



Unfallforschung kompakt

Untersuchung des Sicherheitsrisikos von Leichtkraftfahrzeugen

Impressum

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.

Unfallforschung der Versicherer

Wilhelmstraße 43 /43G, 10117 Berlin

Postfach 08 02 64, 10002 Berlin

unfallforschung@gdv.de

www.udv.de

Redaktion: Dr. Matthias Kühn

Fachliche Beratung: Dr. J. Gwehenberger, Dipl.-Ing. C. Reinkemeyer - Allianz Zentrum für Technik

Layout: Franziska Gerson Pereira

Technik: Wilfried Butenhof

Bildnachweis: Unfallforschung der Versicherer, Allianz Zentrum für Technik und Quellenangaben

Erschienen: 2007

ISBN: 978-3-939163-20-6

Vorbemerkung

Die im folgenden dargestellten Ergebnisse sind Resultat eines gemeinsamen Forschungsprojektes der Deutschen Versicherer in Zusammenarbeit mit dem Allianz Zentrum für Technik (AZT).

Das Forschungsprojekt ist Teil der Schadenverhütungsarbeit der Unfallforschung der Versicherer.

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes wurden bei einer Presseveranstaltung in München vorgestellt und auf einem internationalen Symposium in Brüssel diskutiert (www.udv.de).

Inhalt

Einführung	4
Physikalische Grundlagen	7
Crash-Tests	7
AZT-Reparaturtests (RCAR-Test Front und Heck)	8
Sitz- und Kopfstützenbewertung	8
Frontcrash (ECE R-94)	9
Seitencrash (ECE R-95)	11
Schlussfolgerung	12

Einführung

Im Zuge dieses Forschungsberichtes wurde das technische Sicherheitsniveau von so genannten Leichtkraftfahrzeugen untersucht und bewertet. Wie diese Fahrzeuge definiert sind zeigt Tabelle I, wobei hier jedoch noch keine Aussage über die Aufbauart getroffen ist. Gegenstand dieses Berichtes sind Fahrzeuge mit Pkw-ähnlichen geschlossenen Fahrgastzellen. Nach Definition und Nomenklatur des deutschen Kraftfahrtbundesamts (KBA) sind Leichtkraftfahrzeuge den zulassungsfreien Krafträdern mit Versicherungskennzeichen zugeordnet:

Kraftfahrzeuge

- Krafträder
 - zulassungsfreie Krafträder mit Versicherungskennzeichen
 - + Kleinkrafträder (L1e, L2e)
 - u. a. dreirädrig (bis 45 km/h)
 - Leichtkraftfahrzeuge (L6e) (vierrädrig und Kriterien wie Tabelle I)
 - + zulassungspflichtige Krafträder mit amtlichem Kennzeichen
 - u. a. drei- und leichte vierrädrige Kraftfahrzeuge (L5e, L7e)

In die für dieses Projekt entscheidende Klasse L6e gemäß KBA gehören somit keine „Trikes“, jedoch auch die sogenannten „Quads“, „offene“ Leichtkraftfahrzeuge mit zweiradgleichem Aufbau. In Deutschland wird gegenwärtig noch nicht zwischen Quad und Pkw-ähnlichen LkFz unterschieden, was aufgrund der verschiedenen Nutzer- und Unfallstruktur für statistische Auswertungen hinderlich ist. Mit der im Jahr 2005 eingeführten deutschen Fahrerlaubnisklasse S können ab dem 16. Lebensjahr Leichtkraftfahrzeuge geführt werden. Die Prüfanforderungen liegen unter denen für die Führerscheinklasse B.

In vielen europäischen Ländern werden Leichtkraftfahrzeuge vom Gesetzgeber wie Mopeds behandelt. Deshalb haben die meisten europäischen Länder spezielle LKfz-Führerscheine (Beispiel Österreich) oder erlauben das Lenken von LKfz auch Besitzern von Mopedausweisen.

