

# **Technische Rettung aus Kraftfahrzeugen unter Berücksichtigung heutiger Fahrzeugauslegung**

Dr.-Ing. **H. Johannsen**, Verein für Fahrzeugsicherheit Berlin e.V., Berlin

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

Dipl.-Phys. **C. Pastor**, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

PD Dr. med. **H.-G. Schlosser**, Universitätsmedizin Berlin, Charité, Klinik für Neurochirurgie, Berlin

## **Kurzfassung**

Die heutige Rettungsstrategie bei der technischen Rettung von Patienten aus Pkw zielt insbesondere auf die Vermeidung von sekundären Rückenmarksverletzungen ab. Auf der anderen Seite ist die Rettungszeit von entscheidender Bedeutung, da insbesondere die erste Stunde nach dem Unfall für Patienten mit inneren Blutungen und Schädelhirntrauma entscheidend für das Überleben ist. Bei älteren Fahrzeugen war die vorsichtige, rückenmarkschonende Rettung ohne große Kompromisse in Bezug auf die Rettungszeit möglich, da aufgrund der Fahrzeugstruktur eine schnelle Rettung gewährleistet war. Bei heutigen Fahrzeugen wird durch den Einsatz hochfester Stähle und zusätzliche Materialanhäufungen die technische Rettung zugunsten eines besseren Insassenschutzes erschwert. Insofern stellt sich die Frage, inwieweit die bisherige Strategie noch sinnvoll ist.

Es ist davon auszugehen, dass die heutige Rettungsstrategie aus den 1970er Jahren übernommen wurde und auf typische Verletzungen aus den 1960er und 1970er Jahren zurückzuführen ist.

Die theoretische Betrachtung der aktuellen Fahrzeugauslegung lässt erwarten, dass das Risiko für Rückenmarksverletzungen durch den Einsatz von Airbags und Sitzrampen gegen dem oben genannten Stand deutlich gesunken sein dürfte. Aufgrund der Versteifung der Karosserie ist allerdings insbesondere für eingeklemmte Patienten durch hohe Fahrzeugverzögerungen mit einem erhöhten Risiko zu rechnen innere Verletzungen zu erleiden. Analysen von GIDAS Daten stützen diese theoretische Betrachtung.

## Abstract

The share of high-tensile steel in car bodies has increased over the last years. While occupant safety has generally benefited from this measure, there is a potential risk that, as a result, rescue time may increase considerably. In more than 60% of all car occupant fatalities a technical rescue has been necessary. These are in particular those cases where occupants die immediately at the accident scene. Therefore, in these cases “rescue time” is a very sensitive parameter. In addition to the general analysis of the need of technical rescue and the actual rescue time depending on model years, the injury pattern of occupants requiring technical rescue will be analysed to provide advice for rescue teams. Furthermore, a detailed analysis of rescue measures for the most popular car models depending on the safety cell design is given.

## 1. Einleitung

Die Verbesserung des Selbstschutzes von Fahrzeuginsassen ist ein wesentliches Entwicklungsziel für heutige und zukünftige Fahrzeuge. Im Zuge dieser Zielerreichung wurden die Fahrzeuge mit umfangreichen Rückhaltesystemen ausgestattet. Außerdem wurde die Struktur so ausgelegt, dass Intrusionen in die Fahrgastzelle nur noch selten auftreten. In Verbindung mit Verbesserungen in der Infrastruktur, dem Rettungswesen und der medizinischen Behandlung führten diese Verbesserungen zu einem deutlichen Rückgang der Anzahl der getöteten und schwerverletzten Fahrzeuginsassen im Laufe der letzten 15 Jahre, obwohl die Anzahl der Unfälle konstant blieb, siehe Bild 1.

