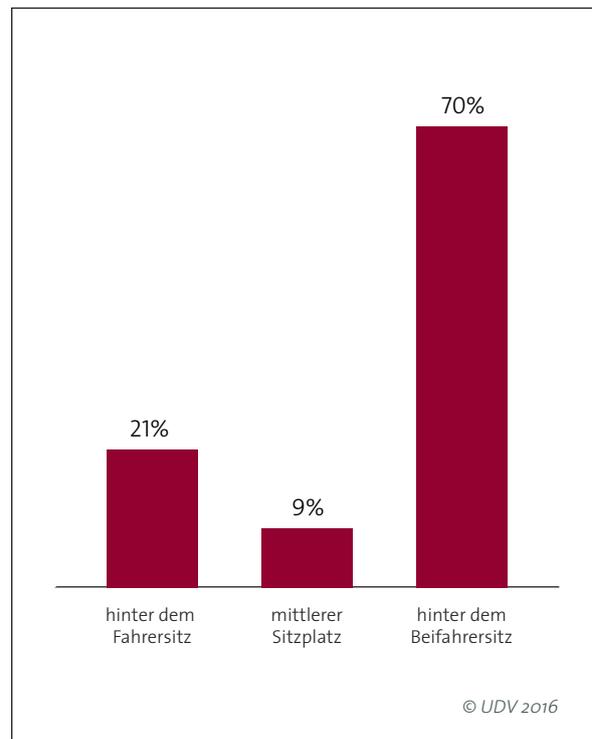


Abb. 7: Bevorzugter Sitzplatz auf der Rückbank (Online-Befragung, n = 800).

In Abb. 8 sind die Gründe für die Präferenz eines Sitzplatzes für den Fall abgebildet, dass Fahrer- und Beifahrersitz belegt sind. Zunächst ist der hohe Stellenwert der Sicht nach außen auffallend. Auch wenn dieser Aspekt besonders häufig von denjenigen Personen, die den mittleren Sitzplatz gewählt haben, als Grund ihrer Wahl genannt wurde, wurde er auch von denjenigen Personen mit Präferenz der äußeren Plätze als häufigster Grund genannt. Nicht überraschend wird der Komfort beim Ein- und Aussteigen bei gewähltem mittleren Platz kaum genannt, spielt aber auf den präferierten äußeren Plätzen eine große Rolle. Zum Verständnis des Sitzens auf der Rückbank trägt auch die Antwortkategorie „Es gibt keinen speziellen Grund“ bei: Generell wurde bei erzwungener Wahl eines hinteren Platzes diese Kategorie doppelt so häufig gewählt als hätten die vorderen Plätze ebenfalls zur Verfügung gestanden. Zudem gaben diejenigen Personen, die einen mittleren Sitzplatz präferierten diese Kategorie deutlich seltener an – sie haben also klare Gründe weswegen sie auf diesem Platz sitzen wollen.