Insgesamt stellt sich die Lage so dar, dass LKfz von Personen verwendet werden dürfen, die keinen Pkw-Führerschein besitzen. LKfz benötigen aber nahezu gleich viel Platz auf den Straßen wie Pkw und gleichen diesen optisch, weshalb sie aufgrund der Geschwindigkeitsbegrenzung als Verkehrsbehinderung wahrgenommen werden und auch mit erheblich schwereren Fahrzeugen

	Leichtkraftfahrzeug	
	Benzin	Diesel
Leermasse	< 350 kg	
Hubraum	< 50 cm ³	unbegrenzt
Höchstgeschwindigkeit	< 45 km/h	
Leistung	unbegrenzt	< 4 kW

Tabelle I:
Definition von Leichtkraftfahrzeugen

kollidieren können. Leichtkraftfahrzeuge wurden ursprünglich vor allem in Frankreich und Italien auf den Markt gebracht. In diesen Ländern sind sie faktisch führerscheinfrei, weshalb rund 50 % der ca. 300.000 in Europa registrierten LKfz in Frankreich verkehren.

Die LKfz-Hersteller vertreten die Auffassung, dass ihre Produkte eine sichere und komfortable Alternative zum Moped sind, ganz speziell für ältere Personen ohne Pkw-Führerschein, die in ländlichen Regionen mit schlechten öffentlichen Verkehrsverbindungen leben. Der typische LKfz-Kunde ist demnach älter als 50 Jahre, lebt auf dem Land oder in einer Kleinstadt und hat ein jährliches Einkommen von unter 6.000 Euro. Die Verteilung der Häufigkeiten über die Altersklassen der neuen Fahrerlaubnis Klasse S in Deutschland zeigt Tabelle II und bestätigt, dass schwerpunktmäßig die über 60jährigen LKfz nutzen. Jugendliche und junge Erwachsene erwerben diesen Führerschein eigenen Beobachtungen zu Folge fast ausschließlich zur Nutzung von Quads.

Zum Bestand in Deutschland führt das Kraftfahrtbundesamt 10.771 (0,6 % aller Kraftträger) Fahrzeuge ohne amtliches Kennzeichen aber mit Versicherungspflicht. In beide Zahlen

gehen offene wie geschlossene Fahrzeuge ein, das KBA schlüsselt diese aber nicht auf.

Die Hersteller bringen vor, dass Unfallstatistiken die hinreichende Sicherheit der Fahrzeuge bestätigen. Eine Auswertung erster statistischer Informationen im Rahmen dieser Studie zeigte allerdings, dass diese Behauptung nur teilweise richtig ist. Obwohl LKfz zwar seltener verunfallen als andere Fahrzeugklassen, ist das Risiko getötet zu werden im Falle einer Kollision bis zu 10 mal höher als beim Pkw (siehe Abbildung I). Diese Erkenntnisse stammen aus einer Auswertung von Sonderstatistiken aus Österreich und Frankreich. Statistiken, die LKfz gesondert behandeln und nicht zu den Mopeds zählen, gibt es zurzeit noch wenige und die Fahrleistung wird selten berücksichtigt. Einschränkend sei außerdem bemerkt, dass das statistische Unfalldatenmaterial von Österreich und Frankreich bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht hinreichend groß ist für eine abschließende Beurteilung des Realunfallgeschehens. Weitere In-depth Analysen wie sie aktuell vom Kuratorium für Verkehrssicherheit (KfV) für das Land Österreich durchgeführt werden sowie Untersuchungen von AFQUAD basierend auf Zahlen einzelner Landesstatistiken sollen weitere Er-

	14-17	18-20	21	22	23	24	25-29	30-34	35-39	40-49	50-59	60 und mehr	Gesamt
Gesamt	512	177	18	25	7	7	14	28	106	427	387	1062	2770
Männer	387	152	13	15	5	4	12	18	81	304	291	880	2162
Frauen	125	25	5	10	2	3	2	10	25	123	96	182	608

Tabelle II:

Verteilung der Häufigkeiten über die Altersklassen des Führerscheins Klasse S in Deutschland (KBA, Stand: 1. 1. 2006)

kenntnisse zum Unfallrisiko im realen Unfallgeschehen liefern.

Andererseits ist vor dem Hintergrund der bestehenden Erkenntnisse zum Nutzerkreis die Hypothese nahe liegend, dass die individuelle Fahrleistung unterdurchschnittlich ist. Fahrleistungsbereinigt wäre das Risiko mit einem LKfz zu verunfallen somit noch höher anzusetzen.