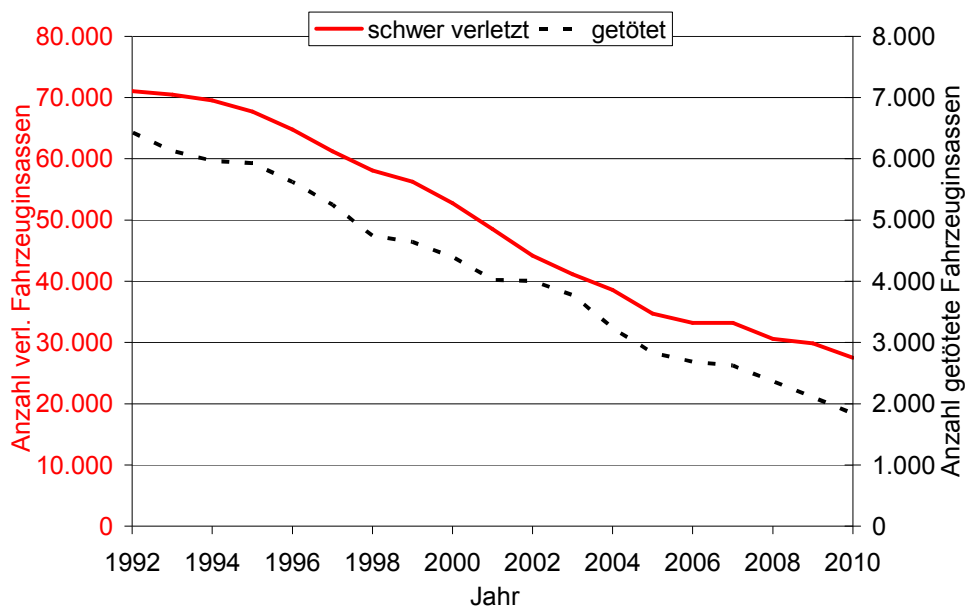


Bild 1: Entwicklung der Anzahl der schwer verletzten und getöteten Fahrzeuginsassen [1]

Parallel zur technischen Verbesserung der Fahrzeuge wurden die Methoden, Werkzeuge und Informationen bzgl. der Rettung von Fahrzeuginsassen weiter entwickelt.

Für die Rettung von Fahrzeuginsassen haben sich weltweit zwei verschiedene Systeme etabliert: Das "Scoop and Run" System (z.B. in den USA verwendet) zielt auf die möglichst schnelle Beförderung von Verletzten zum Krankenhaus während das „Stay and Play“ System (z.B. in Deutschland angewendet) für die Stabilisierung des Unfallopfers bzw. für die Vorbereitung des Patienten auf den Transport eine höhere Priorität vorsieht. Hierbei werden Ärzte am Unfallort eingesetzt. Wenn erforderlich werden das medizinische Rettungsteam von einer technischen Rettungsmannschaft unterstützt, z.B. für die Befreiung von eingeklemmten Personen.

Für die technische Rettung bestimmen zwei wichtige Faktoren die Rettungsstrategie. Einerseits legt die sogenannte „Golden Hour of Shock“ eine möglichst schnelle Rettung nahe, um eine frühe intensivmedizinische Behandlung in einem Krankenhaus zu gewährleisten. In einer Studie von Cowley [2] wurde nachgewiesen, dass das Letalitätsrisiko für Patienten mit internen Blutungen deutlich mit der Zeit zwischen Unfallereignis und Eintreffen im Krankenhaus ansteigt. Cowley [2] postulierte, dass es eine goldene Stunde gäbe, die über Leben und Tod entscheide; Patienten mit kritischen Verletzungen hätten weniger als 60 Minuten zum Überleben. Natürlich bedeutet das nicht, dass die entsprechenden Patienten nach 60 Minuten versterben aber die medizinischen Maßnahmen innerhalb der ersten Stunde nach dem Unfall entscheiden über den Verlauf der Heilung.

Andererseits besteht das Risiko, dass eine vorhandene Rückenmarksverletzung durch eine zu schnelle Rettung verschlimmert wird. Entsprechend einer australischen Studie [3] (Untersuchung von Unfällen zwischen 1998 und 1999) wurden 28% der Rückenmarksverletzungen bei Fahrzeuginsassen beobachtet. Die meisten davon waren Verletzungen im Bereich der Halswirbelsäule. Um diesem Risiko zu begegnen wurden Rettungsmaßnahmen entwickelt, die eine relative Bewegung der Wirbelsäule vermeiden.

Während die technischen Retter in der Vergangenheit einen Kompromiss zwischen schneller und vorsichtiger Rettung gefunden haben, der erfolgreich bei alten Fahrzeugen angewendet wird, wird befürchtet, dass neue Fahrzeuge längere Rettungszeiten erfordern und damit den Erfolg gefährden. Generell wurden neue Fahrzeugstrukturen im Sinne dieser Studie mit der Einführung des aktuellen Frontalaufpralltestverfahrens (ECE R94) entwickelt. Während ab

Oktober 2003 alle neu verkauften Fahrzeuge die ECE Regelung 94 erfüllen mussten entsprechen die meisten Fahrzeuge mit Baujahr ab 2000 bereits die Anforderungen. In Folge dessen werden Fahrzeuge mit Zulassung im Jahr 2000 oder später in dieser Studie als "neu" eingestuft und ältere Fahrzeuge als „alt“.