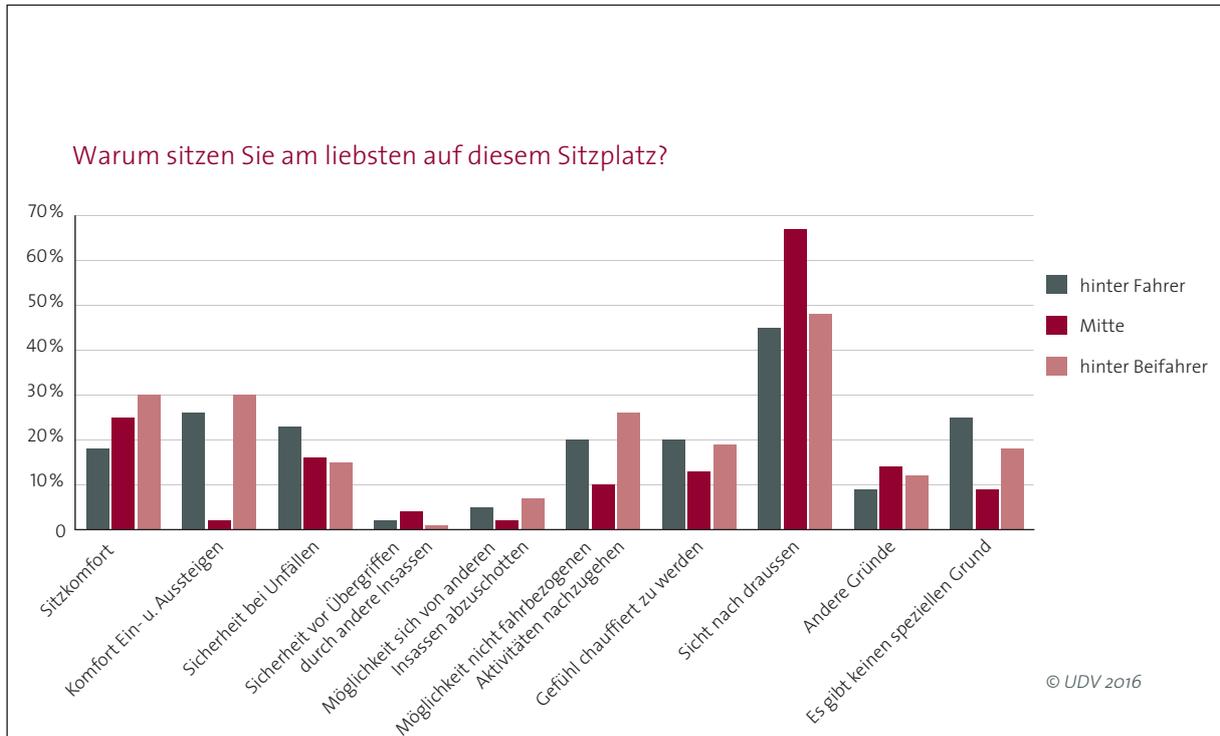


Abb. 8: Relative Häufigkeit der Gründe für die Wahl eines speziellen Sitzplatzes auf der Rückbank während der letzten Fahrt (Mehrfachnennungen möglich, Online-Befragung).

Weiter wurden die Probanden in der Online-Befragung nach Aktivitäten und Sitzpositionen befragt. Die am häufigsten genannte Aktivität war die Unterhaltung mit vorne sitzenden Mitfahrern. Dementsprechend wurde auch die nach vorne gebeugte Position – hinter der am häufigsten genannten Position in normaler Sitzhaltung – am zweithäufigsten genannt. Als nächst häufigere Positionen wurden das zur Seite geneigte Sitzen (z.B. mit Abstützen auf der Armlehne) sowie das verdrehte Sitzen mit dem Rücken zur Tür und den Füßen auf der Mittelkonsole oder im Raum des anderen Sitzes auf der Rückbank genannt (siehe Abb. 9).

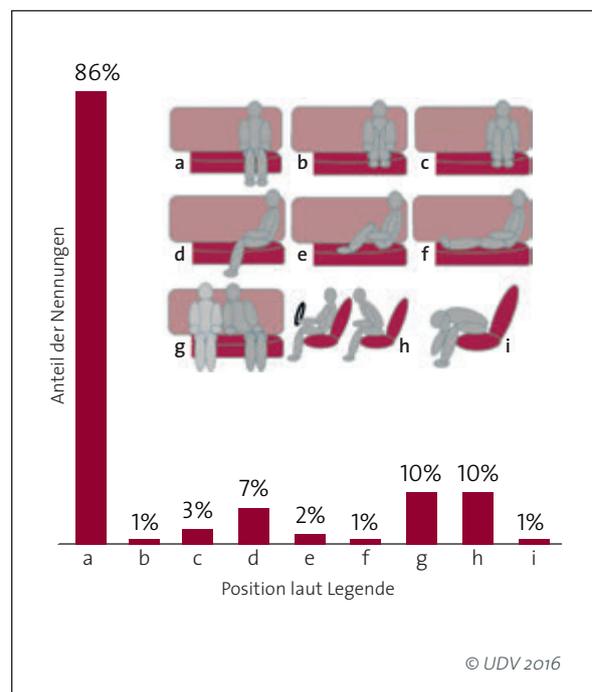


Abb. 9: Sitzpositionen auf den Rücksitzen in der Online-Befragung (Mehrfachnennungen möglich).

Feldstudie



Abb. 10: Beispiele für Sitzpositionen, berichtet aus den Fokusgruppen.