Zum Nutzerprofil ist mit Blick auf die Verkehrssicherheit zu ergänzen, dass die bezeichneten Fahrzeuge zum Teil auch von mobilitäts eingeschränkten Menschen als Alternative zum sogenannten Krankenfahrstuhl genutzt werden, der auf 25 km/h beschränkt ist. Ein entsprechender Verkehrsunfall, bei dem eine 50-jährige behinderte Dame mit einem LKfz (45 km/h) beim Einfädeln auf eine Landstraße tödlich verunglückte, ist bei der Polizei Neulsenburg eindrücklich und tragisch dokumentiert. Die behinderte Person verließ sich auf den äußerlich dem Pkw gleichenden Schutzeindruck ihres Fahrzeugs.

Somit muss festgestellt werden, dass LKfz hauptsächlich von älteren Personen mit einer unzureichenden Fahrausbildung verwendet werden (wenngleich in Deutschland eine verkürzte Fahrschul Ausbildung für Klasse S erfolgt). Auch für die nicht deutschen Unfallstatistiken könnten somit mangelnde Fahrkenntnis und -praxis mit ein Grund für das gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern höhere Unfallrisiko bei LKfz-Fahrern sein. Erste Zahlen lassen vermuten, dass Führer von LKfz überdurchschnittlich oft die Unfälle, in die sie verwickelt sind, auch selbst verursachen.

In Deutschland besteht für Leichtkraftfahrzeuge lediglich eine Versicherungs-, jedoch keine Zulassungspflicht, weshalb auch keine dem Pkw vergleichbaren gesetzlichen Anforderungen zur passiven Sicherheit erfüllt werden müssen. Ausnahmen sind der Sicherheitsgurt und die Anforderungen zur Ausstattung mit Warndreieck und Verbandskasten.

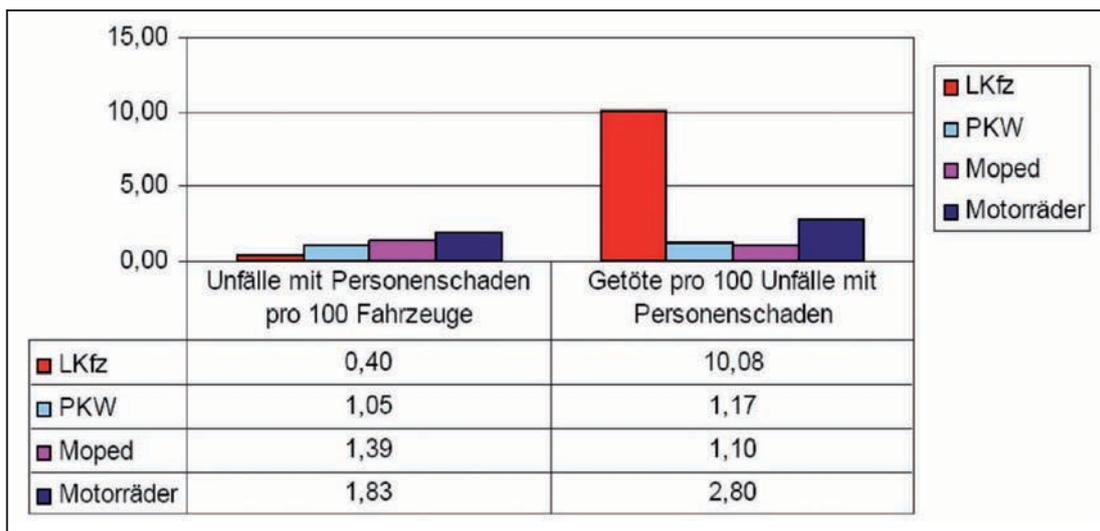


Abbildung I:
Unfallstatistik Österreich
 (Quelle: KfV, Statistik Austria, 2006)

Physikalische Grundlagen

Die Leermasse eines LKfz entspricht ca. einem Viertel der Masse eines aktuellen durchschnittlichen Pkw. Die Gesetze der Physik wie Impuls- und Energieerhaltung bewirken, dass Leichtkraftfahrzeuge bei Kollisionen mit schwereren Gegnern immer den größeren Geschwindigkeitsunterschied und somit die höheren Verzögerungen erfahren.