Das Ziel dieser Veröffentlichung ist es, eine Diskussion über die Bedürfnisse von Straßenverkehrsunfällen mit neuen Fahrzeugen zu starten, um die Rettungsstrategien an die neuen Bedingungen anzupassen.

## **2. Maßnahmen bei der technischen Rettung**

Eine technische Rettung ist in der Regel erforderlich, weil Insassen im Fahrzeug eingeklemmt sind, z.B. weil ihre Beine bzw. Füße zwischen Instrumententafel und Boden bzw. Pedalen und Boden eingeklemmt sind.

Die vorsichtige Rettung erfordert eine große Öffnung des Fahrzeugs (z.B. Entfernung des kompletten Dachs oder der kompletten Seitenstruktur), um den Patienten mit der Schaufeltrage zu retten.

Für die große Öffnung des Dachs muss die Verglasung entfernt werden und A- und B-Säule bzw. B- und C-Säule beidseitig getrennt werden, um das Dach nach hinten bzw. nach vorn zu klappen.

Insbesondere die Konstruktion der Säulen hat sich in den letzten Jahren stark verändert. Heutige Säulen bestehen aus mehreren Lagen hochfesten Materialien, die erhöhte Anforderungen an das Rettungsgerät stellen als es bei älteren Fahrzeugen der Fall war. Rettungsgerätehersteller reagierten mit leistungsfähigeren Rettungsgeräten mit erhöhter Kraft und verbesserten Schneiden.

## **3. Technische Rettung bei neuen Fahrzeugen**

Technische Rettungsteams befürchten, dass neue Fahrzeugkonstruktionen deutlich längere Rettungszeiten erfordern als es bei alten Fahrzeugen der Fall war. Ein weiteres Problem scheint zu sein, dass die Einsatzkräfte durch seltene Einsätze, in Folge vom Einsatz von Systemen der aktiven Sicherheit und verstärkter Karosserie, mit neuen Fahrzeugen weniger Übung haben, als es in der Vergangenheit der Fall war.

In diesem Kapitel werden alle GIDAS Frontalaufprallunfälle der Jahre 1999 bis 2008 mit Fahrzeugen mit Erstzulassung zwischen 1986 und 2008 analysiert. Ziel dieser Analysen ist es, relativen Anteil von Unfällen mit technischer Rettung zu ermitteln und die erforderliche Rettungsdauer zu ermitteln.

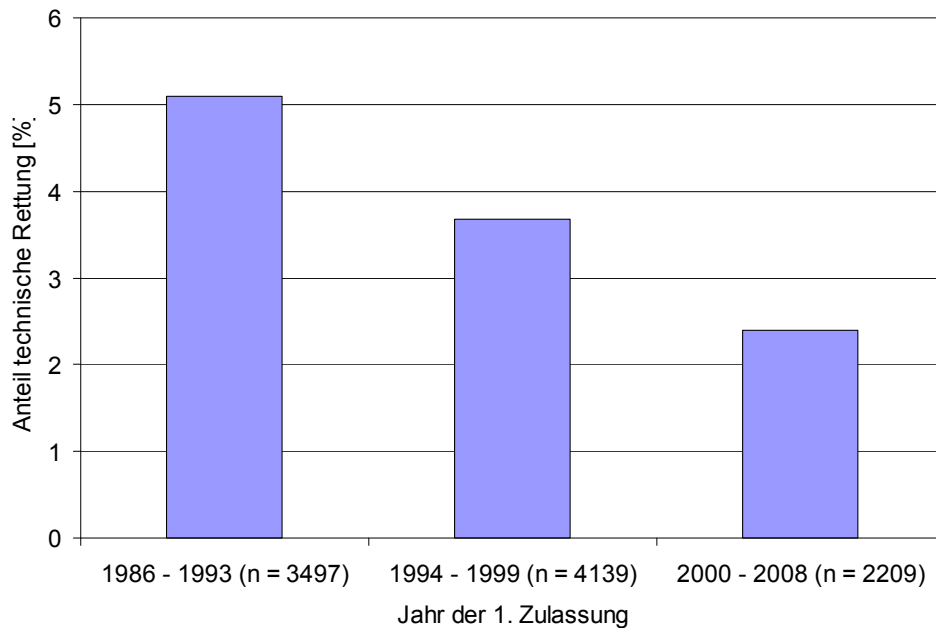


Bild 2: Anteil der Unfälle mit technischer Rettung unter allen Frontalaufprallunfällen

