

Unfälle von Kraftomnibussen – Aspekte der Insassensicherheit und Nutzenpotentiale von Fahrerassistenzsystemen

Bus and Coach Accidents – Aspects of Occupant Safety and Benefit Estimation of Driver Assistance Systems

Dipl.-Ing. **Th. Hummel**, Dipl.-Ing. (FH) **J. Bende**, Dr.-Ing. **M. Kühn**, Unfallforschung der Versicherer – UDV, Berlin; Dipl.-Ing. **Th. König**, Dipl.-Ing. **R. Strzeletz**, RLS Unfallforschung Service GmbH, Berlin

Kurzfassung

Der Kraftomnibus gilt als eines der sichersten Verkehrsmittel überhaupt, umso mehr rücken einzelne schwere Busunfälle verstärkt in das Bewusstsein der Öffentlichkeit. Um den Ist-Zustand des Unfall- bzw. Schadensgeschehens von Kraftomnibussen in Deutschland zu beschreiben, hat die Unfallforschung der Versicherer (UDV), gemeinsam mit der RLS Unfallforschung Service GmbH, ein repräsentatives Fallmaterial der Versicherer von 213 Fällen aufgebaut und analysiert. In das Material eingeflossen sind sowohl Fälle mit Kollision (Kollisionsgegner: Pkw, Lkw, Busse, mot. Zweiräder, Fußgänger und Radfahrer) als auch Fälle ohne Kollision (z.B. Sturz eines Insassen wegen einer Bremsung des Busses). In dem Beitrag werden die Verletzungen der Businsassen – abhängig vom Kollisionsgegner und der Art des Anstoßes (Front, Seite, Heck) – beschrieben und Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Sicherheit von Omnibusinsassen abgeleitet.

In einem zweiten Themenblock wird der Frage nachgegangen, welcher Nutzen von modernen Fahrerassistenzsystemen (FAS) zu erwarten wäre, wenn die komplette Omnibusflotte mit ihnen ausgestattet wäre. Die theoretisch möglichen Nutzenpotentiale, abgeleitet aus dem Schadensgeschehen der Versicherer, wurden für folgende generische Systeme ermittelt: Automatische Notbremse, Abbiegeassistent, Spurverlassenswarner, Totwinkelwarner und ESP. Die durchgeführten Analysen zeigten, dass moderne FAS in der Lage sind, das Schadensgeschehen von Omnibussen (Unfälle mit Personenschaden und einem Schadenaufwand von 15.000 € und mehr) positiv zu beeinflussen, wobei sich die ermittelten Nutzenpotentiale in Abhängigkeit von der Art des Kraftomnibusses (Reise- oder Linienbus) teilweise erheblich unterscheiden.

Abstract

Buses and coaches are considered to be one of the safest means of transport at all and this is why particular severe bus accidents have a great impact on the public nowadays. In order to describe the current status of the accident and loss occurrence for busses and coaches, the German Insurers Accident Research (UDV) has set up and analysed in cooperation with RLS Unfallforschung Service GmbH a representative data of the insurers, containing 213 cases. These data comprise not only “crash events” (with collision opponents of the bus/coach being: passenger cars, trucks, busses/coaches, motorized two-wheelers, pedestrians and cyclists), but also “non-crash events” (incidents where bus passengers fall down in the bus during a braking manoeuvre, for instance). This paper will describe the injuries of the bus/coach occupants for the different collision opponents and for the different types of impact (front, side, rear), along with counter-measures for a further increase in the occupant safety in busses and coaches.

A second thematic topic of this paper will discuss the issue of the benefits that could be expected from advanced driver assistance systems (ADAS) if the entire bus/coach fleet were equipped with these systems. The theoretically achievable benefits, which were derived from the loss occurrence of the insurers, were determined for following generic systems: automatic emergency braking system, turn-off assistant system, lane departure warning system (LDW), lane change assistant system and electronic stability control system (ESC). The analyses revealed that modern ADAS are capable of influencing the loss occurrence of buses and coaches (accidents involving personal injury and at least € 15,000 total claim value) in a positive way. The analyses also showed that to a certain extent there are significant differences between these benefits, depending on the type of vehicle use (as a coach or as a regular service bus).

1. Einleitung

Der Kraftomnibus (Kom) gilt – trotz immer wieder vorkommender sehr schwerer Unfälle – als eines der sichersten Verkehrsmittel in Deutschland. So lag im Jahr 2008 die Zahl getöteter Businsassen pro einer Milliarde Personenkilometer bei 0,16, im Vergleich dazu war die entsprechende Zahl für den Pkw mit 2,77 mehr als siebzehnmal so hoch [1]. Ein Blick in die amtliche Statistik [2] zeigt jedoch, dass sich in den letzten 15 Jahren sowohl die Zahl der leicht- und schwerverletzten Businsassen als auch die Zahl der getöteten nicht deutlich verändert hat (Tabelle 1). Im Gegensatz dazu ist im gleichen Zeitraum die Zahl getöteter Pkw-Insassen um 64 % und die Zahl schwerverletzter Pkw-Insassen um 56 % zurückgegangen. Die absolute Zahl der jährlich getöteten Bus-Insassen ist allerdings sehr klein, variiert von

einem Jahr zum nächsten teilweise sehr stark und kann bereits durch einen einzigen schweren Unfall mit mehreren Getöteten gravierend beeinflusst werden.

Tabelle 1: Getötete und verletzte Bus-Insassen im Vergleich zu Pkw-Insassen – Zeitreihe

| Jahr | Anzahl Bus -Insassen | | | Anzahl Pkw -Insassen | |
|------|-----------------------------|----------------|----------------|-----------------------------|----------------|
| | getötet | schwerverletzt | leichtverletzt | getötet | schwerverletzt |
| 1995 | 18 | 498 | 4.108 | 5.929 | 67.677 |
| 1996 | 24 | 549 | 4.096 | | |
| 1997 | 15 | 461 | 4.281 | | |
| 1998 | 2 | 421 | 4.143 | | |
| 1999 | 20 | 587 | 4.615 | | |
| 2000 | 9 | 473 | 4.595 | | |
| 2001 | 11 | 382 | 4.637 | | |
| 2002 | 12 | 383 | 4.434 | minus 64 % | minus 56 % |
| 2003 | 17 | 435 | 4.475 | | |
| 2004 | 16 | 460 | 4.518 | | |
| 2005 | 9 | 400 | 4.832 | | |
| 2006 | 12 | 401 | 4.954 | | |
| 2007 | 26 | 404 | 4.822 | | |
| 2008 | 10 | 357 | 4.633 | | |
| 2009 | 12 | 365 | 4.854 | 2.110 | 29.824 |

2. Die Unfalluntersuchungen der Versicherer

Die Unfallforschung der Versicherer (UDV) hat in den vergangenen Jahren eine neue Unfall-Datenbank (UDB) aufgebaut, die einen repräsentativen Ausschnitt aus dem Schaden-geschehen aller dem GDV angeschlossenen Versicherungsunternehmen abbildet. Basis der UDB sind die Inhalte der Schadenakten der Versicherer. Dabei übersteigt die Informations-tiefe der UDB die der Bundesstatistik [2] deutlich. Für die vorliegende Untersuchung wurden ausschließlich Kraftfahrzeug-Haftpflicht-Schadenfälle mit Busbeteiligung analysiert. Es wur-den nur Fälle mit Personenschaden und mindestens 15.000 € Schadenaufwand berücksich-tigt.

Die vorliegende Untersuchung gliedert sich in zwei Teile. Im ersten Teil werden Aspekte der Insassensicherheit von Kraftomnibussen beleuchtet, der zweite Teil widmet sich dem theore-tischen Nutzenpotential von Fahrerassistenzsystemen für Kraftomnibusse.

3. Analysen zur Sicherheit von Kraftomnibus-Insassen

Die hier vorliegende Untersuchung umfasst insgesamt 213 Unfälle mit Kraftomnibusbeteili-gung. Dieses Fallmaterial stammt zu 92,5 % aus den Jahren 2005 bis 2007, die restlichen 7,5 % der Schäden ereigneten sich in den Jahren 2001 bis 2004. Die vorliegende Fallzahl deckt rund 20 - 25 % aller Kom-Schadenfälle ab, die dem GDV im Rahmen der Kfz-Haft-pflichtversicherung insgesamt gemeldet werden. Unter den 213 Fällen befinden sich 153

(72 %) Unfälle **mit** Kollision und 49 (23%) **ohne** Kollision. In 11 weiteren Fällen kam es zu einem Konflikt zwischen einem Kraftomnibus und einem anderen Verkehrsteilnehmer, jedoch nicht zu einer Kollision zwischen den Beteiligten.