Die Ergebnisse der Onlinebefragung wurden durch Ergebnisse aus insgesamt sechs Fokusgruppeninterviews erweitert. Diese fanden mit jeweils sieben bis acht Teilnehmern in fünf verschiedenen deutschen Städten statt. Ziel dieser Erhebung war es, tieferen Einblick in die Motivation, das Erleben und das Verhalten beim Sitzen auf der Rückbank zu erhalten. Neben den direkten Ergebnissen aus den Fokusgruppeninterviews erwies sich hier die Erhebung der Sitzposition in einem realen Fahrzeug als besonders ergiebig. Insbesondere wurde bestätigt, dass neben der „normalen“ Sitzposition eine Vielzahl anderer Positionen eingenommen wird (siehe Abb. 10).

Weiter konnte gezeigt werden, dass es, aufgrund von Komfortproblemen mit dem Sicherheitsgurt, insbesondere durch das Reiben des Gurtes am Hals, zu häufigem Fehlgebrauch des Gurtes kommt. So wird der Gurt bewusst über oder unter dem Oberarm geführt oder mit Hilfe des Armes vom Hals weggehalten (siehe Abb. 11). Aus diesem vermeintlichen Komfortproblem entsteht somit ein Sicherheitsproblem.



Abb. 11: Beispiele für den Fehlgebrauch des Gurtes, berichtet aus den Fokusgruppen.

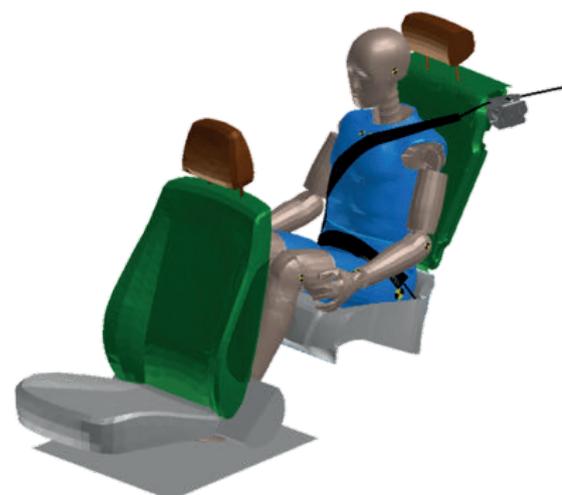
Numerische Simulation

Mit den Erkenntnissen aus Unfallanalyse und Befragung wurden mehrere Simulationsmodelle aufgebaut und validiert, die in der Lage sind, verschiedene Einflussfaktoren anhand von biomechanischen Belastungsgrößen zu bewerten. Untersucht wurden verschiedene Frontalunfallszenarien mit hoher Unfallschwere und unterschiedlichen Dummy- bzw. Menschmodellen sowie typische Sitzpositionen und Ausstattungsvarianten des Rückhaltesystems.

Dummy-Modelle

Das verwendete Simulationsmodell besteht aus einem Fondsitz mit Sitzrampe und -schaum. Vor dem Insassen befindet sich ein in Mittelstellung positionierter Frontsitz mit Fußabstützung. In der Standardausführung wird der Fondinsasse durch einen 3-Punkt-Automatikgurt ohne Straffer und ohne Gurtkraftbegrenzer gesichert. Weitere Varianten sehen aber den Einsatz eines pyrotechnischen Gurtstraffers und einer linearen Gurtkraftbegrenzung vor. Die Bewertung der Verletzungen orientierte sich an den von EuroNCAP verwendeten Kriterien. Abb. 12 zeigt das Insassenschutzmodell mit dem Hybrid III-Dummy des fünften weiblichen Perzentils (AF05) und dem Hybrid III-Dummy des mittleren männlichen Perzentils (AM50).

Abb. 12:
Modelle für die numerische Simulation
AF05 (oben) und AM50 (unten).



Insassenschutzmodell "AM50 Dummy"
für einen durchschnittlich großen Mann

Numerische Simulation

Der darüber hinaus verwendete THOR-Dummy repräsentiert eine neue Dummygeneration mit verbesserter Biofidelität. Der Hals-/Nackbereich wurde beispielsweise vollständig überarbeitet und ist deutlich flexibler als beim Hybrid III-Dummy. Für den THOR-Dummy werden aktuell neue biomechanische Bewertungskriterien entwickelt, die für die Bewertung des Verletzungsrisikos herangezogen wurden.