Um die Belastung im Vergleich zum Pkw zu quantifizieren, wurden physikalische Betrachtungen durchgeführt. Die Auswertung verschiedener Unfallkonstellationen mit einem Rechenmodell erbrachte, dass ein Fahrzeug nur dann genug Schutz bieten kann, wenn das Massenverhältnis zwischen schwerem und leichtem Fahrzeug 2:1 nicht übersteigt.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Geschwindigkeitsänderung als ein Maß für die

Insassenbelastung im Vergleich mit anderen Kraftfahrzeugen (Annahme: Front/Front-Kollision mit jeweils 45 km/h Kollisionsgeschwindigkeit).

Die zu erwartenden hohen Belastungen der Leichtkraftfahrzeuginsassen machen hochwertige Rückhaltesysteme unumgänglich. Leider tragen die aktuellen Rückhaltekonstruktionen in den am Markt befindlichen Leichtkraftfahrzeugen diesem Umstand nicht Rechnung, denn es werden nur sehr einfache Sicherheitsgurte verwendet und einen Airbag bietet momentan nur ein einziger Hersteller gegen Aufpreis an.

Crash-Tests

Alle im Weiteren beschriebenen Testserien wurden mit den beiden Leichtkraftfahrzeugen Microcar MC1 Dynamic (mit Fahrerairbag) und Ligier X-Too durchgeführt.

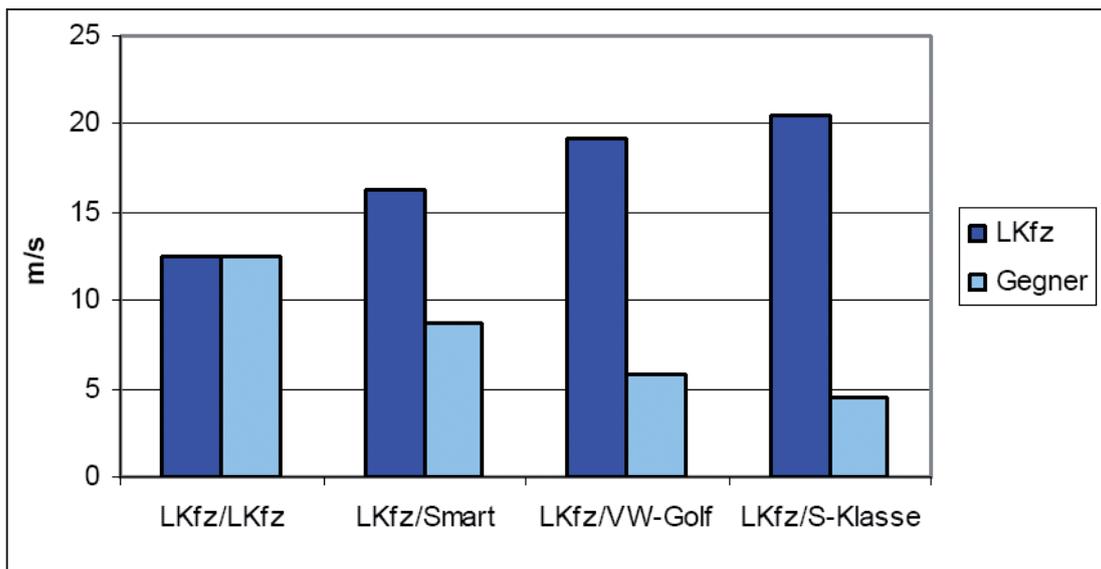


Abbildung II:
Berechneter Geschwindigkeitsunterschied

AZT-Reparaturtests (RCAR-Test Front und Heck)

Aus dem AZT-Crashreparaturtest Front, der in erster Linie zur Prüfung des Reparaturverhaltens von Lkz dient, lassen sich prinzipbedingt nur begrenzt Aussagen zur passiven Sicherheit gewinnen. Es zeigte sich allerdings, dass die Struktur der Leichtkraftfahrzeuge bereits bei niedriger Geschwindigkeit stark beansprucht wird, die Deformationen erheblich größer sind als die von Pkw und die Wirkung der Gurtsysteme unzureichend ist. Die AZT-Heckcrashversuche lieferten ein deutliches Bild: Sitze, Kopfstützen und dazugehörige Verankerungen sind nicht steif genug konstruiert um im Falle einer Heckkollision den Insassen ausreichend zu schützen.