3.1 Bus-Unfälle mit Kollision

Die 153 Kom-Unfälle mit Kollision teilen sich auf in 101 Kollisionen gegen zweispurige Fahrzeuge (Pkw, Lkw, Bus), 10 Kom-Alleinunfälle und 42 Kollisionen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern (mot. Zweirad, Fahrrad, Fußgänger); in den folgenden Betrachtungen zur Sicherheit der Omnibusinsassen werden diese 42 Fälle nicht berücksichtigt.

Eine Übersicht der zweispurigen Unfallgegner des Kom zeigt Bild 1. Mit 80 Fällen am häufigsten als Unfallgegner vertreten ist der Pkw, gefolgt vom Lkw (17 Fälle) und anderen Bussen (3 Fälle). Darüber hinaus lagen 10 Kom-Alleinunfälle vor.

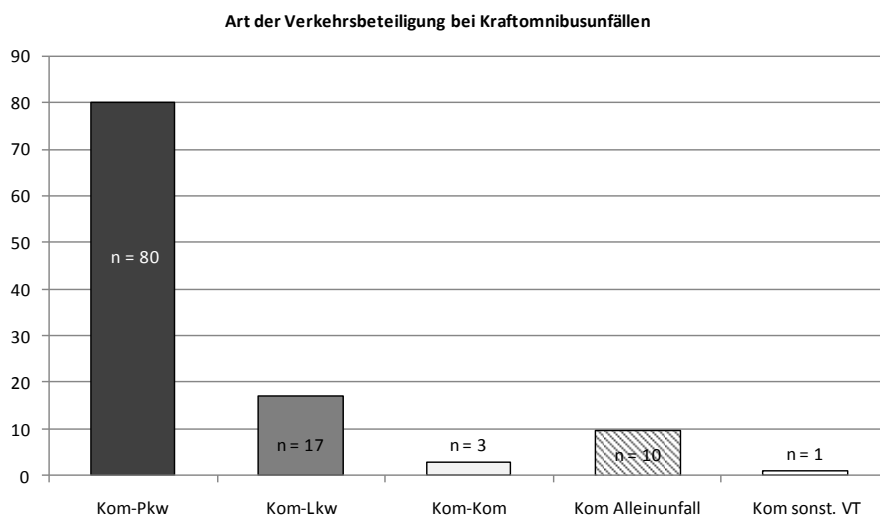


Bild 1: Verteilung der Kraftomnibusunfälle in Abhängigkeit vom Unfallgegner; ohne ungeschützte Verkehrsteilnehmer

Die Anstoß-Konstellationen für Kom/Pkw- und Kom/Lkw-Unfälle sind in Bild 2 wiedergegeben. Eine detaillierte Betrachtung macht deutlich, dass die Bus-Front am häufigsten getroffen wird; so handelte es sich bei Kom/Pkw-Kollisionen in 70,9 % um frontale Anstöße am Bus, bei Kom/Lkw-Kollisionen in 52,9 %.



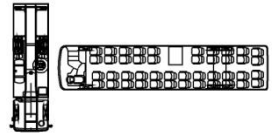



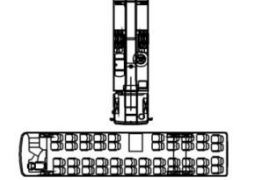
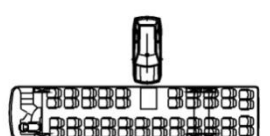


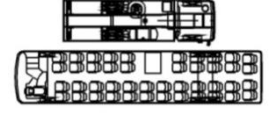
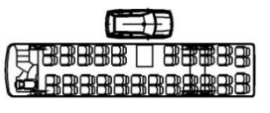
| KOM - Lkw-Unfälle nach Anstoßbereich (n = 17) | | Anteil | KOM - Pkw-Unfälle nach Anstoßbereich (n = 80) | | Anteil |
|--|---|--------|--|---|--------|
| Front -Front |  | 17,6% | Front -Front |  | 21,5% |
| Front - Seite |  | 11,8% | Front - Seite |  | 11,4% |
| Front -Heck |  | 23,5% | Front -Heck |  | 38% |
| Seite -Front |  | 5,9% | Seite -Front |  | 13,9% |
| Heck - Front |  | 29,4% | Heck - Front |  | 10,1% |
| Seite - Seite |  | 11,8% | Seite - Seite |  | 5,1% |

Bild 2: Verteilung der Anstoßkonstellationen bei Kom/Lkw- und Kom/Pkw-Unfällen

Tabelle 2 zeigt die Verteilung der Verunglückten in Abhängigkeit vom Unfallgegner des Kom; insgesamt waren 285 verunglückte Businsassen festzustellen. Es zeigt sich, dass bei Kom-Alleinunfällen das Risiko schwer verletzt zu werden rund doppelt so hoch ist wie bei Kom/Pkw-Unfällen (11,6 % vs. 5,6 %). Darüber hinaus führt vor allem der Lkw als Kollisionsgegner häufig zu Schwerverletzten im Bus; das Risiko bei einem Kom/Lkw-Unfall schwere Verletzungen zu erleiden ist rund fünfmal so hoch wie bei Kom/Pkw-Unfällen (25,2 % vs. 5,6 %).

Auch bei den getöteten Bus-Insassen waren zwei von drei bei Kollisionen mit einem Lkw festzustellen; der dritte getötete Businsasse verstarb bei einer Kollision des Kom mit einer Regionalbahn.

Tabelle 2: Verteilung der Verletzungsschwere der Businsassen in Abhängigkeit vom Unfallgegner

| Verkehrsteilnehmer | leichtverletzt | | schwerverletzt | | getötet | | Gesamt | |
|--------------------|----------------|--------|----------------|--------|---------|--------|--------|--------|
| | Anzahl | Anteil | Anzahl | Anteil | Anzahl | Anteil | Anzahl | Anteil |
| Kom-Pkw | 51 | 94,4% | 3 | 5,6% | 0 | 0,0% | 54 | 100,0% |
| Kom-Lkw | 81 | 73,0% | 28 | 25,2% | 2 | 1,8% | 111 | 100,0% |
| Kom-Kom | 11 | 91,7% | 1 | 8,3% | 0 | 0,0% | 12 | 100,0% |
| Kom Alleinunfall | 84 | 88,4% | 11 | 11,6% | 0 | 0,0% | 95 | 100,0% |
| Kom sonst. VT | 5 | 38,5% | 7 | 53,8% | 1 | 7,7% | 13 | 100,0% |
| Gesamt | 232 | 81,4% | 50 | 17,5% | 3 | 1,1% | 285 | 100,0% |

3.1.1 Insassen-Verletzungen bei Kraftomnibus/Pkw-Unfällen

Von 39 der insgesamt 54 Verletzten bei Kom/Pkw-Unfällen waren die Einzelverletzungen nach AIS [6] bekannt (Bild 3). Vergleicht man die Verletzungsschwere der verunglückten Businsassen hinsichtlich der Anstoßfläche am Bus (Front, Seite, Heck), so zeigt sich bei den Frontalanstößen im Vergleich zu den anderen beiden Anstoßarten die deutlich höhere Anzahl an AIS 1 Verletzungen an den Weichteilen (ca. 28 %) und an den Extremitäten