Die Dummymodelle können im Wesentlichen die menschliche Kinematik während des Crashes abbilden und ermöglichen die Bewertung des Verletzungsrisikos bestimmter Körperregionen. Eine höhere Biofidelität und Abbildungsgenauigkeit der Verletzungen bieten Menschmodelle. Mit ihrer Hilfe kann ein realistischeres, flexibleres Bewegungsverhalten dargestellt werden und Regionen mit hohen Belastungsspitzen identifiziert werden.

.....
 Crashkonstellationen

Auf die verschiedenen numerischen Modelle eines Mittelklassefahrzeugs wurden aus Fahrzeugversuchen stammende sogenannte Fahrzeugmotions mit sechs Freiheitsgraden verschiedener Crashkonstellationen angewandt. Dadurch wird die Vielfältigkeit der Unfallrealität besser abgebildet und eine stabilere Aussage der Ergebnisse erzielt.

Test 1 (siehe Tabelle 2) mit einer simulierten Aufprallgeschwindigkeit von 50 km/h gegen eine starre Barriere und voller Überdeckung entspricht einem aktuellen Modell der betrachteten Fahrzeugkategorie und erreicht bei 45 ms seine maximale Verzögerung von 61 g. Die maximale Deformation beträgt in etwa 55 cm.

Tabelle 2: Umfang der numerischen Simulation

Elemente der numerischen Simulation	Ausprägung/Beschreibung
4 Insassen-Modelle	<ul style="list-style-type: none"> • kleine Frau, „AF05 Dummy“ • durchschnittlich großer Mann, „AM50 Dummy“ • AM50 Dummy, weiterentwickeltes Modell, „AM50 THOR Dummy“ • Mensch-Modell
3 Test-Konfigurationen	<ul style="list-style-type: none"> • Test 1: gegen starre Wand, volle Überdeckung, 50 km/h • Test 2: gegen deformierbare Barriere, 40 % Überdeckung, 64 km/h • Test 3: winklige Kollision mit Stoßwagen, 15 % Überdeckung, 90 km/h
5 technische Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • 3-Punkt-Automatikgurt • Gurtstraffer/Gurtkraftbegrenzer • Gurtstraffer/Gurtkraftbegrenzer mit Stopper-Funktion • Gurt-Höhenverstellung • Rücksitz-Airbag
3 Misuse-Positionen	<ul style="list-style-type: none"> • nach vorne gebeugt • zur Seite gelehnt • Schultergurt über Arm verlaufend

Mit Test 2 (siehe Tabelle 2) wurde eine weitere Testkonstellation jedoch mit 64 km/h gegen eine deformierbare Barriere und 40 Prozent Überdeckung abgebildet. Diese Fahrzeugbewegung weist eine geringere Maximalverzögerung mit einer Spitzenbelastung von 46 g in x-Richtung bei 74 ms auf. Die maximale Gesamtdeformation beträgt 134 cm.

Darüber hinaus wurde auch eine neue Crashkonfiguration mit dem Aufprall einer beweglichen deformierbaren Barriere mit 90 km/h, einem Aufprallwinkel von 15° und 35 Prozent Überdeckung auf ein stehendes Fahrzeug (siehe Test 3 in Tabelle 2) untersucht. Die maximale Verzögerung in x-Richtung beträgt hier 72 g bei 42 ms und liegt dabei deutlich über den Niveaus der zuvor erwähnten.

Simulationsmatrix

Basierend auf den validierten Modellen wurden Systemparameter und Randbedingungen verändert. Diese Vorgehensweise hatte zum Ziel, Verletzungsbilder und Mechanismen zu erklären, die innerhalb der Unfalldatenauswertung und der Feldstudie herausgearbeitet wurden. Tabelle 2 gibt einen allgemeinen Überblick der durchgeführten Berechnungen. Mit vier Insassenmodellen, ausgehend von der normalen Sitzposition bei angelegtem 3-Punkt-Automatik-Gurt, wurde die derzeitige Standardsituation (siehe Test 1 in Tabelle 2) abgebildet. In weiteren Schritten wurden verschiedene technische Maßnahmen untersucht, die das Verletzungsrisiko für Fondinsassen minimieren können. Der Einsatz von Gurtstraffer und Gurtkraftbegrenzung, die Gurtkraftbegrenzung mit Stopperfunktion, der Einfluss der Höhenverstellung sowie die Wirkung eines generischen Rücksitz-Airbags. Der Einfluss der Crasheschwere wurde durch zwei zusätzliche Konfigurationen – Test 2 und Test 3 in Tabelle 2 – berücksichtigt. Neben der normalen Sitzposition sollte geklärt werden, welchen Einfluss eine veränderte Initialposition des Fondinsassen auf das Verletzungsrisiko in einem PKW-Unfall ausübt. Hierfür wurden drei Misuse-Positionen, die im Feld beobachtet worden waren, betrachtet.