Sitz- und Kopfstützenbewertung

Weitere Crash-Tests mit niedriger Geschwindigkeit sind zur Sitz- und Kopfstützenbeurteilung entsprechend dem Testprotokoll der International Insurance Whiplash Preven-

tion Group (IIWPG) durchgeführt worden. Diese Tests werden zur Bewertung des Verletzungsrisikos der Halswirbelsäule im Falle einer Heckkollision herangezogen. Zwei Lkz-Sitze wurden nach IIWPG untersucht. Bei beiden Sitzen besteht eine im Vergleich zum Pkw-Sitz stark erhöhte Wahrscheinlichkeit, im Falle einer Heckkollision eine Verletzung der Halswirbelsäule zu erleiden. Zwar gibt es auch Pkw-Sitze, die bei der IIWPG-Prüfung keine guten Werte erreichen, die Ergebnisse der hier geprüften LKfz-Sitze sind aber außergewöhnlich schlecht, beispielsweise brauchen die Verankerungen der Kopfstützen.

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Extremlagen beim IIWPG-Versuch dargestellt. Bei den LKfz-Sitzen (Abbildung III) ist der ausgeprägte S-Schlag der Halswirbelsäule deutlich zu erkennen. Im Vergleich dazu fällt die Deformation der Halswirbelsäule bei einem Volvo-Pkw-Sitz (Abbildung IV), erheblich geringer aus. Erschwerend kommt hinzu, dass der geprüfte Geschwindigkeitsunterschied bei leichten Fahrzeugen schon



Abbildung III:
Leichtkraftfahrzeugsitz

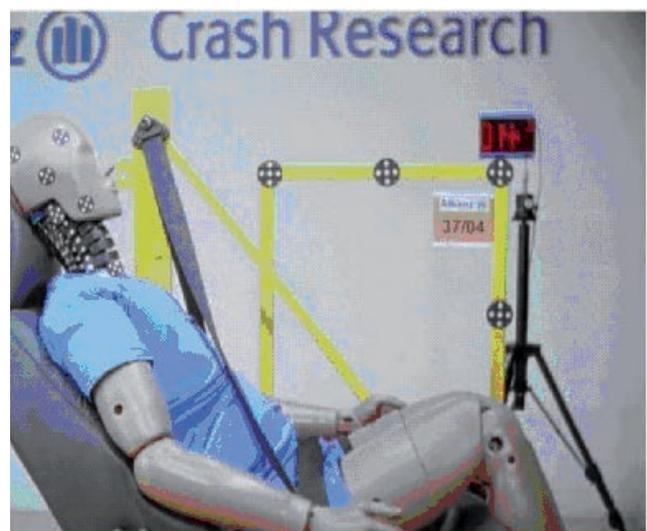


Abbildung IV:
Volvo-Pkw-Sitz

bei vergleichsweise harmlosen Auffahrfällen erreicht wird, wodurch die Mehrzahl der Innerortsunfälle charakterisiert ist.

Frontcrash (ECE R-94)

Für zulassungspflichtige Pkw gelten u. a. die gesetzlichen Mindestanforderungen nach ECE R-94 (Frontcrash) und ECE R-95 (Seiten-crash) zur Bewertung der Insassensicherheit. Diese Regelungen müssen zwar nicht von LKfz erfüllt werden, jedoch sind Unfallsituationen in die Leichtkraftfahrzeuge verwickelt werden können mit denen von Pkw vergleichbar.