Die Analyse zeigt, dass eine technische Rettung mit neuen Fahrzeugen deutlich seltener notwendig ist als mit älteren Fahrzeugen. Bei Fahrzeugen mit Erstzulassung zwischen 1986 und 1993 ist eine technische Rettung in etwa 5% der Unfälle erforderlich, bei Fahrzeugen mit Erstzulassung zwischen 2000 und 2008 nur in etwa 2,5% der Unfälle, siehe Bild 2.

Bezüglich der durchschnittlichen Dauer der Rettungsmaßnahmen bei Unfällen mit technischer Rettung ist statistisch keine Verlängerung der Einsatzdauer bei neuen Fahrzeugen zu erkennen. Während bei Fahrzeugen mit Erstzulassung 1994 – 1999 die durchschnittliche Einsatzdauer deutlich kürzer ist als bei älteren und neueren Fahrzeugen sind die Unterschiede zwischen Fahrzeugen mit Erstzulassung zwischen 1986 – 1993 sowie 2000 – 2008 unter Berücksichtigung der geringen Anzahl von Unfällen mit neuerem Baujahr statistisch nicht relevant, siehe Bild 3.

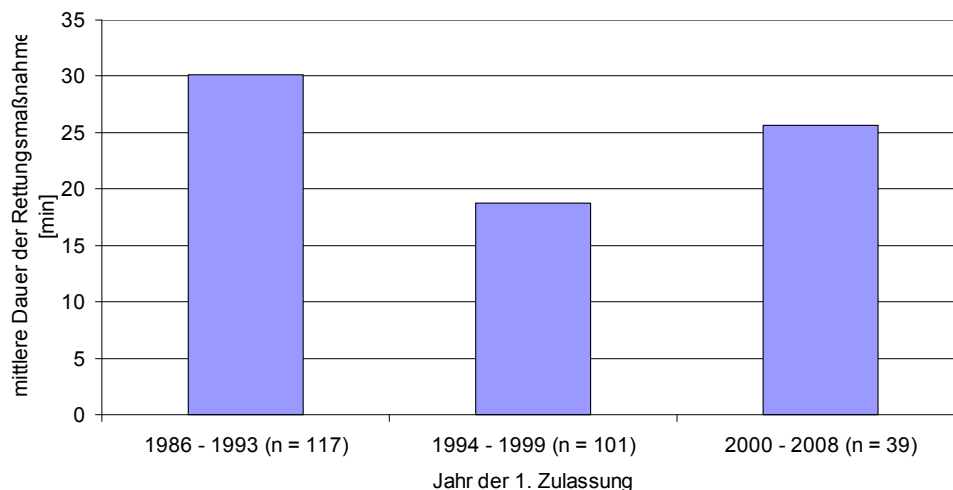


Bild 3: Durchschnittliche Rettungsdauer bei Fahrzeugen mit technischer Rettung

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass nicht für alle Unfälle Angaben zur Rettungszeit vorlagen. Des Weiteren konnte nicht die Dauer der technischen Rettung allein betrachtet werden, da entsprechende Daten nicht vorlagen. Stattdessen wurde die Dauer zwischen Beginn der Rettung und dem Eintreffen im Krankenhaus analysiert. Insofern könnten Unterschiede in der medizinischen Rettung ebenfalls einen Einfluss auf die Gesamtrrettungszeit haben. Zusammenfassend kann bzgl. der Rettungsdauer festgestellt werden, dass es keinen Nachweis für verlängerte Rettungszeiten gibt.

#### 4. Analyse der Rahmenbedingungen in Bezug auf die Rettungsstrategie

Wie bereits eingangs erwähnt, gibt es ein Zielkonflikt zwischen vorsichtiger Rettung, um nicht die Wirbelsäule (insbesondere das Rückenmark) zu verletzen, und schneller Rettung, um eine frühzeitige intensivmedizinische Behandlung im Krankenhaus zu ermöglichen. In diesem Abschnitt werden die Bedürfnisse von Patienten in Bezug auf den technischen Rettungsprozess diskutiert und analysiert. Im Zusammenhang mit dieser Veröffentlichung bedeutet vorsichtige Rettung, dass eine große Öffnung für den Einsatz der Schaufeltrage geschaffen wird, während bei der schnellen Rettung auf den Einsatz der Schaufeltrage verzichtet wird.