Maßnahmenfindung und -bewertung

Das derzeitige Schutzsystem für Fondinsassen mit einem 3-Punkt-Automatik-Gurt ist für kleine und mittlere Insassen bei hoher Crasheschwere nicht ausreichend (siehe Abb. 13). Die numerischen Simulationen zeigen, dass vor allem durch einen Gurt ohne Kraftbegrenzer hohe Belastungen auftreten. Die Kopfbelastungen für alle untersuchten Fondinsassen überschreiten die verwendeten Grenzwerte. Die Thoraxbelastungen (Verzögerung und Brusteingdrückung) sind sehr hoch. Die extremen auftretenden Schultergurtkräfte können zu Rippen- und Schlüsselbeinbrüchen führen.

Durch den Einsatz eines Gurtstraffers, der die Gurtlose mindert, findet eine frühe Ankopplung des Insassen an die Fahrzeugverzögerung statt. In Kombination mit einer Gurtkraftbegrenzereinheit werden die Schultergurtkräfte auf ein biomechanisch erträgliches Niveau limitiert und der Vorverlagerungsweg wird besser ausgenutzt. Alle Insassenbelastungswerte liegen damit deutlich unter 100 Prozent (siehe Abb. 13).

Der Einsatz eines Gurtkraftbegrenzers mit Stopperfunktion begrenzt den Gurtauszug und somit die Insassenvorverlagerung bei hoher Crasheschwere. Dies ist sinnvoll, um das Risiko eines Kopfkontakts insbesondere bei großen und schweren Insassen mit Innenraumteilen zu minimieren. Eine reduzierte Vorverlagerung des Thorax führt aber zu einer erhöhten Kopfverzögerung. Für den AM50 Dummy reduziert sich mit dieser Stopperfunktion (240 mm maximaler Gurtauszug) die Kopfvorverlagerung. Es zeigt sich aber auch eine Erhöhung der Schultergurtkraft und der Kopfverzögerung. Eine Vermeidung des Kopfkontaktes konnte mit dieser Charakteristik jedoch nicht ausgeschlossen werden. Um dies zu erreichen, wäre ein kürzerer Gurtauszug <240 mm für den AM50 notwendig, der sich aber wiederum negativ auf