Die Testgeschwindigkeit im Frontal-crash liegt bei 56 km/h und somit über der Höchstgeschwindigkeit von LKfz. Dies mag zunächst überraschen, allerdings orientiert sich die Testgeschwindigkeit an der Geschwindigkeitsänderung, die ein Fahrzeug bei einem Frontcrash gegen einen Unfallgegner erfährt. Wie in der Abbildung II zu erkennen ist, übersteigen die Geschwindigkeitsänderungen des LKfz bei Kollisionen mit schweren Fahrzeugen 56 km/h deutlich. Dar-

über hinaus ist zu bedenken, dass ein Wand-aufprall prinzipiell nur eine Kollision zweier gleich schneller und gleich schwerer Fahrzeuge darstellt. Ein eher wahrscheinlicher Unfallgegner hätte ein Fahrzeuggewicht von ca. 1.400 kg, weshalb der durchgeführte Crash eine eher geringe Unfallschwere für ein LKfz darstellt.

So überraschte es auch nicht, dass die Insassenbelastungswerte überwiegend unterhalb der Grenzwerte liegen. Lediglich die Belastung des Beifahrers überschreitet bei dem Test den Grenzwert des Halsmomentes, während der Fahrer durch den Airbag geschützt wird (Tabelle III). Außerdem würde die Lenkradverschiebung ein Bestehen des ECE-Tests verhindern.

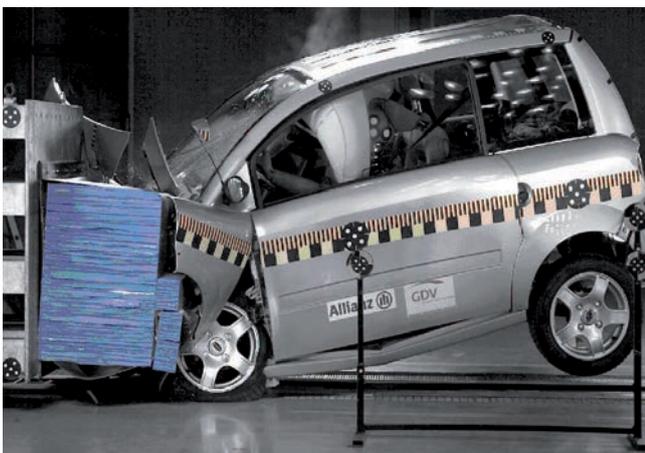


Abbildung V:
ECE R-94 Test, nach 30ms



Abbildung VI:
ECE R-94 Test, kurz vor Endlage

Belastungskennwert	Grenzwert	Microcar MC1	
		Fahrer	Beifahrer
Kopfverletzungskriterium HIC	1000	341	203
Kopfbeschleunigung a_{3ms}	80 g	49 g	37 g
Nackenscherkraft	3,1 kN	0,53 kN	1,09 kN
Nackenzugkraft	3,3 kN	1,72 kN	1,44 kN
Nackendomoment	57 Nm	33 Nm	61,3 Nm
Brusteindrückung	50 mm	36,9 mm	42,7 mm
Brustverletzungskriterium VC	1 m/s	0,4 m/s	0,2 m/s
Oberschenkelaxialkraft rechts	9,07 kN	1,33 kN	1,64 kN
Oberschenkelaxialkraft links	9,07 kN	1,54 kN	1,41 kN
Unterschenkelkriterium oben rechts	1,3	0,35	0,41
Unterschenkelkriterium oben links	1,3	0,54	0,29
Unterschenkelkriterium unten rechts	1,3	0,54	0,17
Unterschenkelkriterium unten links	1,3	0,23	0,33
Unterschenkelaxialkraft rechts	8 kN	1,4 kN	1,17 kN
Unterschenkelaxialkraft links	8 kN	1,4 kN	1,00 kN

Tabelle III:
Gemessene Verletzungskriterien entsprechend ECE R-94

Seitencrash (ECE R-95)

Den abschließenden Test bildete ein Seitencrash nach ECE R-95, der im Gegensatz zum ECE R-94 das reale Unfallgeschehen besser abbildet. Die Ergebnisse zeigten ein klares Bild: Die LKfz-Struktur war mit der Belastung völlig überfordert. Beide Türen wurden aus dem Fahrzeug herausgerissen und beide Fahrzeuglängsträger brachen. Die Fahrertür bot

keinen nennenswerten Widerstand. Die Barriere drang trotz des hochliegenden Schwelers sehr weit in das Fahrzeug ein und schob den Dummy vom Sitz (siehe Abbildung VII und VIII). Auch wenn bei diesem Test die gemessenen Belastungswerte (Tabelle IV) überwiegend unter dem Grenzwert liegen, ist es offensichtlich, dass Leichtkraftfahrzeuge der aktuellen Bauweise den gesetzlichen Seitencrash nicht bestehen würden.