Das heutige Rettungswesen ist im Wesentlichen in den 1970er Jahren installiert worden. Obwohl es selbstverständlich weiter entwickelt wurde ist davon auszugehen, dass die Rettungsstrategie im Wesentlichen auf Verletzungen und Fahrzeugbau aus den 1960er und 1970er Jahren basiert. Unter Berücksichtigung der theoretischen Analyse des

Schutzpotenzials moderner Fahrzeuge werden Hypothesen in Bezug auf die Bedürfnisse von eingeklemmten Unfallopfern in modernen Fahrzeugen aufgestellt. Die Hypothesen werden im nächsten Schritt mit Hilfe von GIDAS Daten bewertet.

#### **4.1 Hypothesen**

Im Vergleich zu alten Fahrzeugen ist die Kabinenbeschleunigung in modernen Fahrzeugen durch den Einsatz hochfester Stähle höher. Zusätzlich kommt es seltener zu Intrusionen in die Kabine, so dass technische Rettungsmaßnahmen erst bei höheren Unfallschweren (höheren Kollisionsgeschwindigkeiten) erforderlich sind.

Die höhere Kabinenbeschleunigung in neuen Fahrzeugen im Vergleich zu alten Fahrzeugen resultiert häufiger in sogenannte Beschleunigungsverletzungen, die im Wesentlichen innere Verletzungen sind.

Die Einführung von Airbags führt zu einer besseren Balance der Rückhaltung von Oberkörper und Kopf und reduziert folglich das Risiko für Halswirbelsäulenverletzungen.

Die Einführung von Gurtstraffern, Sitzrampen, Kneebags etc. reduziert das Risiko von Submarining und folglich das Risiko für Verletzungen der Lendenwirbelsäule und des unteren Abdomens.

Generell deuten die Hypothesen darauf hin, dass zeitkritische Blutungen relevanter werden während die Bedeutung von Wirbelsäulenverletzungen mit dem Risiko für Rückenmarksverletzungen an Bedeutung verlieren. Das bedeutet, dass der Verkürzung der Rettungszeit eine höhere Priorität eingeräumt werden müsste. Trotzdem dürfen Patienten nicht durch eine grobe Behandlung gefährdet werden.

#### **4.2 Datenanalyse**

Um die Gültigkeit der Hypothesen zu prüfen, werden GIDAS Daten der Jahre 1999 bis 2009 von Fahrzeuginsassen, die technische Rettungsmaßnahmen benötigten, analysiert. Hierbei wurde der Datensatz aufgeteilt in Fahrzeuge mit Erstzulassung 2001 und später (hier als neue Fahrzeuge bezeichnet) und Fahrzeuge mit Erstzulassung zwischen 1995 und 2000 (hier als alte Fahrzeuge bezeichnet). Insassen von älteren Fahrzeugen wurden nicht berücksichtigt. Im Gegensatz zu den Analysen in Kapitel 3 beinhaltet dieser Datensatz alle Aufpralltypen, ist also nicht nur auf den Frontalaufprall beschränkt.

Die Analyse erfolgt auf Personenebene, um die Bedürfnisse von eingeklemmten Personen zu identifizieren. Um das Hauptziel der Untersuchung, die Bewertung ob in den Einzelfällen eine vorsichtige bzw. eine besonders schnelle Rettung erforderlich war, zu erreichen, wurde jede Einzelverletzung analysiert. Hierbei wurde für jede Verletzung bewertet, ob es eine zeitkritische Verletzung war oder ob besondere Vorsicht angezeigt war.

Die folgenden Verletzungen wurden als zeitkritisch eingestuft:

- Interne Organe: Rupturen, Lacerationen, Hämatome
- Hauptblutgefäße: Rupturen, Lacerationen
- Becken: Frakturen
- Traumatische strukturell Hirnverletzungen

Die folgenden Verletzungen wurden als kritisch in Bezug auf Wirbelsäulenbewegungen und damit Rückenmarksverletzungen bewertet:

- Frakturen bzw. Teilfrakturen der Wirbelsäule bzw. der Wirbelkörper
- Schwere Beschädigungen des Wirbelsäulenbandapparats
- Verletzungen des Rückenmarks

Die vorgenommene Einteilung hat ihre Schwächen. Z.B. sind nicht alle Frakturen der Wirbelkörper kritisch in Bezug auf Rückenmarkverletzungen, andere Risiken wie Osteoporose und Verengter Rückenmarkskanal wurden nicht berücksichtigt. Außerdem können innere Blutungen bereits an der Unfallstelle wirksam behandelt werden. Um einen ersten Überblick zu erhalten, erscheint diese Vorgehensweise jedoch ausreichend. Sofern die Hypothesen bestätigt werden, müssen Daten speziell für diese Fragestellung erhoben werden.