Maßnahmenfindung und -bewertung

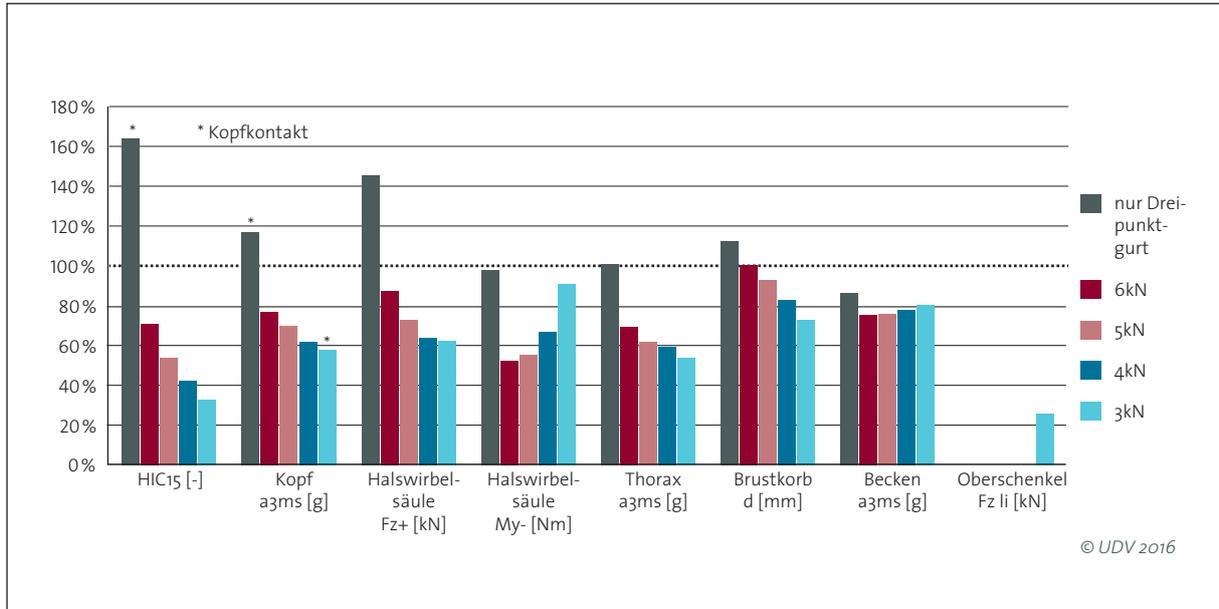


Abb. 13: Vergleich der Insassenbelastungswerte für AF05, Test 1 - nur Dreipunktgurt sowie Gurtstraffer/Gurtkraftbegrenzer mit verschiedenen Kraft-Niveaus (3-6 kN).

die Belastung des AF05 auswirken würde. Dieser Konflikt ist allein mit dem Gurt nicht lösbar, da sich die Kopfkine-matik nicht effektiv kontrollieren lässt.

Eine dem Insassen angepasste Höhenverstellung der Gurtführung ist nützlich. Eine vertikale Verschiebung des Höhenverstellers nach oben vermindert die horizontale Rückhalte-kraft und kann folglich bei dem derzeitigen 3-Punkt-Automatik-Gurt zu mehr Insassenvorver-lagerung beitragen und die hohen Belastungen für den Fond-insassen reduzieren (siehe Abb. 14).

Die Grenzen einer möglichen Höhenverstellung in Kom-bination mit einem abgesenkten Gurtkraftbegrenzung-niveau liegen in einer erhöhten Vorverlagerung die zum Kopfkontakt mit dem Vordersitz führt.

Eine weitere Maßnahme, den Insassenschutz im Fondbe-reich zu verbessern, ist der Einsatz eines geeigneten Air-bags für den Fondbereich. Nur mit einem derartigen Kopfschutz lässt sich die Kopfkine-matik effektiv steuern und das Schulterkraftniveau absenken, um positive Ef-fekte für den Brustbereich zu generieren. Ein Kopfkon-takt zur Rückenlehne des Vordersitzes wird vermieden.

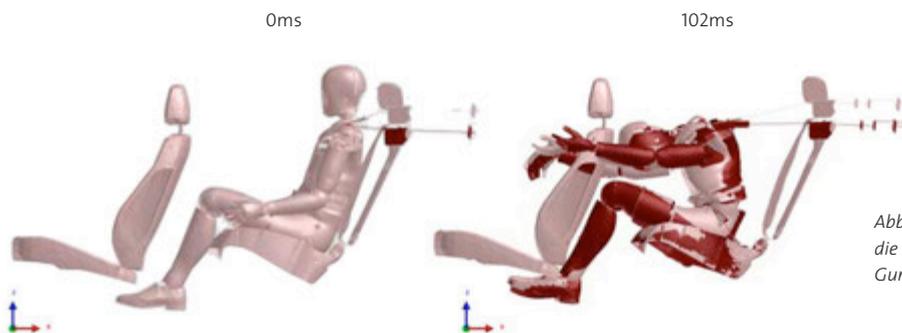


Abb. 14: Einfluss der Höhenverstellung auf die Insassenkinematik für AM50 THOR mit Gurtstraffer/Gurtkraftbegrenzer (6 kN).