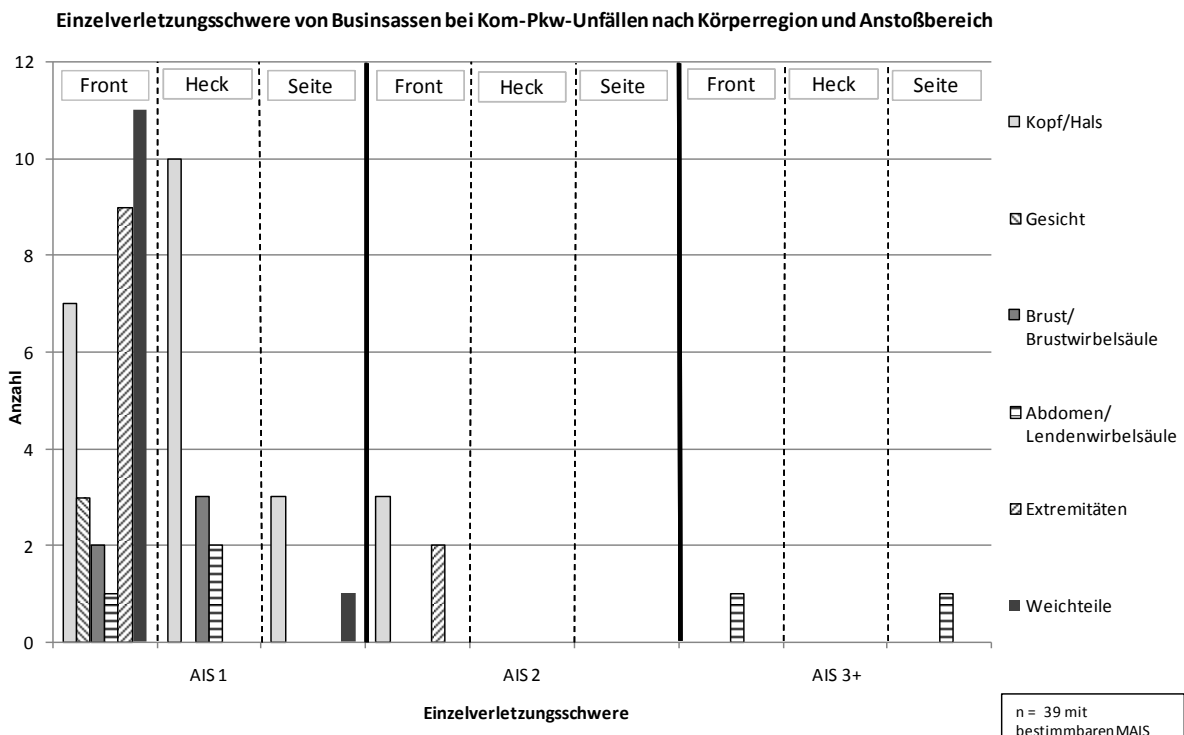


Bild 3: Verletzungsschwere an einzelnen Körperregionen verletzter Businsassen unterteilt nach Aufprallart bei Kom/Pkw-Unfällen

(ca. 23 %). Dabei handelte es sich in erster Linie um Prellungen und Kontusionen der Weichteile bzw. um Abschürfungen der Haut an den Extremitäten. Verletzungen an Extremitäten und Weichteilen bei Heckkollisionen waren gar nicht, bei den Seitenanstößen nur einmal zu verzeichnen. Leichte Verletzungen (AIS 1) am Hals, dies waren größtenteils HWS-Distorsionen, waren dagegen bei den Insassen aus Heckkollisionen im Vergleich zu den Frontalanstößen fast 1,5-fach häufiger anzutreffen. Auch AIS 1 Verletzungen im Bereich der Lendenwirbelsäule (z.B. LWS-Distorsionen) und der Brustwirbelsäule (z.B. BWS-Distorsionen) waren, wenngleich diese ohnehin nur sehr selten auftraten, bei Heckkollisionen ebenfalls häufiger vorzufinden. Mäßige/schwere Verletzungen AIS 2+ waren bei Kom/Pkw-Unfällen sehr selten.

3.1.2 Insassen-Verletzungen bei Kraftomnibus/Lkw-Unfällen

In die 17 vorliegenden Kom/Lkw-Unfälle waren insgesamt 165 Bus-Insassen verwickelt, von 82 dieser Personen waren die Einzelverletzungen bekannt (Bild 4). Bei den Frontalzusammenstößen, die insgesamt am häufigsten auftraten (siehe Bild 2), waren auch die meisten Verletzungen zu verzeichnen. Überwiegend betraf dies mit einem Anteil von ca. 28 % Prellungen und Abschürfungen an den Weichteilen (AIS 1). In etwa gleichem Umfang lagen

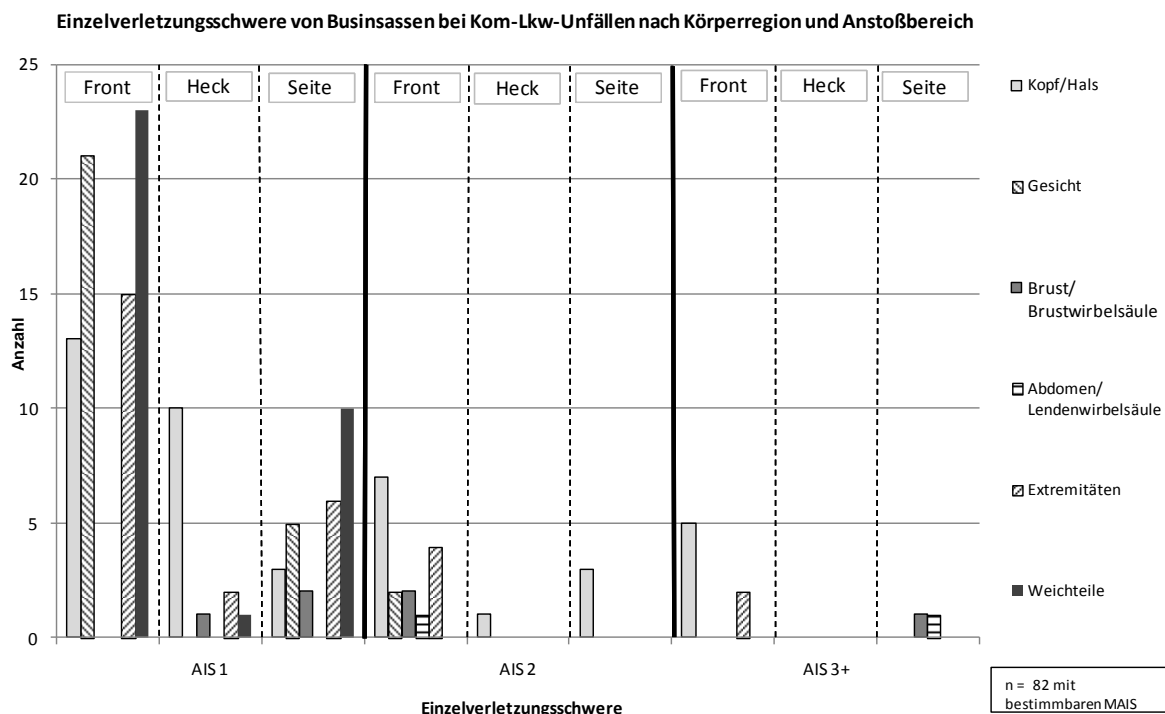


Bild 4: Verletzungsschwere an einzelnen Körperregionen verletzter Businsassen unterteilt nach Aufprallart bei Kom/Lkw-Unfällen

bei den Frontalkollisionen AIS 1 Verletzungen im Gesichtsbereich (ca. 25 %) vor. Hauptsächlich handelte es sich dabei um gelockerte bzw. ausgebrochene Zähne und um Lid-, Lippen- oder Nasenbeinkontusionen. Mit einem Gesamtanteil von ca. 18 % kamen bei Frontalkollisionen vermehrt Verletzungen der oberen und unteren Extremitäten vor. Dies waren unter anderem leichte Knieverletzungen (Prellungen) oder Abschürfung der Haut an Ober- oder Unterschenkel bzw. Ober- und Unterarm. Etwa im gleichen Ausmaß wie bei den Frontalkollisionen waren bei den Heckkollisionen Verletzungen mit einem AIS 1 des Kopf-/Halsbereiches vorzufinden. Dies waren – bei beiden Anstoßarten – größtenteils Verspannungen oder Distorsionen der Halswirbelsäule.

Abgesehen von Verletzungen im Abdominalbereich, der ohnehin äußerst selten betroffen war, waren bei den Seitenkollisionen an allen Körperregionen Verletzungen AIS 1 vorzufinden. Wie bei den Frontalanstößen waren auch bei den seitlichen Kollisionen Verletzungen an den Weichteilen, wie z.B. Abschürfungen oder Kontusionen, am häufigsten vorhanden.

Bezogen auf die verletzten Insassen waren bei Kraftomnibus/Lkw-Kollisionen im Vergleich zu den Kraftomnibus/Pkw-Kollisionen doppelt so viele Verletzungen AIS 2+ zu verzeichnen. Gehirnerschütterungen (AIS 2) zählten sowohl bei den Frontal- als auch bei den Seitenanstößen zu den häufigsten Verletzungen. Daneben waren aber auch Kontusionen des Großhirns (AIS 3 Kopf-/Halsbereich) vertreten. Eine Insassin erlitt eine Lenden- und Brustwirbelsäulenprellung jeweils mit einem AIS 3, ein weiterer Insasse erlitt eine schwere Verletzung des Großhirns AIS 4. Obwohl bei den Heckkollisionen, die immerhin einen Anteil von ca. 30% der gesamten Kraftomnibus/Lkw-Unfälle ausmachten, deutlich weniger Businsassen verletzt wurden, entstammte einer der Getöteten aus dieser Unfallkategorie. Der zweite tödlich verletzte Businsasse war bei einer Seiten-Kollision zu verzeichnen.