Insgesamt beinhaltet der Datensatz 124 Fahrzeuginsassen in neuen Fahrzeugen und 171 Insassen in alten Fahrzeugen.

Etwa die Hälfte der eingeklemmten Patienten in neuen Fahrzeugen erleiden weder eine zeitkritische oder eine Wirbelsäulenverletzung. Etwa 30% der eingeklemmten Fahrzeuginsassen in neuen Fahrzeugen erleiden zeitkritische Verletzungen während etwa 10% Verletzungen erleiden, die ein Risiko für Querschnittslähmungen infolge von Rückenmarksverletzungen darstellen. Knapp 10% der Insassen im Datensatz erleiden Verletzungen beider Kategorien, siehe Bild 4.



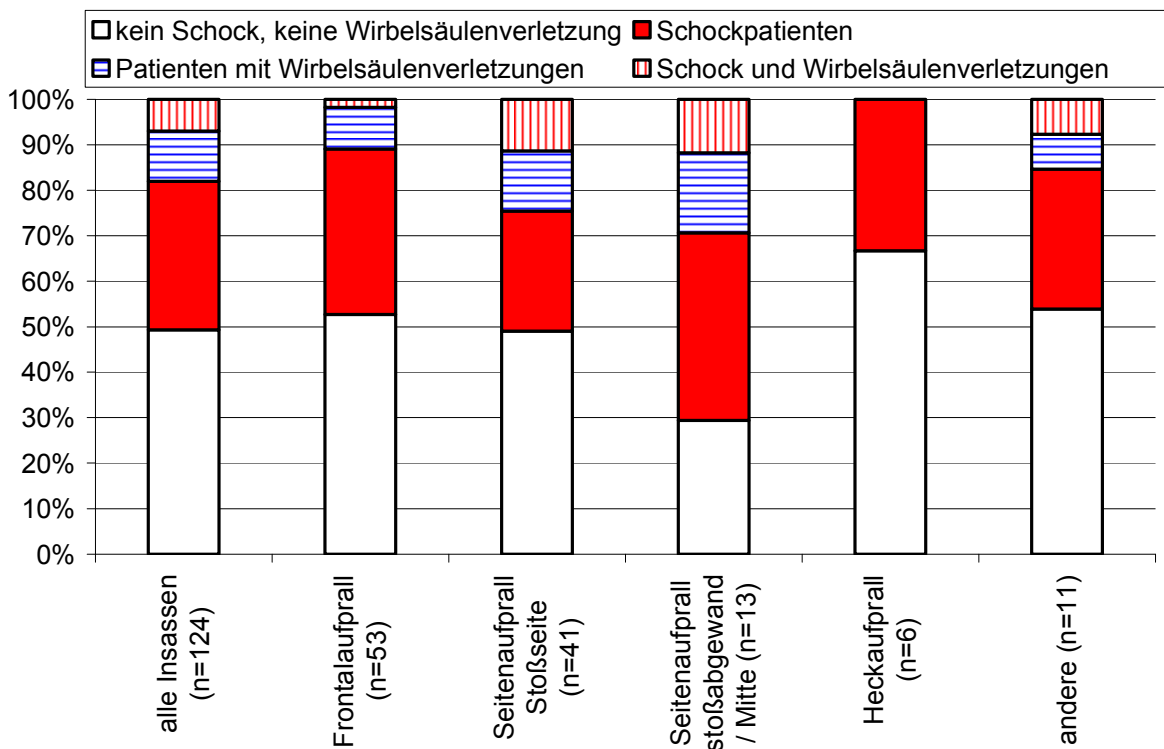


Bild 4: Verletzungskategorien für Insassen in neuen Fahrzeugen, die technische Rettungsmaßnahmen benötigten

Die unterschiedlichen Aufprallrichtungen zeigen nur kleine Unterschiede. Beim Heckaufprall ist aufgrund der kleinen Fallanzahl keine Aussage möglich.