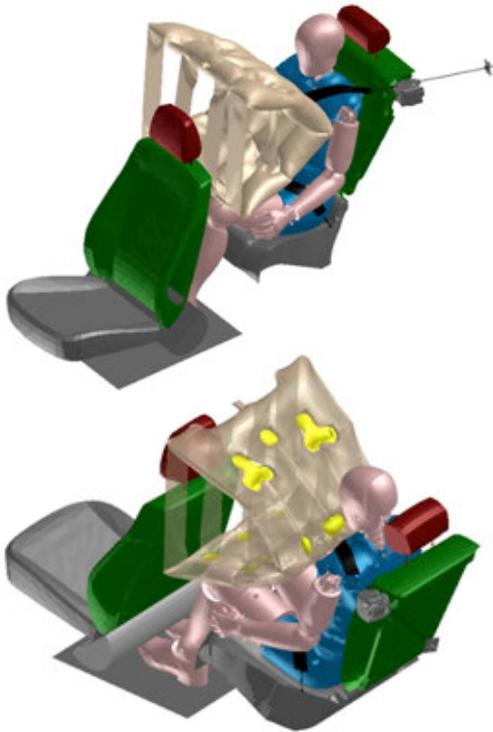


Abb. 15: Generischer Rücksitz-Airbag mit AM50 THOR.

In Abb. 15 ist ein generisches Konzept eines Rücksitz-Airbags, bestehend aus Kammern mit vertikal angeordneten Fangbändern, die ihm eine zusätzliche Steifigkeit verleihen, zu sehen. Der Vorverlagerungsweg von Kopf und Thorax werden dadurch begrenzt. Das Volumen beträgt ca. 40 l bei einem Überdruck von rund 0,7 bis 0,8 bar.

Ein Vergleich verschiedener Gurtkraftbegrenzungsniveaus in Kombination mit einem Rücksitz-Airbag zeigt insgesamt eine Harmonisierung der Kopfbelastung.

Misuse-Positionen

Abweichend von der normalen Insassenposition wurden drei Misuse-Positionen untersucht, wie sie in Abb. 16 zu sehen sind. Die Position "nach vorne gebeugt", bei der der Fondinsasse zum Fahrer hin geneigt ist, führte zum Kopfkontakt mit der Rückenlehne des Vordersitzes. Die Brusteingdrückung ist vermindert, weil der Gurt mehr an der Schulter zieht. Das Extensionsmoment hat sich im Vergleich zur normalen Sitzposition erhöht.



Abb. 16: Darstellung der drei Misuse-Positionen: "nach vorne gebeugt", "zur Seite gelehnt" und "Schultergurt über Arm verlaufend".



Zusammenfassung und Empfehlungen

Bei der oberkörpergerechten Position, „zur Seite gelehnt“, wird die Schulter mehr zurückgehalten. Eine verstärkte Thorax-Rotation mit einer Zunahme der gurtseitigen Brusteindrücke ist festzustellen. Durch die Misuse-Position „Schultergurt über Arm verlaufend“ wird die Rückhaltekraft für den Oberkörper vermindert. So zeigt sich auch hier ein Kontakt des Kopfes mit der Rückenlehne. In der Summe kann festgestellt werden, dass die untersuchten Misuse-Positionen zu einem Sicherheitsproblem für den Fondinsassen werden können.

Zusammenfassung und Empfehlungen

Die Unfallanalysen zeigen die Relevanz des Themas. Es handelt sich zwar nicht um ein dramatisches Sicherheitsproblem der passiven Sicherheit, allerdings um eines, das nicht nachvollziehbar und für den Insassen nicht verständlich ist: Warum werden Rücksitzinsassen nicht in gleichem Maße geschützt wie die Frontinsassen? Rücksitzinsassen haben über die letzten Jahre nur in geringem Maße von den Verbesserungen der passiven Sicherheit profitiert.

Die Ergebnisse der Onlinebefragung und der Fokusgruppeninterviews bestätigen, dass neben der „normalen“ Sitzposition häufig andere - für die Sicherheit schlechtere - Positionen auf der Rückbank eingenommen werden. Aufgrund von Komfortproblemen mit dem Sicherheitsgurt, z. B. durch das Reiben des Gurtes am Hals, kommt es zu häufigem Fehlgebrauch. So wird der Gurt bewusst über oder unter dem Oberarm geführt oder mit Hilfe des Armes vom Hals weggehalten. Wie gezeigt werden konnte, wird aus diesem vermeintlichen Komfortproblem ein Sicherheitsproblem.