3.1.3 Kraftomnibus-Alleinunfälle

Kom-Alleinunfälle besaßen im vorliegenden Fallmaterial mit 10 Fällen nur einen geringen Anteil. Überschlagunfälle und Unfälle mit seitlichem Umkippen waren nicht vorhanden. In 6 Fällen kam es zu einer seitlichen Neigung um die Längsachse von maximal 45° (z.B. seitliches Kippen auf eine Böschung). Aus dem Kom herausgeschleudert wurde kein einziger Insasse.

An den 10 Kom-Alleinunfällen waren insgesamt 164 Businsassen beteiligt; bei 94 Personen waren die Einzelverletzungen bekannt (Bild 5). Wie auch bei den anderen Unfallarten zeigten sich die Verletzungsschwerpunkte an den Weichteilen und den Extremitäten. Am häufigsten waren Abschürfungen bzw. Kontusionen der Weichteile, der oberen und unteren Extremitäten sowie leichte Knieverletzungen bei den Frontanstößen vertreten. Schwerere Verletzun-

gen mit einem AIS 3+ lagen bei den Frontalanstößen gar nicht, bei den seitlichen Kollisionen nur einmal vor. Neben den Verletzungen der Extremitäten und der Weichteile sind vermehrt AIS 1 Verletzungen im Kopf-/Halsbereich aber auch im Gesichtsbereich, sowohl bei den Frontalkollisionen als auch bei den seitlichen Anstößen, aufgetreten.

Auch hier handelte es sich zum Großteil um leichte Verletzungen der Halswirbelsäule oder Frakturen des Nasenbeins. Verletzungen der Brust/Brustwirbelsäule, wie z.B. Distorsionen (AIS 1), sowie des Abdomens und der Lendenwirbelsäule, wie z.B. Frakturen einzelner Lendenwirbel (AIS 2), traten trotz der großen Anzahl der Verletzten sehr selten auf.

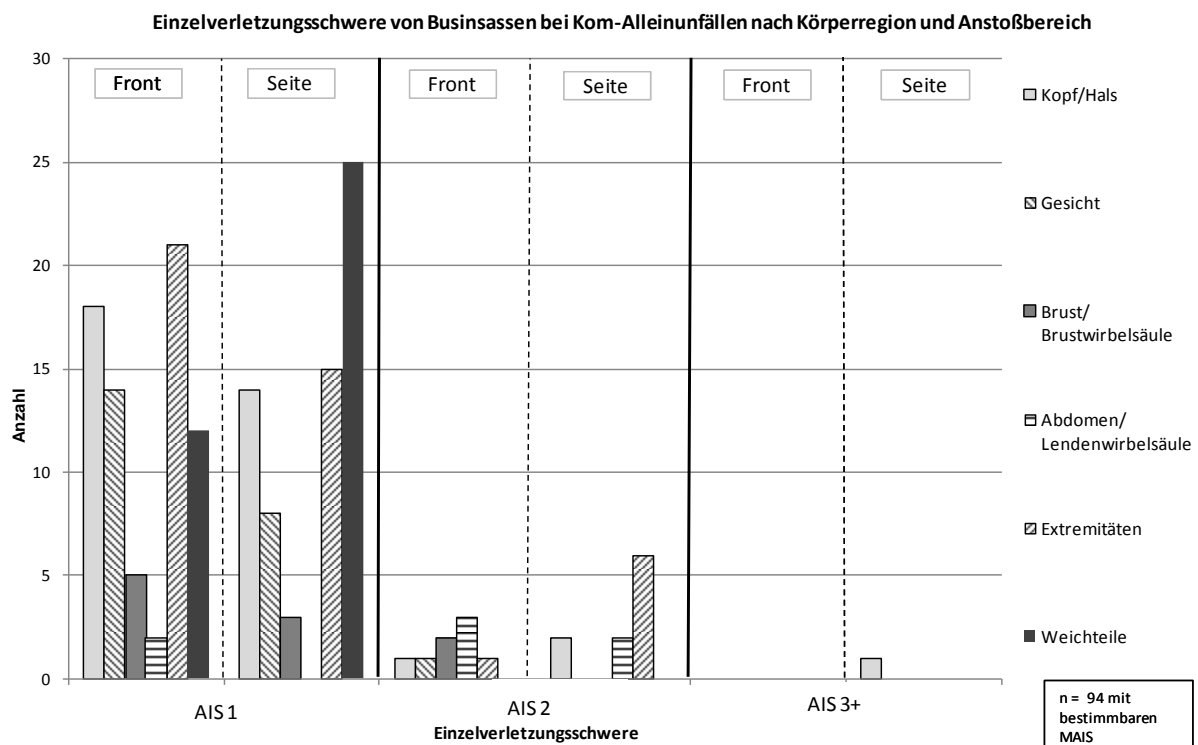
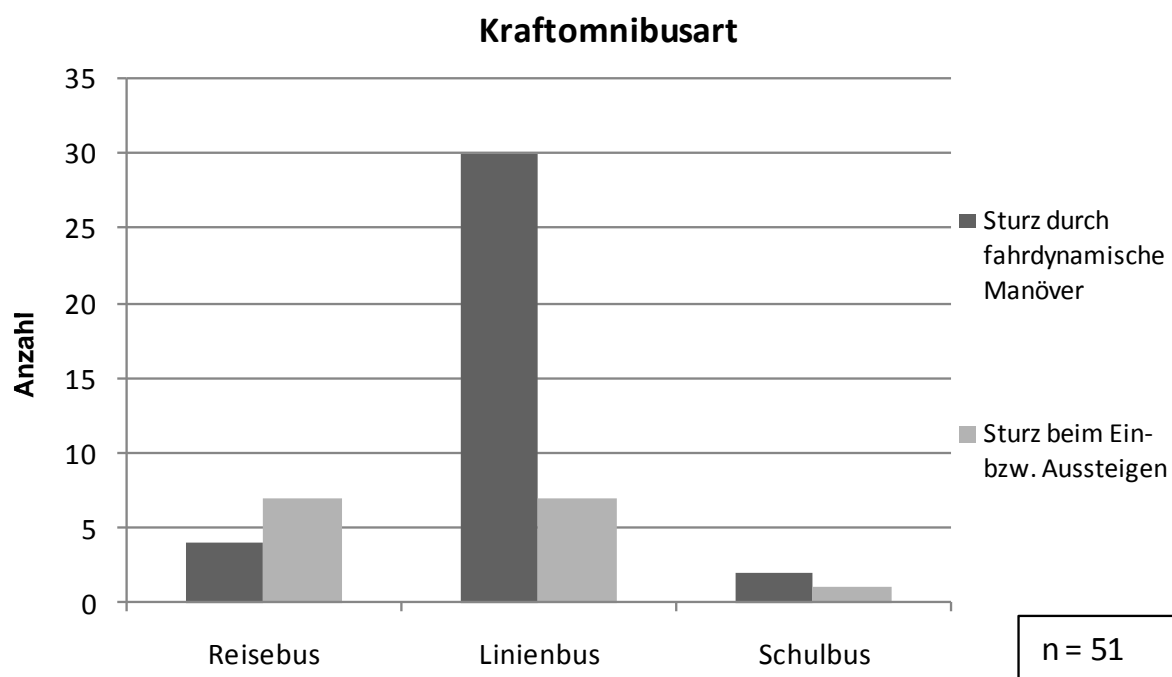


Bild 5: Verletzungsschwere an einzelnen Körperregionen verletzter Businsassen unterteilt nach Aufprallart bei Kom-Alleinunfällen

3.2 Bus-Unfälle ohne Kollision („Non-crash-events“)

Neben dem Risiko in einem Kraftomnibus durch eine Kollision mit einem anderen Verkehrsteilnehmer bzw. bei einem Alleinunfall verletzt zu werden, bildeten die so genannten „Non-crash-events“ ein weiteres, nicht zu vernachlässigendes Gefahrenpotential. Diese Unfälle geschahen häufig im normalen Fahrbetrieb und resultierten entweder aus fahrdynamischen Manövern, wie z.B. Anfahren oder Bremsen des Kraftomnibusses oder es handelte sich um Stürze der Passagiere beim Ein- bzw. Aussteigen.