Malczyk [4] analysierte in einer repräsentativen Studienregion mit mehr als 1,3 Millionen Einwohnern über 14 Monate alle Unfälle, bei denen Verkehrsteilnehmer lebensbedrohlich verletzt und in ein Krankenhaus transportiert wurden oder noch am Unfallort ihren Verletzungen erlagen. In den meisten Fällen wurden keine Rückenmarksverletzungen beobachtet. Allerdings wurden bei Überschlagsunfällen relativ häufig von Halswirbelsäulenverletzungen berichtet. Im Gegensatz zu den seltenen Wirbelsäulenverletzungen erlitten 61% der Insassen traumatische Hirnverletzungen, 58% Lungenverletzungen, 12 % Leberverletzungen und 25% Milzverletzungen [4]. Diese Ergebnisse stützen ebenfalls die These, dass die eine schnelle Rettung wichtiger ist, als eine vorsichtige. Allerdings wurden in dieser Studie fast ausschließlich polytraumatisierte Patienten betrachtet, die erwartungsgemäß mehr als andere von einer schnellen Rettung profitieren.

Insgesamt deuten die analysierten GIDAS Daten darauf hin, dass eingeklemmte Fahrzeuginsassen häufiger von einer schnellen als von einer vorsichtigen Rettung profitieren würden.

Für eine geringe Anzahl an Fällen war die Rettungszeit (Zeitraum von Unfallereignis bis zum Eintreffen im Krankenhaus) im Datensatz enthalten. Diese war im Durchschnitt 30 Minuten unabhängig von der nachträglichen Bewertung der Verletzungen.

Im Vergleich zu den neuen Fahrzeugen ist bei alten Fahrzeugen (Erstzulassung zwischen 1995 und 2000) ein geringerer Unterschied zwischen dem Anteil an Verletzungen, die eine schnelle Rettung erfordern und Verletzungen, die eine vorsichtige Rettung erfordern, sichtbar. Trotzdem kommen auch bei alten Fahrzeugen häufiger Schockverletzungen als Wirbelsäulenverletzungen vor, siehe Bild 5.