Die komplexen numerischen Simulationen bestätigen das bereits in der Unfallanalyse ermittelte Bild: Derzeitige Schutzsysteme für Fondinsassen im Pkw sind für kleine und mittlere Insassen bei hoher Crasheschwere unzureichend. Die Kopfbelastungen, resultierend aus hohen Verzögerungen und Rotationsgeschwindigkeiten sowie aus Kontakten zum Fahrzeuginnenraum, repräsentieren ein permanentes Verletzungsrisiko für alle untersuchten Fondinsassen. Die ermittelten Thoraxbelastungen sind ebenfalls kritisch. Die extremen Schultergurtkräfte können zu Rippen- und Schlüsselbeinbrüchen führen. Die Simulationen zeigen auch deutlich, dass Sitzpositionen, die von der empfohlenen Sitzhaltung und Nutzung der RHS abweichen, die Verletzungssituation auf den Rücksitzen erheblich verschlechtern.

Durch den Einsatz eines Gurtstraffers kombiniert mit einem Gurtkraftbegrenzer können die Schultergurtkräfte auf ein biomechanisch erträgliches Niveau begrenzt werden. Der Einsatz eines Gurtkraftbegrenzers mit Stopperfunktion kann ein sinnvoller Kompromiss sein, um die Belastungen an der Brust zu reduzieren, während die Kopfvorverlagerung kontrolliert wird. Empfehlenswert ist außerdem eine dem Insassen angepasste Höhenverstellung der Gurtführung, die die hohen Belastungen für den Fondinsassen reduziert.

Mit einem Rücksitz-Airbag in Verbindung mit Gurtstraffer und Gurtkraftbegrenzer kann der Kopfkontakt zur Rückenlehne des Vordersitzes verhindert und das Gurtkraftbegrenzungsniveau stärker abgesenkt werden. Ein Vergleich mit verschiedenen Gurtkraftbegrenzungsniveaus zeigt eine Harmonisierung der Kopfbelastung (Verzögerung, HIC, BRIC). Von allen erwähnten Maßnahmen jedoch ist die entscheidende Grundvoraussetzung für einen Schutz auf der Rückbank das Anlegen des Sicherheitsgurtes. Hier können neben Aufklärungskampagnen bereits einfache technische Maßnahmen wie der Gurterinnerer helfen.

Literaturangaben

[1] Tylko, S., Bussi eres, A.: Responses of the Hybrid III 5th Female and 10-year-old ATD Seated in the Rear Seats of Passenger Vehicles in Frontal Crash Tests”, IRCOBI 2012

[2] Durbin, Dennis R. et. al. IIHS Status Report Vol. 49, No.11

[3] ADAC Crash-Test: Gefahr für Heckpassagiere? - Insassensicherheit: Vorne Top, hinten Flop,
https://www.adac.de/infotestrat/tests/crashtest/Crash_Rueckhaltesysteme_Ruecksitze/default.aspx?tabid=tab2

[4] Kühn, M., Hummel, Th., Müller, I., Hänsel, M., Weller, G.: Sicherheit von Rücksitzinsassen im Pkw. 10. VDI-Tagung „Fahrzeugsicherheit“, Berlin 2015.

[5] UDV: Alte Autos - Junge Fahrer,
<http://udv.de/de/fahrzeug/pkw/alte-autos/unfallrisiko-alter-autos>.



Gesamtverband der Deutschen
Versicherungswirtschaft e.V.

Wilhelmstraße 43/43 G, 10117 Berlin
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin

Telefon 030 . 20 20 - 58 21
Fax 030 . 20 20 - 66 33

unfallforschung@gdv.de
www.udv.de
www.gdv.de

Facebook: facebook.com/unfallforschung
Twitter: [@unfallforschung](https://twitter.com/unfallforschung)
YouTube: youtube.com/unfallforschung

Redaktion:
Dipl.-Ing. Thomas Hummel
Dr.-Ing. Matthias Kühn

Gestaltung:
pensiero KG, www.pensiero.eu

Bildquellen:
Die Nutzungsrechte der in
dieser Broschüre abgebildeten Fotos
liegen bei der Unfallforschung der
Versicherer bzw. beim GDV.

Erschienen: 12/2016



Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.

Wilhelmstraße 43 / 43G, 10117 Berlin
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin

Tel.: 030/20 20 - 50 00, Fax: 030/20 20 - 60 00
www.gdv.de, www.udv.de