Bei den insgesamt 49 Unfällen ohne Kollision wurden 51 Insassen verletzt, 36 davon bei fahrdynamischen Manövern, weitere 15 Insassen stürzten beim Ein- oder Aussteigen (Bild 6). Der überwiegende Teil der Verletzten (73 %) war in Linienbussen zu verzeichnen, nur rund 27% der Verletzten waren in Reise- und Schulbussen unterwegs. Bei den fahrdynamischen Manövern handelte es sich in 47 % um Bremsen, in 33 % um Beschleunigen und in 20 % um Kurvenfahrten bzw. Überfahren von Bodenwellen. Hinsichtlich des „Unfallgeschehens“ stellte sich der Weg von der Fahrzeughür zum Sitz-/Stehplatz bzw. vom Sitz-/Stehplatz zur Fahrzeughür als besonders kritisch heraus, da sich ältere Businsassen oft frühzeitig von ihren Plätzen erhoben, um rechtzeitig aussteigen zu können.



| Kraftomnibusart | Sturz durch fahrdynamische Manöver | | Sturz beim Ein- bzw. Aussteigen | | Gesamt | |
|-----------------|------------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|-----------|---------------|
| | Anzahl | Anteil | Anzahl | Anteil | Anzahl | Anteil |
| Reisebus | 4 | 7,8% | 7 | 13,7% | 11 | 21,6% |
| Linienbus | 30 | 58,8% | 7 | 13,7% | 37 | 72,5% |
| Schulbus | 2 | 3,9% | 1 | 2,0% | 3 | 5,9% |
| Gesamt | 36 | 70,6% | 15 | 29,4% | 51 | 100,0% |

Bild 6: Häufigkeit von Stürzen auf Grund von Fahrmanövern bzw. beim Ein- und Aussteigen in Abhängigkeit von der Omnibusart; „Non-crash-events“

Ein- bzw. Aussteigeunfälle waren zu gleichen Anteilen in Reise- und Linienbussen vorzufinden, wobei mit 60 % der hohe Anteil an Verunglückten durch sich schließende Türen auffiel. Sechs der insgesamt 15 Verletzten beim Ein-/Aussteigen verletzten sich selbstverschuldet

beim Verlassen des Kraftomnibusses, die Hälfte davon erstaunlicherweise beim Verlassen von Niederflurlinienbussen.

Die Häufigkeit und Schwere unterschiedlicher Einzelverletzungen bei „Non-crash-events“ zeigt Bild 7. Im Vergleich zu den Unfällen mit Kollision sind in auffällig größerer Anzahl AIS 2 (35 %) und AIS 3 (15 %) Verletzungen der Extremitäten feststellbar. Dies lässt sich sowohl für die Ein- und Aussteigeunfälle als auch für die stürzenden Insassen durch Fahrmanöver festhalten. Frakturen der unteren Extremitäten, insbesondere des Oberschenkels (Oberschenkelhalsbruch AIS 3), zählten zu den häufigsten Verletzungen. Hinzu kamen Kontusionen (AIS 1) bzw. Frakturen der Beckenknochen, Frakturen des Schien- und Wadenbeins sowie der Kniescheibe (AIS ≤ 2). Im Gegensatz zu den Unfällen mit Kollision waren bei den „Non-crash-events“ auch vermehrt Frakturen einzelner Lenden- und Brustwirbel sowie Rippenbrüche zu finden.

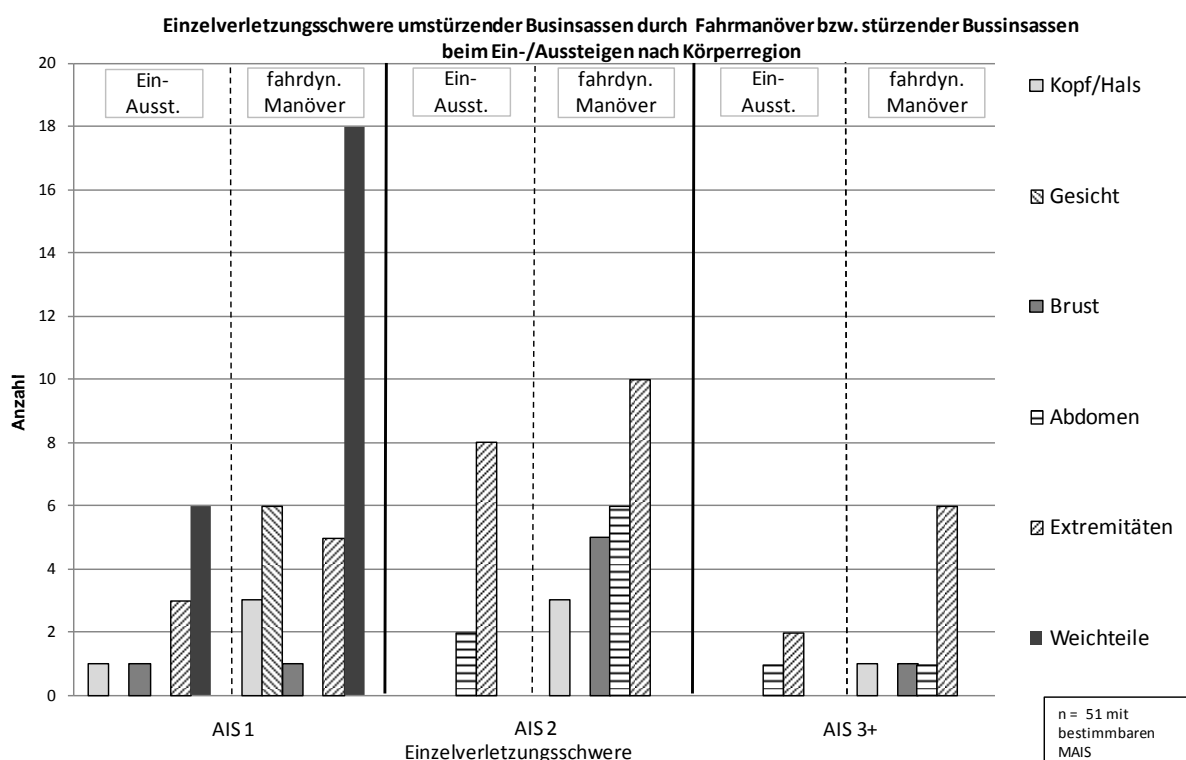


Bild 7: Verletzungsschwere an einzelnen Körperregionen verletzter Businsassen unterteilt nach Aufprallart bei „Non-crash-events“

4. Nutzenpotentiale von FAS für Kraftomnibusse

Die in Kapitel 3 erwähnten 213 Schäden mit Omnibusbeteiligung wurden anhand des Merkmals „Unfallart“ klassifiziert und nach der Häufigkeit ihres Auftretens sortiert (Bild 8). Den

größten Anteil des Kom-Unfallgeschehens bildeten mit ca. 25 % Auffahrunfälle auf vorausfahrende oder stehende Kraftfahrzeuge. Diese könnten beispielsweise durch intelligente Notbremssysteme adressiert werden. Daneben waren in gleicher Anzahl „Unfälle anderer Art“ vertreten. Bei diesem Unfallszenario handelte es sich stets um stürzende Businsassen aufgrund eingeleiteter fahrdynamischer Vorgänge (Brems-, Beschleunigungsvorgänge sowie Kurvenfahrten) bzw. um zu Fall kommende Insassen beim Ein- und Aussteigen aus dem Bus. Diese Unfälle (ohne Kollision) sind zwar durch FAS nicht direkt zu beeinflussen, bei der Berechnung der Nutzenpotentiale wurden sie aber dennoch berücksichtigt, da der Einfluss von FAS auf das **gesamte** Schadensgeschehen der Versicherer ermittelt werden sollte. Die Unfallszenarien (4), (6) und (7), die zusammen einen Anteil von ca. 24 % am gesamten Schadensgeschehen ausmachen, könnten durch ESP, Lane Departure Warning bzw. Totwinkelwarner beeinflusst werden.

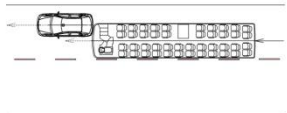

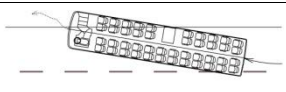
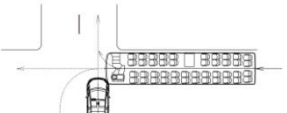
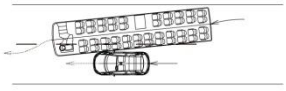

| Die Unfallszenarien (n _{Datenpool} =213) | | Anteil | Die Unfallszenarien (n _{Datenpool} =213) | | Anteil |
|--|---|--------|--|---|--------|
| (1) Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet anfährt, anhält oder im ruhenden Verkehr steht |  | 24,9% | (5) Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger |  | 11,7% |
| (2) Unfall anderer Art Ausschließlich Insassenunfälle | | 24,4% | (6) Abkommen von der Fahrbahn nach rechts/links |  | 7,0% |
| (3) Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt |  | 14,6% | (7) Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das seitlich in gleicher Richtung fährt |  | 4,2% |
| (4) Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das entgegenkommt |  | 13,2% | | | |

Bild 8: Häufigkeit unterschiedlicher Unfallszenarien mit Kraftomnibussen

Für die Analyse der Nutzenpotentiale von FAS wurden die 213 Schäden mittels fallbezogener Hochrechnungsfaktoren [3] auf eine Gesamtheit von N = 3.596 Fälle hochgerechnet und bilden damit einen repräsentativen Ausschnitt aus dem Schadensgeschehen der Versicherer.