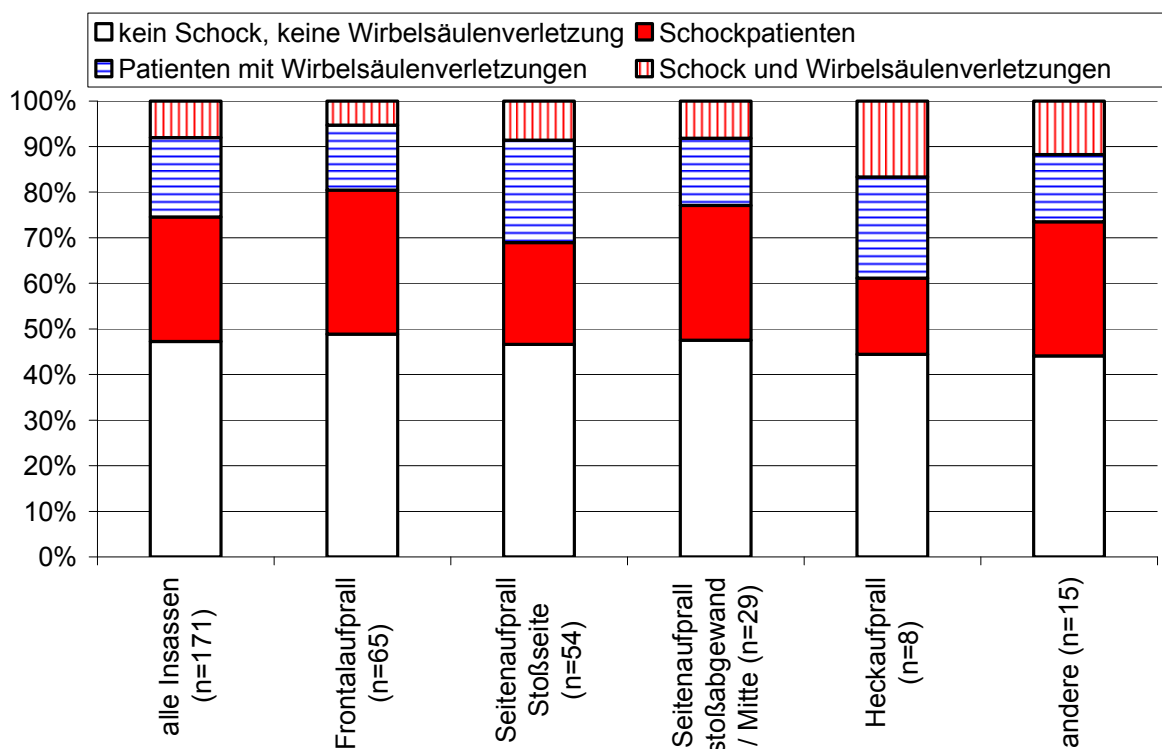


Bild 5: Verletzungskategorien für eingeklemmte Autoinsassen

In der Unfallanalyse des EU geförderten Projekts FIMCAR wurden bei Frontalaufprallunfällen mit neuen Fahrzeugen im Wesentlichen beschleunigungsinduzierte Verletzungen und nur wenige intrusionsinduzierte Verletzungen berichtet [5]. Insbesondere in dem deutschen Datensatz wurden kaum Unfälle mit kritischen Intrusionen beobachtet. Hierbei wurden

unterschiedliche Verletzungsmuster abhängig von der Unfallkonstellation beobachtet. Beschleunigungsinduzierte Verletzungen wurden insbesondere bei Unfällen mit großer Überdeckung berichtet.

Die Datenanalyse deutet darauf hin, dass eine schnelle Rettung einer besonders vorsichtigen Rettung vorzuziehen ist. Allerdings muss die ungenaue Kategorisierung der Verletzungen berücksichtigt werden. Insofern müssen weitere Daten erhoben werden, um die Hypothesen verlässlich zu stützen. Des Weiteren erscheint es erforderlich zu sein, zwischen unterschiedlichen Szenarien zu unterscheiden. So werden z.B. besonders viele Halswirbelsäulenverletzungen für unangeschnallte Insassen bei Überschlagsunfällen erwartet. Den Einsatzkräften müssten also eher Informationen zur Verfügung gestellt werden, wie sie einen Unfall lesen können als konkrete generelle Handlungsvorschriften zu erteilen.

## **5. Ausblick**

Die analysierten Daten deuten darauf hin, dass unterschiedliche Unfallszenarien unterschiedliche Rettungsstrategien erfordern. So scheint das Risiko für Wirbelsäulenverletzungen bei Seitenaufprallunfällen größer zu sein als bei Frontalaufprällen. Außerdem ist davon auszugehen, dass die Gurtbenutzung einen entscheidenden Einfluss auf das Verletzungsmuster und damit die Auswahl der besten Rettungsstrategie hat. Insofern müssen am Unfallort individuelle Entscheidungen basierend auf dem Lagebild, das sich vor Ort ergibt, getroffen werden. Prinzipiell werden bereits heute moderne Diagnosetechniken am Unfallort eingesetzt, die es erlauben sollten, lebensgefährliche Verletzungen zu erkennen. Die Auswertung der Rettungszeiten zeigte jedoch keinen Unterschied für unterschiedlich verletzte Personen.

Die erforderliche Risikoanalyse der Einsatzkräfte erfordert detaillierte Informationen und Empfehlungen, wie ein Unfall zu lesen ist. Um diese Handlungsempfehlungen zu entwickeln ist es erforderlich in einem großen Umfang Unfalldaten von Unfällen mit technischer Rettung zu analysieren.

## 6. Referenzen

[1] Statistisches Bundesamt: "Verkehrsunfälle – Fachserie 8 Reihe 7", 2011

[2] Cowley, R Adams: "The resuscitation and stabilization of major multiple trauma patients in a trauma centre environment" in Clinical Medicine No. 83, 1976

[3] O'Connor, Peter: "Incidence and patterns of spinal cord injury in Australia" in Accident Analysis and Prevention No. 34, 2002

[4] Malczyk, Axel: "Schwerstverletzungen bei Verkehrsunfällen", VDI Verlag, 2010 (ISSN 0178-9449)

[5] Johannsen, H.; Adolph, T.; Thomson, R.; Edwards, M.; Lazaro, I.; Versmissen, T.: FIMCAR – FRONTAL IMPACT AND COMPATIBILITY ASSESSMENT RESEARCH: STRATEGY AND FIRST RESULTS FOR FUTURE FRONTAL IMPACT ASSESSMENT, ESV Conference Washington 2011