Messgröße	Grenzwert	Messwert
Kopfbewegungskriterium (HPC)	1000	239
Rippendurchbiegung oben	42 mm	23,4 mm
Brustverletzungskriterium oben (VC)	1 m/s	0,21 m/s
Rippendurchbiegung mitte	42 mm	34 mm
Brustverletzungskriterium mitte (VC)	1 m/s	0,42 m/s
Rippendurchbiegung unten	42 mm	44,8 mm
Brustverletzungskriterium unten (VC)	1 m/s	0,8 m/s
Kraft an der Schambeinfuge	6 kN	4,26 kN
Kraft im Bauch	2,5 kN	0,89 kN

Tabelle IV.:
Gemessen Verletzungskriterien ECE R-95



Abbildung VII:
Gefährliche Intrusionen und starke Kopfpendelbewegung



Abbildung VIII:
Endlage des Dummys

Schlussfolgerung

Die theoretischen Betrachtungen, die durchgeführten Crashtests und eine Auswertung erster Unfallstatistiken zeigen, dass bei Leichtkraftfahrzeugen bis 45 km/h und unter 350 kg Leermasse mit Pkw-ähnlichem Aufbau ein erhebliches Sicherheitsrisiko besteht. Schon bei Kollisionen mit „Stadtgeschwindigkeit“ ist der Fahrer mit höherer Wahrscheinlichkeit einem Verletzungsrisiko ausgesetzt. Die vorgeschriebene Massenbeschränkung erlaubt nicht ohne weiteres die Verwendung zeitgemäßer Sicherheitseinrichtungen und ausreichend steifer Strukturen. Zudem bestehen nicht die hohen Sicherheitsanforderungen, wie sie für den Pkw über Jahrzehnte entwickelt und stets optimiert wurden.

Die Wahrscheinlichkeit, dass in naher Zukunft Jugendliche von Mopeds auf Leichtkraftfahrzeuge umsteigen, wird wegen des „Alte Leute“ - Images als gering eingeschätzt. Vor dem Hintergrund des besonders hohen Unfallrisikos „Jugendlicher Fahrer“ in Verbindung mit der begrenzten aktiven und überwiegend mangelhaften passiven Sicherheit von Lkz sollte allerdings die Altersbeschränkung für das Führen von Lkz auf 18 Jahre angehoben werden.

Weiterhin ist in absehbarer Zeit nicht anzunehmen, dass der Bestand der Leichtkraftfahrzeuge in Europa ein nennenswertes Wachstum erfährt. Allerdings darf man dabei nicht vergessen, daß Fahrzeugkonzepte dieser Art vor dem Hintergrund zunehmender Verkehrsdichte in Ballungsräumen und der Klimadiskussion an Attraktivität gewinnen werden - nicht nur für ältere Nutzer. Hauptnutzergruppe dieser Fahrzeuge sind wenige ältere im ländlichen Bereich lebende Menschen, die in einem engen Aktions-

radius um ihren Wohnort mobil sein wollen. Auch für diesen kleinen Kreis von Verkehrsteilnehmer ist es allerdings erforderlich, die Sicherheit von Lkz zu erhöhen. Wirksame Ansätze dafür wären aufwendige technische Lösungen oder die Anhebung der Leermasse. Gleichzeitig könnte die Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit auf ca. 55 km/h und eine moderate Steigerung der Motorleistung ein Beitrag zur Erhöhung der aktiven Sicherheit sein. Mit diesen Maßnahmen könnte einerseits die passive Sicherheit erhöht und andererseits das reibungslose „Mitschwimmen“ im Stadtverkehr gewährleistet werden.



Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.

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

Tel.: 030-2020-5000, Fax: 030-2020-6000
www.gdv.de, www.udv.de