Die Nutzen- bzw. Sicherheitspotentiale (SP) wurden für folgende Fahrerassistenzsysteme ermittelt:

- Notbremsassistent 1 und 2
- Abbiegeassistent (für Fußgänger und Radfahrer)
- Lane Departure Warning (LDW) bzw. Spurverlassenswarner
- Totwinkelwarner
- ESP

Die Analyse der Sicherheitspotentiale erfolgte mit Hilfe eines Mehrstufen-Verfahrens. Nähere Hinweise zu dieser Methode finden sich in [8]. Ausgehend von den in der UDB abgelegten Unfalldaten wurden im ersten Schritt alle Kom-Unfälle selektiert. Diese bildeten den so genannten „Datenpool“, auf den sich die ermittelten Sicherheitspotentiale (SP) beziehen.

Im zweiten Schritt wurden die Schwerpunkte im Unfallgeschehen ermittelt. Bei den hier vorliegenden Fragestellungen wurde eine kombinierte Abfrage der beiden Merkmale „Unfallart“ und „Unfalltyp“ (Definition siehe [2]) durchgeführt, um alle Szenarien (z.B. alle Auffahrunfälle) erfassen zu können. Die festgelegten Unfallszenarien ergeben innerhalb des Datenpools Teilmengen, die für jedes zu untersuchende FAS getrennt betrachtet werden müssen („Relevanzpool 1“). Dieser Relevanzpool 1 (z.B. alle Auffahrunfälle) zeigt für das jeweilige FAS eine erste Relevanz im Unfallgeschehen, ohne aber bereits konkrete Systemauslegungen zu berücksichtigen (z.B. System kann keine stehenden Hindernisse erkennen).

In einem dritten Schritt wurden für die festgelegten FAS generische Systemeigenschaften (Funktionalitäten) definiert. Je nach System erfolgte dies unter der Annahme mehrerer Entwicklungsstufen (z.B. Notbremsassistent 1 und 2). Dabei spielte es für die Analyse keine Rolle, ob die technischen Systemeigenschaften heute bereits realisiert werden können und ob die betrachteten Systeme bereits auf dem Markt verfügbar sind. Es war auch nicht beabsichtigt, Produktvergleiche anzustellen. Mit genauer Kenntnis der Funktionalitäten wurde der Relevanzpool 1 weiter eingegrenzt und daraus „Relevanzpool 2“ gebildet.

Im vierten Schritt wurde der Relevanzpool 2 einer Einzelfallanalyse unterzogen; dabei wurde unterschieden, ob der Unfall „vermeidbar“ oder „positiv beeinflussbar“ gewesen wäre. Unter positiv beeinflussbar ist z.B. eine Verringerung der Kollisionsgeschwindigkeit und damit eine Verringerung der Unfall- und Verletzungsschwere der Insassen zu verstehen.

4.1 Notbremsassistent

Bei dieser Analyse wurden nur Notbremsassistenten untersucht, die ausschließlich Auffahr-

unfälle adressieren und sich damit stark an den heute bereits auf dem Markt verfügbaren Notbremsystemen orientieren. Es wurden zwei Auslegungsstufen definiert: Der Notbremsassistent 1 (NBA 1) reagiert nur auf vorausfahrende, zweispurige Fahrzeuge, während der Notbremsassistent 2 (NBA 2) zusätzlich auch stehende Fahrzeuge detektieren kann. Die generischen Systemeigenschaften sind in Tabelle 3 zusammenfassend beschrieben.

Tabelle 3: Systemeigenschaften und abgeleitete Datenbankmerkmale für den Kom-Notbremsassistenten der heutigen (NBA 1) und zukünftigen Generation (NBA 2)

| NBA 1 | |
|---|--|
| Systembeschreibung | Anwendung auf die UDB |
| <ul style="list-style-type: none"> - Umfelderkennung nach vorne (Nutzung der Radarsensoren des Abstandsregeltempomats) - Detektion von 2-spurigen, vorausfahrenden Fahrzeugen (nicht stehend) | - Auffahrunfälle auf 2-spurige vorausfahrende Fahrzeuge |
| NBA 2 | |
| <ul style="list-style-type: none"> - wie NBA 1 - Detektion von 2-spurigen, vorausfahrenden und stehenden Fahrzeugen | - Auffahrunfälle auf 2-spurige vorausfahrende und stehende Fahrzeuge |

4.1.1 Notbremsassistent 1 (NBA 1)

Bei dem hier betrachteten System NBA 1 handelt es sich um ein vollautomatisches System, das bei akuter Gefahr warnt, eine Teilbremsung einleitet und schließlich bei ausbleibender Fahrerreaktion eine Vollbremsung bis zum Stillstand durchführt.

Ausgehend vom Datenpool mit $N = 3.596$ Schäden [100 %] wurden zunächst alle Fälle ausgewählt, bei denen eine Kollision stattgefunden hat und der Kraftomnibus das auffahrende Fahrzeug war (Relevanzpool 1). Anschließend erfolgte die Selektion bezüglich der zweispurigen, vorausfahrenden Kraftfahrzeuge (Relevanzpool 2). Wie Tabelle 4 zeigt, errechnet sich das Nutzenpotential des heutigen Notbremsassistenten NBA 1 bezogen auf alle Unfälle zu

Tabelle 4: Positiv beeinflussbare Unfälle durch NBA 1 nach Kraftomnibusart

| pos. beeinflussbare Kom-Unfälle durch | Datenpool [100 %] | Relevanzpool 1 | Relevanzpool 2 | SP _{theor} |
|---------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------------|
| NBA 1 alle Busse | 3.596 | 591 | 319 | 319 8,9 % |
| NBA 1 Linienbusse | 2.349 | --- | 279 | 279 11,9 % |
| NBA 1 Reisebusse | 883 | --- | 40 | 40 4,5 % |
| NBA 1 Schulbusse | 86 | --- | 0 | 0 0 % |
| NBA 1 Kom-Art n.e. | 278 | --- | 0 | 0 0 % |

8,9 %, wobei Linienbusse ein höheres Potential aufweisen als Reisebusse (11,9 % vs. 4,5 %). Bezieht man die positiv beeinflussbaren Unfälle (N = 319) ausschließlich auf die Auffahrunfälle (Relevanzpool 1; N = 591), so könnten 54 % davon durch NBA 1 positiv beeinflusst werden.

4.1.2 Notbremsassistent 2 (NBA 2)

Durch die Erweiterung des NBA 1 um die Erkennung stehender Fahrzeuge (NBA 2) erhöht sich das Potential positiv beeinflussbarer Unfälle von ca. 9% auf etwa 15% (Tabelle 5). Im Vergleich zu Tabelle 4 zeigt sich, dass vor allem Reisebusse von der Funktionalität „Erkennung stehender Fahrzeuge“ profitieren würden (Anstieg des SP von 4,5 % auf 17,3 %).

Tabelle 5: Positiv beeinflussbare Unfälle durch NBA 2 nach Kraftomnibusart

| pos. beeinflussbare Kom-Unfälle durch | Datenpool [100 %] | Relevanzpool 1 | Relevanzpool 2 | SP _{theor} |
|---------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------------|
| NBA 2 alle Busse | 3.596 | 591 | 543 | 543 15,1 % |
| NBA 2 Linienbusse | 2.349 | --- | 391 | 391 16,6 % |
| NBA 2 Reisebusse | 883 | --- | 153 | 153 17,3 % |
| NBA 2 Schulbusse | 86 | --- | 0 | 0 0 % |
| NBA 2 Kom-Art n.e. | 278 | --- | 0 | 0 0 % |

4.2 Abbiegeassistent

Da ein derartiges Fahrerassistenzsystem gegenwärtig für keinen Kraftomnibus verfügbar ist, wurden als generische Systemeigenschaften des Abbiegeassistenten für Kraftomnibusse jene Funktionalitäten verwendet, die für Lkw bereits vorgestellt wurden [9]. Die grundlegenden Systemeigenschaften des Kom-Abbiegeassistenten und die abgeleiteten Datenbankmerkmale zeigt Tabelle 6.

Die Analysen des Fallmaterials (N = 3.596) ergaben, dass sich ca. 15 % der Kom-Unfälle beim Abbiegen ereignen. 12 % dieser Fälle waren auf eine Kollision des Kraftomnibusses mit einem Radfahrer oder einem Fußgänger zurückzuführen. Für die Analyse eines geeigneten FAS wurden in einem ersten Schritt alle Kom-Abbiegeunfälle sowie Fälle, bei denen sich Fußgänger beim Heranfahen an bzw. beim Abfahren von Haltestellen in unmittelbarer Nähe des Kraftomnibusses aufhielten, zusammengefasst (Relevanzpool 1; N = 690). Aus diesem Pool wurden alle Kollisionen mit Radfahrern und Fußgängern selektiert und zum Relevanzpool 2 mit N = 86 Fällen zusammengefasst.

Tabelle 6: Systemeigenschaften und abgeleitete Datenbankmerkmale für den Abbiegeassistenten für Kraftomnibusse bezüglich Radfahrer (Rf) und Fußgänger (Fg)

| Abbiegeassistent (Rf+Fg) | |
|---|---|
| Systembeschreibung | Anwendung auf die UDB |
| Umfeldererkennung nach vorne (sensorunabhängig) | |
| Abbiegeunfälle mit Radfahrern und Fußgängern | |
| Detektion von : | - langsam, sich rechts neben dem Fahrzeug bewegend Radfahrern, die vom Kom mit geringem Seitenabstand überholt werden |
| | - Radfahrern, die sich beim Rechtsabbiegen des Kom von hinten auf diesen zu bewegen |
| | - Radfahrern, die sich rechts neben dem stehenden Kom einordnen |
| | - Fußgängern, die sich dem stehendem oder abbiegenden Kom seitlich nähern |
| | - Fußgängern, die sich beim Anfahren des Kom vor dem Fahrzeug befinden |
| | - kein Potential beim Linksabbiegen, wenn sich der Fußgänger oder Radfahrer von rechts nähert |
| Alle Kom-Abbiegeunfälle mit Fußgängern und Radfahrern, Unfälle mit Fußgängern, die den stehenden bzw. anfahren den Kom kreuzen sowie Unfälle mit Überholen des Radfahrers durch den Kom | |

Für die Einzelfallanalyse wurde ein idealer Fahrer angenommen, der rechtzeitig auf eine Warnung reagiert und entsprechend bremst. Jeder Fall wurde in seinem Ablauf neu betrachtet und dabei beurteilt, ob unter den getroffenen Annahmen eine Vermeidbarkeit gegeben gewesen wäre. Unfälle die sich durch ein eindeutiges Fehlverhalten eines überholten Fahrradfahrers ereigneten, wurden als nicht vermeidbar betrachtet und fanden somit keinen Eingang in die Vermeidbarkeitsbetrachtungen. Auf eine differenzierte Unterscheidung zwischen Fußgängern und Radfahrern wurde verzichtet.

Bezogen auf den gesamten Datenpool ergab sich für den Abbiegeassistenten ein theoretisches Vermeidungspotential von etwa 2 % (Tabelle 7). Weiterführende Analysen ergaben, dass etwa 18 % aller Fußgänger- und Radfahrer/Kom-Unfälle durch einen Abbiegeassistenten theoretisch vermeidbar wären. Linienbusse würden deutlich mehr von einem Abbiegeassistenten profitieren als Reisebusse.

Tabelle 7: Vermeidbare Kom-Unfälle durch den Abbiegeassistenten nach Kraftomnibusart

| Vermeidbare Kom-Unfälle durch | Datenpool [100 %] | Relevanzpool 1 | Relevanzpool 2 | SP _{theor} |
|--------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|---------------------|
| Abbiegeassistent alle Busse | 3.596 | 690 | 86 | 86 2,4 % |
| Abbiegeassistent Linienbusse | 2.349 | --- | 81 | 81 3,4 % |
| Abbiegeassistent Reisebusse | 883 | --- | 0 | 0 - |
| Abbiegeassistent Schulbusse | 86 | --- | 0 | 0 - |
| Abbiegeassistent Kom-Art n.e. | 278 | --- | 5 | 5 1,8 % |

4.3 Lane Departure Warning (LDW) – Spurverlassenswarner

Das hier betrachtete System basiert in seiner Funktionalität auf dem heute bereits bei einigen Herstellern (Mercedes Benz, Evobus, MAN) erhältlichen Spurverlassenswarner. Über die Fahrbahnmarkierungen ermittelt eine Videokamera hinter der Frontscheibe den Verlauf der Fahrbahn vor dem Fahrzeug. Die Warnung des Fahrers vor einem unbeabsichtigtem Verlassen des Fahrstreifens erfolgt durch akustische, visuelle oder haptische Signale [4], [5]. Der Datenpool mit $N = 3.596$ Fällen wurde zunächst eingegrenzt auf „Unfälle durch Wechseln der eigenen Fahrspur“ (Relevanzpool 1; $N = 371$) und schließlich auf Unfälle, die durch ungewolltes Abkommen von der Fahrspur verursacht wurden (Relevanzpool 2; $N = 19$). Für die Einzelfallanalysen wurde ein idealer Fahrer vorausgesetzt, der unmittelbar auf die Warnung des FAS reagiert und dem Verlassen der Fahrspur entgegenwirkt. Waren ausreichend Anknüpfungstatsachen vorhanden, um anzunehmen, dass unter dem Einfluss des Systems der Bus seine Fahrspur nicht verlassen hätte, galt der Unfall als vermeidbar.

Das Sicherheitspotential von LDW ergab – bezogen auf den gesamten Datenpool – einen Wert von 0,5 % (Tabelle 8). Bezogen auf „Unfälle durch Wechseln der eigenen Fahrspur“ errechnet sich das Nutzenpotential von LDW zu etwa 5 %.

Tabelle 8: Vermeidbare Unfälle durch LDW nach Kraftomnibusart

| Vermeidbare Kom-Unfälle durch | Datenpool [100 %] | Relevanzpool 1 | Relevanzpool 2 | SP _{theor} |
|-------------------------------|-------------------|----------------|----------------|---------------------|
| LDW alle Busse | 3.596 | 371 | 19 | 19 0,5 % |
| LDW Linienbusse | 2.349 | --- | 6 | 6 0,3 % |
| LDW Reisebusse | 883 | --- | 13 | 13 1,5 % |
| LDW Schulbusse | 86 | --- | 0 | 0 - |
| LDW Kom-Art n.e. | 278 | --- | 0 | 0 - |

4.4 Spurwechselassistent – Totwinkelwarner

Bei dem Spurwechselassistenten, bzw. Totwinkelwarner handelt es sich um ein rein generisches System, das gegenwärtig für Kom noch nicht verfügbar ist. Das System überwacht die benachbarten Fahrspuren und informiert den Fahrer mittels akustischer oder visueller Signale über Fahrzeuge, die sich im „Toten Winkel“ aufhalten. Dabei werden sowohl zwei- als auch einspurige motorisierte Verkehrsteilnehmer detektiert.

Die „Unfälle durch Wechseln der eigenen Fahrspur“ (Relevanzpool 1; $N = 371$) wurden hier eingegrenzt auf Unfälle, die durch einen gewollten Wechsel der eigenen Fahrspur verursacht

wurden (Relevanzpool 2; N = 137). Aufgrund oft fehlender Anknüpfungstatsachen, wie z.B. die genaue Kenntnis der Unfallstelle bzw. die exakte Anstoßkonstellation zwischen den Beteiligten, konnte keine Berechnung hinsichtlich der Vermeidbarkeit durchgeführt werden. Um dennoch das Potential solcher FAS eingrenzen zu können, wurde jeder Fall auf seine positive Beeinflussbarkeit durch das System hin untersucht.

Die Detail-Analyse des Relevanzpools 2 ergab, dass 4 % aller Unfälle durch einen Totwinkelwarner positiv beeinflussbar wären (Tabelle 9). Für Unfälle mit Reisebussen ergab sich sogar ein Potential von 14,6 %, für Linienbusse von 0,2 %.

Tabelle 9: Positiv beeinflussbare Unfälle durch den Totwinkelwarner nach Kraftomnibusart

| pos. beeinflussbare Kom-Unfälle durch | Datenpool [100 %] | Relevanzpool 1 | Relevanzpool 2 | SP _{theor} |
|---|----------------------|----------------|----------------|----------------------|
| Totwinkelwarner (TWW) alle Busse | 3.596 | 371 | 137 | 137 3,8 % |
| TWW Linienbusse | 2.349 | --- | 4 | 4 0,2 % |
| TWW Reisebusse | 883 | --- | 129 | 129 14,6 % |
| TWW Schulbusse | 86 | --- | 0 | 0 - |
| TWW Kom-Art n.e. | 278 | --- | 4 | 4 1,4 % |

4.5 ESP

Unfälle durch Schleudern kamen im vorliegenden Datenpool mit ca. 6 % relativ selten vor. Zur Nutzenabschätzung von ESP wurden aus dem Datenpool (N = 3.596) alle Unfälle selektiert, bei denen ein Kraftomnibus aus einem instabilen fahrdynamischen Zustand herausverunfallte (Relevanzpool 1). Dieser instabile Zustand konnte verschiedene Ursachen haben, wie z.B.:

- Ausweichmanöver (Kom kam durch ein vorangegangenes Ausweichmanöver, wie z.B. Überholen bei Gegenverkehr, ins Schleudern)
- Schleudern/Kippen in der Kurve (durch Abkommen von der Fahrbahn aufgrund zu schlechter Witterungsverhältnisse)
- Schleudern/Kippen in der Kurve (durch unangepasste Geschwindigkeit)

Im Hinblick auf alle Kraftomnibus-Unfälle ergibt sich für ESP ein Nutzenpotential von 3,4 % positiv beeinflussbarer Unfälle, für die Gruppe der Reisebusse von etwa 10 % (Tabelle 10). Für Linienbusse dagegen ist der durch ESP zu erwartende Nutzen sehr klein.

Tabelle 10: Positiv beeinflussbare Unfälle durch ESP nach Kraftomnibusart

| pos. beeinflussbare Kom-Unfälle durch | Datenpool [100 %] | Relevanzpool 1 | Relevanzpool 2 | SP _{theor} |
|---------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|---------------------|
| ESP alle Busse | 3.596 | 130 | 123 | 123 3,4 % |
| ESP Linienbusse | 2.349 | --- | 17 | 17 0,7 % |
| ESP Reisebusse | 883 | --- | 89 | 89 10,1 % |
| ESP Schulbusse | 86 | --- | 17 | 17 (19,8 %) |
| ESP Kom-Art n.e. | 278 | --- | 0 | 0 - |

5. Zusammenfassung und Diskussion

Ein Blick in die amtliche Statistik [2] zeigt, dass sich die Zahlen der verunglückten Businsassen in einem längeren Zeitraum nur geringfügig geändert haben. Sowohl bei den leicht- als auch den schwerverletzten Businsassen ist kein eindeutiger Trend hin zu sinkenden Zahlen zu erkennen. Auch die Zahlen der getöteten Businsassen zeigen keinen eindeutigen Abwärtstrend. Im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln ist der Kraftomnibus dennoch eines der sichersten.

Die Analyse des Kom-Schadengeschehens der Versicherer hat gezeigt, dass neben den Risiken, bei Kollisionen verletzt zu werden auch erhebliche Risiken gegeben sind, sich als Businsasse bei einem Fahrmanöver (Bremsen, Anfahren, Kurvenfahrt) oder beim Ein- und Aussteigen zu verletzen.

Die Unfälle mit Kollision ergaben, dass das Risiko, schwere Verletzungen zu erleiden bei Kollisionen gegen Lkw rund fünfmal höher ist als bei Kom/Pkw-Kollisionen. Sehr selten – aber extrem gefährlich – sind Kollisionen mit Eisenbahnzügen; im vorliegenden Fallmaterial resultierten allein 14 % der Schwerverletzten und einer von drei getöteten Businsassen aus einer einzigen Buskollision mit einer Regionalbahn. Doch auch aus den teilweise schweren Bus-Kollisionen im hier vorliegenden Unfallmaterial lassen sich keine grundsätzlichen Problembereiche hinsichtlich des Bus-Aufbaus bzw. der Bus-Struktur erkennen. An dieser Stelle sei jedoch nochmals erwähnt, dass das untersuchte Fallmaterial zwar Allein-Unfälle enthielt, dass aber bei keinem dieser Fälle sich der Bus ein- oder mehrfach überschlug oder um 90° auf die Seite kippte. In früheren Untersuchungen zeigten sich gerade bei Überschlag-Unfällen Probleme aufgrund einer mangelhaften Dachsteifigkeit [7].

Die Unfälle ohne Kollision zeigten, dass das Bremsen des Kraftomnibusses in annähernd 47 % ursächlich für den Sturz eines Insassen war. Der zweithäufigste Grund für Stürze waren Anfahrvorgänge mit ca. 33 %. Stehende ältere Businsassen sind beim Anfahren bzw.

Abbremsen des Kraftomnibusses besonders gefährdet. Dies liegt zum einen an den deutlich geringeren Belastungsgrenzen älterer Businsassen, zum anderen sinkt mit steigendem Alter die Fähigkeit, auf plötzlich durchgeführte fahrdynamische Manöver entsprechend zu reagieren. Ein „gedämpftes“ Anfahrverhalten des Busses, sei es durch den Fahrer oder durch technische Systeme, könnte zur Vermeidung von Stürzen älterer Businsassen beitragen.

Der durchschnittliche Schadenaufwand betrug bei den „Non-crash-events“ ca. 60.000 € und war damit genau so hoch wie die durchschnittliche Schadenssumme der „Crash-events“ mit zweispurigen motorisierten Fahrzeugen. Es lagen zudem bei den Non-crash-events häufiger schwere Verletzungen vor als bei Unfällen mit Kollision. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass „Non-crash-events“ nicht vernachlässigt werden dürfen und ferner erhebliche Kosten verursachen. Daher muss der Fokus der Kraftomnibussicherheit auch auf eine verbesserte Innenraumgestaltung gelegt werden. Energieabsorbierende Fußböden sowie deutlich besser gepolsterte Halteeinrichtungen und Rückenlehnen von Sitzen sollten neben rutschfesten Bodenbelägen zur Verringerung des Verletzungsrisikos stürzender Businsassen beitragen. Inwieweit Verletzungen beim Ein- und Aussteigen durch technische Maßnahmen vermieden oder positiv beeinflusst werden könnten, muss weiteren Forschungsarbeiten vorbehalten bleiben, wobei der hohe Anteil Verunglückter durch sich schließende Türen Berücksichtigung finden sollte.

Die durchgeführten Analysen zu FAS für Kom zeigten, dass moderne FAS in der Lage sind, das untersuchte Kom-Schadengeschehen der Versicherer (Kom-Unfälle mit Personenschaden und einem Schadenaufwand von 15.000 € und mehr) positiv zu beeinflussen. Die (generischen) FAS lieferten theoretische Nutzenpotentiale von unter 1 % für den Spurverlassenswarner, 2 % für den Abbiegeassistenten, 3 % für ESP, 4 % für den Totwinkelwarner und 15 % für den Notbremsassistenten. Für Reisebusse liegen diese Nutzenpotentiale teilweise erheblich höher (z.B. ESP und Totwinkelwarner bei jeweils rund 15 %). Beim Notbremsassistenten für Linienbusse ist allerdings der Zielkonflikt zu lösen zwischen Kollisionsvermeidung auf der einen Seite und dem gegebenenfalls hohen Verletzungsrisiko von stürzenden Businsassen durch eine abrupt eingeleitete Verzögerung auf der anderen Seite. Bei Reisebussen dürfte sich dieser Zielkonflikt – zumindest bei angegurteten Insassen – in dieser Form nicht stellen.

Literatur

- [1] Mit Sicherheit Bahn, Broschüre, Allianz pro Schiene e.V., Berlin 2010
- [2] Statistisches Bundesamt: Verkehrsunfälle. Fachserie 8, Reihe 7. Wiesbaden 1996 bis 2010

- [3] Hautzinger, H., Pfeiffer, M. u. Schmidt, J.: Statistisch-methodische Grundlagen des integrierten Erhebungs- und Auswertungssystems „Unfalldatenbank“ der Unfallforschung der Versicherer. Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung e.V., Heilbronn/Mannheim. Bericht im Auftrag der Unfallforschung der Versicherer, 2009, unveröffentlicht
- [4] Winner, H., Hakuli, S. u. Wolf, G. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden 2010
- [5] Hoepke, E. u. Breuer, S. (Hrsg.): Nutzfahrzeugtechnik. Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden 2010
- [6] „The Abbreviated Injury Scale – 1990 Revision“. Association for the Advancement of Automotive Medicine, Des Plaines, IL 1990
- [7] Langwieder, K., Danner, M. u. Hummel, Th.: Collision Types and Characteristics of Bus Accidents – Their Consequences for the Bus Passengers and the Accident Opponent. 10th International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles (ESV), Oxford 1985
- [8] Kühn, M., Hummel, Th. u. Bende, J.: Benefit Estimation of Advanced Driver Assistance Systems for Cars Derived from Real-Life Accidents. 21st International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Stuttgart 2009
- [9] MAN Truck & Bus – Abbiegeassistent. MAN (2008)
<http://www.mantruckandbus.com/de/innovationundkompetenz/Sicherheit/Abbiegeassistent/Abbiegeassistent.jsp>